USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL
CAMPUS TERRA DE LA USC

Elena
Vázquez García

Tesis doctoral

Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector de la Construcción

Lugo, 2018

PD en Ingeniería para el Desarrollo Rural y Civil

CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDOS
DE DOUTORAMENTO E AVANZADOS
DA USC (CIEDUS)

TESIS DE DOCTORADO

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Elena Vázquez García

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO RURAL Y CIVIL

LUGO

2018

DECLARACIÓN DE LA AUTORA DE LA TESIS

"Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector de la Construcción"

Dña. Elena Vázquez García

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento, y declaro que:

1) *La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.*
2) *En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.*
3) *La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.*
4) *Confirmo que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.*

En Lugo, 18 de julio de 2018.



Fdo. Elena Vázquez García

AUTORIZACIÓN DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

"Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector de la Construcción"

D. Carlos Amiama Ares
D. Martín Barrasa Rioja

INFORMAN:

Que la presente tesis, corresponde con el trabajo realizado por Dña. ***Elena Vázquez García****, bajo nuestra dirección, y autorizamos su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como directores de ésta no incurre en las causas de abstención establecidas en Ley 40/2015.*

En Lugo, 18 de julio de 2018.

Fdo. Carlos Amiama Ares

Fdo. Martín Barrasa Rioja

"La gota horada la piedra, no por su fuerza,
sino por su constancia."
Ovidio

AGRADECIMIENTOS

"Cada persona que pasa por nuestra vida es única.
Siempre deja un poco de sí y se lleva un poco de nosotros.
Habrá de los que se llevarán mucho,
pero no habrá de los que no dejarán nada."
Jorge Luis Borges

La entrega de esta tesis no sólo supone el punto y final de esta etapa de formación que ha hipotecado algunos años de mi vida, sino que también representa el resultado del esfuerzo y trabajo realizados para conseguirlo, y que, aun siendo un estudio solitario y aislado, no hubiese sido posible sin todos aquellos que directa o indirectamente me han apoyado y ayudado para que llegase a buen término. Por ello, considero necesario utilizar este espacio para ser justa y consecuente con ellos.

A la Xunta de Galicia, por la confianza mostrada en mí al concederme una beca dentro de su "Plan Gallego de Investigación, Innovación y Crecimiento", así como por el soporte económico prestado que me ha permitido entregarme plenamente a esta obra.

A la Universidad de Santiago de Compostela, en especial al Campus de Lugo, por los recursos materiales y el gran valor humano ofrecidos durante el proceso de maduración y formación recibido a lo largo de toda mi trayectoria universitaria.

Al Departamento de Ingeniería Forestal por acogerme dentro de su Programa de Doctorado de Ingeniería para el Desenvolvimiento Rural y Civil, valorar mi propuesta de trabajo y preocuparse por dar respuesta a todas mis dudas, consultas y solicitudes.

A mis directores, Carlos Amiama y Martín Barrasa, por descubrirme el maravilloso mundo del project management a través del Máster de Dirección de Proyectos y animarme a seguir la carrera investigadora. Porque apostaron por mí una vez más, me ofrecieron sus conocimientos aportándome nuevas ideas y me dieron alas para seguir mis propias convicciones y objetivos.

A todos mis profesores, porque en cierta manera han colaborado para que mis pensamientos e interrogantes cambien una y otra vez de dirección, creando en mí ese grado de curiosidad necesario para saber más, explorar nuevos campos y nunca conformarme con lo que ya comprendo. Porque nunca me hicieron sentir menos y el cariño mostrado a lo largo de estos años siempre ha estado patente.

A los profesionales del sector de la construcción que se embarcaron conmigo en esta aventura, al permitirme aplicar a sus sistemas de trabajo los modelos y fórmulas elaborados dentro de esta tesis.

A mis amigos, por demostrarme que la belleza de la amistad no reside en la cercanía o lejanía a la que nos encontremos ni en el número de veces que nos veamos. Por quererme tal y como soy, seguir marcando mi número a pesar de mis múltiples ausencias, hacerme sonreír aun teniendo ganas de llorar y convertir las cosas simples de la vida en largas, dulces y divertidas conversaciones para compartir.

A mi familia, quienes siempre han confiado en mí, por apoyarme en los momentos más duros y difíciles de este proceso, porque sus abrazos, sonrisas, consejos y palabras de ánimo han sido el puntal que necesitaba cuando perdía el aliento.

A mis padres, Ivo y Julia, a los que nunca podré devolverles todo lo que me han dado y enseñado. Por compartir mis ilusiones e inquietudes luchando a mi lado en los buenos y en los malos momentos, porque su amor incondicional e inagotable generosidad allanó parte de este camino recorrido desde su inicio hasta su final y porque nunca dejé de encontrar en sus brazos ese lugar llamado hogar. Porque siempre creyeron en mí, incluso cuando ni yo misma lo hacía, y me cogieron de la mano cuando mis fuerzas flaqueaban. Porque sin lugar a dudas, ellos son las raíces de mi vida y la inspiración de mis metas.

A David, mi marido y mejor amigo, porque me demostró que no todo está programado y que a veces las cosas más bellas llegan cuando menos te las esperas. Por saber aceptar con humor, paciencia y amor aquellos momentos en el que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo, porque muchas de las horas aquí invertidas también se las he robado a él.

A todos los que sin nombrar también merecen estar aquí, por haber compartido, de una forma u otra, parte de este fascinante viaje de crecimiento y cambios personales y profesionales, porque creo firmemente que también ellos han contribuido a que me convierta en la persona que hoy soy.

Gracias de corazón.

RESUMEN

La tendencia actual en el ámbito de la construcción ha llevado en los últimos tiempos a la búsqueda de nuevos métodos de planificación y seguimiento de los proyectos que permitan obtener resultados más efectivos en la dirección de las obras, eliminar las debilidades de las técnicas que se utilizan hasta el momento y evitar los tan frecuentes retrasos y sobrecostes que ponen en jaque a muchas empresas del sector.

El objetivo de esta tesis es analizar las posibilidades que presenta el método de la cadena crítica (CCPM), de contrastada eficacia dentro de los procesos productivos, en el entorno de la ingeniería civil, comprendiendo las situaciones, necesidades o problemas derivados de su empleo al trabajar con este método en el ambiente real de las obras, desde su inicio hasta su conclusión.

Las diferentes perspectivas de estudio desde la que se puede realizar la dirección de proyectos, el carácter único de las obras y el gran peso que ejercen los términos de coste y tiempo para los encargados del project management condicionan la aplicación del CCPM, centrando parte de la investigación realizada en la adaptación de sus técnicas y en la mejora de los métodos de cálculo de los parámetros propios de dicha filosofía de trabajo.

Con la finalidad de poder conocer la viabilidad y beneficios de la aplicación del modelo de planificación y seguimiento de proyectos elaborado en base al procedimiento de la cadena crítica, se han utilizado tres obras de ingeniería civil, y desde distintos puntos de vista de análisis, para su puesta en práctica.

Tras examinar los resultados obtenidos, se pretende presentar el modelo apoyado en el método de la cadena crítica como un mecanismo eficaz, flexible y focalizado para el control de futuros proyectos.

RESUMO

A tendencia actual no ámbito da construción levou nos últimos tempos á procura de novos métodos de planificación e seguimento dos proxectos que permitan obter resultados máis efectivos na dirección das obras, eliminar as debilidades das técnicas que se utilizan ata o momento e evitar os tan frecuentes atrasos e sobrecustos que poñen en xaque a moitas empresas do sector.

O obxectivo desta tese é analizar as posibilidades que presenta o método da cadea crítica (CCPM), de contrastada eficacia dentro dos procesos produtivos, na contorna da enxeñería civil, comprendendo as situacións, necesidades ou problemas derivados do seu emprego ao traballar con este método no ambiente real das obras, desde o seu inicio ata a súa conclusión.

As diferentes perspectivas de estudo dende as que se pode realizar a dirección de proxectos, o carácter único das obras e o gran peso que exercen os termos de custo e tempo para os encargados do project management condicionan a aplicación do CCPM, centrando parte da investigación realizada na adaptación das súas técnicas e na mellora dos métodos de cálculo dos parámetros propios da devandita filosofía de traballo.

Coa finalidade de poder coñecer a viabilidade e beneficios da aplicación do modelo de planificación e seguimento de proxectos elaborado en base ao procedemento da cadea crítica, utilizáronse tres obras de enxeñería civil, e dende distintos puntos de vista de análise, para a súa posta en práctica.

Tras examinar os resultados obtidos, preténdese presentar o modelo apoiado no método da cadea crítica como un mecanismo eficaz, flexible e focalizado para o control de futuros proxectos.

ABSTRACT

The current trend in the construction field has led in the last times to search for new methods of planning and monitoring projects, in order to obtain more effective results in the project management, to remedy the weaknesses of the present techniques and to avoid the frequent delays and cost overruns which endanger the projects and many companies themselves.

The main objective of this thesis is to analyze the possibilities presented by the critical chain method (CCPM), of proven effectiveness within the productive processes, in the civil engineering environment, understanding the situations, needs or problems arising as we work with this method in the real environment of the works, from the beginning to the completion.

The different perspectives of study from which the project management can be realized, the unique nature of every works and the importance of the costs and time terms for projects managers, determine the application of CCPM, focusing part of the research carried out on the adaptation of its techniques and on the improvement of calculation procedures for the parameters of this work philosophy.

With the goal to know the feasibility and benefits of the application of the project planning and monitoring model developed in this research, based on the critical chain procedure, three different civil engineering works have been used, with an analysis from a different point of view, for its implementation.

After examining the findings of the research, it is intended to present a new model supported by the critical chain method as an effective, flexible and targeted mechanism for the control of future projects.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS XI
RESUMEN XV
RESUMO XVII
ABSTRACT XIX
ÍNDICE DE ECUACIONES XXXIII
ÍNDICE DE FICHAS XXXVII
ÍNDICE DE FIGURAS LIII
ÍNDICE DE IMÁGENES LXIII
ÍNDICE DE TABLAS LXVII
GLOSARIO DE ABREVIATURAS LXXVII

ESTRUCTURA DE LA TESIS 1

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN 5

CAPÍTULO 2.- OBJETIVOS DE LA TESIS 11

CAPÍTULO 3.- MARCO Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS 15

3.1. DIRECCIÓN DE PROYECTOS 17
3.1.1. HISTORIA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS 18
3.1.2. LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN LA ACTUALIDAD Y PASOS FUTUROS 24
3.2. MÉTODO DEL VALOR GANADO 26
3.2.1. ORIGEN DEL EVM 26
3.2.2. DEFINICIÓN DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO 27
3.2.3. PRINCIPALES VARIABLES DEL MÉTODO 28
3.2.3.1. Valor Planificado 28
3.2.3.2. Valor Ganado 28

3.2.3.3. Coste Real 29
3.2.4. INDICADORES MÁS COMUNES DEL EVM 29
3.2.4.1. Variaciones 30
3.2.4.2. Índices de rendimiento 31
3.2.4.3. Programación ganada 32
3.2.5. PROYECCIONES 34
3.2.6. TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL VALOR GANADO 37
3.2.6.1. Hitos con Valores Ponderados 38
3.2.6.2. Fórmula Fija por Tarea (Salida / Meta): 25/75, 50/50, 75/25, etc. 39
3.2.6.3. Estimaciones de Porcentaje Completado 39
3.2.6.4. Combinación de los Métodos de Porcentaje Completado con Hitos utilizados como Puntos de Control 40
3.2.6.5. Unidades Equivalentes Terminadas 41
3.2.6.6. Estándar Ganado 42
3.2.6.7. Relación Proporcional con Trabajos Discretos 42
3.2.6.8. Nivel de esfuerzo (LOE) 43
3.2.7. ESTADO DE LA CUESTIÓN 43
3.2.7.1. Estudios relacionados con la aplicabilidad del EVM 43
3.2.7.1.1. Aplicabilidad del EVM según el tipo de contrato 44
3.2.7.1.2. Aplicabilidad del EVM según la duración del proyecto 44
3.2.7.1.3. Aplicabilidad del EVM según el presupuesto del proyecto 45
3.2.7.2. Estado de la aplicación de EVM en el sector de la construcción internacional 46
3.2.7.3. Estado de la aplicación de EVM en el sector de la construcción en España 47
3.3. MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA 49
3.3.1. ORIGEN DEL CCPM 49
3.3.2. DEFINICIÓN DEL CCPM 52
3.3.3. ETAPA DE PLANIFICACIÓN 53
3.3.3.1. Fase 1: Construir la red de actividades 55

3.3.3.1.1. Identificación de las Actividades ... *56*
3.3.3.1.2. Dependencia de Tareas ... *57*
3.3.3.2. Fase 2: Asignar recursos ... 58
3.3.3.2.1. La Multitarea ... *59*
3.3.3.2.2. Nivelación de los Recursos ... *61*
3.3.3.3. Fase 3: Estimar la duración real de las actividades ... 61
3.3.3.3.1. Protección de las Estimaciones ... *62*
3.3.3.3.1.1. La Ley de Parkinson ... 64
3.3.3.3.1.2. El Síndrome del Estudiante ... 65
3.3.3.3.1.3. La Ley de Murphy ... 66
3.3.3.3.2. Eliminación de los Márgenes de Seguridad ... *66*
3.3.3.4. Fase 4: Proteger la planificación contra la incertidumbre ... 67
3.3.3.4.1. Tipos de Buffers ... *68*
3.3.3.4.1.1. Buffer de Proyecto ... 68
3.3.3.4.1.2. Buffer de Alimentación ... 69
3.3.3.4.1.3. Buffer de Recurso ... 70
3.3.3.4.2. Tamaño de los Buffers ... *71*
3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar ... 72
3.3.3.4.2.2. Método del Tercio Crítico ... 76
3.3.3.4.2.3. El Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados ... 77
3.3.3.4.2.4. El Método de Adaptación con la Densidad de la Red (APD) ... 79
3.3.3.4.2.5. El Método de Adaptación con la Limitación de los Recursos (APRT) ... 82
3.3.3.5. Fase 5: Sincronizar las tareas ... 84
3.3.3.6. Fase 6: Desarrollar el cronograma de la Cadena Crítica ... 87
3.3.4. ETAPA DE SEGUIMIENTO ... 89
3.3.5. ESTADO DE LA CUESTIÓN ... 93
3.3.5.1. Estudios relacionados con el CCPM ... 93
3.3.5.1.1. Estudios introductorios del CCPM ... *94*
3.3.5.1.2. Estudios críticos del CCPM ... *97*
3.3.5.1.3. Estudios de mejora del CCPM ... *105*
3.3.5.1.4. Estudios empíricos de las técnicas del CCPM ... *111*
3.3.5.1.5. Estudios de casos de aplicación del CCPM ... *116*
3.3.5.1.6. Otros estudios sobre el CCPM ... *118*

3.3.5.2. Estado de la aplicación de CCPM en el sector de la construcción internacional 119
3.3.5.3. Estado de la aplicación de CCPM en el sector de la construcción en España 121

CAPÍTULO 4.- MATERIAL Y MÉTODOS.....125

4.1. SELECCIÓN DE CASOS PRÁCTICOS PARA LA INVESTIGACIÓN.....127
4.1.1. CASO PRÁCTICO Nº1.....128
4.1.1.1. Características técnicas de la obra 128
4.1.1.1.1. Antecedentes del proyecto 128
4.1.1.1.2. Localización 128
4.1.1.1.3. Actuaciones 129
4.1.1.2. Datos Temporales..... 130
4.1.1.3. Datos Económicos 131
4.1.2. CASO PRÁCTICO Nº2.....132
4.1.2.1. Características técnicas de la obra 132
4.1.2.1.1. Antecedentes del proyecto 132
4.1.2.1.2. Localización 132
4.1.2.1.3. Actuaciones 133
4.1.2.2. Datos Temporales..... 135
4.1.2.3. Datos Económicos 135
4.1.3. CASO PRÁCTICO Nº3.....136
4.1.3.1. Características técnicas de la obra 137
4.1.3.1.1. Antecedentes del proyecto 137
4.1.3.1.2. Localización 137
4.1.3.1.3. Actuaciones 138
4.1.3.2. Datos Temporales..... 140
4.1.3.3. Datos Económicos 141
4.2. INTEGRACIÓN DEL CCPM Y EVM.....143
4.3. MODELO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS.....145
4.3.1. FASE 1: CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO 146

4.3.1.1. Identificación de las actividades 146
4.3.1.2. Dependencia de tareas 147
4.3.2. FASE 2: ASIGNACIÓN DE RECURSOS A LAS OBRAS 148
4.3.3. FASE 3: ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN REAL DE LAS ACTIVIDADES 150
4.3.3.1. Modelos de planificación para la estimación de la duración sin protección de las actividades 150
4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades 150
4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad 152
4.3.3.2. Cronograma previo de las obras 153
4.3.4. FASE 4: SINCRONIZACIÓN DE LAS TAREAS Y NIVELACIÓN DE LOS RECURSOS 153
4.3.5. FASE 5: PROTECCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN CONTRA LA INCERTIDUMBRE 155
4.3.5.1. Tipos de buffers a incluir dentro de la planificación 155
4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers 156
4.3.5.2.1. Método de Cortar y Pegar (CP) 157
4.3.5.2.2. Método del Tercio Crítico (TC) 158
4.3.5.2.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM) 160
4.3.5.2.4. Método de la Fracción Crítica (FC) 161
4.3.5.3. Dimensionamiento de los buffers 163
4.3.6. FASE 6: DESARROLLO DEL CRONOGRAMA DE LA CADENA CRÍTICA 164
4.3.7. FASE 7: ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DEL PRESUPUESTO 165
4.3.8. FASE 8: DEFINICIÓN DE LOS HITOS DEL PROYECTO 167
4.4. MODELO PROPUESTO PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS 168
4.4.1. FASE 1: DETERMINACIÓN DEL VALOR GANADO 168
4.4.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS COSTES REALES DE LA OBRA 170
4.4.3. FASE 3: CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS E INDICADORES PROPIOS DEL EVM 171
4.4.4. FASE 4: ANÁLISIS DEL CONSUMO DE LOS BUFFERS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE EVM AL CCPM 173
4.4.5. FASE 5: DISEÑO DE LAS FEVER CHART 175

4.4.6. FASE 6: TOMA DE DECISIONES 177
4.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS 178
4.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL 179
CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS Y RESULTADOS 181
5.1. ANÁLISIS DEL MODELO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS 184
5.1.1. PROGRAMACIÓN DE LOS PLAZOS DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN 184
5.1.2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS 186
5.2. ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS BAJO LA FILOSOFÍA CCPM 196
5.2.1. FACTOR HUMANO Y COMPORTAMIENTO DE LOS RECURSOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 196
5.2.2. ENTORNOS ADECUADOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS 198
5.3. ANÁLISIS DEL MODELO PROPUESTO PARA EL SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS 199
5.3.1. EVM Y %CB 199
5.3.2. SEGUIMIENTO DE LA CADENA CRÍTICA VS SEGUIMIENTO GENERAL DEL PROYECTO 205
5.3.3. DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE LAS FEVER CHART 206
CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES 215
6.1. CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 217
6.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 221
CAPÍTULO 7.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 225
CAPÍTULO 8.- ANEJOS 265
ANEJO A. CLASIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS PUBLICADOS SOBRE EL CCPM 267
ANEJO B. ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº1 279
B.1. INTRODUCCIÓN 281
B.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº1 281

B.2.1. Datos Técnicos 281
B.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto 281
B.2.3. Datos Económicos 282
B.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº1 283
B.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto 283
B.3.1.1. Identificación de las actividades 283
B.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra 285
B.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras 286
B.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades 286
B.3.3.1. Estimación desde origen de la duración sin protección de las actividades 286
B.3.3.1.1. Estimación del rendimiento de la actividad 1.1 287
B.3.3.1.2. Estimación del rendimiento de la actividad 1.2 288
B.3.3.1.3. Estimación del rendimiento de la actividad 2.1 290
B.3.3.1.4. Estimación del rendimiento de la actividad 2.2 291
B.3.3.1.5. Estimación del rendimiento de la actividad 2.3 293
B.3.3.1.6. Estimación del rendimiento de la actividad 2.4 294
B.3.3.1.7. Estimación del rendimiento de la actividad 3.1 296
B.3.3.1.8. Estimación del rendimiento de la actividad 3.2 297
B.3.3.1.9. Estimación del rendimiento de la actividad 4.1 299
B.3.3.1.10. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio 300
B.3.3.2. Cronograma previo de las obras 301
B.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos 302
B.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre 303
B.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers 303
B.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP) 303
B.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC) 304
B.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM) 305
B.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC) 306
B.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers 307
B.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica 308
B.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto 309
B.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto 312

B.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº1 313
B.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado 313
B.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra 316
B.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM 318
B.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM 324
B.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart 325
B.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones 328
B.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS 329
B.5.1. Etapa de planificación 329
B.5.2. Etapa de seguimiento 330
B.5.2.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado de la cadena crítica 330
B.5.2.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la cadena crítica 331
B.5.2.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM sobre la cadena crítica 331
B.5.2.4. Fase 4: Análisis del Consumo del Buffer de Proyecto mediante la Aplicación de EVM a la CC de la obra 334
B.5.2.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart "críticas" 336
B.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM 338
B.6.1. Variables del EVM 339
B.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T) 339
B.6.1.2. Valor Ganado (EV) 340
B.6.1.3. Coste Real (AC) 341
B.6.2. Tratamiento de los Datos 341
APÉNDICE 1. FICHAS DE LA OBRA Nº1 347
APÉNDICE 2. PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº1 379
Presupuesto y mediciones 381
Resumen del presupuesto 385
ANEJO C. ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº2 387
C.1. INTRODUCCIÓN 389

C.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº2 389
C.2.1. Datos Técnicos 389
C.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto 389
C.2.3. Datos Económicos 390
C.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº2 391
C.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto 391
C.3.1.1. Identificación de las actividades 391
C.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra 393
C.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras 394
C.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades 394
C.3.3.1. Estimación desde origen de la duración sin protección de las actividades 394
C.3.3.1.1. Estimación del rendimiento de la actividad 1.1 395
C.3.3.1.2. Estimación del rendimiento de la actividad 1.2 396
C.3.3.1.3. Estimación del rendimiento de la actividad 2.1 396
C.3.3.1.4. Estimación del rendimiento de la actividad 2.2 398
C.3.3.1.5. Estimación del rendimiento de la actividad 2.3 399
C.3.3.1.6. Estimación del rendimiento de la actividad 2.4 400
C.3.3.1.7. Estimación del rendimiento de la actividad 2.5 400
C.3.3.1.8. Estimación del rendimiento de la actividad 2.6 401
C.3.3.1.9. Estimación del rendimiento de la actividad 3.1 403
C.3.3.1.10. Estimación del rendimiento de la actividad 3.2 403
C.3.3.1.11. Estimación del rendimiento de la actividad 3.3 404
C.3.3.1.12. Estimación del rendimiento de la actividad 4.1 406
C.3.3.1.13. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio 406
C.3.3.2. Cronograma previo de las obras 408
C.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos 408
C.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre 409
C.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers 410
C.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP) 410
C.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC) 411
C.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM) 412
C.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC) 413

C.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers *414*
C.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica 414
C.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto 415
C.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto 424
C.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº2 425
C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado 425
C.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra 429
C.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM 432
C.4.3.1. Aplicación de EVM al PV_{CP} de la obra del caso práctico nº2 ..... *435*
C.4.3.2. Aplicación de EVM al PV_{TC} de la obra del caso práctico nº2 ..... *440*
C.4.3.3. Aplicación de EVM al PV_{RSEM} de la obra del caso práctico nº2 ..... *444*
C.4.3.4. Aplicación de EVM al PV_{FC} de la obra del caso práctico nº2 ..... *448*
C.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM 452
C.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart 454
C.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones 459
C.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS 459
C.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM 459
C.6.1. Variables del EVM 460
C.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T) *460*
C.6.1.2. Valor Ganado (EV) *462*
C.6.1.3. Coste Real (AC) *462*
C.6.2. Tratamiento de los Datos 463
APÉNDICE 1. FICHAS DE LA OBRA Nº2 467
APÉNDICE 2. PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº2 543
Presupuesto y mediciones 545
Resumen del presupuesto 550
ANEJO D. ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº3 551
D.1. INTRODUCCIÓN 553
D.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº3 553

D.2.1. Datos Técnicos 553
D.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto 553
D.2.3. Datos Económicos 558
D.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº3 558
D.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto 558
D.3.1.1. Identificación de las actividades 558
D.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra 565
D.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras 569
D.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades 570
D.3.3.1. Estimación de la duración sin protección de las actividades eliminando los márgenes de seguridad 570
D.3.3.2. Cronograma previo de las obras 575
D.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas 575
D.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre 578
D.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers 578
D.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP) 578
D.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC) 580
D.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM) 582
D.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC) 584
D.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers 586
D.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica 588
D.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto 589
D.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto 599
D.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº3 602
D.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado 603
D.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra 607
D.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM 609
D.4.3.1. Aplicación de EVM al PV_{CP} de la obra del caso práctico nº3 612
D.4.3.2. Aplicación de EVM al PV_{TC} de la obra del caso práctico nº3 617
D.4.3.3. Aplicación de EVM al PV_{RSEM} de la obra del caso práctico nº3 621
D.4.3.4. Aplicación de EVM al PV_{FC} de la obra del caso práctico nº3 625

D.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM 629
D.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart 631
D.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones 635
D.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS 635
D.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM 636
D.6.1. Variables del EVM 636
D.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T) 636
D.6.1.2. Valor Ganado (EV) 638
D.6.1.3. Coste Real (AC) 638
D.6.2. Tratamiento de los Datos 638
APÉNDICE 1. FICHAS DE LA OBRA Nº3 643
APÉNDICE 2. PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº3 723
Presupuesto y mediciones del proyecto original 725
Resumen del presupuesto del proyecto original 761
Resumen del presupuesto de adjudicación 762

ÍNDICE DE ECUACIONES

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. EVM. Variación del coste (CV) 30
Ecuación 2. EVM. Variación del cronograma (SV) 30
Ecuación 3. EVM. Índice de rendimiento del coste (CPI) 31
Ecuación 4. EVM. Índice de rendimiento del cronograma (SPI) 31
Ecuación 5. EVM. Índice de rendimiento en costo y plazo (CSI) 32
Ecuación 6. EVM. Programación ganada (ES) 33
Ecuación 7. EVM. Variación del cronograma [SV(t)] 33
Ecuación 8. EVM. Índice de rendimiento del cronograma [SPI(t)] 33
Ecuación 9. EVM. Presupuesto del proyecto (BAC) 34
Ecuación 10. EVM. EAC sin desviación 35
Ecuación 11. EVM. EAC con desviaciones atípicas 35
Ecuación 12. EVM. EAC con desviaciones típicas optimistas 35
Ecuación 13. EVM. EAC con desviaciones típicas pesimistas 36
Ecuación 14. EVM. EAC de nueva estimación 36
Ecuación 15. EVM. Presupuesto estimado hasta la conclusión (ETC) 36
Ecuación 16. EVM. Variación del presupuesto a la conclusión (VAC) 36
Ecuación 17. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método CP 73
Ecuación 18. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método TC 76
Ecuación 19. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método RSEM 78
Ecuación 20. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método APD 79
Ecuación 21. CCPM. Factor de escala K_{APD} 79
Ecuación 22. CCPM. Desviación estándar de la ruta más larga σ_{path} 80
Ecuación 23. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método APRT 82
Ecuación 24. CCPM. Factor de escala K_{APRT} 82
Ecuación 25. CCPM. Limitación de recursos del método APRT 83
Ecuación 26. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método FC 162
Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido 174

ÍNDICE DE FICHAS

LISTADO DE FICHAS

Ficha 1. Diagrama de Gantt del proyecto de licitación de la obra nº1 (Datos originales del proyecto) 349
Ficha 2. Cronograma previo de la obra nº1 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación) 350
Ficha 3. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº1 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación) 351
Ficha 4. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº1 (Fase 4 del modelo de planificación) 352
Ficha 5. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación de los métodos CP y/o RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación) 353
Ficha 6. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación) 354
Ficha 7. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación) 355
Ficha 8. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº1 teniendo en cuenta las programaciones basadas en el CCPM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 356
Ficha 9. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº1 teniendo en cuenta las programaciones basadas en el CCPM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 357
Ficha 10. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP y/o RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 358
Ficha 11. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP y/o RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 359
Ficha 12. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 360
Ficha 13. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 361
Ficha 14. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 362

Ficha 15. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 363
Ficha 16. Valor ganado (EV) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 364
Ficha 17. Valor ganado (EV) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 365
Ficha 18. Coste real (AC) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 366
Ficha 19. Coste real (AC) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015 367
Ficha 20. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 13/08/2015 368
Ficha 21. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 27/08/2015 369
Ficha 22. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº1. (Fase 4 del modelo de seguimiento) 370
Ficha 23. Cronograma simplificado de la cadena crítica de la obra nº1 integrando CCPM y EVM 371
Ficha 24. Valor ganado (EV) de la cadena crítica de la obra nº1 integrando CCPM y EVM 372
Ficha 25. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la Cadena Crítica de la obra nº1 373
Ficha 26. Consumo del buffer de proyecto mediante la aplicación del procedimiento propuesto de gestión de proyectos a la Cadena Crítica de la obra nº1 374
Ficha 27. Programación tradicional en proyecto de la obra nº1 375
Ficha 28. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1 planificada de forma tradicional. Fecha: del 03/08/2015 al 19/08/2015 376
Ficha 29. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1 planificada de forma tradicional. Fecha: del 20/08/2015 al 04/09/2015 377
Ficha 30. Diagrama de Gantt del proyecto de licitación de la obra nº2 (Datos originales del proyecto) 469
Ficha 31. Cronograma previo de la obra nº2 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015 470
Ficha 32. Cronograma previo de la obra nº2 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 471

Ficha 33. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº2 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015 472
Ficha 34. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº2 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 473
Ficha 35. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº2 (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015 474
Ficha 36. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº2 (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 475
Ficha 37. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015....476
Ficha 38. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015....477
Ficha 39. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015....478
Ficha 40. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015....479
Ficha 41. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015....480
Ficha 42. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015....481
Ficha 43. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015....482

Ficha 44. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015.....483
Ficha 45. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015.....484
Ficha 46. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015.....485
Ficha 47. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015.....486
Ficha 48. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015.....487
Ficha 49. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015.....488
Ficha 50. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015.....489
Ficha 51. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015.....490
Ficha 52. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015.....491
Ficha 53. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015.....492
Ficha 54. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015.....493

Ficha 55. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015.....494
Ficha 56. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015.....495
Ficha 57. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015.....496
Ficha 58. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015.....497
Ficha 59. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015.....498
Ficha 60. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015.....499
Ficha 61. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015 500
Ficha 62. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 501
Ficha 63. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 502
Ficha 64. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 503
Ficha 65. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015 504
Ficha 66. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 505
Ficha 67. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 506
Ficha 68. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 507

Ficha 69. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015 508
Ficha 70. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 509
Ficha 71. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 510
Ficha 72. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 511
Ficha 73. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015 512
Ficha 74. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 513
Ficha 75. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 514
Ficha 76. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 515
Ficha 77. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015 516
Ficha 78. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 517
Ficha 79. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 518
Ficha 80. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 519
Ficha 81. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015 520
Ficha 82. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015 521
Ficha 83. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015 522

Ficha 84. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015 523
Ficha 85. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015 524
Ficha 86. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015 525
Ficha 87. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015 526
Ficha 88. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015 527
Ficha 89. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015 528
Ficha 90. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015 529
Ficha 91. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015 530
Ficha 92. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015 531
Ficha 93. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015 532
Ficha 94. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015 533
Ficha 95. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015 534
Ficha 96. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015 535
Ficha 97. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº2. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 14/10/2015 536
Ficha 98. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº2. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015 537
Ficha 99. Programación en proyecto de la obra nº2. Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015 .. 538
Ficha 100. Programación en proyecto de la obra nº2. Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015 539
Ficha 101. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 31/08/2015 al 22/09/2015 540

Ficha 102. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 23/09/2015 al 16/10/2015 541
Ficha 103. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 19/10/2015 al 06/11/2015 542
Ficha 104. Diagrama de Gantt del proyecto constructivo de la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Parte 1 de 2 645
Ficha 105. Diagrama de Gantt del proyecto constructivo de la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Parte 2 de 2 646
Ficha 106. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Cronograma director 647
Ficha 107. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Hoja 1 del cronograma director correspondiente a la Fase 1 648
Ficha 108. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Hoja 2 del cronograma director correspondiente a la Fase 2 649
Ficha 109. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Cronograma director 650
Ficha 110. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director correspondiente a la Fase 1 651
Ficha 111. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director correspondiente a la Fase 2 652
Ficha 112. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Cronograma director 653
Ficha 113. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director 654
Ficha 114. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director 655
Ficha 115. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director 656
Ficha 116. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director 657
Ficha 117. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director 658

Ficha 118. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director.....659
Ficha 119. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director.....660
Ficha 120. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director.....661
Ficha 121. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director.....662
Ficha 122. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director.....663
Ficha 123. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director.....664
Ficha 124. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director.....665
Ficha 125. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director.....666
Ficha 126. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director.....667
Ficha 127. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director.....668
Ficha 128. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director.....669

Ficha 129. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director....670
Ficha 130. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director....671
Ficha 131. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director....672
Ficha 132. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director....673
Ficha 133. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director....674
Ficha 134. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director....675
Ficha 135. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director....676
Ficha 136. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director....677
Ficha 137. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante los métodos CP y/o RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2....678
Ficha 138. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante los métodos CP y/o RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2....679
Ficha 139. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2....680

Ficha 140. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2 681
Ficha 141. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2 682
Ficha 142. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2 683
Ficha 143. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director 684
Ficha 144. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director 685
Ficha 145. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director 686
Ficha 146. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director 687
Ficha 147. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director 688
Ficha 148. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director 689
Ficha 149. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director 690
Ficha 150. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director 691

Ficha 151. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director 692
Ficha 152. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director 693
Ficha 153. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director 694
Ficha 154. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director 695
Ficha 155. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director 696
Ficha 156. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director 697
Ficha 157. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director 698
Ficha 158. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director 699
Ficha 159. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director 700
Ficha 160. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director 701
Ficha 161. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director 702

Ficha 162. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director 703
Ficha 163. Valor ganado (EV) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2 704
Ficha 164. Valor ganado (EV) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Parte 2 de 2 705
Ficha 165. Coste real (AC) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2 706
Ficha 166. Coste real (AC) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2 707
Ficha 167. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015 708
Ficha 168. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016 709
Ficha 169. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015 710
Ficha 170. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016 711
Ficha 171. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015 712
Ficha 172. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016 713
Ficha 173. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015 714
Ficha 174. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016 715
Ficha 175. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº3. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Semana: de la 31/08/2015 a la 14/10/2015 716
Ficha 176. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº3. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2015 a la 05/09/2015 717
Ficha 177. Programación tradicional de la obra nº3 presentada por la UTE en el momento de la licitación. Semana: de la 28/03/2016 a la 18/07/2016 718
Ficha 178. Programación tradicional de la obra nº3 presentada por la UTE en el momento de la licitación. Semana: de la 04/07/2016 a la 12/09/2016 719

Ficha 179. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº3 planificada de forma tradicional. Semana: de la 28/03/2016 a la 20/06/2016 720
Ficha 180. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Semana: de la 27/06/2016 a la 12/09/2016 721

ÍNDICE DE FIGURAS

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Adaptación de la TOC al CCPM 52
Figura 2. Ejemplo de red de actividades 55
Figura 3. Tipos de Relaciones del PDM 58
Figura 4. Ejemplo de asignación de recursos a cada tarea de la red de actividades 59
Figura 5. Ejemplo de multitarea de Goldratt 60
Figura 6. Ejemplo de red de actividades en función de la dependencia de tareas y recursos 61
Figura 7. Curva de distribución de probabilidades de duración de una tarea 62
Figura 8. Trabajo invertido en una tarea a lo largo del tiempo comparado con su estimación 63
Figura 9. Representación de la Primera Ley de Parkinson 64
Figura 10. Representación del Síndrome del Estudiante 65
Figura 11. Ejemplo de eliminación de los márgenes de seguridad en la red de actividades 67
Figura 12. Ejemplo de incursión de las protecciones globales en la red de actividades 68
Figura 13. Buffer de Proyecto de la red de actividades empleada como ejemplo 69
Figura 14. Buffer de Alimentación de la red de actividades empleada como ejemplo 69
Figura 15. Buffer de Recurso de la red de actividades empleada como ejemplo 70
Figura 16. Ejemplo de las fases del método CP 72
Figura 17. Ejemplo de red de proyecto con 1 PB, 2 FB y 1 RB 74
Figura 18. Ejemplo de las fases del método TC 76
Figura 19. Valor de CNC de las subredes del caso ejemplo 81
Figura 20. Programación ASAP de la red de actividades del ejemplo 85
Figura 21. Ejemplo del efecto provocado por la dependencia de las tareas 85
Figura 22. Aparición de holguras en la programación ASAP de las subcadenas del ejemplo 86
Figura 23. Programación ALAP de las subcadenas de la red de actividades del ejemplo 87
Figura 24. Programación final del ejemplo mediante la Cadena Crítica 88
Figura 25. Ejemplo de cronograma de proyecto 89
Figura 26. Fever Chart 90
Figura 27. Proporción de publicaciones sobre CCPM de cada categoría 120
Figura 28. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones sobre estudios de casos de aplicación del CCPM 120

Figura 29. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones en España sobre el CCPM 123
Figura 30. Proporción de publicaciones en España sobre CCPM de cada categoría.....123
Figura 31. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC 208
Figura 32. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método TC.....208
Figura 33. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método FC 209
Figura 34. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método CP y/o RSEM 209
Figura 35. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método TC.....210
Figura 36. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método RSEM.....210
Figura 37. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método RSEM.....211
Figura 38. Comparativa de Fever Chart con distinta distribución de las líneas delimitadoras 212
Figura 39. Ejemplo de Fever Chart con nuevas regiones.....213
Figura 40. Ejemplo de redistribución de las líneas delimitadoras de las Fever Chart en función de la fase del proyecto 213
Figura 41. Ejemplo de Fever Chart con límites no lineales.....214
Figura 42. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones sobre el CCPM 278
Figura 43. Proporción de publicaciones sobre CCPM de cada categoría 278
Figura 44. Primer nivel de la EDT de la obra nº1 283
Figura 45. Descomposición de la EDT principal de la obra nº1 284
Figura 46. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 1.1 287
Figura 47. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 1.2 289
Figura 48. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.1 290
Figura 49. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.2 292
Figura 50. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.3 293
Figura 51. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.4 295
Figura 52. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.1 296
Figura 53. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.2 298
Figura 54. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 4.1 299
Figura 55. Coste presupuestado del trabajo programado (PV). Obra nº1 311
Figura 56. Línea base del proyecto (PV) de la obra nº1 312
Figura 57. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº1.....315
Figura 58. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº1.....317
Figura 59. Curvas S de la obra nº1 318
Figura 60. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto de la obra nº1.....319

Figura 61. Desviaciones en costes y plazo acumuladas. Obra nº1 319
Figura 62. Evolución de las desviaciones en coste y programación. Obra nº1 320
Figura 63. Evolución de los índices de eficiencia. Obra nº1 320
Figura 64. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº1 321
Figura 65. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº1 321
Figura 66. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº1 322
Figura 67. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión. Obra nº1 322
Figura 68. Variación a la conclusión. Obra nº1 323
Figura 69. Porcentaje finalizado (%). Obra nº1 323
Figura 70. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº1 325
Figura 71. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP y/o RSEM 327
Figura 72. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC 327
Figura 73. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC 328
Figura 74. Curvas S críticas. Obra nº1 332
Figura 75. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto de la Cadena Crítica de la obra nº1 332
Figura 76. Evolución de las desviaciones en programación. Cadena Crítica de la obra nº1 333
Figura 77. Evolución de los índices de eficiencia. Cadena Crítica de la obra nº1 333
Figura 78. Porcentaje de Cadena Crítica finalizada (%). Obra nº1 334
Figura 79. %CB aplicando EVM a la Cadena Crítica del proyecto. Obra nº1 335
Figura 80. Fever Chart crítica de la obra nº1 programada mediante el método CP y/o RSEM de dimensionamiento de buffers 337
Figura 81. Fever Chart. Dimensionamiento del buffer mediante el método TC. Control de la Cadena Crítica de la obra de Piñor 337
Figura 82. Fever Chart. Dimensionamiento del buffer mediante el método FC. Control de la Cadena Crítica de la obra de Piñor 338
Figura 83. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº1 340
Figura 84. Curvas S de la obra nº1 planificada de forma tradicional 341

Figura 85. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº1. Seguimiento tradicional....342
Figura 86. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº1. Seguimiento tradicional 343
Figura 87. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº1. Seguimiento tradicional....343
Figura 88. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº1. Seguimiento tradicional....344
Figura 89. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº1 344
Figura 90. Primer nivel de la EDT de la obra nº2 391
Figura 91. Descomposición de la EDT principal de la obra nº2 392
Figura 92. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.1 397
Figura 93. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.6 402
Figura 94. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.3 405
Figura 95. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{CP}). Obra nº2....420
Figura 96. Línea base del proyecto (PV_{CP}) de la obra nº2....420
Figura 97. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{TC}). Obra nº2 421
Figura 98. Línea base del proyecto (PV_{TC}) de la obra nº2 421
Figura 99. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{RSEM}). Obra nº2....422
Figura 100. Línea base del proyecto (PV_{RSEM}) de la obra nº2....422
Figura 101. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{FC}). Obra nº2....423
Figura 102. Línea base del proyecto (PV_{FC}) de la obra nº2....423
Figura 103. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº2....427
Figura 104. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº2....432
Figura 105. Curvas S_{CP} de la obra nº2....433
Figura 106. Curvas S_{TC} de la obra nº2....433
Figura 107. Curvas S_{RSEM} de la obra nº2....434
Figura 108. Curvas S_{FC} de la obra nº2....434
Figura 109. Análisis de flujos de caja acumulados (CP) y presupuesto de la obra nº2 435
Figura 110. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (CP). Obra nº2 436
Figura 111. Evolución de las desviaciones en coste y programación (CP). Obra nº2 436
Figura 112. Evolución de los índices de eficiencia (CP). Obra nº2....437
Figura 113. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº2 437

Figura 114. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº2 438
Figura 115. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (CP). Obra nº2 438
Figura 116. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{CP}). Obra nº2 439
Figura 117. Variación a la conclusión (VAC_{CP}). Obra nº2 439
Figura 118. Porcentaje finalizado (%). Obra nº2 440
Figura 119. Análisis de flujos de caja acumulados (TC) y presupuesto de la obra nº2 441
Figura 120. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (TC). Obra nº2 441
Figura 121. Evolución de las desviaciones en coste y programación (TC). Obra nº2 442
Figura 122. Evolución de los índices de eficiencia (TC). Obra nº2 442
Figura 123. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (TC). Obra nº2 443
Figura 124. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{TC}). Obra nº2 443
Figura 125. Variación a la conclusión (VAC_{TC}). Obra nº2 444
Figura 126. Análisis de flujos de caja acumulados (RSEM) y presupuesto de la obra nº2 445
Figura 127. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (RSEM). Obra nº2 445
Figura 128. Evolución de las desviaciones en coste y programación (RSEM). Obra nº2 446
Figura 129. Evolución de los índices de eficiencia (RSEM). Obra nº2 446
Figura 130. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (RSEM). Obra nº2 447
Figura 131. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{RSEM}). Obra nº2 447
Figura 132. Variación a la conclusión (VAC_{RSEM}). Obra nº2 448
Figura 133. Análisis de flujos de caja acumulados (FC) y presupuesto de la obra nº2 449
Figura 134. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (FC). Obra nº2 449
Figura 135. Evolución de las desviaciones en coste y programación (FC). Obra nº2 450
Figura 136. Evolución de los índices de eficiencia (FC). Obra nº2 450
Figura 137. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (FC). Obra nº2 451
Figura 138. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{FC}). Obra nº2 451
Figura 139. Variación a la conclusión (VAC_{FC}). Obra nº2 452
Figura 140. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº2 454
Figura 141. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP 457

Figura 142. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC 457
Figura 143. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers RSEM 458
Figura 144. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC 458
Figura 145. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº2....462
Figura 146. Curvas S de la obra nº2 planificada de forma tradicional 463
Figura 147. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº2. Seguimiento tradicional....464
Figura 148. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº2. Seguimiento tradicional 464
Figura 149. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº2. Seguimiento tradicional....465
Figura 150. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº2. Seguimiento tradicional ..465
Figura 151. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº2 466
Figura 152. Primer nivel de la EDT de la obra nº3 basada en el presupuesto 559
Figura 153. Primer nivel de la EDT de la obra nº3 basada en la programación de la UTE 560
Figura 154. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 1. Parte 1 de 2 561
Figura 155. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 1. Parte 2 de 2 562
Figura 156. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 2. Parte 1 de 2 563
Figura 157. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 2. Parte 2 de 2 564
Figura 158. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Unión entre ambas fases 565
Figura 159. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{CP}). Obra nº3....595
Figura 160. Línea base del proyecto (PV_{CP}) de la obra nº3....596
Figura 161. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{TC}). Obra nº3 596
Figura 162. Línea base del proyecto (PV_{TC}) de la obra nº3 597
Figura 163. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{RSEM}). Obra nº3....597

Figura 164. Línea base del proyecto (PV_{RSEM}) de la obra nº3 598
Figura 165. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{FC}). Obra nº3 598
Figura 166. Línea base del proyecto (PV_{FC}) de la obra nº3 599
Figura 167. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº3 604
Figura 168. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº3 608
Figura 169. Curvas S_{CP} de la obra nº3 610
Figura 170. Curvas S_{TC} de la obra nº3 610
Figura 171. Curvas S_{RSEM} de la obra nº3 611
Figura 172. Curvas S_{FC} de la obra nº3 611
Figura 173. Análisis de flujos de caja acumulados (CP) y presupuesto de la obra nº3 612
Figura 174. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (CP). Obra nº3 613
Figura 175. Evolución de las desviaciones en coste y programación (CP). Obra nº3 613
Figura 176. Evolución de los índices de eficiencia (CP). Obra nº3 614
Figura 177. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº3 614
Figura 178. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº3 615
Figura 179. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (CP). Obra nº3 615
Figura 180. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{CP}). Obra nº3 616
Figura 181. Variación a la conclusión (VAC_{CP}). Obra nº3 616
Figura 182. Porcentaje finalizado (%). Obra nº3 617
Figura 183. Análisis de flujos de caja acumulados (TC) y presupuesto de la obra nº3 618
Figura 184. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (TC). Obra nº3 618
Figura 185. Evolución de las desviaciones en coste y programación (TC). Obra nº3 619
Figura 186. Evolución de los índices de eficiencia (TC). Obra nº3 619
Figura 187. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (TC). Obra nº3 620
Figura 188. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{TC}). Obra nº3 620
Figura 189. Variación a la conclusión (VAC_{TC}). Obra nº3 621
Figura 190. Análisis de flujos de caja acumulados (RSEM) y presupuesto de la obra nº3 622
Figura 191. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (RSEM). Obra nº3 622
Figura 192. Evolución de las desviaciones en coste y programación (RSEM). Obra nº3 623
Figura 193. Evolución de los índices de eficiencia (RSEM). Obra nº3 623

Figura 194. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (RSEM). Obra nº3 624
Figura 195. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{RSEM}). Obra nº3 624
Figura 196. Variación a la conclusión (VAC_{RSEM}). Obra nº3 625
Figura 197. Análisis de flujos de caja acumulados (FC) y presupuesto de la obra nº3 626
Figura 198. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (FC). Obra nº3 626
Figura 199. Evolución de las desviaciones en coste y programación (FC). Obra nº3 627
Figura 200. Evolución de los índices de eficiencia (FC). Obra nº3 627
Figura 201. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (FC). Obra nº3 628
Figura 202. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{FC}). Obra nº3 628
Figura 203. Variación a la conclusión (VAC_{FC}). Obra nº3 629
Figura 204. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº3 631
Figura 205. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP 633
Figura 206. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC 633
Figura 207. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers RSEM 634
Figura 208. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC 634
Figura 209. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº3 637
Figura 210. Curvas S de la obra nº3 planificada de forma tradicional 639
Figura 211. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº3. Seguimiento tradicional 639
Figura 212. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº3. Seguimiento tradicional 640
Figura 213. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº3. Seguimiento tradicional 640
Figura 214. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº3. Seguimiento tradicional 641
Figura 215. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº3 641

ÍNDICE DE IMÁGENES

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de la obra en el Concello de Piñor 129
Imagen 2. Ubicación de la obra en el Concello de A Mezquita 133
Imagen 3. Ubicación de la obra en la Calle Concejo 138

ÍNDICE DE TABLAS

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplos de proyectos conocidos con grandes desfases de tiempo y coste 8
Tabla 2. Cronología de la Dirección de Proyectos 19
Tabla 3. Resumen de indicadores de variación del EVM. Fórmulas e interpretación 31
Tabla 4. Resumen de índices de rendimiento del EVM. Fórmulas e interpretación 32
Tabla 5. Resumen de los parámetros de la programación ganada. Fórmulas e interpretación 34
Tabla 6. Resumen de las proyecciones del EVM. Fórmulas e interpretación 37
Tabla 7. Métodos de medición del EV 38
Tabla 8. Duración con protección y sin protección de las actividades del caso ejemplo 74
Tabla 9. Disponibilidad de los recursos del caso ejemplo 75
Tabla 10. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método CP 75
Tabla 11. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método TC 77
Tabla 12. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método RSEM 78
Tabla 13. Parámetros y duración de PB y FB del caso ejemplo con el método APD 81
Tabla 14. Parámetros y duración de PB y FB del caso ejemplo con el método APRT 84
Tabla 15. Estudios introductorios sobre el CCPM 95
Tabla 16. Estudios críticos con el CCPM 98
Tabla 17. Estudios de mejora del CCPM. Parte 1 de 2 105
Tabla 18. Estudios de mejora del CCPM. Parte 2 de 2 106
Tabla 19. Estudios empíricos del CCPM 111
Tabla 20. Estudios de casos de aplicación del CCPM. Parte 1 de 2 116
Tabla 21. Estudios de casos de aplicación del CCPM. Parte 2 de 2 117
Tabla 22. Otros estudios del CCPM 118
Tabla 23. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM en España 122
Tabla 24. Datos temporales de la obra nº1 según el cronograma original del proyecto 131
Tabla 25. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº1 131
Tabla 26. Datos temporales de la obra nº2 según el cronograma original del proyecto 135
Tabla 27. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº2 136
Tabla 28. Datos temporales de la obra nº3 según el cronograma original del proyecto y el presentado por la UTE 141
Tabla 29. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº2 141
Tabla 30. Plantilla de identificación de la dependencia de tareas de un proyecto 147

Tabla 31. Plantilla de recursos disponibles para la ejecución de las obras....148
Tabla 32. Plantilla para la estimación del rendimiento de una actividad de proyecto 151
Tabla 33. Plantilla de registro de la duración sin protección de las actividades de la EDT....151
Tabla 34. Plantilla de registro de la duración de las actividades de la EDT tras la eliminación de la protección 152
Tabla 35. Plantilla de registro de las características de la cadena crítica obtenida....154
Tabla 36. Plantilla de registro de las características de las subcadenas identificadas 155
Tabla 37. Datos de entrada para la aplicación del método CP según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra....158
Tabla 38. Datos de salida tras la aplicación del método CP....158
Tabla 39. Datos de entrada para la aplicación del método TC según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra....159
Tabla 40. Datos de salida tras la aplicación del método TC 159
Tabla 41. Datos de entrada para la aplicación del método RSEM según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra 161
Tabla 42. Datos de salida tras la aplicación del método RSEM 161
Tabla 43. Datos de entrada para la aplicación del método FC según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra....162
Tabla 44. Datos de salida tras la aplicación del método FC 163
Tabla 45. Plantilla de registro del valor del buffer de proyecto....163
Tabla 46. Plantilla de registro del valor del buffer de alimentación 163
Tabla 47. Tabla resumen de la duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers....164
Tabla 48. Tabla resumen de la duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers....164
Tabla 49. PV para la fecha de control y acumulado 166
Tabla 50. EV para la fecha de control y acumulado 169
Tabla 51. AC para la fecha de control y acumulado 171
Tabla 52. Cálculos obtenidos mediante la aplicación de EVM al modelo propuesto para el seguimiento de las obras. Parte 1 de 2. 172
Tabla 53. Cálculos obtenidos mediante la aplicación de EVM al modelo propuesto para el seguimiento de las obras. Parte 2 de 2 173
Tabla 54. Plantilla de registro de los valores de %CB calculados mediante el procedimiento propuesto para la gestión de proyectos 175
Tabla 55. Plantilla de registro de los datos necesarios para el diseño de las Fever Chart....176

Tabla 56. Conceptos temporales para las obras cuya dirección de proyectos se realiza desde la perspectiva de la parte adjudicataria 185
Tabla 57. Conceptos temporales para las obras cuya dirección de proyectos se realiza desde la perspectiva de la parte promotora 186
Tabla 58. Análisis de los plazos de la obra nº1 calculados con diferentes metodologías 187
Tabla 59. Análisis de los plazos de la obra nº2 calculados con diferentes metodologías 187
Tabla 60. Análisis de los plazos de la obra nº3 calculados con diferentes metodologías 188
Tabla 61. Duración final de la ejecución de las obras de estudio 188
Tabla 62. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº1 ...189
Tabla 63. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº2 ...189
Tabla 64. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº3 ...189
Tabla 65. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método CP de dimensionamiento de buffers 193
Tabla 66. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método TC de dimensionamiento de buffers 193
Tabla 67. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método RSEM de dimensionamiento de buffers 194
Tabla 68. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método FC de dimensionamiento de buffers 194
Tabla 69. Selección de las técnicas de dimensionamiento de buffers según las características de las obras 195
Tabla 70. Acciones y medidas para implicar a los responsables de los trabajos en la utilización del CCPM 198
Tabla 71. Deficiencias del CCPM y EVM 200
Tabla 72. Coste final de la ejecución de las obras de estudio 201
Tabla 73. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº1 202
Tabla 74. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº2 203
Tabla 75. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº3 203
Tabla 76. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 1 de 9 269
Tabla 77. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 2 de 9 270
Tabla 78. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 3 de 9 271
Tabla 79. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 4 de 9 272
Tabla 80. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 5 de 9 273
Tabla 81. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 6 de 9 274
Tabla 82. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 7 de 9 275

Tabla 83. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 8 de 9.....276
Tabla 84. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 9 de 9.....277
Tabla 85. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº1 282
Tabla 86. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº1 285
Tabla 87. Recursos disponibles en la empresa para la ejecución de la obra nº1 286
Tabla 88. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 1.1.....287
Tabla 89. Análisis de datos de la Actividad 1.1 288
Tabla 90. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 1.2.....288
Tabla 91. Análisis de datos de la Actividad 1.2 289
Tabla 92. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.1.....290
Tabla 93. Análisis de datos de la Actividad 2.1 291
Tabla 94. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.2.....291
Tabla 95. Análisis de datos de la Actividad 2.2 292
Tabla 96. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.3.....293
Tabla 97. Análisis de datos de la Actividad 2.3 294
Tabla 98. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.4.....294
Tabla 99. Análisis de datos de la Actividad 2.4 295
Tabla 100. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.1.....296
Tabla 101. Análisis de datos de la Actividad 3.1 297
Tabla 102. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.2.....297
Tabla 103. Análisis de datos de la Actividad 3.2 298
Tabla 104. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 4.1.....299
Tabla 105. Análisis de datos de la Actividad 4.1 300
Tabla 106. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº1 301
Tabla 107. Características de la cadena crítica de la obra nº1 302
Tabla 108. Características de las subcadenas de la obra nº1.....303
Tabla 109. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP.....304
Tabla 110. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP 304
Tabla 111. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC 305
Tabla 112. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC 305
Tabla 113. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM 306
Tabla 114. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM 306
Tabla 115. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC 307
Tabla 116. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC.....307

Tabla 117. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 307
Tabla 118. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 308
Tabla 119. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº1.....309
Tabla 120. Características temporales y económicas de la obra nº1 310
Tabla 121. PV diario y acumulado de la obra nº1.....311
Tabla 122. EV diario y acumulado de la obra nº1.....314
Tabla 123. AC diario y acumulado de la obra nº1.....317
Tabla 124. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº1.....326
Tabla 125. PV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1.....329
Tabla 126. EV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1. Fecha: del 03/08/2015 al 14/08/2015.....330
Tabla 127. EV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1. Fecha: del 17/08/2015 al 28/08/2015.....331
Tabla 128. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart críticas de la obra nº1.....336
Tabla 129. PV_T diario y acumulado de la obra nº1. Fecha: del 03/08/2015 al 21/08/2015 339
Tabla 130. PV_T diario y acumulado de la obra nº1. Fecha: del 24/08/2015 al 04/09/2015 340
Tabla 131. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº2 390
Tabla 132. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº2.....393
Tabla 133. Recursos disponibles en la empresa para la ejecución de la obra nº2 394
Tabla 134. Análisis de datos de la Actividad 1.1.....395
Tabla 135. Análisis de datos de la Actividad 1.2.....396
Tabla 136. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.1.....397
Tabla 137. Análisis de datos de la Actividad 2.1.....398
Tabla 138. Análisis de datos de la Actividad 2.2. Parte 1 de 2.....398
Tabla 139. Análisis de datos de la Actividad 2.2. Parte 2 de 2.....399
Tabla 140. Análisis de datos de la Actividad 2.3.....399
Tabla 141. Análisis de datos de la Actividad 2.4.....400
Tabla 142. Análisis de datos de la Actividad 2.5.....401
Tabla 143. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.6.....401
Tabla 144. Análisis de datos de la Actividad 2.6.....402
Tabla 145. Análisis de datos de la Actividad 3.1.....403
Tabla 146. Análisis de datos de la Actividad 3.2.....404
Tabla 147. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.3.....404

Tabla 148. Análisis de datos de la Actividad 3.3 405
Tabla 149. Análisis de datos de la Actividad 4.1 406
Tabla 150. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº2 407
Tabla 151. Características de la cadena crítica de la obra nº2 409
Tabla 152. Características de las subcadenas de la obra nº2 409
Tabla 153. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP 410
Tabla 154. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP 410
Tabla 155. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC 411
Tabla 156. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC 411
Tabla 157. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM 412
Tabla 158. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM 412
Tabla 159. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC 413
Tabla 160. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC 413
Tabla 161. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 414
Tabla 162. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 414
Tabla 163. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº2 415
Tabla 164. Características temporales y económicas de la obra nº2 416
Tabla 165. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 04/09/2015 417
Tabla 166. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 07/09/2015 – 25/09/2015 418
Tabla 167. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 28/09/2015 – 16/10/2015 419
Tabla 168. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 04/09/2015 425
Tabla 169. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 07/09/2015 – 16/10/2015 426
Tabla 170. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 19/10/2015 – 06/11/2015 427
Tabla 171. AC diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 25/09/2015 430
Tabla 172. AC diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 28/09/2015 – 06/11/2015 431
Tabla 173. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 02/10/2015 455
Tabla 174. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº2. Fecha: 05/10/2015 – 06/11/2015 456
Tabla 175. PV_T diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: del 03/08/2015 al 21/08/2015 460
Tabla 176. PV_T diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: del 21/09/2015 al 06/11/2015 461
Tabla 177. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 1 de 4 554
Tabla 178. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 2 de 4 555

Tabla 179. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 3 de 4 556
Tabla 180. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 4 de 4 557
Tabla 181. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 1 de 5.....565
Tabla 182. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 2 de 5.....566
Tabla 183. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 3 de 5.....567
Tabla 184. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 4 de 5.....568
Tabla 185. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 5 de 5.....569
Tabla 186. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 1 de 4 571
Tabla 187. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 2 de 4 572
Tabla 188. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 3 de 4 573
Tabla 189. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 4 de 4 574
Tabla 190. Características de la cadena crítica de la obra nº3. Parte 1 de 2 575
Tabla 191. Características de la cadena crítica de la obra nº3. Parte 2 de 2 576
Tabla 192. Características de las subcadenas de la obra nº3. Parte 1 de 2 576
Tabla 193. Características de las subcadenas de la obra nº3. Parte 2 de 2 577
Tabla 194. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP.....579
Tabla 195. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP. Parte 1 de 2 579
Tabla 196. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP. Parte 2 de 2 580
Tabla 197. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC 581
Tabla 198. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC. Parte 1 de 2.581
Tabla 199. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC. Parte 2 de 2.582
Tabla 200. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM 583
Tabla 201. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM. Parte 1 de 2 583
Tabla 202. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM. Parte 2 de 2 584
Tabla 203. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC 585
Tabla 204. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC. Parte 1 de 2 585
Tabla 205. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC. Parte 2 de 2 586
Tabla 206. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 586

Tabla 207. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers 587
Tabla 208. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº3.....588
Tabla 209. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 1 de 5 589
Tabla 210. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 2 de 5 590
Tabla 211. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 3 de 5 591
Tabla 212. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 4 de 5 592
Tabla 213. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 5 de 5 593
Tabla 214. PV semanales y acumulados de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 04/07/2016 .594
Tabla 215. PV semanales y acumulados de la obra nº3. Semana: 02/05/2016 – 01/08/2016 .595
Tabla 216. EV semanal y acumulado de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 04/07/2016.....603
Tabla 217. EV semanal y acumulado de la obra nº3. Semana: 11/07/2016 – 12/09/2016.....604
Tabla 218. AC semanal y acumulado de la obra nº3 607
Tabla 219. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº3.....632
Tabla 220. PV_T diario y acumulado de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 25/04/2016 636
Tabla 221. PV_T diario y acumulado de la obra nº3. Semana: 02/05/2016 – 12/09/2016 637

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

abr	: Abril.
AC	: Actual Cost / Coste real.
ACCM	: Active Critical Chain Method / Método de la Cadena Crítica Activa.
ACT	: Actividad.
ago	: Agosto.
ANSI	: American National Standards Institute / Instituto Nacional Americano de Estándares.
ALAP	: As Late As Possible / Lo más tarde que sea posible
APD	: Adaptative procedure with density / Método de Adaptación con la Densidad de la Red.
APRT	: Adaptative procedure with resource tightness / Método de Adaptación con la Limitación de Recursos.
ASAP	: As Soon As Possible / Lo más temprano que sea posible
AT	: Actual Time / Tiempo actual de control
BAC	: Budget at Completion / Presupuesto del proyecto / Presupuesto a la conclusión.
BPRSEM	: Bias Plus Root Square Error Method / Método de la tendencia más la Raíz Cuadrada.
C/SCSC	: Cost / Schedule Control System Criteria.
C/SPCS	: Cost / Schedule Planning Control System.
CB	: Consumo del buffer.
CC	: Cadena crítica.
CCPM	: Critical Chain Project Management / Método de la Cadena Crítica.
cm	: Centímetro.
CNC	: Coefficient of Network Complexity / Coeficiente de complejidad de la red.
CP	: Cut & Paste Method / Método de Cortar y Pegar.
CPI	: Cost Performance Index / Índice de rendimiento del coste.
CPM	: Critical Path Method / Método del Camino Crítico.

CPTP : Coste Presupuestado del Trabajo Planificado.

CPTR : Coste Presupuestado del Trabajo Realizado.

CRTR : Coste Real del Trabajo Realizado.

CSI : Cost Schedule Index / Índice de rendimiento en coste y plazo

CV : Cost Variance / Variación del coste.

d / ø : Diámetro.

dcP_i : Duración de la actividad i con protección.

dsP_i : Duración de la actividad i sin protección.

DO : Director de obra.

DoD : Department of Defense / Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

EAC : Estimate at Completion / Presupuesto estimado a la conclusión.

ed : Edición.

EDT : Estructura de Desglose de Trabajo / Estructura de desglose de tareas.

EE. UU. : Estados Unidos.

ES : Earned Schedule / Programación ganada.

ETC : Estimate to Complete / Presupuesto estimado hasta la conclusión.

EV : Earned Value / Valor ganado.

EVM : Earned Value Management / Método del Valor Ganado (EVM).

FB : Feeding Buffer / Buffer de alimentación.

FC : Método de la Fracción Crítica

FF : Finish-to-Finish / Final a final.

FL : Fuzzy Logic / Lógica difusa.

FS : Finish-to-Start / Final a inicio.

IMSA : International Management Systems Association.

IPMA : International Project Management Association /Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos.

i : Actividad

ISO : International Organization for Standardization / Organización Internacional de Normalización.

IVA : Impuesto sobre el valor añadido.

jul	: Julio.
jun	: Junio.
K_{APD}	: Factor de escala basado en la densidad de la subred.
K_{APRT}	: Factor de escala basado en la limitación de recursos.
kg	: Kilogramo.
LOE	: Level of Effort / Nivel de esfuerzo.
m	: Metro.
m^2	: Metro cuadrado.
m^3	: Metro cúbico.
may	: Mayo.
mar	: Marzo.
máx	: Máximo.
mm	: Milímetro.
mm^2	: Milímetro cuadrado.
MPL	: Max-plus Linear Representation / Máxima representación lineal.
N-	: Carretera Nacional.
n	: Número de actividades pertenecientes a la Cadena Crítica.
Nº	: Número.
NASA	: National Aeronautics and Space Administration / Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio
oct	: Octubre.
OU	: Ourense.
PA	: Partida alzada.
PAC	: Puesto de atención continuada.
PB	: Project Buffer / Buffer de proyecto.
PDM	: Precedence Diagramming Method / Método de diagramación por precedencia.
PEAD	: Polietileno de alta densidad.
PEM	: Presupuesto de ejecución material.

PERT	: Program Evaluation and Review Technique / Técnica de revisión y evaluación y de programas.
PM	: Presupuesto Material.
PMBOK	: Project Management Body of Knowledge / Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos.
PMI	: Project Management Institute.
PMIA	: Law S.1550 Program Management Improvement and Accountability Act of 2015 / Ley S.1550 para la Mejora y Responsabilidad de la Gestión de Programas de 2015.
PV	: Planned Value / Valor planificado.
RB	: Resource Buffer / Buffer de recurso.
RCPSP	: Resource – constrained Project Limited Scheduling Problem / Problema de planificación de proyectos con limitación de recursos.
RSEM	: Root Square Error Method / Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados.
S.A.	: Sociedad anónima.
SC	: Subcadena.
SEOPAN	: Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.
sep	: Septiembre.
SF	: Start-to-Finish / Inicio a final.
S.L.	: Sociedad limitada.
SPI	: Schedule Performance Index / Índice de rendimiento del cronograma.
SS	: Start-to-Start / Inicio a inicio.
SV	: Scheduled Variance / Variación del cronograma / Desviación en la programación.
T	: Método Tradicional.
t	: Tiempo, fecha, período.
t.	: Tonelada
t_c	: Tiempo de control.
t_{PB}	: Duración del buffer de proyecto.
TC	: Método del Tercio Crítico.

TOC	: Theory of Constraints / Teoría de las restricciones.
ud	: Unidad.
UTE	: Unión temporal de empresas.
UTM	: Universal Transverse Mercator / Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator.
VAC	: Variance at Completion / Variación del presupuesto a la conclusión.
WBS	: Work Breakdown Structure / Estructura de desglose de trabajo (EDT).
x	: Coordenada x.
y	: Coordenada y.
ZA	: Zahorra artificial.
ZN	: Zahorra natural.

σ_{path}	: Desviación estándar de la ruta más larga que alimenta al buffer.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

"El plan no es nada, la planificación lo es todo".
Eisenhower

La presente tesis se ha estructurado en los capítulos que se describen a continuación de manera resumida, con el propósito de favorecer la comprensión de la investigación y facilitar su lectura:

- Capítulo 1. Introducción.

  Exposición de la problemática actual en la planificación y gestión de las obras de ingeniería en términos de coste y tiempo, identificando dicho asunto, como la principal motivación para la realización de la presente tesis doctoral.

- Capítulo 2. Objetivos de la tesis.

  En este capítulo se presentan los principales objetivos, generales y específicos, que se pretenden alcanzar con la implementación del método de la cadena crítica al sector de la construcción.

- Capítulo 3. Marco y fundamentos teóricos.

  Identificación, revisión y compendio de la terminología y los trabajos relacionados con la investigación, estudiando el recorrido de la dirección de proyectos, las técnicas más aplicadas en la planificación y gestión de las obras como el valor ganado y el modelo actualmente utilizado en el ámbito de la cadena crítica.

- Capítulo 4. Material y métodos.

  En este apartado se detallan las características principales de las obras escogidas para los casos de estudio y se explican los pasos fijados para el desarrollo de la investigación, concretando el procedimiento a seguir para la definición de un modelo de planificación y seguimiento de proyectos basado en el método de la cadena crítica.

- Capítulo 5. Análisis y resultados.

  En este punto se analiza la información obtenida tras el empleo, en las obras seleccionadas, de la metodología de gestión de proyectos propuesta para el estudio de la presente tesis. Para ello se muestran los resultados alcanzados tras los cálculos realizados y se reflexiona sobre qué procedimientos, técnicas y datos son los más adecuados para la implementación del método de la cadena crítica a los proyectos de ingeniería.

- Capítulo 6. Conclusiones.

  Se exponen las conclusiones de la investigación realizada, comparando los resultados obtenidos con los objetivos previamente marcados, detallando las principales restricciones halladas para el desempeño de la tesis y sugiriendo posibles líneas futuras para la continuación del trabajo desarrollado.

- Capítulo 7. Bibliografía y referencias.

  Se recoge la bibliografía y las fuentes consultadas, estudiadas y empleadas para el conocimiento y explicación de las bases de la investigación.

- Capítulo 8. Anejos.

  En esta sección se presentan los diferentes anejos del documento principal de la tesis:

  – Anejo A: Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM hasta la actualidad, categorizándolos según el tipo de temática tratada y empleándolos para el análisis del estado de la cuestión de este procedimiento de gestión de proyectos.

  – Anejo B, C y D: Estudio de las obras nº1, nº2 y nº3, respectivamente, exponiendo los cálculos completos y todos los pasos seguidos para la aplicación, a cada una de ellas, del modelo propuesto de planificación y seguimiento de proyectos.

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

"Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo".
Albert Einstein

No existen muchos análisis sobre el grado de éxito de la gestión de los proyectos de ingeniería, sin embargo, ya en el año 2002, el Journal of the American Planning Association, publicó un artículo de tres profesores de la Universidad de Aalborg en Dinamarca (Flyvbjerg, Holm, & Buhl, 2002) donde, tras el estudio de 258 proyectos en veinte países de los cinco continentes, concluyó que el 90% de ellos habían aumentado el precio inicial por el que se adjudicaron, siendo la principal causa los fallos cometidos en la fase de preparación del proyecto.

Otras investigaciones más recientes en el sector de la construcción (KPMG, 2015a) revelan que menos del 31% de los proyectos se entregan de acuerdo con el presupuesto fijado o con una desviación presupuestaria dentro de un margen asumible del 10%, y que sólo el 25% de las obras se concluyen en tiempo o dentro de este límite del 10% de variación.

Los resultados que arrojan los estudios realizados en los últimos tiempos avalan, mediante datos estadísticos, la sapiencia popular generada como consecuencia de los casos más conocidos de fracasos, en términos de coste y plazo, que se han producido en diversas obras públicas a lo largo de los años. Aunque los desfases más populares corresponden a los proyectos más ambiciosos (ver ejemplos en la Tabla 1), estos no dejan de ser el reflejo, dentro del ámbito de la ingeniería civil, de una práctica común donde los sobrecostes y los retrasos parecen haberse convertido en un patrón frecuente, tanto dentro como fuera de nuestras fronteras.

Pese a que las dificultades encontradas en estos tipos de proyectos tienen diferentes orígenes (aumentos del alcance, confrontaciones políticas, diseños impracticables, falta de financiación…), la mayor parte de los errores surgen en la fase de planificación y en la toma de decisiones durante el desarrollo de las obras, donde la inusual aplicación de actuaciones o técnicas adecuadas de gestión de proyectos, que permitan manejar los riesgos de calendario y de desviaciones monetarias, se ha convertido en un tema actual que origina cierta controversia.

Tabla 1. Ejemplos de proyectos conocidos con grandes desfases de tiempo y coste

PROYECTO	PRESUPUESTO		DURACIÓN	
	PLANIFICADO	REAL	PLANIFICADA	REAL
Opera de Sídney	7 millones $	102 millones $	6 años	16 años
Gran Excavación de Boston	2.800 millones $ (= 6.000 millones $ a fecha de fin)	14.600 millones $ (= 8.800 millones $ a fecha de inicio)	6 años	25 años
Eurotúnel	4.700 millones £	9.500 millones £	6 años	7 años
Puente del Gran Belt Danés	12.900 millones DKK	21.400 millones DKK	8 años	10 años
Hospital Universitario Central de Asturias	266 millones €	297 millones €	6 años	8 años
Setas de Sevilla	50 millones €	88 millones €	2 años	6 años
Ciudad de la Cultura de Galicia	108,2 millones €	Hasta la actualidad >400 millones €	36 meses	Hasta la actualidad >15 años
Puente de la Constitución (Cádiz)	273 millones €	511 millones €	3,5 años	8 años
Aeropuerto Berlín-Brandemburgo	1.700 millones €	Hasta la actualidad >5.400 millones €	5 años	Hasta la actualidad > 12 años

La enorme incertidumbre generada por las obras de ingeniería civil, al tratarse de proyectos únicos, originales y singulares que no se rigen por un parámetro de repetición al desarrollar algo que no se ha hecho antes igual, unido a los constantes tropiezos a la hora de encontrar un método de planificación, seguimiento y control óptimo que se adapte a las necesidades variables de las obras, ponen en dificultades a muchas empresas del ámbito de la construcción. La no utilización de estos sistemas de dirección provoca el desenfoque de los principales indicadores: el tiempo, el coste, el beneficio... Esto constituye una preocupación, cada vez más creciente, en los directores de las mismas, donde la intensificación de la competencia, las presiones generadas por la globalización de los mercados en los últimos años, el aumento del nivel de exigencia de los clientes y la limitada disponibilidad de medios financieros, empujan a los responsables de los proyectos a trabajar más, comprimir los cronogramas y disponer de menos recursos, en una continua carrera de obstáculos.

La aparición de cláusulas de penalizaciones en los contratos es cada vez más frecuente, por lo que acabar a tiempo con las calidades, costes y requerimientos establecidos

en proyecto se vuelve casi obligatorio, aunque utópico para muchas compañías del sector, generando cierta inquietud para aquellas infraestructuras que deben de ser puestas en servicio en unas fechas fijas e inamovibles.

Las últimas encuestas (KPMG, 2016a) y estudios (KPMG, 2016b), realizados por la compañía KPMG sobre la tendencia en management y el sector global de la construcción, revelan que el 78% de los directivos de firmas de construcción e ingeniería consideran que los proyectos de infraestructuras ganarán en osadía, tanto en diseño como en dificultad técnica. Esto obligará a encontrar fórmulas para gestionar dicha complejidad y evitar fallos de edificabilidad, retrasos o sobrecostes mediante la creación de modelos válidos y efectivos de información, algo con lo que coinciden el 60% de los encuestados.

Critical Chain Project Management (CCPM) o Cadena Crítica, es una metodología nacida en entornos productivos que ha supuesto una revolución en el modo de programar y administrar los proyectos, centrando sus esfuerzos en identificar y gestionar adecuadamente aquellos elementos que permiten acelerar la consecución de los mismos de forma sostenida y completarlos dentro del plazo y presupuesto inicialmente establecidos mediante algunas propuestas que se apartan de la praxis habitual.

En este camino, la aplicación del método de la Cadena Crítica al sector de la construcción podría presentarse como una solución en el avance y en la mejora de la planificación y del seguimiento y control de las obras, evitando la tendencia actual de las mismas y reduciendo los tiempos de ejecución. Esto se traduce en un amplio abanico de opciones para las empresas de esta área, pudiendo ser, para el caso que nos ocupa, un factor clave para la consecución con éxito de los proyectos de ingeniería civil.

CAPÍTULO 2.- OBJETIVOS DE LA TESIS

"Aprender sin reflexionar es malgastar la energía".
Confucio

El método de la cadena crítica ha sido utilizado y probado en distintos sectores, demostrando su capacidad de adecuación y de mejora con respecto a otros sistemas de planificación y seguimiento empleados hasta el momento, permitiendo la obtención de resultados fiables y competitivos en un mundo marcado por los tiempos y los costes.

El vacío existente en la búsqueda de soluciones más efectivas en la planificación y el seguimiento y control de las obras de ingeniería es la razón principal por la que surge esta investigación, cuyo objetivo general es la implementación del CCPM al sector de la construcción, con el propósito de completar los proyectos dentro de los plazos y presupuestos establecidos.

La finalidad de este trabajo es intentar demostrar las posibilidades que presenta la implementación de dicha metodología integrada con las técnicas más efectivas, hasta la actualidad, de la dirección de proyectos, además de ofrecer unas claves para su uso correcto, y sobre todo adecuado, dentro del mundo de la ingeniería, en contraste con las debilidades de los métodos que se utilizan hasta el momento en estos ámbitos.

Por lo tanto, para poder alcanzar el objetivo global de la presente tesis, se han desarrollado una serie de objetivos específicos y particulares que se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Realizar una revisión y posterior compendio de los trabajos desarrollados en el ámbito de la cadena crítica como una primera aproximación a dicha metodología.

2. Adecuar el CCPM al sector de la construcción mediante la integración de este procedimiento, enfocado en el factor temporal de los proyectos, con una de las técnicas más efectivas de la gestión de los presupuestos de los mismos como el método del valor ganado (EVM).

3. Definir una nueva metodología que permita mejorar la planificación y el seguimiento de los plazos y costes en el campo de la ingeniería civil, adaptando el modelo propuesto a la naturaleza de las obras donde pueden existir dos perspectivas desde la que se realiza la dirección de proyectos: la parte adjudicataria o contratista y la parte promotora o administración.

4. Eliminar ciertas barreras del CCPM elaborarando una fórmula o sistema matemático que permita calcular de forma analítica el porcentaje de buffer consumido.

5. Aplicar de manera práctica el procedimiento desarrollado, sirviendo los resultados obtenidos en el entorno real de las obras como análisis de la técnica propuesta.

6. Establecer ciertos criterios que faciliten la elección adecuada del procedimiento de dimensionamiento de buffers que mejor se adapte a las necesidades de las obras, categorizando los diferentes métodos en función de las características de las actuaciones previstas.

7. Presentar el modelo apoyado en el método de la cadena crítica como un mecanismo eficaz, flexible y focalizado para el control de futuros proyectos, ofreciendo una alternativa adecuada en el mundo de la ingeniería civil.

CAPÍTULO 3.- MARCO Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. DIRECCIÓN DE PROYECTOS

"En el acrónimo PM (Project Management) la "P" se refiere,
en la misma medida, a las personas que a los proyectos".
Cornelio Fichtner

Siguiendo lo establecido en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), desarrollada por el Project Management Institute (PMI), donde quedan recogidos los diferentes conocimientos en dirección, gestión y administración de proyectos, se define proyecto como:

> *Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.*

En el sector de la construcción el término "proyecto" se asocia generalmente a la etapa de diseño de una obra de ingeniería o arquitectura, donde se genera la documentación necesaria para la ejecución de la misma. Sin embargo, en la presente tesis se empleará la acepción de "proyecto" también en su sentido de gestión, destacando la temporalidad y la producción única como características importantes.

La dirección de proyectos consiste en *la aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo*, lo cual se logra mediante la utilización y la integración de los procesos adecuados de la gestión de proyectos que, agrupados, conforman los siguientes cinco grupos de procesos:

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución
- Seguimiento y control
- Cierre

Asignada a estos cinco grupos de procesos, en la última edición del PMBOK (PMI, 2017), se habla de la existencia de diez áreas del conocimiento:

- Gestión de la Integración del Proyecto.
- Gestión del Alcance del Proyecto.
- Gestión del Cronograma del Proyecto.
- Gestión de los Costes del Proyecto.
- Gestión de la Calidad del Proyecto.
- Gestión de los Recursos del Proyecto.
- Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.
- Gestión de los Riesgos del Proyecto.
- Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.
- Gestión de los Interesados del Proyecto.

Los procesos de estas áreas de conocimiento son descritos por sus entradas, herramientas y técnicas y las salidas.

En la actualidad, los proyectos de construcción no siempre acaban a tiempo, por lo que es frecuente hablar de retrasos y de un consumo mayor del presupuesto estimado y de los recursos asignados inicialmente.

Para la determinación de métodos adecuados de dirección de proyectos que permitan la conclusión de las obras según los objetivos marcados, la realización del presente trabajo de investigación se centrará, concretamente, en los grupos de procesos de Planificación y Seguimiento y Control, dentro de las áreas de *Gestión del Cronograma* y *Gestión de los Costes*, sin olvidar la integración con el resto de los procesos y áreas.

3.1.1. HISTORIA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Son numerosas las grandes construcciones realizadas a lo largo de la historia, (la Gran Pirámide de Guiza, las antiguas calzadas romanas, la Gran Muralla China...) que sin sombra de dudas nos indican la existencia de alguna especie de administración de proyectos desde el inicio de la civilización.

El desarrollo, la evolución y la creciente competitividad a lo largo de la historia de los proyectos han motivado el cambio en la manera de realizar los mismos, generando la necesidad de gestionar de manera correcta las diferentes actividades que los conforman.

El project management, en el sentido moderno, se introduce a partir del siglo XX, pudiendo destacar hasta la actualidad una serie de hitos significativos que marcan el camino presente en este campo y que han sido resumidos en la Tabla 2:

Tabla 2. Cronología de la Dirección de Proyectos

PRIMERAS MUESTRAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS	
2570 a.C.	- Construcción de la Gran Pirámide de Keops
312 a.C.	- Ejecución de la primera calzada romana
208 a.C.	- Construcción de la Gran Muralla China

INTRODUCCIÓN AL PROJECT MANAGEMENT MODERNO	
1903	- Publicación del libro *Shop Management* de Taylor
1916	- Publicación de *Administration Industrielle et Générale* de Herni Fayol
1917	- Creación del Diagrama de Gantt
1931	- Primer uso documentado del Diagrama de Gantt
1940 – 1943	- Método precursor del Camino Crítico (CPM)
1941	- Aplicación del principio de Pareto a la calidad
1954	- Acuñación del término Project Management
1957	- Desarrollo del Método del Camino Crítico (CPM)
1957	- Creación de la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT)
1962	- Publicación de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)
1965	- Fundación de la 1ª asociación de directores de proyectos (IMSA → IPMA)
1967	- Introducción del Método del Valor Ganado (EVM)
1969	- Fundación del Project Management Institute (PMI)
1984	- Publicación de la Teoría de las Restricciones (TOC)
1987	- Publicación del precursor de la *Guía del PMBOK*
1989	- Reconocimiento del EVM como técnica de gestión de proyectos
1996	- Publicación de la primera versión del PMBOK
1997	- Creación del Método de la Cadena Crítica (CCPM)
1998	- Reconocimiento del PMBOK como estándar ANSI
2012	- Publicación de la norma ISO 21500
2016	- Ley para la Mejora y Responsabilidad de la Gestión de Programas de 2015
2017	- Publicación de la sexta edición del PMBOK

- Publicación del libro *Shop Management* de Taylor (1903)

  Esta obra, presentada en una reunión de la Sociedad Norteamericana de Ingenieros Mecánicos por su autor Frederick Winslow Taylor, supone un avance de los conceptos de gestión científica más influyentes. La idea central se basa en analizar el trabajo, descomponerlo en tareas simples y cronometrarlas estrictamente para la obtención de una metodología mecanicista mediante la aplicación de las ciencias exactas, matemáticas y física, fijando los estándares de tiempo de ejecución del trabajo.

- Publicación de Administration Industrielle et Générale de Henri Fayol (1916)

  Su obra principal, fruto de muchos años de práctica y estudio de la administración, sitúa a Henri Fayol como el impulsor de la teoría administrativa mediante la división de las áreas funcionales y la identificación de la planificación, la organización, la dirección, la coordinación y el control como elementos básicos de gestión.

- Creación del Diagrama de Gantt (1917)

  Henry Laurence Gantt, considerado como uno de los antepasados de la dirección de proyectos, centró sus investigaciones en el control y la planificación de las operaciones productivas con el objetivo de ofrecer un método óptimo para visualizar la situación de un proyecto, presentando en el año 1917 la gráfica que lleva su propio nombre, el Diagrama de Gantt.

- Primer uso documentado del Diagrama de Gantt (1931)

  El proyecto de construcción de la Presa Hoover fue el primero en desarrollarse con la herramienta de calendarización del Diagrama de Gantt, convirtiéndolo en un ejemplo real y efectivo de esta técnica que todavía se utiliza en la actualidad y que constituye una pieza importante para la planificación y el control de un proyecto.

- Método precursor del Critical Path Method - CPM (1940 – 1943)

  El proyecto Manhattan, que culminó con la fabricación de la primera bomba atómica de la historia, ha sido reconocido como uno de los primeros en emplear técnicas de gestión moderna para la optimización de los objetivos de tiempo y calidad, sirviendo como precursor del Método del Camino Crítico.

- Aplicación del principio de Pareto a la calidad (1941)

  Estudiando las desigualdades entre ricos y pobres, el economista Wilfredo Pareto observó en el año 1906 que el 80% de las tierras eran poseídas por el 20% de la población. Esta teoría, denominada inicialmente como Principio de Pareto, fue aplicada años más tarde por Joseph Juran a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como Regla 80/20, según la cual se puede afirmar que el 20% del esfuerzo produce el 80% de los resultados.

- Acuñación del término Project Management (1954)

  El general de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, Bernard Adolf Schriever, jugó un papel muy importante durante los programas de investigación espacial y desarrollo de misiles balísticos, acuñando por primera vez el término de Project Management para referirse a la Gestión del Proyecto, orientada a la maximización del tiempo y de los recursos.

- Desarrollo del Critical Path Method - CPM (1957)

  En el año 1957 las empresas DuPont Corporation y Remington Rand impulsaron el método de la ruta crítica o CPM utilizada para predecir la duración de un proyecto al analizar la secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las tareas tiene un tiempo estimado. La técnica fue tan exitosa que le ahorró a la corporación 1 millón de dólares en el primer año de su implementación.

- Creación del Program Evaluation and Review Technique - PERT (1957)

  Las dificultades y los retrasos surgidos durante la puesta en marcha del proyecto Polaris, misil balístico móvil lanzado desde un submarino durante la guerra fría, obligó a la Marina de los Estados Unidos a encomendar a la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada del Departamento de Defensa de EE. UU. el estudio de una metodología capaz de evaluar la ejecución de los proyectos, surgiendo, de este modo y prácticamente a la par que el CPM, la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (Program Evaluation and Review Technique o PERT).

- Publicación del Work Breakdown Structure - WBS (1962)

  Dentro del proyecto Polaris, el Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos desarrolló, junto al PERT, el concepto de Work Breakdown Structure (WBS), denominado

también como Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), para facilitar la gestión de dicho proyecto, publicándolo en 1962 para su uso en posteriores trabajos. Esta herramienta permite la representación jerárquica de los entregables y las tareas necesarias para completar un proyecto, manteniéndose actualmente como uno de los mecanismos más efectivos y comunes dentro de la dirección de proyectos.

- Fundación de la primera Asociación de Directores de Proyectos (1965)

  Bajo el nombre de IMSA (International Management Systems Association) se funda la primera asociación de directores de proyectos con sede en Suiza, que, con el paso del tiempo, en 1994, adquiere la denominación de IPMA (International Project Management Association).

- Introducción del concepto de Valor Ganado (1967)

  En diciembre de 1967 el DoD ordenó uniformar el sistema PERT/COST a través de C/SCSC (Cost/Schedule Control System Criteria), que precedió al C/SPCS (Cost/Schedule Planning Control System), como método de gestión del costo en la compra de grandes y nuevos sistemas. Esta instrucción marcó el nacimiento de una nueva y revolucionaria forma de trabajar y de la gestión del valor ganado.

- Fundación del Project Management Institute – PMI (1969)

  El Project Management Institute (PMI) fue fundado en octubre de 1969 por cinco voluntarios que celebraron su primer seminario ese mismo año en Atlanta, Georgia, con una asistencia de 83 personas. Surgido como una organización profesional sin fines de lucro, su principal objetivo siempre ha sido la búsqueda de la promoción del avance de la práctica, la ciencia y la profesión de la gestión de proyectos.

- Publicación de la Teoría de las Restricciones – TOC (1984)

  La Teoría de las Restricciones, denominada en inglés Theory of Constraints (TOC), fue desarrollada por el doctor Eliyahu M. Goldratt, tras la publicación de su libro The Goal (La Meta), como una nueva filosofía de gestión para la solución de los problemas de optimización de la producción. Los métodos y algoritmos expuestos por esta teoría sirvieron de base para la posterior aparición del Critical Chain Project Management, Método de la Cadena Crítica, cuyo acrónimo es CCPM.

- Publicación del Project Management Body of Knowledge – PMBOK (1987)

  En 1987 el Project Management Institute publica, bajo el nombre de Project Management Body of Knowledge, el primer documento que intenta homologar la información y las prácticas de la administración de proyectos aceptadas hasta la fecha, sirviendo como precursor de la Guía del PMBOK.

- Reconocimiento del Earned Value Management (EVM) como una técnica de gestión de proyectos (1989)

  El Método del Valor Ganado, Earned Value Management (EVM), fue introducido como técnica de gestión de proyectos en 1989 por la Subsecretaría de Defensa de los Estados Unidos debido a su gran utilizad a la hora de calcular el rendimiento de los proyectos y de decidir la cancelación o continuidad de los mismos.

- Publicación de la primera versión del PMBOK (1996)

  La primera *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* del PMI, denominada por sus siglas en inglés como PMBOK, fue publicada en 1996. Este manual recoge la descripción general de las nociones básicas y las mejores prácticas de la Gestión de Proyectos.

- Creación del Critical Chain Project Management – CCPM (1997)

  Critical Chain Project Management o Método de la Cadena Crítica fue desarrollado por el doctor Eliyahu M. Goldratt en su libro *Critical Chain* (*Cadena Crítica*) de 1997. Basado en los métodos y algoritmos extraídos de su Teoría de las Restricciones (Goldratt & Cox, 1993), esta técnica de gestión surgió en entornos productivos, pero ha ido extendiéndose a otros ámbitos, demostrando los beneficios de su empleo al reducir los tiempos de ejecución de los proyectos y la conclusión de los mismos dentro del calendario previsto.

- Reconocimiento del PMBOK como estándar ANSI (1998)

  Considerado como una de las herramientas elementales en la profesión, el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) reconoce en el año 1998 el PMBOK como un modelo en el project management, siendo el único en este campo.

- Publicación de la norma ISO 21500 (2012)

  Elaborada en el seno del comité ISO/PC 236 "Project Management", con contribuciones de expertos de más de cuarenta países, se publica la Norma ISO 21500:2012 – Guidance on Project Management (Guía de Dirección de Proyectos) para el establecimiento de los principios y procedimientos comunes en este campo y el afianzamiento de la profesión.

- Aprobación de la Ley para la Mejora y Responsabilidad de la Gestión de Programas de 2015 – PMIAA (2016)

  El 14 de diciembre de 2016, el entonces presidente de los Estados Unidos, Barak Obama firma la ley S.1550 *Program Management Improvement and Accountability Act of 2015* (PMIA). Esta legislación, fuertemente respaldada por el Project Management Institute (PMI), pretende mejorar y reforzar la responsabilidad y las prácticas de la gestión de proyectos y programas en todo el gobierno federal.

- Publicación de la sexta edición del PMBOK (2017)

  Desde la primera versión del PMBOK, en 1996, el PMI ha continuado avanzando en la concreción de los estándares de la dirección de proyectos y la inclusión de los nuevos modelos de gestión, intentando facilitar el entendimiento y la puesta en práctica de dichas teorías mediante la publicación de nuevas ediciones (2ª ed. en el 2000, 3ª ed. en el 2004, 4ª ed. en el 2009 y 5ª ed. en el 2013), siendo la 6ª ed., editada en 2017, la más actual hasta la fecha.

3.1.2. LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN LA ACTUALIDAD Y PASOS FUTUROS

El dominio casi exclusivo durante muchos años del DoD de EE. UU., como centro de los avances en términos de project management, ha terminado y, aunque sigue siendo participante activo, otros actores importantes han ido apareciendo, dando un impulso al conocimiento, divulgación y aplicación de la profesión, entre los que destaca el PMI (Project Management Institute).

En este camino la dirección de proyectos se ha extendido mundialmente en diferentes sectores, fundamentalmente debido a sus amplios principios aplicables a cualquier tipo de proyecto.

Dentro del campo de las obras civiles, donde la complejidad de las mismas y las presiones generadas por los mercados actuales para finalizarlas lo más rápido posible han ido en aumento a lo largo de los últimos años, las técnicas de gestión tradicionales parecen no ser suficientes, por sí mismas, para controlar el costo y los tiempos programados.

En este contexto, la combinación de los procedimientos más efectivos en la planificación y control de costes y tiempos, como el valor ganado y la cadena crítica respectivamente, puede ser el factor clave para el éxito de los futuros proyectos.

3.2. MÉTODO DEL VALOR GANADO

"Dos cosas contribuyen a avanzar:
ir más deprisa que los otros, o ir por el buen camino".
Descartes

Earned Value Management (EVM), o Método del Valor Ganado, es una técnica de control de costes que permite unificar las medidas de alcance, cronograma y presupuesto en un marco conceptual común, representando matemáticamente relaciones entre ellas para evaluar el avance del proyecto.

3.2.1. ORIGEN DEL EVM

El concepto original de valor ganado puede situarse en la época de la revolución industrial, cuando las líneas de producción, con objeto de obtener una imagen exacta sobre los rendimientos alcanzados, comenzaron a valorar el "trabajo realizado" contra el "trabajo planeado" y a medir los costes incurridos en dichos puntos de evaluación (Bálsamo, 2011).

El desarrollo del valor ganado, como procedimiento de control de proyectos, tiene su inicio décadas más tarde, cuando, en 1962, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos incorpora al proyecto Minute Man Missile Program una versión rudimentaria de este método, como parte del sistema PERT/COST empleado. Cinco años más tarde, en 1967, ambas técnicas se adaptan e integran a través de C/SCSC y C/SPCS, convirtiéndose EVM en el núcleo principal.

Esto marcó el nacimiento de una nueva y revolucionaria forma de trabajar, publicándose en 1998 la primera norma sobre el método del valor ganado (EVM) bajo la designación ANSI/EIA-748 (actualizada a lo largo de los años por diversas versiones). Además, en 1999 el gobierno americano da un paso más y dispone que dicho estándar deba ser obligatorio para todos los contratos de las agencias federales (DoD, DoE o NASA).

Su trayectoria, así como su popularidad en los últimos tiempos, han consagrado el Método del Valor Ganado como una de las técnicas más utilizadas para la medida del desempeño del proyecto.

3.2.2. DEFINICIÓN DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO

EVM ha sido recogida en el PMBOK como una herramienta de dirección de proyectos basada en el control de costes, mediante la unión de la línea base del alcance con la del presupuesto y en conjunto con el cronograma. La generación de una línea base integrada facilita la evaluación y la medida del desempeño y del desarrollo del proyecto.

La utilización adecuada de este procedimiento supone grandes ventajas, ya que nos permitirá:

- Revisar si el proyecto se encuentra por encima o por debajo del presupuesto y en qué proporción.
- Determinar si las actividades están adelantadas o atrasadas en el cronograma en función del coste.
- Considerar qué tan peligrosas o favorables son las tendencias que se observan.
- Hacer proyecciones a partir de los datos obtenidos con hipótesis dadas por las diferentes situaciones del trabajo.
- Tomar acciones para mitigar el impacto de algunos problemas.
- Disponer de la información necesaria para que la dirección pueda decidir seguir adelante con el proyecto o cancelarlo, solicitar más fondos, inyectar nuevos recursos o tomar otras decisiones.

En comparación con otros métodos tradicionales donde la confrontación entre costo real y costo planificado puede, frecuentemente, ser un error, esta metodología proporciona una visión más cercana del avance real de un proyecto al establecer y monitorizar tres dimensiones claves para cada paquete de trabajo y cada punto de control (PMI, 2017).

3.2.3. PRINCIPALES VARIABLES DEL MÉTODO

Dentro de la gestión, el núcleo de EVM lo constituye la técnica de análisis, que es una interrelación tridimensional entre lo planeado, el trabajo efectivamente realizado y los costes reales incurridos durante la ejecución de los trabajos (Alsina, 2013). Es por ello por lo que, para el empleo de este método, es preciso obtener tres valores durante el seguimiento del proyecto.

3.2.3.1. Valor Planificado

El Planned Value (PV) o Valor Planificado se define como el Coste Presupuestado del Trabajo Planificado (CPTP), entendiéndose en el ámbito de las obras de ingeniería como el presupuesto autorizado o presentado en proyecto que debe ejecutarse para completar una actividad o un componente de la EDT durante un determinado espacio de tiempo.

Los importes acumulados del valor planificado conforman la línea base del presupuesto, denominada, en términos de la gestión de proyecto, BCWS (Budgeted Cost of Work Scheduled), siendo la "meta" hacia donde se encamina el proyecto en términos económicos.

Por tanto, los precios programados no se pueden cambiar sin modificar la "línea base" del proyecto ya que, el presupuesto del mismo vendrá determinado por el valor planificado acumulado total, conocido como Budget at Completion (BAC) o Presupuesto hasta la conclusión.

3.2.3.2. Valor Ganado

El Earned Value (EV) o Valor Ganado se puede describir como la cantidad de dinero programado para el trabajo realmente completado, de la actividad del cronograma o del componente de la EDT, durante un período de tiempo determinado.

Esta magnitud también recibe el nombre de Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTR) o Valor Acumulado, y es considerada como una medida de la cantidad de trabajo realizada.

El establecimiento de criterios de evaluación que permitan medir el avance de cada componente de la EDT, con objeto de determinar el trabajo en curso, es el valor más difícil de estimar (Klastorin, 2010).

3.2.3.3. Coste Real

Actual Cost (AC) o Coste Real, también conocido como Coste Real del Trabajo Realizado (CRTR), se define como el importe total incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV durante la ejecución de las actividades del cronograma o de los componentes de la EDT, durante un período de tiempo determinado.

Generalmente, estos precios son suministrados por el departamento de contabilidad o por cualquier área similar existente en las empresas cuya función básica sea la de controlar, valorar y cuantificar los gastos generados por los proyectos.

3.2.4. INDICADORES MÁS COMUNES DEL EVM

El análisis del valor ganado mide objetivamente los logros del proyecto, teniendo en cuenta las metas de tiempo, coste y calidad (Roberts P. , 2008).

La combinación de los valores PV, EV y AC favorece el seguimiento completo del proyecto, pues el empleo de los mismos proporciona una medición realista sobre el rendimiento del trabajo. Esta evaluación permite saber si el proyecto se está llevando a cabo, o no, según los planificado, en un momento concreto.

Las métricas más habituales, utilizadas para indicar el progreso y la situación actual del proyecto de estudio analizado con la metodología del valor ganado, se pueden englobar en 3 grupos: Variaciones, Índices de rendimiento y programación ganada.

3.2.4.1. Variaciones

Las medidas más utilizadas comúnmente, para realizar el control del estado del proyecto, son las que determinan las variaciones de coste y tiempo con respecto a los estándares previstos.

- Variación del Coste (CV)

  Indica la desviación de los costes respecto del presupuesto previsto, por lo que es igual al valor ganado (EV) menos el costo real (AC).

  Ecuación 1. EVM. Variación del coste (CV)

  $$CV = EV - AC$$

  La variación del coste al final de proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y la cantidad realmente gastada.

- Variación del Cronograma (SV)

  Indica la desviación en el cronograma respecto a la programación inicial, en términos monetarios. Es igual al valor ganado (EV) menos el valor programado (PV). La variación del cronograma finalmente será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán ganado todos los valores planificados.

  Ecuación 2. EVM. Variación del cronograma (SV)

  $$SV = EV - PV$$

  La variación del cronograma finalmente será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán ganado todos los valores planificados.

En la Tabla 3 se resumen las fórmulas de cálculo de los indicadores de variación de coste y tiempo propios del método del valor ganado, con la interpretación de cada uno de los conceptos:

Tabla 3. Resumen de indicadores de variación del EVM. Fórmulas e interpretación

ACRÓNIMO	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN	
CV	EV – AC	NEGATIVO:	Costes por encima de los previsto
		POSITIVO:	Costes por debajo de lo previsto
SV	EV – PV	NEGATIVO:	Tiempo invertido por encima de los previsto
		POSITIVO:	Tiempo invertido por debajo de lo previsto

3.2.4.2. Índices de rendimiento

Las métricas de variación pueden reflejarse en términos relativos mediante el cálculo de los indicadores de eficiencia del rendimiento del coste y del cronograma:

- Índice de Rendimiento del Coste (CPI)

  El CPI es igual a la relación entre EV y AC en un determinado período, y se ha convertido en el indicador más usado.

Ecuación 3. EVM. Índice de rendimiento del coste (CPI)

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

- Índice de Rendimiento del Cronograma (SPI)

  El SPI es igual al cociente entre el EV y el PV y se utiliza para conocer el estado del cronograma.

Ecuación 4. EVM. Índice de rendimiento del cronograma (SPI)

$$SPI = \frac{EV}{PV}$$

En algunas ocasiones ambos indicadores se combinan para predecir el estado global del proyecto mediante una relación entre el coste y el cronograma. Este índice, denominado

Índice de Rendimiento en costo y plazo (CSI), mide el grado de compensación entre el CPI y el SPI.

Ecuación 5. EVM. Índice de rendimiento en costo y plazo (CSI)

$$CSI = CPI \times SPI$$

En la Tabla 4 se resumen las fórmulas de cálculo de los índices de rendimiento más comunes del método del valor ganado, con la interpretación de cada uno de ellos:

Tabla 4. Resumen de índices de rendimiento del EVM. Fórmulas e interpretación

ACRÓNIMO	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN	
CPI	EV / AC	< 1:	Costes por encima de lo previsto
		> 1:	Costes por debajo de lo previsto
SPI	EV / PV	< 1:	Tiempo invertido por encima de lo previsto
		> 1:	Tiempo invertido por debajo de lo previsto
CSI	CPI x CSI	< 0,8:	Es probable que el proyecto no se concluya según lo previsto en coste o plazo.
		0,8<CSI<0,9:	El proyecto posiblemente llegue a buen término aplicando ciertas medidas correctoras.
		> 0,9:	El avance del proyecto es correcto.

3.2.4.3. Programación ganada

Los indicadores de plazos de las técnicas tradicionales del método del valor ganado (SV y SPI), miden el rendimiento del cronograma en unidades monetarias, provocando cierta dificultad de comprensión sobre las variaciones e índices del cronograma al no estar valorados en unidades de tiempo.

Por otra parte, se ha demostrado que SV y SPI presentan ciertas peculiaridades al finalizar un proyecto que está retrasado, ya que las tendencias de estos parámetros se igualan a 0 y a 1 respectivamente, indicando un rendimiento perfecto en la conclusión de los trabajos a pesar de que en la realidad existan retrasos.

Earned Schedule (ES) o programación ganada es una innovadora técnica analítica que resuelve el dilema de EVM. Este concepto, concebido en el verano de 2002 por Walt Llipke y publicado en marzo de 2003, se define como la fecha en la que el coste planificado acumulado (PV) del proyecto es igual al valor ganado acumulado (EV) en la fecha actual de control (AT) (Lipke, 2003), de forma que si la ejecución coincide con la planificación las datas coincidirán.

Ecuación 6. EVM. Programación ganada (ES)

$$ES_{AT} = t + \frac{EV_{AT} - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t}$$

Donde t es el mayor período para el cual: $PV_t \leq EV_{AT}$

Gracias a este concepto, la variación del cronograma (SV) y el índice del rendimiento del cronograma (SPI) también se pueden calcular y expresar en términos de tiempo (t):

- Variación del Cronograma **en unidades de tiempo** → SV(t)

Ecuación 7. EVM. Variación del cronograma [SV(t)]

$$SV(t) = \mathrm{EV} - \mathrm{AT}$$

- Índice de Rendimiento del Cronograma **en unidades de tiempo** → SPI (t)

Ecuación 8. EVM. Índice de rendimiento del cronograma [SPI(t)]

$$SPI(t) = \frac{EV}{AT}$$

En la Tabla 5 se resumen las fórmulas de cálculo de los parámetros de la programación ganada del método del valor ganado, con la interpretación de cada uno de ellos:

Tabla 5. Resumen de los parámetros de la programación ganada. Fórmulas e interpretación

ACRÓNIMO	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN	
ES	t+ [(EV_{AT}-PV_t)/ (PV_{t+1}-PV_t)]	ES < AT	El proyecto se encuentra atrasado en tiempo
		ES = AT	El proyecto avanza según los tiempos previstos
		ES > AT	El proyecto se encuentra adelantado en tiempo
SV	ES – AT	NEGATIVO:	Tiempo invertido por encima de los previsto
		POSITIVO:	Tiempo invertido por debajo de lo previsto
SPI	ES / AT	< 1:	Tiempo invertido por encima de lo previsto
		> 1:	Tiempo invertido por debajo de lo previsto

3.2.5. PROYECCIONES

El seguimiento del proyecto debe de dar información del estado actual del mismo en conjunto con las previsiones y tendencias futuras esperadas, en función de los datos conocidos en un determinado momento.

Estas proyecciones se actualizan a medida que el proyecto se ejecuta y avanza, en un ciclo iterativo donde se busca ajustarlas a la realidad para poder adoptar las decisiones adecuadas en cada situación.

Los parámetros de la técnica de valor ganado a tener en cuenta para la realización de las predicciones son:

- BAC (Budget at Completion)

  Presupuesto hasta la conclusión, es el presupuesto previsto y aprobado para todo el esfuerzo del proyecto. También es conocido como el presupuesto total y será igual al valor planificado total acumulado.

Ecuación 9. EVM. Presupuesto del proyecto (BAC)

$$BAC = PV\ total\ acumulado$$

- EAC (Estimate at Completion)

Es la previsión del coste total o la cantidad de trabajo total al finalizar las actividades del cronograma, según los datos actuales.

Para determinar el valor de la EAC, el equipo de proyecto deberá analizar los resultados obtenidos hasta la fecha y, basándose en la experiencia, realizar la proyección de la Estimación a la Terminación en función de la situación que se plantee.

Los distintos escenarios posibles son los que se indican a continuación:

– No hay desviaciones: consiste en considerar que las desviaciones existentes hasta la fecha no son notables, por lo que se mantiene el presupuesto total autorizado.

Ecuación 10. EVM. EAC sin desviación

$$EAC = BAC$$

– Desviaciones atípicas: en esta situación se estima que las desviaciones producidas hasta la fecha han sido motivadas por algo ya localizado y solucionado.

Ecuación 11. EVM. EAC con desviaciones atípicas

$$EAC = AC + BAC - EV$$

– Desviaciones típicas: consiste en valorar que el desempeño actual se mantendrá a lo largo de todo el proyecto. Se pueden considerar dos casos:

o Marco optimista: se supone que el trabajo correspondiente a la ETC se realizará según el mismo índice de desempeño del costo (CPI) en el que el proyecto ha incurrido a la fecha.

Ecuación 12. EVM. EAC con desviaciones típicas optimistas

$$EAC = \frac{BAC}{CPI}$$

- Marco pesimista: se supone un desempeño de costos negativo a la fecha y la necesidad de que el proyecto se comprometa firmemente a respetar el cronograma.

Ecuación 13. EVM. EAC con desviaciones típicas pesimistas

$$EAC = AC + \left[\frac{(BAC - EV)}{(CPI \times SPI)}\right] = AC + \left[\frac{(BAC - EV)}{CSI}\right]$$

– Nueva estimación: en dicho escenario se considera que el desempeño actual es tan diferente al plan original que es necesario realizar una nueva estimación.

Ecuación 14. EVM. EAC de nueva estimación

$$EAC = AC + ETC \quad (donde\ ETC\ es\ una\ nueva\ estimación\ de\ lo\ que\ falta\ por\ ejecutar)$$

- ETC (Estimate to Completion)

Es la estimación del coste necesario para concluir el trabajo restante, desde el momento actual hasta finalizar el proyecto.

Ecuación 15. EVM. Presupuesto estimado hasta la conclusión (ETC)

$$ETC = EAC - AC$$

- VAC (Variance at Completion)

Es la desviación final prevista del presupuesto.

Ecuación 16. EVM. Variación del presupuesto a la conclusión (VAC)

$$VAC = BAC - EAC$$

En la Tabla 6 se resumen las fórmulas de cálculo de los parámetros explicados en este punto, con la interpretación de cada uno de ellos:

Tabla 6. Resumen de las proyecciones del EVM. Fórmulas e interpretación

ACRÓNIMO	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN
BAC	PV acumulado	Presupuesto del proyecto / Presupuesto hasta la conclusión
EAC	BAC	Estimación a la conclusión. No existen desviaciones
	AC+BAC-EV	Estimación a la conclusión. Las desviaciones producidas NO se van a mantener en el futuro
	$\frac{BAC}{CPI}$	Estimación a la conclusión. Las desviaciones producidas SI se van a mantener en el futuro dentro de un marco optimista
	$AC+\left[\frac{(BAC-EV)}{(CPI\times SPI)}\right]$	Estimación a la conclusión. Las desviaciones producidas SI se van a mantener en el futuro dentro de un marco pesimista
	AC+ETC	Estimación a la conclusión. Nueva estimación debido a un desempeño desigual con el plan inicial.
ETC	EAC-AC	Estimación para terminar / Presupuesto que falta por gastar.
VAC	BAC-EAC	Desviación a la terminación

3.2.6. TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL VALOR GANADO

En todo proyecto es imprescindible, además de conocer la línea base que comprende el trabajo planificado en cualquier punto en el tiempo, establecer algún tipo de referencia con la que el desempeño y la cantidad de trabajo ejecutado pueda medirse durante el ciclo de vida completo del mismo. Este requisito es especialmente crítico para aquellos proyectos que emplean la técnica del valor ganado, ya que se necesita un cálculo preciso sobre qué parte de la obra autorizada se ha logrado físicamente.

A lo largo de los años, desde que se introdujo el término de valor ganado, se han empleado varios métodos innovadores para medir el rendimiento. La determinación de las métricas que se deben utilizar para definir el avance de un proyecto es una cuestión de juicio personal (Fleming & Koppelman, 2010), donde la planificación, la medición y la aplicación coherente de las técnicas de valor ganado son las claves para tener una implementación exitosa.

En la Tabla 7 se presenta un resumen de los ocho métodos más populares, divididos según sus características, los cuales serán analizados para proporcionar una mejor comprensión de cada uno de ellos.

Tabla 7. Métodos de medición del EV

		DURACIÓN DEL ESFUERZO	
PRODUCTO		1-3 PERÍODOS DE MEDICIÓN	> 3 PERÍODOS DE MEDICIÓN
TANGIBLE	Tareas NO repetitivas	(1) Fórmula fija por tareas	(2) Estimaciones de porcentaje completado (3) Hitos con valores ponderados (4) Porcentaje completado con hitos como puntos de control
	Tareas repetitivas	(5) Unidades equivalentes terminadas (6) Estándar ganado	
NO TANGIBLE		(7) Relación proporcional con trabajos discretos (8) Nivel de esfuerzo	

3.2.6.1. Hitos con Valores Ponderados

Este método de medición del desempeño funciona bien y se suele utilizar cuando los paquetes de trabajo se ejecutan en dos, tres o más períodos de ejecución (expresado en días, semanas o meses).

Mediante esta herramienta, las actividades más largas se convierten en múltiples hitos medibles para reflejar divisiones finitas de trabajo. A cada hito designado se le fija un valor específico presupuestado, que será del 100 % del trabajo correspondiente a la finalización material del caso. El presupuesto total del paquete de trabajo se divide en base a un valor ponderado asignado a cada hito. Una vez establecidos los valores, estos no se deben cambiar.

El método de los hitos ponderados es una de las técnicas preferidas utilizadas en la medición del rendimiento, pero también es un procedimiento difícil de planificar inicialmente y de administrar posteriormente. Este enfoque requiere una estrecha colaboración entre la

gestión de las actividades, la programación y la función de la estimación de recursos con el fin de establecer los valores de los hitos significativos para todos los trabajos previstos.

3.2.6.2. Fórmula Fija por Tarea (Salida / Meta): 25/75, 50/50, 75/25, etc.

Las técnicas de fórmulas fijas por tareas fueron muy populares en los primeros años del valor ganado, pero su uso ha disminuido ligeramente.

Conceptualmente, es quizás el más fácil de entender, pero, para completarlo con éxito, se requiere un buen detalle y períodos cortos para los paquetes de trabajo.

Se puede usar cualquier distribución que equivale al 100% (10/90, 25/75, 50/50, 40/60, 90/10, etc.). Por ejemplo, el método 25/75 funciona bien cuando se aplica a los paquetes de trabajo programados para comenzar y completarse dentro de los mismos uno o dos períodos de medición, ganándose el 25% del valor presupuestado cuando se inicie la actividad y el otro 75% cuando se complete la tarea.

Una regla importante de este procedimiento es que las actividades definidas no pueden superar uno o dos períodos de programación como máximo, medidas de forma diaria, semanal o mensual.

3.2.6.3. Estimaciones de Porcentaje Completado

Esta técnica de medición permite una estimación periódica (diaria, semanal o mensual) del porcentaje de trabajo realizado durante el período que se analice. En general, para facilitar la administración, estas estimaciones se expresan normalmente como un valor acumulado contra el valor total del paquete de trabajo especificado (100%).

Con los años, el método de estimación del rendimiento mediante porcentaje completado ha recibido una amplia aceptación en el sector privado industrial. La razón es que es el más fácil de administrar de todas las herramientas de medición del valor ganado, sin embargo, también es el más sujeto a las presiones de desempeño de la alta dirección y otros factores de sesgo individual.

Normalmente, esta técnica se aplica sobre una base puramente "subjetiva", es decir, es una estimación personal y profesional, pero sin un fundamento matemático, pudiendo generar estimaciones infladas u optimistas.

Inherentemente, no hay nada malo en el uso de estimaciones subjetivas de resultados, siempre y cuando los paquetes de trabajo estén bien definidos y se realicen revisiones periódicas del estado para probar la razonabilidad de las consideraciones.

Una buena práctica es utilizar un "límite máximo" permitido, dentro de la técnica de porcentaje completado, para amortiguar el exceso de optimismo de cualquier paquete de trabajo hasta que este se encuentre al 100%. Aunque los porcentajes pueden variar de una empresa a otra, los techos más comunes son del 80 al 90%. De esta manera, con un límite máximo de, por ejemplo, el 80%, una tarea determinada puede ganar sólo hasta el 80% de la estimación subjetiva de la dirección del proyecto hasta que la tarea esté completada al 100%, momento en el que se puede ganar el 20% restante.

3.2.6.4. Combinación de los Métodos de Porcentaje Completado con Hitos utilizados como Puntos de Control

La industria privada ha adoptado típicamente el uso de estimaciones de porcentaje completado para establecer las mediciones de valor ganado, donde el gerente de un paquete de trabajo evalúa el estado de los mismos y compara su evolución con alguna métrica personal (escrita o no) para determinar el valor acumulado logrado.

Evaluaciones indebidamente optimistas perjudicarán al gestor si es responsable de hacer estimaciones precisas del valor ganado y presentarlas ante la alta dirección. Es por ello por lo que, en ocasiones, es común encontrarse tendencias a estar en el lado conservador, subestimando ligeramente los valores de rendimiento con el fin de poseer un cojín para los informes de situación del próximo período de control.

Estimaciones subjetivas de desempeño de valor ganado funcionan bien sólo si hay control y equilibrio en las mismas, en vez de desafiar las valoraciones con resultados artificiales o demasiado optimistas.

Como regla general se suele fomentar el uso de hitos objetivos o tangibles para la medición del desempeño, sin embargo, la dificultad de los hitos ponderados es que requieren mucho tiempo y energía para poner un plan en marcha.

Recientemente ha habido una evolución en las aplicaciones de valor ganado que parece haber capturado la mejor de las técnicas de medición: la facilidad de estimaciones subjetivas de porcentaje completado utilizadas en conjunción con hitos concretos difíciles. Estos hitos se colocan de manera intermitente como puntos de control del desempeño dentro de las largas medidas subjetivas de tareas. A las estimaciones subjetivas se les permite hasta un cierto valor preestablecido para cada hito (no se puede ir más allá de un hito dado hasta que se cumplen ciertos criterios predefinidos y tangibles).

Este método parece funcionar bien en cualquier sector y con cualquier tipo de proyecto.

3.2.6.5. Unidades Equivalentes Terminadas

Esta técnica de medición permite acreditar una cantidad planificada de valor ganado por cada unidad completada de trabajo realizado, y también para cada fracción equivalente de una unidad finalizada.

El enfoque de unidad equivalente funciona bien cuando los períodos de proyectos son de una duración prolongada, utilizándose también para la gestión de trabajo repetitivo. Sin embargo, este procedimiento sólo valoriza el trabajo ya concluido, por lo que se puede considerar como un sistema bastante conservador de cara al estado real de los costes y el cronograma.

Los expertos se refieren a este método de cálculo del rendimiento como un "calendario de valores" pero conceptualmente se trata del valor ganado: el cálculo del avance físico real contra los costos reales.

3.2.6.6. Estándar Ganado

El uso de estándares previstos para establecer inicialmente un presupuesto y medir posteriormente el rendimiento obtenido de un trabajo repetitivo es, quizás, el más sofisticado de todos los métodos, y requiere el mayor nivel de disciplina por parte de los participantes.

Los datos históricos de rendimiento de costes, estudios de tiempos y movimientos, factores de tiempo perdido, etc., son esenciales para el proceso de medición del desempeño contra los estándares de trabajo ganados.

El uso de esta técnica de medición se limita por lo general a un trabajo repetitivo o de producción, siendo típicamente empleada por los ingenieros industriales que se refieren a ella como medida de trabajo equivalente.

3.2.6.7. Relación Proporcional con Trabajos Discretos

Una tarea proporcional es aquella que tiene una relación directa e intrínseca del rendimiento con otro paquete de trabajo discreto llamado "base de medición". Esta base de medición puede ser representada con cualquiera de los seis métodos hasta ahora descritos.

Este método determina que cuando la "base de medición" alcanza el X% de avance, es cuando se puede reclamar el X% de valor ganado para la tarea proporcional. Un ejemplo de ello puede ser la relación entre la "inspección" y la "fabricación", cuando existe un 48% de avance en fabricación se puede reclamar un 48% de la inspección.

La medición prorrateada del desempeño es una técnica aceptable con valor ganado, pero requiere de una organización madura con registros históricos de rendimiento y relaciones que trabajan en los entregables comunes.

Un paquete de trabajo proporcional siempre refleja una posición en el programa idéntica al de su "base de medición", ya que el valor previsto y el valor del trabajo serán los mismos para ambas tareas. Sin embargo, pueden presentarse variaciones de costos, ya que los costes reales prorrateados pueden ser mayores o menores que las cantidades presupuestadas inicialmente.

3.2.6.8. Nivel de esfuerzo (LOE)

Las actividades LOE son aquellas tareas que pueden ser necesarias para apoyar un proyecto, pero son más sensibles al tiempo que al rendimiento. Ejemplos de estas actividades son aquellas que implican trabajo indirecto en los proyectos, tales como la programación, la estimación de los presupuestos, las adquisiciones, la administración de contratos, la seguridad, ingeniería de campo, etc.

La técnica basada en el nivel de esfuerzo divide el valor planificado total en una unidad de PV para cada fase de medición, siendo automáticamente acreditado como EV al final de dicho período, independientemente del trabajo real que se haya realizado. Esto se traduce en que dicha metodología sólo proporciona información sobre las variaciones de costes, pero no permite calcular las desviaciones en el cronograma distorsionando la medición discreta en el proyecto. El dilema principal de este método es determinar la cantidad de distorsión LOE que es aceptable.

Esta herramienta suele ser empleada cuando es casi imposible tener una medición de un producto tangible o cuando no hay un plan para dichos productos, sin embargo, algunos expertos del PMI desaprueban su utilización (Fleming & Koppelman, 2010), determinando que estimaciones subjetivas de medición del desempeño son preferibles a permitir las distorsiones LOE.

3.2.7. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.2.7.1. Estudios relacionados con la aplicabilidad del EVM

Desde la primera utilización del valor ganado, la literatura publicada, relacionada con el EVM, no ha sido muy amplia. La mayor parte de los estudios realizados en este campo se han centrado en la explicación y el desarrollo de los principales factores del método, (expuestos con anterioridad en los puntos "*3.2.3. Principales Variables del Método*", "*3.2.4. Indicadores más comunes del EVM*", "*3.2.5. Proyecciones*" y "*3.2.6. Técnicas de Medición del Valor Ganado*").

Por definición, cada proyecto es único, por lo que la aplicabilidad del método del valor ganado está sujeta a las características de los mismos, siendo estas particularidades las claves para la implementación exitosa de dicha metodología en cualquier sector.

Con objeto de comprender mejor la influencia del uso de EVM, diferentes investigaciones se han apoyado en el análisis de tres propiedades fundamentales de los proyectos: tipo de contrato, duración del proyecto y presupuesto del mismo.

3.2.7.1.1. Aplicabilidad del EVM según el tipo de contrato

En sus inicios, la técnica del valor ganado quedó circunscrita a contratos abiertos de costes reembolsables, al creer que el EVM era útil para contratos donde se podían recuperar costes, obteniendo beneficios de dichos ahorros, e inútil para los contratos cerrados o fijos.

Este punto de vista tradicional fue establecido por los grandes departamentos del gobierno de los EE. UU., debido a la gran influencia del DoD al haber realizado los primeros grandes proyectos con esta metodología y a la idea compartida con la NASA de que EVM solo se requería para contratos reembolsables de alto presupuesto.

En la última década, este punto de vista ha sido criticado (Buyse & Vandenbussche, 2010), encontrando diversas evidencias que permiten rechazar esta ideología conservadora e incluir el valor ganado dentro de los contratos de precio fijo (Fleming & Koppelman, 2002), (Marshall, 2005), (Marshall, 2007).

En la actualidad, aunque todavía existen defensores de ambos planteamientos, el procedimiento del valor ganado se incluye a cualquier tipo de contrato, al considerar que esta característica no tiene un gran impacto en la decisión de aplicar, o no, EVM.

3.2.7.1.2. Aplicabilidad del EVM según la duración del proyecto

En los primeros años del método del valor ganado, se consideró que esta técnica sólo valía para ser utilizada en proyectos de larga duración (superiores a 5 años). Esta idea fue apoyada por la hipótesis de la estabilidad de CPI y SPI cuando se supera el 20% de ejecución

(Christensen & Heise, 1992) y por las afirmaciones, nuevamente, de los departamentos del gobierno de los EE. UU.

Durante los últimos años más directores de proyectos han comenzado a aplicar el EVM a proyectos de pequeña y mediana envergadura (Alsina, 2013), (Moro Melón, 2011), teniendo en cuenta que es preciso aumentar el ciclo de informes (de meses a semanas o incluso a días en aquellos proyectos muy pequeños) con el consecuente incremento de la dificultad del cálculo del estado del presupuesto y los plazos, al realizarse éste de forma más fraccionada.

3.2.7.1.3. Aplicabilidad del EVM según el presupuesto del proyecto

Aunque la influencia del presupuesto es menos crucial para la utilidad del método del valor ganado, esta característica, propia de todo tipo de proyecto, también ha sido discutida.

Algunos gerentes defienden la idea de que no vale la pena aplicar el EVM a aquellos proyectos con un presupuesto limitado por tres pensamientos subyacentes:

1. Creen que la metodología del valor ganado crea mucho trabajo extra que cuesta dinero.
2. Existe cierto temor a tener que cambiar la organización de la empresa para su implementación.
3. Consideran que un aumento de los costos vendrá asociado a la necesidad de un nuevo paquete de software.

Sin embargo, el tamaño del presupuesto en sí no influye en la eficacia del EVM (Buyse & Vandenbussche, 2010) ya que:

1. La mayoría de los parámetros clave de las técnicas del valor ganado ya están incluidos dentro de los proyectos, siendo sólo necesario encontrar un terreno común entre las estimaciones del cronograma y de los costes.
2. No es necesario cambiar los equipos de proyectos para su implementación, sólo se requiere tener bien definida la estructura del organigrama.

3. La adquisición de nuevos programas de software puede ser útil para aquellos proyectos de gran dimensión, no obstante, las fórmulas sencillas que utiliza EVM se hacen fácilmente con cualquier programa de cálculo como Microsoft Excel.

3.2.7.2. Estado de la aplicación de EVM en el sector de la construcción internacional

A pesar de que la naturaleza dinámica e inherente de las obras no facilita a los directores de los proyectos la tarea de la implementación del EVM (Prentice, 2003), la literatura encontrada sobre la aplicación de dicha metodología dentro del sector de la construcción es heterogénea y diversa en función del país de referencia (Keng & Shahdan, 2015).

En los últimos años, el método del valor ganado ha sido utilizado y ampliamente extendido por todo el gobierno federal de los EE. UU., así como dentro de la gestión de proyectos del sector comercial (Garret, 2011).

Estudios realizados por los investigadores Kim, Wells y Duffey demuestran que el concepto de EVM ha sido aceptado por los directores de proyectos estadounidenses, con casi un 82% de aprobación por parte de los encuestados (Kim, Wells, & Duffey, 2003), siendo cada vez más conocido tanto en el sector público como en el privado. Además, siempre que se aplique desde antes del inicio de los trabajos, esta metodología puede utilizarse con éxito en todo tipo de proyectos y de sectores (Alvarado, Silverman, & Wilson, 2005).

Aunque algunos países como Estados Unidos, Reino Unido y Australia han fijado y definido ciertas directrices para el empleo del EVM, no todos los países cuentan con la misma confianza en el método:

- El sector de la construcción sudafricano ha reconocido las técnicas del valor ganado, sin embargo, éste no lo utiliza por completo, aplicando únicamente parte del concepto de EV (Vertenten, Pretorius, & Pretorius, 2009).
- En Hong Kong, la aplicación del EVM es bastante nueva (Dissanayake, 2010).
- En Europa, el método del valor ganado todavía se encuentra en una etapa prematura para su total implementación (De Marco & Narbaev, 2013), sin embargo, las

investigaciones realizadas mostraron que el EVM puede utilizarse para cualquier tamaño y complejidad de los proyectos de construcción.

La búsqueda de mecanismos que faciliten el empleo del método del valor ganado en el sector de la construcción ha sido calificada por diversos autores como uno de los elementos clave para una aplicación correcta y eficaz del método (Kim, Wells, & Duffey, 2003).

Los programas como Microsoft Project y Primavera han sido identificados como elementos adecuados para el registro de los datos de las obras y el cálculo de los parámetros del valor ganado, demostrándose mediante un estudio de caso (Bhosekar & Vyas, 2012) la capacidad de controlar los costes mediante el uso del software de gestión Microsoft Project.

3.2.7.3. Estado de la aplicación de EVM en el sector de la construcción en España

Fuera de los proyectos promovidos por el Gobierno de los Estados Unidos, donde la implantación del EVM es obligatoria, así como en los entornos relacionados directa o indirectamente con éste, debido a la cercanía o a la influencia de este país; el método del valor ganado no es ni conocido ni mucho menos utilizado en el sector de la construcción en España (González Fernández de Valderrama & Guadalupe García, 2010).

La afirmación de que la edificación y la obra civil española no emplean las técnicas EVM ha sido apoyada por la investigación desarrollada por Raúl Fuente Juridías, gracias a la consulta realizada a las principales empresas constructoras del país:

- Ferrovial.
- Fomento de Construcciones y Contratas (FCC, S.A.).
- Grupo San José.
- ACS (Dragados).
- Obrascon Huarte Lain, S.A. (OHL).
- Isolux Corsan

La encuesta fue llevada a cabo en colaboración con la Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras (SEOPAN) (Fuente Juridías, 2016), creada en 1957 y defensora de forma activa de la inversión en infraestructuras y del impulso de los

proyectos de colaboración público-privados, al considerarlos decisivos para la competitividad y el crecimiento económico de España.

Los resultados obtenidos de la investigación evidenciaron el desconocimiento del método por parte de dichas empresas, las cuales realizan el seguimiento del estado de sus proyectos mediante programas informáticos como Microsoft Project, Presto, Primavera y TCQ, o mediante sistemas propios de control.

3.3. MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA

"Toda mejora implica un cambio, pero no todo cambio implica necesariamente una mejora".
Eliyahu M. Goldratt

Critical Chain Project Management (CCPM), o Cadena Crítica, es un método analítico de planificación y gestión del cronograma de los proyectos desarrollado por el Dr. Eliyahu M. Goldratt y definido como tal en su libro "*Critical Chain*" de 1997.

3.3.1. ORIGEN DEL CCPM

El origen de la metodología CCPM se fundamenta en la Teoría de las Restricciones, también llamada Teoría de las Limitaciones, cuyo acrónimo es TOC por sus siglas en inglés (Theory of Constraints) (Rand, 2000). Esta filosofía de gestión y mejora de las empresas, iniciada por Goldratt y surgida a principios de los años 80 tras la publicación de su libro "*The Goal*", se estructura bajo la idea básica de que todo sistema cuenta con al menos una limitación o cuello de botella y que, aplicando una serie de reglas centrados en los mismos, es posible optimizar el resultado del sistema mediante un proceso de mejora continua basado en cinco pasos (Goldratt & Cox, 1993):

1º. IDENTIFICAR la/s limitaciones del sistema:

Para alcanzar los objetivos marcados de máximo desempeño, es preciso conocer el elemento o cuello de botella que lo determina, teniendo en cuenta la existencia de diversas limitaciones que pueden generarse de manera simultánea:

- Limitaciones políticas: se relacionan con la normativa aplicable y los contratos firmados. La no identificación de este tipo de restricción puede desembocar en que el proyecto no llegue a buen término.

- Limitaciones físicas: están vinculados a los recursos imprescindibles, de manera individual o conjunta, para alcanzar la meta marcada (personas, equipos o

instalaciones). La mala gestión de estas restricciones potencia la aparición de retrasos.

- Limitaciones de mercado: ciertas modificaciones en la demanda o en los requisitos fijados pueden ralentizar el avance del proyecto tal y como estaba programado.

2º. EXPLOTAR al máximo las limitaciones del sistema:

Para lograr una mejora de la situación analizada es indispensable gestionar, de manera eficaz, las limitaciones, "sacándoles el máximo jugo a las mismas".

3º. SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior:

La mayoría de los elementos de una organización no son restricciones, por lo que no se debe exigir a cada recurso que trabaje obteniendo el máximo rendimiento individual, sino que se actúe priorizando las limitaciones sobre cualquier otra actividad o tarea, apoyando, de esta manera, el paso anterior.

4º. ELEVAR la capacidad de la/s limitaciones del sistema:

El siguiente escalón de mejora se alcanza cuando se incrementa la capacidad de los cuellos de botella, permitiendo conseguir otros niveles de logro.

5º. VOLVER al paso inicial:

Cualquier cambio realizado sobre el sistema original puede modificar las restricciones identificadas, apareciendo otras nuevas y/o desapareciendo las primitivas.

Nacida en un entorno vinculado a los procesos productivos del sector industrial, y a pesar de que en sus inicios quedó circunscrita al mismo (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), con el paso del tiempo la TOC ha ido desarrollándose, extendiéndose y adaptándose a otros ámbitos como la distribución, el marketing o la gestión de proyectos entre otros, siendo la metodología concreta para esta última la denominada "Cadena Crítica" (Goldratt, 2001).

Este procedimiento ha despertado el interés de los profesionales y de los investigadores, ya que sus propuestas se apartan de la práctica habitual al manifestar, entre otras afirmaciones, que el tiempo es más importante que el costo.

Goldratt defendió esta premisa apoyándose en un estudio anterior de McKinsey, presentado en la revista *Business Week* (Port, Schiller, & King, 1990). En este estudio, McKinsey analizaba proyectos de creación de nuevos productos llegando a la conclusión de que:

- Un proyecto que está en tiempo, pero por encima del presupuesto en un 50%, ganará un 4% menos que un proyecto dentro del presupuesto.
- Por el contrario, un proyecto que está en presupuesto, pero con seis meses de retraso, ganará un 33% menos que un proyecto que esté en tiempo.

Aunque el método CCPM es relativamente joven, a lo largo de los últimos años ha evidenciado que, a diferencia de otras técnicas empleadas en la administración de proyectos como Gantt o Pert/CPM que han sido utilizados desde la década de los sesenta (Online Business School, 2014e), centrar los esfuerzos en identificar y gestionar estratégicamente aquellos elementos que permiten acelerar la consecución de los proyectos de forma sostenida favorece que los trabajos sean completados dentro del plazo y presupuesto inicialmente establecidos.

La Guía de Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK), donde sólo se introducen aquellas herramientas que han sido probadas durante un lapso prolongado de tiempo, en una gran cantidad de proyectos y a los que se les atribuye parte del éxito, incorporó las técnicas de la Cadena Crítica en su tercera edición de 2004.

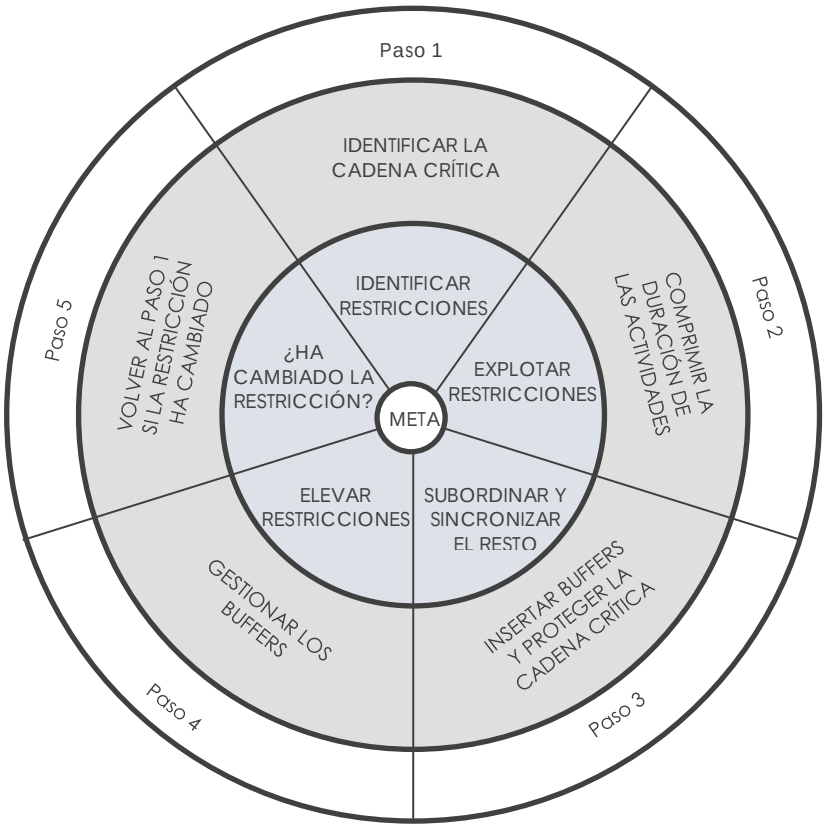
Los buenos resultados logrados en diferentes sectores han hecho que el crecimiento del Método de la Cadena Crítica sea exponencial. Organizaciones como las fuerzas armadas de los Estados Unidos, la NASA, Boeing, Philips, Siemens, Bosch, PricewaterhouseCoopers, Pfizer, Intel... emplean, dentro de sus diferentes áreas, esta metodología.

3.3.2. DEFINICIÓN DEL CCPM

Basándose en el enfoque sistemático de la Teoría de las Restricciones, Goldratt define la Cadena Crítica de un proyecto como *la secuencia más larga de pasos dependientes, teniendo en cuenta que la limitación de los recursos determina la criticidad de la misma forma que lo hace la dependencia de actividades* (Leach, 2014).

Esta serie de tareas ha sido identificada como la limitación a la que debe subordinarse todo el sistema, eliminando la seguridad individual de cada actividad y colocando amortiguadores de tiempo (buffers) en los puntos idóneos de la cadena para dotarla de una mayor protección global (ver Figura 1).

Figura 1. Adaptación de la TOC al CCPM



El objetivo principal del método de gestión de proyectos apoyado en el CCPM es la búsqueda de aquellos mecanismos que permitan gestionar la incertidumbre de un proyecto reduciendo su duración, con una mayor confianza en la fecha de terminación, un menor caos y una replanificación de los plazos.

Esta metodología no es sólo una técnica de análisis y de gestión del cronograma y de los recursos, es una manera distinta de dirigir los proyectos:

- Abordando, desde otra perspectiva, cualquier conflicto que pueda surgir de una forma lógica, racional y sencilla.
- Dotando al director del mismo de más tiempo útil, menos estrés y mejores resultados.
- Evitando los tan frecuentes efectos indeseables de los procesos de administración empleados hasta ahora, tales como: las variaciones en las estimaciones de las duraciones, la Ley de Parkinson, el Síndrome del Estudiante, la imposibilidad de aprovechar las variaciones positivas, los retrasos como consecuencia de las dependencias de las tareas, la multitarea o la pérdida de atención.

3.3.3. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

La planificación es el "instrumento que define el curso de acción y los procedimientos requeridos para alcanzar los objetivos y metas. El plan establece lo que hay que hacer para llegar al estado final deseado" (Cortés, 1998).

La etapa de planificación debe de dar respuesta a las preguntas QUÉ hay que hacer, QUIÉN hace QUÉ y para CUÁNDO, con el propósito de que los directores de los proyectos obtengan respuestas certeras y rápidas durante el seguimiento de la evolución del proyecto. Tal y como indicó Russell Ackoff en 1981, "la planificación se anticipa a la toma de decisiones, siendo un proceso para decidir antes de que se requiera la acción".

El éxito de la gestión de proyectos depende, en gran medida, de una buena planificación que detalle claramente:

- La lista de tareas necesarias para la culminación del proyecto final.
- Los recursos necesarios para cada actividad.
- La duración estimada de cada tarea.
- Las dependencias existentes entre cada una de ellas.

Dentro del ámbito de la ingeniería, muchos profesionales competentes, con experiencia en obra, desean empezar a construir cuanto antes y tienden a considerar la planificación como un mal necesario, sin reconocer que si construyen con éxito es porque realmente la programación era la correcta (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014).

Ser sistemáticos, tener la formación necesaria y basarse en datos objetivos y contrastados son las claves para asegurarse el logro de las metas marcadas. Por lo tanto, la creación de una programación útil, basada en la Cadena Crítica, puede plantearse como una sucesión de pasos (Newbold, 2010), que aplicadas a la gestión de proyectos se pueden resumir en 6 fases:

- Fase 1. Construir la red de actividades.

  Requiere de la identificación de todas las actividades que permiten la conclusión de un proyecto y el establecimiento de una red lógica de dependencia de tareas, definiendo las conexiones entre las actividades del proyecto y concretando la relación entre ellas.

- Fase 2. Asignar los recursos.

  Identificar las restricciones y los requisitos aplicables a los recursos necesarios, teniendo en cuenta las limitaciones en la disponibilidad de los mismos o el calendario de tareas.

- Fase 3. Estimar la duración real de las actividades.

  Precisar las acciones necesarias para completar cada tarea y los recursos disponibles con el objeto de calcular la duración de los trabajos que se engloban en cada actividad y de evaluar los tiempos considerados.

- Fase 4. Proteger la planificación contra la incertidumbre.

  El método de la cadena crítica se apoya en la inclusión de amortiguadores en puntos estratégicos del proyecto que permitan proteger la fecha de finalización del mismo ante posibles imprevistos que puedan causar demoras e/o incrementos de gastos.

- Fase 5. Sincronizar las tareas.

  Los trabajos que conforman la cadena crítica tienen que programarse tan pronto como sea posible para evitar los retrasos en el tiempo estimado de duración del proyecto. Sin embargo, las tareas de las cadenas no críticas suelen presentar holguras por lo que programarlas lo más tarde posible puede beneficiar al conjunto del proyecto, minimizando las tareas activas y la pérdida de atención de los directores en las actividades claves del proyecto.

- Fase 6. Desarrollar el cronograma de la cadena crítica.

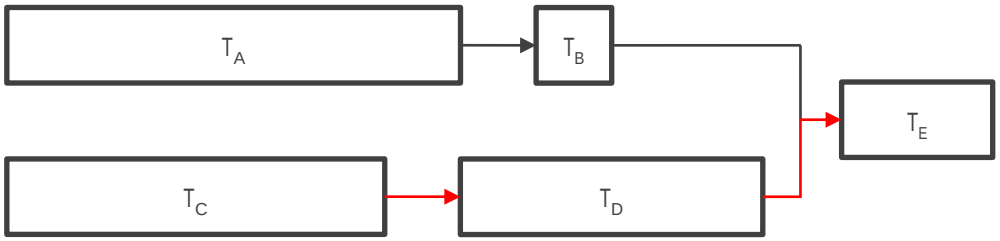
  Identificar el conjunto de tareas que determina la fecha más temprana posible de final del proyecto. Esta secuencia debe de tener en cuenta las limitaciones de los recursos y representa la Cadena Crítica.

3.3.3.1. Fase 1: Construir la red de actividades

La planificación evita muchos más fracasos que la improvisación, en términos de gestión de proyectos.

Enumerar todas las actividades que se deben completar en un período de tiempo determinado es la mejor forma de no olvidarse de ninguna y prepararse ante las necesidades de los recursos que implicará (Online Business School, 2015a).

Figura 2. Ejemplo de red de actividades



T_i = Tarea i ; — camino crítico ; — subcamino

En la Figura 2 se propone un ejemplo de una red de actividades, formada por cinco tareas con diferentes duraciones que se han identificado en función de la longitud representada:

3.3.3.1.1. Identificación de las Actividades

Definir las actividades de un proyecto consiste en detallar y documentar las acciones específicas que se deben ejecutar para obtener el producto final.

La Estructura de Desglose de Trabajo o Tareas (EDT) se presenta, dentro del PMBOK, como una *herramienta efectiva para la identificación de las actividades que forman parte de un proyecto global, subdividiendo los entregables y el trabajo del mismo en componentes más pequeños y fáciles de manejar*.

La estructura de desglose del trabajo ha sido definida como *una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del mismo y crear los entregables requeridos. El trabajo planificado está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT, denominados paquetes de trabajo* (PMI, 2006).

Cada nivel descendente de la EDT representa una descripción cada vez más detallada del trabajo, sin embargo, no se trata de una lista de verificación para que un gestor microadministre un paquete de trabajo, es una herramienta importante para definir, supervisar y comprender la naturaleza y el avance de un proyecto.

No existen especificaciones teóricas acerca del alto o ancho de una EDT, es el contexto práctico el que determina si la estructura de desglose de tareas es muy general o demasiado detallada. En la gestión de proyectos, la buena profundidad que debe alcanzar la EDT es aquel nivel que permita determinar con claridad las variables de tiempo y costo.

3.3.3.1.2. Dependencia de Tareas

Identificadas con la EDT las tareas que constituyen un proyecto, la secuenciación lógica de las actividades se puede llevar a cabo con el Método de Diagramación por Precedencia (PDM).

Esta herramienta está recogida en el PMBOK como una *técnica utilizada para construir un modelo de programación en el cual las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben ser ejecutadas*. No todos los trabajos de un proyecto pueden ejecutarse simultáneamente, existiendo diferencias entre una actividad predecesora y una actividad sucesora:

- Actividad predecesora: es aquella que precede, desde el punto de vista lógico, a una actividad dependiente de la misma en un cronograma.

- Actividad sucesora: es aquella dependiente que ocurre, de manera lógica, después de otra actividad en un cronograma.

Tal y como se ilustra en la Figura 3, el PMI reconoce cuatro tipos de dependencias o relaciones lógicas entre tareas, dentro del Método de Diagramación por Precedencia:

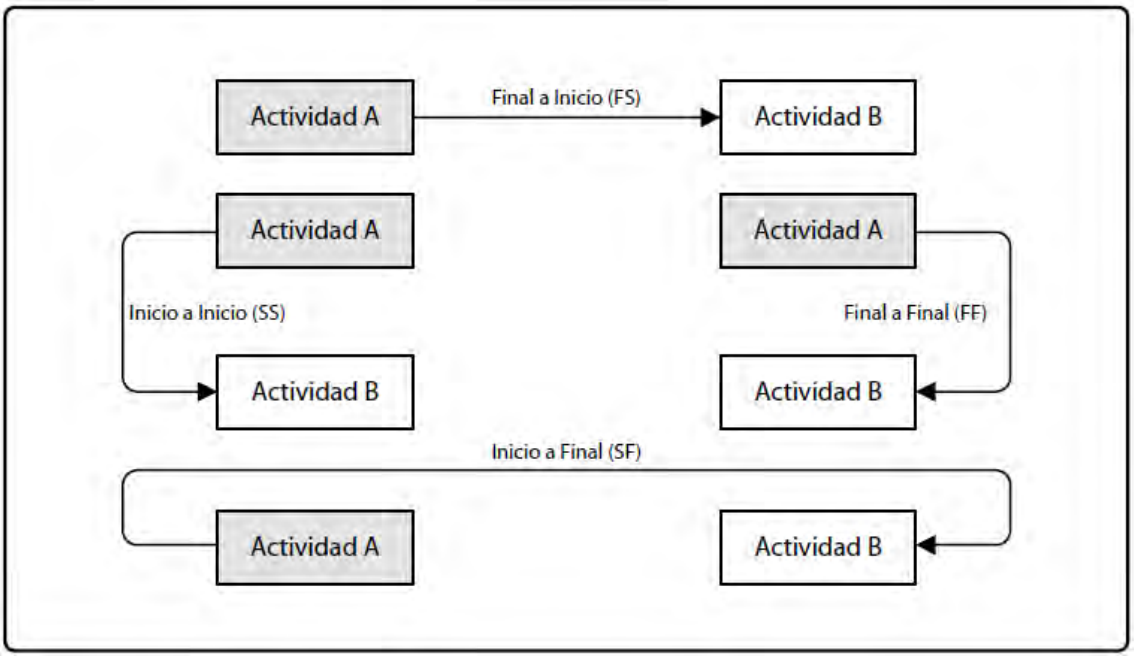
- Final a Inicio (FS): El inicio de la actividad sucesora está condicionado a la conclusión de la actividad predecesora. Esta relación es la más común. Ejemplo: no se puede colocar el techo si no se han ejecutado las paredes.

- Final a Final (FF): La terminación de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora. Esta relación es muy utilizada cuando una tarea está subordinada a otra para desarrollarse. Ejemplo: la inspección de una obra civil depende de la ejecución de la misma. Terminada la obra, finalizada la inspección.

- Inicio a Inicio (SS): El inicio de la actividad predecesora determina el inicio de la sucesora. Ejemplo: una pared grande que debe ser pintada no necesita terminarse de lijar en su totalidad para iniciar los trabajos de pintura.

- Inicio a Final (SF): Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que la predecesora haya comenzado. Este tipo de correlación es muy poco usada (Gido & Clements, 1999).

Figura 3. Tipos de Relaciones del PDM



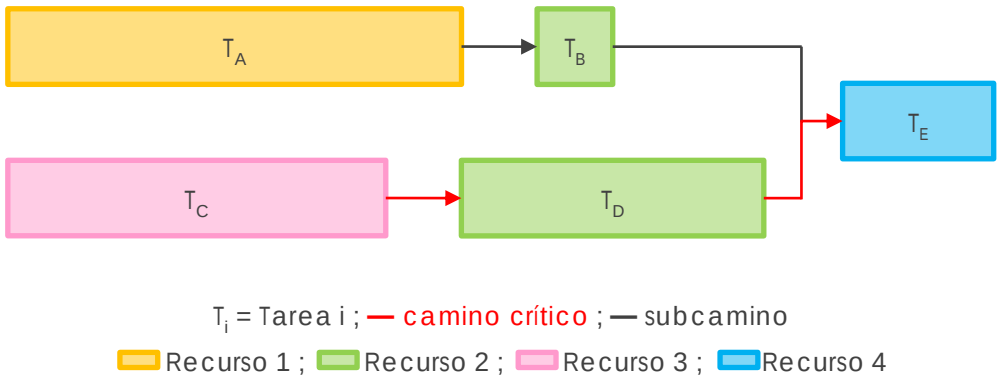
(Fuente PMBOK 2013, Gráfico 6-9)

3.3.3.2. Fase 2: Asignar recursos

Cada una de las tareas de un proyecto requiere de una serie de materiales, personas, equipos o suministros para llevarse a cabo. La definición de los tipos, cantidades y características de los recursos necesarios es fundamental para poder completar dichas actividades.

En la Figura 4 se completa, mediante la incursión de una serie de recursos a cada una de las tareas indicadas, el ejemplo presentado en el Figura 2:

Figura 4. Ejemplo de asignación de recursos a cada tarea de la red de actividades



T_i = Tarea i ; — camino crítico ; — subcamino
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4

Cuando se fijan los recursos a cada actividad es imprescindible evitar la aparición de las sobreasignaciones, que fomentan la multitarea y maximizan el riesgo por la pérdida de control real que provocan. Un mismo recurso es incapaz de realizar dos o más tareas de manera simultánea, pues siempre tendrá que asignarle porciones de tiempo a cada una.

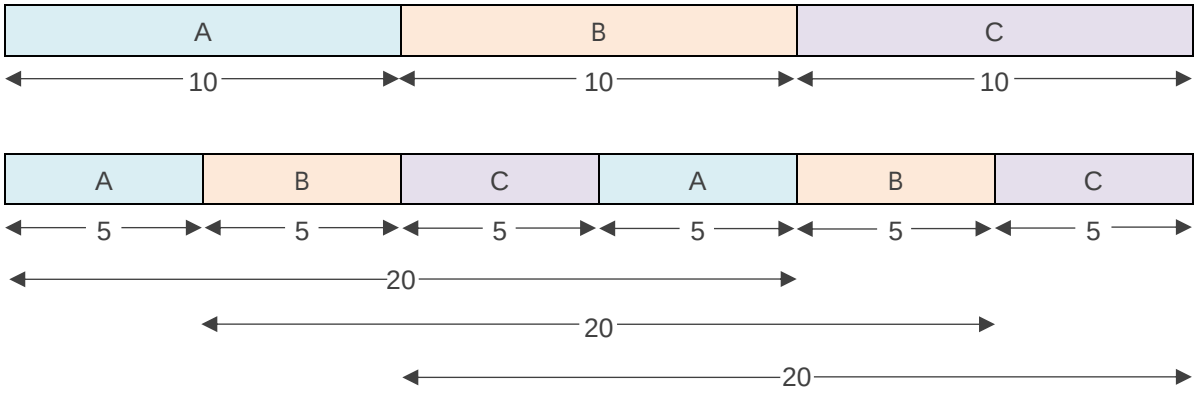
3.3.3.2.1. La Multitarea

El pensamiento común de que la multitarea permite mejorar y aprovechar la eficiencia y capacidad de los recursos es un error, ya que, en la realidad, esto implica cambios continuos en el trabajo provocando constantes conflictos de prioridades de tareas (Rivera & Durán, 2003), lo que se traduce en una amenaza para la mejora global del proyecto.

En la Figura 5 se expone un ejemplo de multitarea, explicado por Goldratt en su libro *Critical Chain*. De él se deduce que, si la persona responsable de realizar las tres actividades las va intercalando para ejecutarlas de forma simultánea, el tiempo de conclusión de cada una de ellas aumenta el doble, con respecto a la manera de proceder de empezar una tarea y no pasar a la siguiente hasta que no se haya terminado la anterior.

La multitarea arrastra las terminaciones de las actividades y, por extensión, puede provocar retrasos en la conclusión del proyecto ya que el trabajador promedio pierde, al menos, el 25% de su tiempo en las interrupciones (Davison, 2010).

Figura 5. Ejemplo de multitarea de Goldratt



Lejos de beneficiar la productividad y el rendimiento del proyecto, gestionar los recursos dentro de ámbitos de multitarea puede suscitar, entre otras, las siguientes consecuencias (Work Meter, 2015a):

- Disminución de la eficacia. Los niveles de atención y concentración se ven mermados.
- Aumento de la dispersión. Los continuos saltos de una actividad a otra reducen la posibilidad de ocuparse profundamente en los detalles, recortando consecuentemente la calidad.
- Baja el rendimiento. Ejecutar varias tareas al mismo tiempo requiere dividir la atención, pudiendo provocar errores constantes que afectan no sólo a la actividad sino al proyecto global.
- Se disparan los niveles de estrés. Trabajar en entornos multitarea provoca ansiedad y frustración, aumentando la insatisfacción laboral.
- Se pierde capacidad de dirección. Un exceso en los niveles de actividad debilita el control en las actividades críticas del proyecto.

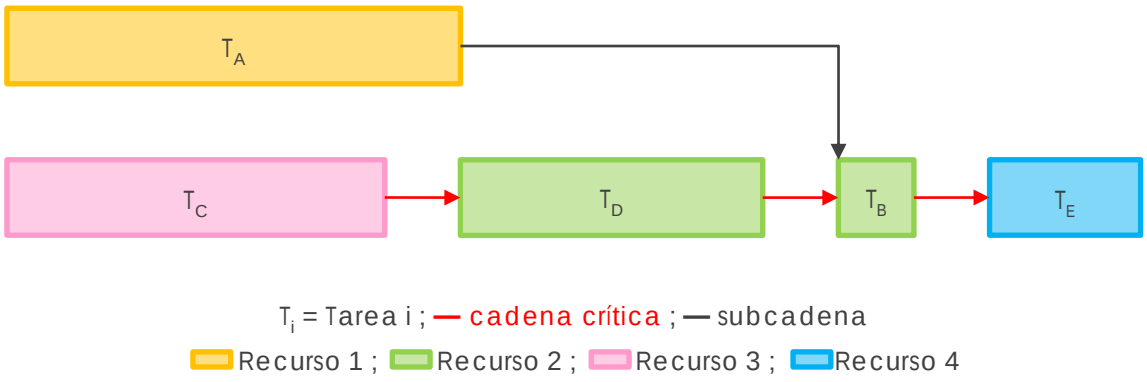
El mal de la multitarea, desafortunadamente, es muy común (Lynch, 2003), sin embargo, el CCPM lucha contra esta práctica mediante una nivelación correcta de los recursos.

3.3.3.2.2. Nivelación de los Recursos

El proceso de resolución de los conflictos de sobreasignación y restricciones de recursos se conoce como "nivelación de recursos" o "nivelación de carga" (Newbold, 2010).

Esta técnica se emplea para ajustar las fechas de inicio y finalización de las actividades en base a las restricciones impuestas por los recursos existentes, lo que a menudo provoca cambios en la ruta crítica original (ver ejemplo en la Figura 6).

Figura 6. Ejemplo de red de actividades en función de la dependencia de tareas y recursos



El Método de la Cadena Crítica reconoce que un retraso en la disponibilidad de los recursos puede dilatar un proyecto de la misma forma que lo hace una demora en las tareas dependientes, llegando a la conclusión de que planificar las actividades teniendo en cuenta exclusivamente el factor tiempo de las tareas no solventa todas las limitaciones.

3.3.3.3. Fase 3: Estimar la duración real de las actividades

La determinación de la duración de las actividades de un proyecto consiste en estimar la porción de tiempo necesario para finalizar los trabajos individuales con las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos por cada uno de ellos.

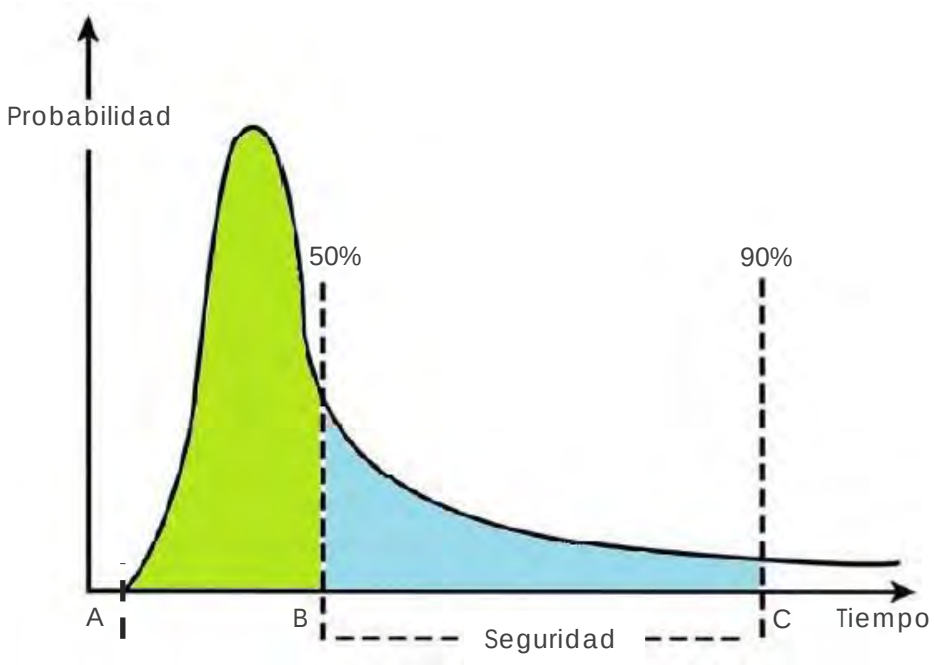
Calcular los tiempos de duración de las diferentes tareas es requisito indispensable para poder definir la fecha prevista de conclusión del proyecto global.

En el campo de la ingeniería civil, la valoración de los tiempos de ejecución de las tareas tiende a basarse en la información histórica de proyectos similares realizados con anterioridad y en el juicio de las partes implicadas en las obras.

3.3.3.3.1. Protección de las Estimaciones

Goldratt afirma que, tal y como se muestra en la Figura 7, la distribución de la probabilidad de duración de una tarea, en entornos donde interacciona la naturaleza humana y los mecanismos de evaluación del personal que pueden llevar a errores de gestión, es asimétrica (Rivera & Durán, 2003).

Figura 7. Curva de distribución de probabilidades de duración de una tarea



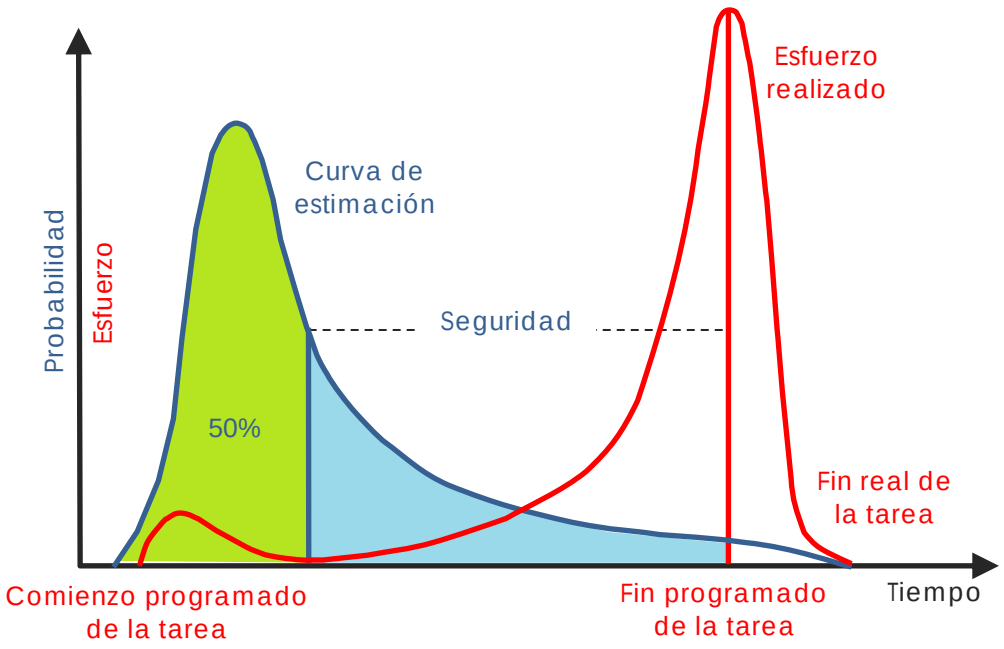
El ser humano tiende a basar estas estimaciones en experiencias anteriores y en el deseo de protegerse de la incertidumbre ante posibles imprevistos que puedan surgir (Navarro, 2006). Por esta razón, se evitan las evaluaciones de duración probable de un 50% (B) acogiéndonos a probabilidades de realización de la actividad de un 90% (C) para cada una de las tareas del proyecto.

Esta diferencia de tiempo (C-B) es denominada en la terminología de la Cadena Crítica como "protección" y corresponde al colchón de seguridad que el trabajador considera necesario en caso de que surja algún problema en la ejecución de dicha actividad.

Teniendo en cuenta la protección añadida a cada tarea, que puede llegar a ser normalmente del orden del doble de lo que sería la duración media de las actividades, el proyecto debería de terminar en la fecha estimada. La contradicción aparece cuando, a pesar de esta aparente armadura en muchas de las actividades, el proyecto finaliza fuera de plazo.

La Figura 8, en la que se compara la distribución de la cantidad de trabajo invertido a la hora de desempeñar una tarea y su estimación inicial, revela que: aunque la protección añadida es suficiente ésta se acaba desperdiciando.

Figura 8. Trabajo invertido en una tarea a lo largo del tiempo comparado con su estimación



Goldratt opina que la paradoja de concluir los proyectos fuera de la estimación, desaprovechando la seguridad adicionada a cada actividad, es provocada por la confluencia de una serie de fenómenos indeseables: la Ley de Parkinson, el Síndrome del Estudiante y la Ley de Murphy.

3.3.3.3.1.1. La Ley de Parkinson

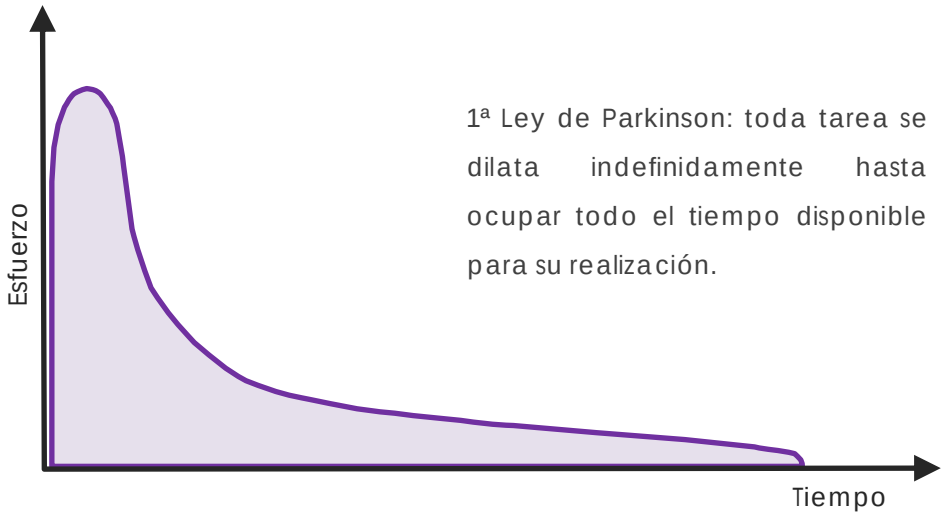
En 1957, Cyril Northcote Parkinson publica el libro *Parkinson's Law*, como resultado de su extensiva experiencia en el Servicio Civil Británico, donde expone las tres leyes que toman su propio nombre:

1ª. El trabajo se expande hasta llenar todo el tiempo que se dispone para su realización.
2ª. Los gastos aumentan hasta cubrir todos los ingresos.
3ª. El tiempo dedicado a cualquier tema de la agenda es inversamente proporcional a su importancia.

Desde el punto de vista de la Cadena Crítica, la cual centra su atención en la gestión del tiempo, será de aplicación la primera Ley de Parkinson. Por lo tanto, en términos de dirección de proyectos se puede expresar que: cuanto más tiempo se disponga para la realización de una tarea, más tiempo se tardará en completarla, ya que la duración de cada una de las actividades de un proyecto será la estimada, ocupando todo el espacio disponible para su realización, incluido el tiempo de protección.

A continuación, en la Figura 9 se muestra la representación gráfica de la primera ley de Parkinson:

Figura 9. Representación de la Primera Ley de Parkinson

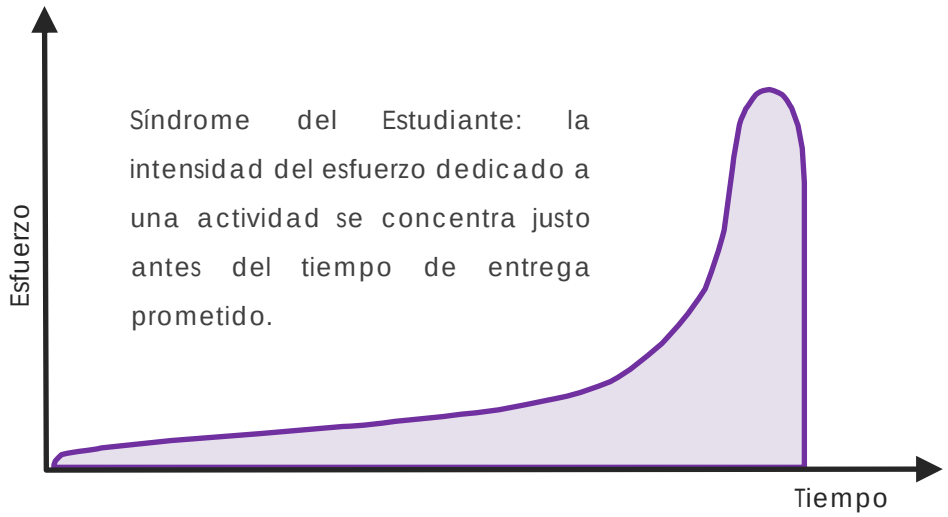


3.3.3.3.1.2. El Síndrome del Estudiante

El Síndrome del Estudiante toma su nombre del comportamiento observado en los estudiantes cuando están preparando un examen (Rivera & Durán, 2003).

Este concepto, introducido por Goldratt en su libro *Critical Chain* y representado gráficamente en la Figura 10, se define como: *fenómeno por el cual las personas comienzan a dedicarse seriamente a una tarea que les fue asignada solamente cuando la fecha de entrega se acerca*.

Figura 10. Representación del Síndrome del Estudiante



Este fenómeno determina que un tercio del trabajo se realiza durante los dos primeros tercios del tiempo asignado, acelerando y finalizando los dos tercios restantes en el último tercio disponible (González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009). Esto se traduce en el consumo de los márgenes de seguridad e incita a la realización de la mayor parte del proyecto al final del tiempo programado, debido a una serie de factores (Lynch, 2003):

- Existe un montón de tiempo para la realización del trabajo, incluido el tiempo de seguridad significativo de la estimación de las tareas.
- Se permanece ocupado con otros trabajos. Siempre hay una serie de pequeñas cosas urgentes que van apareciendo.

- No se está listo para comenzar. La falta de disposición de todo lo necesario para la realización de las tareas disminuyen las posibilidades de comenzar inmediatamente.

La consecuencia final de este comportamiento es la carencia de tiempo para resolver cualquier incidencia sin que afecte a la fecha prevista de fin de la tarea.

3.3.3.3.1.3. La Ley de Murphy

Siguiendo la Ley de Murphy, "si algo puede salir mal, saldrá mal", y aplicándola a la gestión del tiempo, cuando la persona que debe ejecutar una tarea del proyecto se pone por fin a trabajar duramente en la misma, descubrirá aspectos que no tenía previstos (Rivera & Durán, 2003), lo que provocará que la fecha real de finalización de la tarea sea posterior a la programada.

Las formas en las que Murphy puede aparecer en nuestro proyecto son diversas, sin embargo, si comenzamos a trabajar en momentos cercanos a la fecha programada de fin de la actividad no dispondremos del tiempo adecuado para poder gestionar los problemas que puedan surgir.

3.3.3.3.2. Eliminación de los Márgenes de Seguridad

La incertidumbre es una característica inherente a todo proyecto (Navarro, 2005b), por lo que intentar igualarla a cero es imposible.

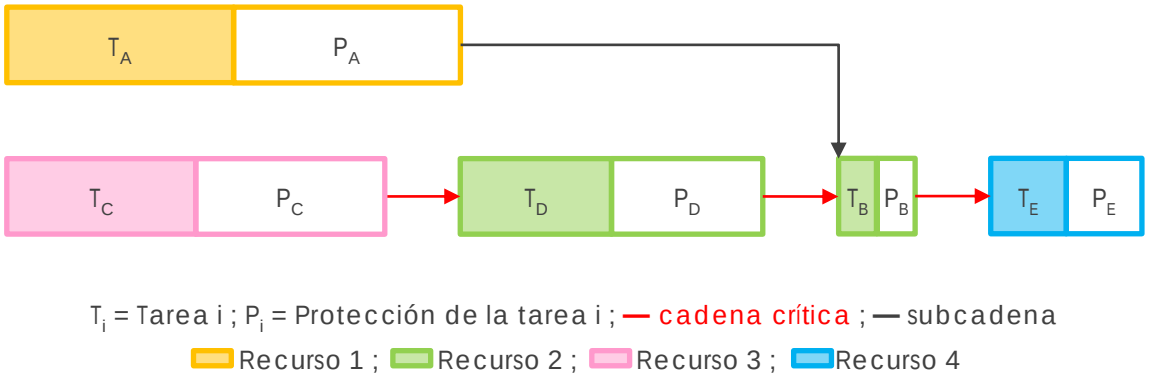
El comportamiento de añadir protecciones a cada una de las tareas de un proyecto para combatir las posibles dificultades que puedan aparecer es, tal y como se ha demostrado anteriormente, una pérdida de tiempo y un derroche de esfuerzo.

A diferencia de los métodos tradicionales que pretenden llevar este planteamiento a la práctica, el CCPM no intenta anular dicha incertidumbre sino gestionarla adecuadamente.

La metodología de la Cadena Crítica requiere que el cronograma se construya sólo con el tiempo estrictamente necesario para hacer la tarea, sin resguardos (Urso, 2005),

eliminando las protecciones individuales (ver Figura 11). Sin embargo, las actividades de los proyectos quedarán protegidas mediante la aparición de una serie de amortiguadores que, tal y como se explicará en el punto "*3.3.3.4. Fase 4: Proteger la planificación contra la incertidumbre*", permiten defender la cadena crítica, dotándola de una mayor protección global.

Figura 11. Ejemplo de eliminación de los márgenes de seguridad en la red de actividades



3.3.3.4. Fase 4: Proteger la planificación contra la incertidumbre

Aunque las protecciones que se incluyen de forma localizada en cada actividad del proyecto con los métodos clásicos de gestión son excesivas, estas son malgastadas durante la ejecución, demostrando que:

> *La suma de óptimos locales no da como resultado el óptimo global debido precisamente a la incertidumbre y a las interdependencias* (Iglesias Sánchez, 2005b).

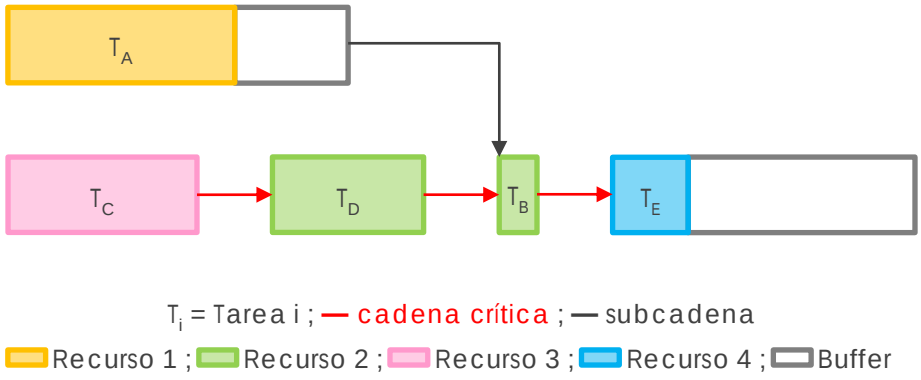
Todas las personas implicadas en el proyecto deben de enfocar su empeño en lo que realmente importa "finalizarlo según el plazo y el coste previsto". Por este motivo, la cadena crítica considera todas las tareas que lo conforman como un sistema. Un proyecto no está terminado hasta que todas sus actividades se hayan completado (Lynch, 2003).

El CCPM establece que las tareas individualmente deben ser despojadas de su protección, para concentrar esta seguridad en determinados puntos clave del proyecto (Steyn, 2001).

Existen varios términos para referirse a los bloques de tiempo que son utilizados para proteger la fecha de conclusión de un proyecto de los efectos que provocan las variaciones y las desviaciones (Newbold, Budd, & Budd, 2010). Reserva de programación, margen horario o colchón de seguridad son utilizados indistintamente; sin embargo, en el argot de la Cadena Crítica, se denominan, de forma habitual, como buffers.

Estos amortiguadores temporales son insertados en puntos concretos del cronograma del proyecto (ver Figura 12), con una duración determinada. Actúan como actividades ficticias que se contraen, automáticamente, cuando son empleados por las tareas que demandan más tiempo del previsto, absorbiendo las demoras producidas, sin afectar a la fecha de terminación programada.

Figura 12. Ejemplo de incursión de las protecciones globales en la red de actividades



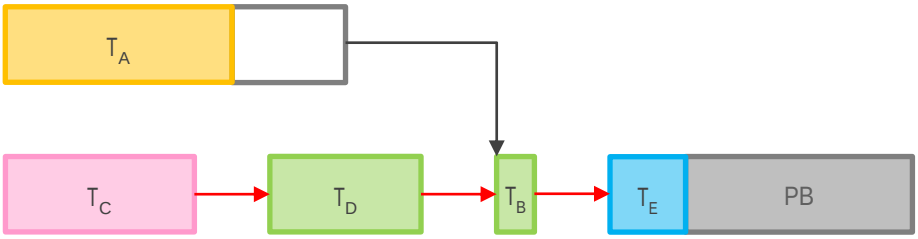
3.3.3.4.1. Tipos de Buffers

Se han identificado tres tipos de buffers en función de su objetivo, lo que determina la ubicación de los mismos dentro de la cadena crítica: buffer de proyecto, buffer de alimentación y buffer de recurso.

3.3.3.4.1.1. Buffer de Proyecto

El buffer de proyecto o project buffer (PB) es el amortiguador más fácil de colocar, pues se sitúa al final de todo el proyecto, después de la última tarea, marcando la fecha final de entrega del mismo (ver Figura 13).

Figura 13. Buffer de Proyecto de la red de actividades empleada como ejemplo



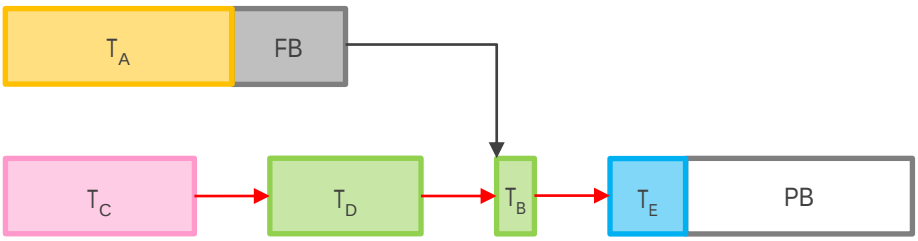
T_i = Tarea i ; — cadena crítica ; — subcadena
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4 ; Buffer
PB = Buffer de proyecto

El principal objetivo del PB es proteger el plazo de conclusión del proyecto frente a las fluctuaciones que puedan aparecer en las actividades pertenecientes a la cadena crítica, aunque también se utiliza cuando las tareas de las subcadenas (o rutas de alimentación) consumen todo el buffer asignado únicamente a estas últimas.

3.3.3.4.1.2. Buffer de Alimentación

Se denomina buffer de alimentación o feeding buffer (FB) al margen de tiempo que se coloca al término de cada subcadena (no crítica) que alimenta o desemboca en la cadena crítica (ver Figura 14).

Figura 14. Buffer de Alimentación de la red de actividades empleada como ejemplo



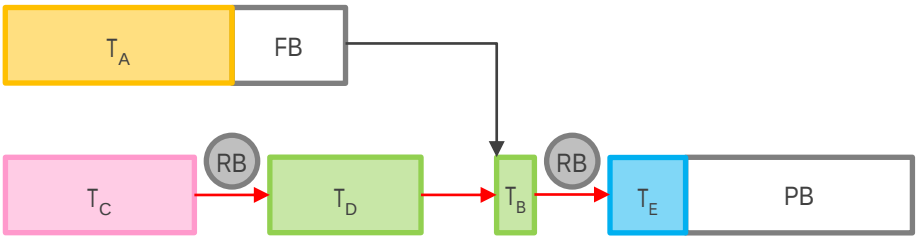
T_i = Tarea i ; — cadena crítica ; — subcadena
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4 ; Buffer
PB = Buffer de proyecto ; FB = Buffer de alimentación

Este amortiguador permite ejecutar las actividades pertenecientes a las subcadenas del proyecto antes de un determinado tiempo, que coincide con el inicio de una tarea de la cadena crítica, protegiendo a la CC de las desviaciones o alteraciones producidas en las rutas paralelas.

3.3.3.4.1.3. Buffer de Recurso

El buffer de recurso o resource buffer (RB) es aquel que se añade al cronograma cuando un recurso participa en una tarea concreta de la cadena crítica y la actividad que le precede la realiza un recurso diferente (ver Figura 15).

Figura 15. Buffer de Recurso de la red de actividades empleada como ejemplo



T_i = Tarea i ; — cadena crítica ; — subcadena
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4 ; Buffer
PB = Buffer de proyecto ; FB = Buffer de alimentación ; RB = Buffer de recursos

El RB se utiliza como señal de advertencia anticipada de recursos, protegiendo al proyecto de las eventualidades que puedan producirse en el momento de la transferencia de una actividad a otra y garantizando que éstos estarán disponibles cuando sean requeridos por la cadena crítica.

Es importante destacar que, puesto que el buffer de recurso actúa como un aviso, este tipo de amortiguador no cambia la duración del proyecto ni consume tiempo, por lo que no es preciso medir la magnitud del mismo al colocarse de manera escalonada en el cronograma según los acuerdos pactados y la complejidad de las actividades y del proyecto.

3.3.3.4.2. Tamaño de los Buffers

Los buffers pueden ser mucho más cortos que la suma de las contingencias individuales que reemplazan, acortando así el tiempo total de las cadenas (Urso, 2005).

Ante la importancia de insertar estos colchones de seguridad dentro del cronograma del proyecto, para protegerlo de las desviaciones que puedan surgir, la determinación de la longitud de los amortiguadores constituye uno de los principales desafíos de la utilización del Método de la Cadena Crítica.

Desafortunadamente, Goldratt dio poca orientación sobre el dimensionamiento de los buffers (Hoel & Taylor, 1999), por lo que el establecimiento de reglas generales para la estimación del tamaño de los mismos se ha convertido en uno de los puntos más delicados de la planificación y uno de los principales retos de la utilización del CCPM.

No existe un método preestablecido sencillo de aplicación, para el cálculo de la duración de las reservas de programación, que funcione perfectamente para cualquier tipo de sector. La fijación de las métricas que se deben utilizar para cada proyecto es una cuestión de juicio personal, donde la planificación, la experiencia, la comparación con casos similares y la utilización coherente de las técnicas del CCPM son las claves para una implementación exitosa.

Entre los procedimientos empíricos actuales más conocidos, para la estimación del dimensionamiento de los buffers de proyecto y alimentación, se pueden destacar:

- El Método de Cortar y Pegar (CP).
- El Método del Tercio Crítico (TC).
- El Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM).
- El Método de Adaptación con la Densidad de la Red (APD).
- El Método de Adaptación con la Limitación de Recursos (APRT).

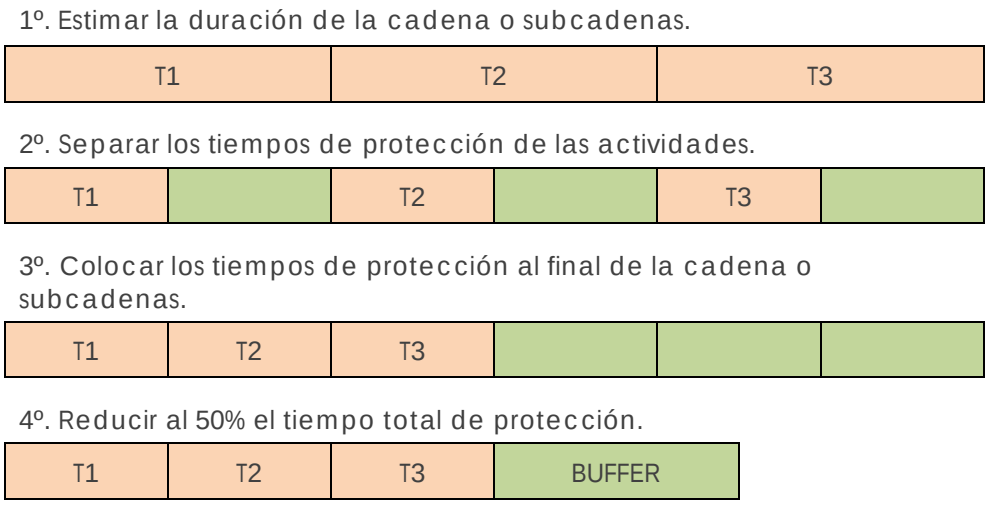
3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar

A lo largo de los años se han propuesto distintas formas de calcular el tamaño de los buffers, sin embargo, el procedimiento denominado Cut & Paste (Cortar y Pegar), también conocido como la Ley del 50% y defendido por Goldratt en su libro Critical Chain, es el favorito para una gran mayoría de profesionales (Leach, 2014), (Lynch, 2003), (Morillo, 2013), (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), (Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006).

Esta técnica se caracteriza por su facilidad y comodidad práctica, permitiendo definir el dimensionamiento de los amortiguadores mediante cuatro claras y sencillas etapas:

1ª. Estimar el tiempo de duración de la cadena o subcadenas.
2ª. Separar los tiempos de protección de las actividades.
3ª. Colocar los tiempos de protección al final de la cadena o subcadenas.
4ª. Reducir al 50% la longitud de la suma de dichos trozos.

Figura 16. Ejemplo de las fases del método CP



Con este método, los tiempos obtenidos para las tareas de la cadena crítica son los tiempos promedios, sin tener en cuenta ningún tipo de protección, lo que permite reducir el plazo de proyecto, al considerar el 50% del tiempo ahorrado para incorporarlo al PB.

Dentro de las subcadenas, que alimentan a la cadena crítica, se realiza el mismo procedimiento, aunque en este caso el tiempo de protección que se coloca en el FB es el

resultante del 50% de los tiempos acumulados a lo largo de las rutas no críticas fruto de la eliminación de las protecciones de las tareas.

La principal ventaja del método de Cortar y Pegar es su facilidad de cálculo (Ecuación 17), sin embargo, es preciso destacar que sufre de un exceso de simplificación por lo que debe utilizarse con cuidado, ya que la presencia de actividades con duraciones largas conducirá a amortiguadores demasiado grandes, aumentando los plazos del proyecto (Vanhoucke, 2012c).

Ecuación 17. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método CP

$$Buffer = 0{,}5 \sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección.

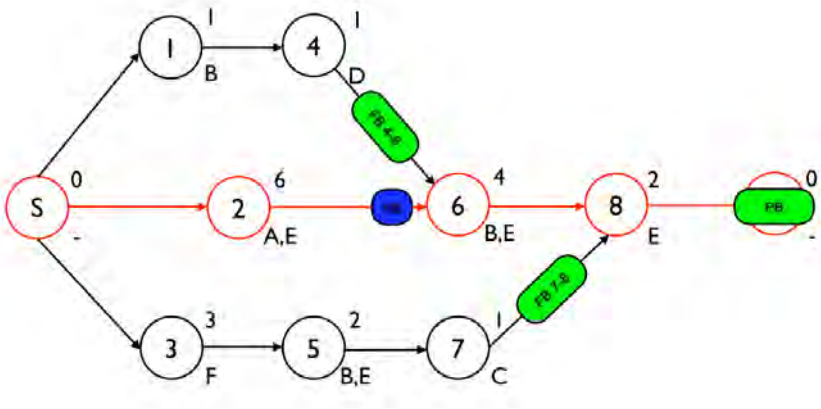
Aunque normalmente utilizamos el porcentaje del 50% sugerido en el método (tamaño del buffer = la mitad de la duración de la protección de la cadena o subcadena), este número no debe de tomarse como un dato estricto, ya que los proyectos que presentan una menor variabilidad permiten ajustarse a proporciones menores, mientras que los que tienen una mayor incertidumbre pueden emplear porcentajes mayores (Newbold, 2010).

Como norma general, para la aplicación de la técnica de Cortar y Pegar, es conveniente seguir una serie de recomendaciones (López de Ávila Muñoz, 2009):

- Ninguna actividad puede tener una longitud superior al 20% de la cadena crítica.
- La duración total asignada a los buffers no debe ser inferior al 25% del tamaño de la cadena crítica.

Ejemplo de aplicación:

Figura 17. Ejemplo de red de proyecto con 1 PB, 2 FB y 1 RB



(Fuente Vanhoucke 2012c, Figura 1)

Con objeto de entender mejor el método de Cortar y Pegar, se aplica este procedimiento a la red de actividades expuesta en la Figura 17, la cual ha sido extraída del artículo "Sizing CC/BM buffers: The cut and paste method", escrito en 2012 por Mario Vanhoucke, y que toma como base el ejemplo explicado por este mismo autor en "*Critical Chain/Buffer Management: (Dis-)advantages of scheduling projects as-late-as-possible*" (Vanhoucke, 2012b), donde:

- Se define una red de proyectos de 8 actividades, representados como nodos en la Figura 17.

- Se identifican las duraciones (con protección y sin protección) de cada una de las actividades de la red, tal y como queda recogido en la Tabla 8:

Tabla 8. Duración con protección y sin protección de las actividades del caso ejemplo

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8
Duración con protección	2	9	5	2	3	6	2	3
Duración sin protección	1	6	3	1	2	4	1	2

(Fuente Vanhoucke 2012d, Figura 1)

Puesto que el método de la cadena crítica requiere emplear los tiempos más agresivos de las tareas, los números colocados sobre cada nodo de la Figura 17 se utilizan para referirse a las duraciones sin protección de las actividades.

- Se determina la disponibilidad para cada uno de los recursos renovables establecidos en la Tabla 9, representados en la Figura 17 mediante la etiqueta situada debajo de cada nodo:

Tabla 9. Disponibilidad de los recursos del caso ejemplo

Recurso	A	B	C	D	E	F
Disponibilidad de los recursos	1	1	1	1	2	1

(Fuente Vanhoucke 2012b)

- Se añaden los diferentes buffers, propios del método CCPM, a la Figura 17, de forma que:
  - Se proteja la cadena crítica, compuesta por las tareas S-2-6-8-E, mediante la introducción de un buffer de proyecto (PB).
  - Se aseguren las subcadenas S-1-4 y S-3-5-7, a través de la colocación de los amortiguadores de alimentación FB_{4-6} y FB_{7-8}, respectivamente.
  - Se garantice que el recurso B estará disponible a tiempo para comenzar con la actividad 6 agregando un buffer de recurso (RB).

En la Tabla 10 se presenta la duración de los amortiguadores de proyecto y de alimentación calculados mediante la aplicación de la Ecuación 17 al caso ejemplo presentado en la Figura 17:

Tabla 10. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método CP

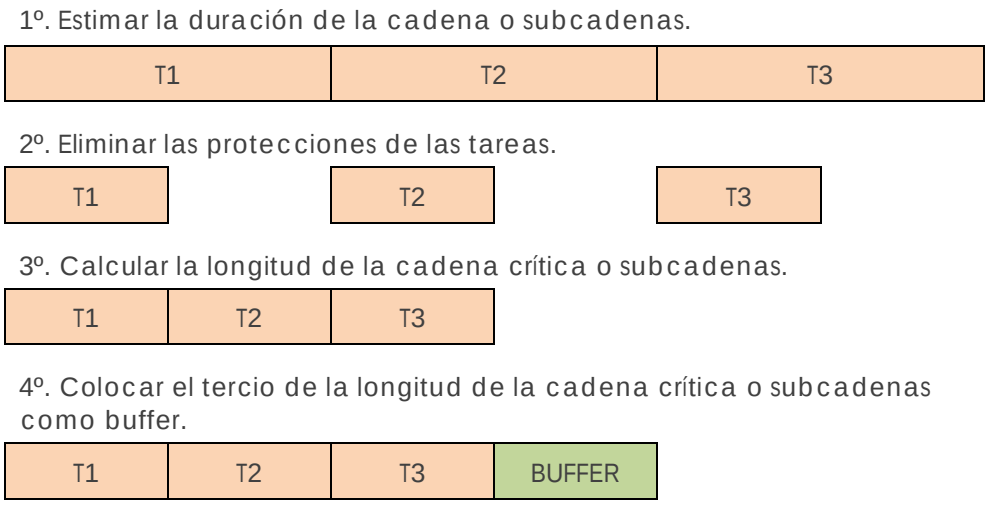
MÉTODO DE CORTAR Y PEGAR	PB	FB_{4-6}	FB_{7-8}
Duración	3	1	2

3.3.3.4.2.2. Método del Tercio Crítico

Una variación simplista de la Ley del 50% es el Método del Tercio Crítico cuya principal ventaja es la omisión de la duración de las protecciones de las tareas, basándose el proceso en los siguientes cuatro pasos (Morillo, 2013):

1ª. Estimar el tiempo de duración de la cadena o subcadenas.
2ª. Eliminar los tiempos de protección de las actividades.
3ª. Calcular la longitud de la cadena crítica o subcadena.
4ª. Colocar un tercio de la longitud obtenida como buffer de proyecto o de alimentación.

Figura 18. Ejemplo de las fases del método TC



Una de las ventajas básicas de este método es que, al ser un algoritmo lineal, la dimensión de los márgenes de seguridad añadidos depende, exclusivamente, del tamaño de la cadena de tareas, lo que simplifica los datos necesarios para la realización de los cálculos (Ecuación 18). Por el contrario, esta misma característica puede provocar que en proyectos de gran duración se obtengan buffers excesivos.

Ecuación 18. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método TC

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/3$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección.

Ejemplo de aplicación:

Para comprender el método del Tercio Crítico, se ha aplicado la Ecuación 18 a la red de actividades de la Figura 17, mostrada y explicada en el punto "*3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar*" de la presente investigación, obteniendo los tamaños de buffers de proyecto y de alimentación indicados en la Tabla 11:

Tabla 11. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método TC

MÉTODO DEL TERCIO CRÍTICO	PB	$FB_{4\text{-}6}$	$FB_{7\text{-}8}$
Duración	4	0,67	2

3.3.3.4.2.3. El Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados

Una de las alternativas más elaboradas es el Root Square Error Method (Vanhoucke, 2012d), conocido en castellano como Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados o Fórmula de Newbold (Newbold, 1998), (Morillo, 2013).

En lugar de utilizar una regla empírica simple para el cálculo del tamaño de los buffers, este procedimiento tiene en cuenta la variación (σ) conocida en la duración de las tareas, teniendo en cuenta que la duración de la actividad con protección (estimación de la actividad de bajo riesgo) menos la duración de la actividad sin protección (probabilidad agresiva de duración de la tarea) es aproximadamente dos veces la desviación (2σ), por aplicación del Teorema Central del Límite (Iglesias Sánchez, 2005a).

Este procedimiento propone calcular la duración de los buffers como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los márgenes de seguridad de todas las actividades (Barato, 2014), (Cohn, 2005), tal y como se formula en la Ecuación 19:

Ecuación 19. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método RSEM

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)^2}$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección (duración de bajo riesgo de la actividad i).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (duración de alto riesgo de la actividad i).

La principal desventaja de esta técnica es que puede conducir a buffers de menor tamaño al deseado para aquellas cadenas que sean largas.

Ejemplo de aplicación:

Con objeto de demostrar las características de la aplicación del método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados, se ha calculado, mediante el uso de la Ecuación 19, el tamaño de los buffers de proyecto y de alimentación de la red de actividades de la Figura 17, presentada en el punto "*3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar*", alcanzando los resultados mostrados en la Tabla 12:

Tabla 12. Duración de PB y FB del caso ejemplo con el método RSEM

MÉTODO DE LA RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS	PB	$FB_{4\text{-}6}$	$FB_{7\text{-}8}$
Duración	3,74	1,41	2,45

3.3.3.4.2.4. El Método de Adaptación con la Densidad de la Red (APD)

Adaptive procedure with density (APD), o Método de Adaptación con la Densidad de la Red, es un procedimiento de dimensionamiento de amortiguadores basado en la estructura de las subredes de actividades que alimentan al buffer (Vanhoucke, 2012a).

Esta técnica se fundamenta sobre la idea de que los subcaminos, con un número creciente de relaciones de precedencia para un número dado de actividades, tienen una alta probabilidad de causar retrasos.

Los buffers de proyecto y de alimentación, calculados mediante la aplicación del APD, se dimensionan escalando la desviación estándar de la trayectoria que conduce al buffer por un factor que se determina tomando en cuenta la densidad de la red, tal y como se muestra en la Ecuación 20:

Ecuación 20. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método APD

$$Buffer = K_{APD} \times \sigma_{path}$$

donde:

K_{APD} : factor de escala basado en la densidad de la subred.

σ_{path} : desviación estándar de la ruta más larga que alimenta al buffer.

Factor de escala K_{APD}:

El factor de escala K_{APD} ha sido definido como la unidad sumada a la densidad de red (ver Ecuación 21).

Ecuación 21. CCPM. Factor de escala K_{APD}

$$K_{APD} = 1 + densidad\ de\ red$$

Esta densidad de red, utilizada en el método APD, mide la compactación de la cadena dividiendo el número de relaciones de precedencia entre el número de actividades de la subred, cuyo cociente se conoce como el coeficiente de complejidad de la red (CNC).

Desviación estándar de la ruta más larga σ_{path}:

La desviación estándar de la trayectoria de mayor longitud, se puede calcular de diversas maneras, sin embargo, la más común (Vanhoucke, 2012a) es aquella en la que se supone que esta desviación es igual a la raíz cuadrada de la suma, al 50%, de la diferencia entre las duraciones con protección y sin protección de todas las actividades de la ruta de cálculo, aplicando la Ecuación 22:

Ecuación 22. CCPM. Desviación estándar de la ruta más larga σ_{path}

$$\sigma_{path} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{dcP_i - dsP_i}{2}\right)^2}$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadena.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección (duración normal de la actividad i).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (duración agresiva de la actividad i).

Para la utilización correcta de la técnica de dimensionamiento de buffers APD hay que tener en cuenta que, para redes de actividades complejas, donde exista más de una ruta que alimente a los amortiguadores:

- El CNC utilizado debe considerar la red completa, no sólo el camino más largo.
- El cálculo de la desviación estándar sólo se realiza sobre la subred de más longitud.

La lógica subyacente del Método de Adaptación con la Densidad de la Red es que un mayor número de relaciones de precedencia para el mismo número de actividades es, posiblemente, más sensible a los retrasos.

El mayor inconveniente de este procedimiento es que, un aumento en el CNC produce desviaciones en los plazos con más frecuencia y, por lo tanto, los amortiguadores calculados

pueden no ser capaces de absorber las demoras, necesitando añadir buffers de mayor longitud a los dimensionados con el APD (Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006). Además, en proyectos complejos en los que existen una gran cantidad de actividades y precedencias, la utilización de este método puede llegar a ser muy complicada.

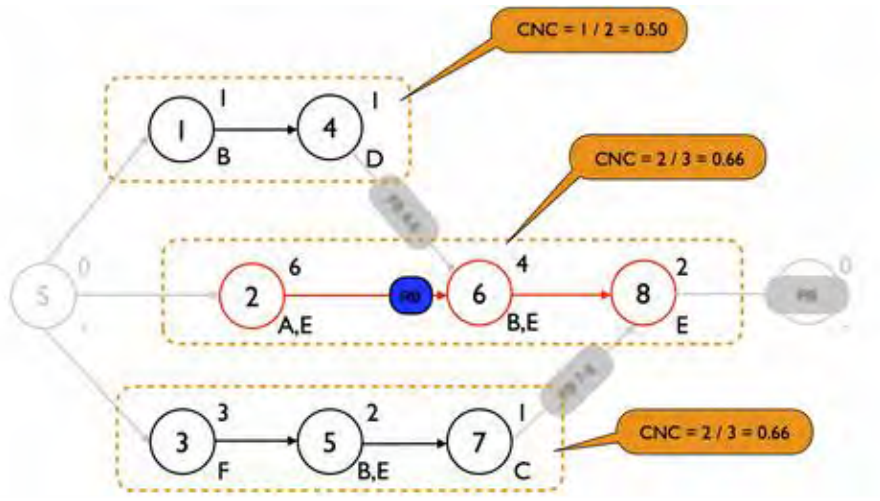
Ejemplo de aplicación:

Para poder entender en mayor medida el Método de Adaptación con la Densidad de la Red, en la Tabla 13 se presentan los valores obtenidos, tras el empleo de la Ecuación 21 y la Ecuación 22, de los parámetros necesarios para la aplicación de este procedimiento a la red de actividades de la Figura 17, presentada en el punto "*3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar*", así como el tamaño de los buffers de proyecto y de alimentación calculados mediante la utilización de la Ecuación 20.

Tabla 13. Parámetros y duración de PB y FB del caso ejemplo con el método APD

MÉTODO DE ADAPTACIÓN CON LA DENSIDAD DE LA RED	PB	FB_{4-6}	FB_{7-8}
K_{APD} (ver **Figura 19**)	1,67	1,50	1,67
σ_{path}	1,87	0,71	1,22
Duración	3,12	1,06	2,04

Figura 19. Valor de CNC de las subredes del caso ejemplo



(Fuente Vanhoucke 2012a, Figura 2)

3.3.3.4.2.5. El Método de Adaptación con la Limitación de los Recursos (APRT)

Adaptive procedure with resource tightness (APRT), o Método de Adaptación con la Limitación de los Recursos, es una técnica de dimensionamiento de amortiguadores en función de la escasez de los recursos utilizados por las actividades de una cadena que se fusionan en un buffer (Vanhoucke, 2014).

Este procedimiento se basa en que los recursos, que a menudo son insuficientes, tienen un gran impacto en la duración de las actividades y, consecuentemente, en los potenciales retrasos, por lo que se puede afirmar que una mayor limitación de recursos conduce a un mayor tamaño de los buffers con objeto de absorber las posibles demoras generadas.

Los buffers de proyecto y de alimentación, calculados mediante la aplicación del APRT, se dimensionan como: la desviación estándar de la trayectoria que desemboca en el amortiguador, escalada por un factor que se valora teniendo en cuenta la restricción de los recursos, tal y como se muestra en la Ecuación 23:

Ecuación 23. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método APRT

$$Buffer = K_{APRT} \times \sigma_{path}$$

donde:

K_{APRT} : factor de escala basado en la limitación de los recursos.

σ_{path} : desviación estándar de la ruta más larga que alimenta al buffer.

Factor de escala K_{APRT}:

El factor de escala K_{APRT} ha sido definido como la unidad sumada al valor máximo de limitación de recursos de todos los medios utilizados por las actividades de la red, definida en la Ecuación 24.

Ecuación 24. CCPM. Factor de escala K_{APRT}

$$K_{APRT} = 1 + máxima\ limitación\ de\ recursos$$

La limitación de recursos es una medida del grado de uso de los diferentes medios a lo largo del horizonte temporal de todas las actividades de la cadena que se fusionan en el

buffer, comparando el contenido total del trabajo utilizado por todas las tareas de la ruta con el contenido total del trabajo disponible a lo largo de la red, según lo indicado en la Ecuación 25, quedando su valor comprendido entre 0 y 1:

Ecuación 25. CCPM. Limitación de recursos del método APRT

$$limitación\ de\ recursos = \frac{contenido\ total\ del\ trabajo\ utilizado}{contenido\ total\ del\ trabajo\ disponible}$$

donde:

- Contenido total de trabajo utilizado por todas las tareas de la ruta: es igual a la duración de la actividad multiplicada por la demanda de recursos.
- Contenido total del trabajo disponible a lo largo de la red: es igual a la duración del recorrido más largo de la cadena multiplicada por la disponibilidad del recurso.

Desviación estándar de la ruta más larga σ_{path}:

La desviación estándar de la trayectoria de mayor longitud se calcula según lo indicado anteriormente en el punto *"3.3.3.4.2.4. El Método de Adaptación con la Densidad de la Red (*APD*)".*

El Método de Adaptación con la Limitación de Recursos revela que un mayor uso de los recursos, y en consecuencia una mayor escasez de los mismos, podría ser la causa de retrasos al poner en riesgo la ejecución de las tareas. Cuando el empleo total de los medios está cerca de la disponibilidad total de los mismos, es más probable que las demoras se produzcan con mayor frecuencia y, por lo tanto, es preciso añadir amortiguadores más grandes para absorber los retrasos.

Los valores obtenidos con el método APRT son muy similares a los que se alcanzan con el procedimiento APD, conduciendo a amortiguadores de menor tamaño que con otros métodos (Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006), pudiendo ser la longitud de estos inferiores a la necesaria.

La desventaja más destacable de esta metodología de dimensionamiento de buffers es la dificultad de aplicación en aquellos proyectos complejos donde existen un gran número de actividades y de recursos necesarios para la ejecución de los trabajos.

Ejemplo de aplicación:

La finalidad de la aplicación del Método de Adaptación con la Limitación de Recursos a la red de actividades de la Figura 17, presentada en el punto "*3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar*", es poder comprender, mediante un ejemplo práctico, el procedimiento APRT.

En la Tabla 14 se presentan los valores de los parámetros propios de las técnicas del APRT, obtenidos tras la utilización de la Ecuación 23, Ecuación 24 y Ecuación 25, así como el tamaño de los buffers de proyecto y de alimentación calculados mediante la Ecuación 23.

Tabla 14. Parámetros y duración de PB y FB del caso ejemplo con el método APRT

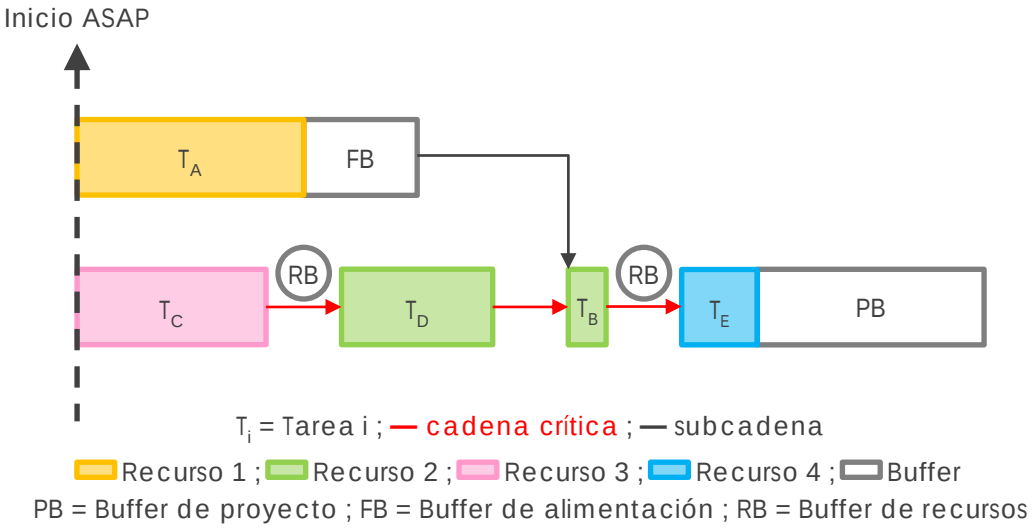
MÉTODO DE ADAPTACIÓN CON LA LIMITACIÓN DE RECURSOS		PB	FB_{4-6}	FB_{7-8}
Limitación de recursos	A	6·1/12·1 = 0,50	-	-
	B	4·1/12·1 = 0,33	1·1/2·1 = 0,50	2·1/6·1 = 0,33
	C	-	-	1·1/6·1 = 0,17
	D	-	1·1/2·1 = 0,50	-
	E	(6·1+4·1+2·1)/12·2 = 0,50	-	2·1/6·2 = 0,33
	F	-	-	3·1/6·1 = 0,50
K_{APRT}		1,50	1,50	1,50
σ_{path}		1,87	0,71	1,22
Duración		2,81	1,06	1,84

3.3.3.5. Fase 5: Sincronizar las tareas

La secuencia de actividades que conforma la cadena crítica, obtenida mediante la aplicación del CCPM, establece el tiempo estimado de la duración total del proyecto. Por

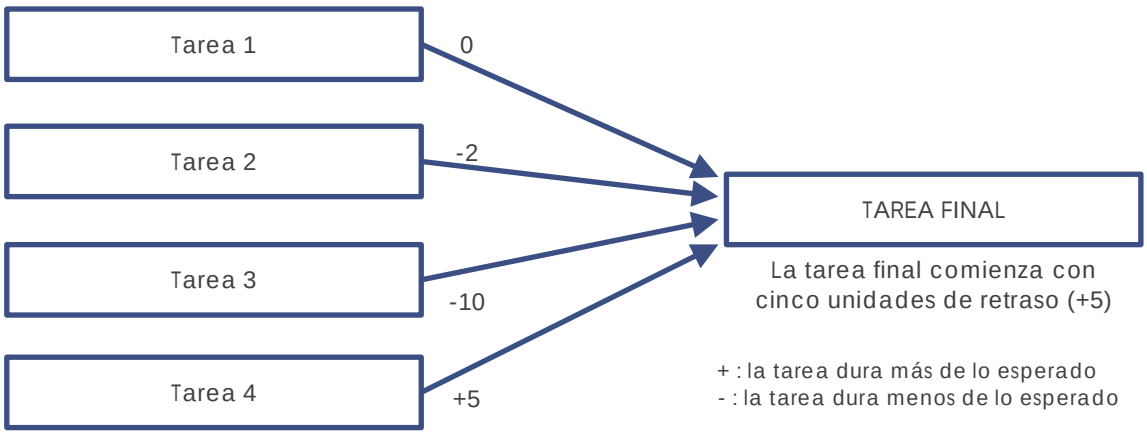
este motivo, esta ruta debe programarse lo más pronto posible (as soon as possible – ASAP) para evitar retrasos en la fecha de conclusión (ver Figura 20).

Figura 20. Programación ASAP de la red de actividades del ejemplo



Sin embargo, los proyectos suelen estar compuestos por más rutas que planificar, los cuales se juntan en determinados puntos, tal y como sucede en el ejemplo representado en la Figura 20. Estos caminos (no críticos) alimentan a la cadena crítica causando la aparición de una mayor dependencia entre tareas. Goldratt afirma que una demora en alguno de ellos provoca que la tarea siguiente se retrase, a pesar de que el resto de los procesos se terminen en plazo o incluso antes de lo establecido.

Figura 21. Ejemplo del efecto provocado por la dependencia de las tareas



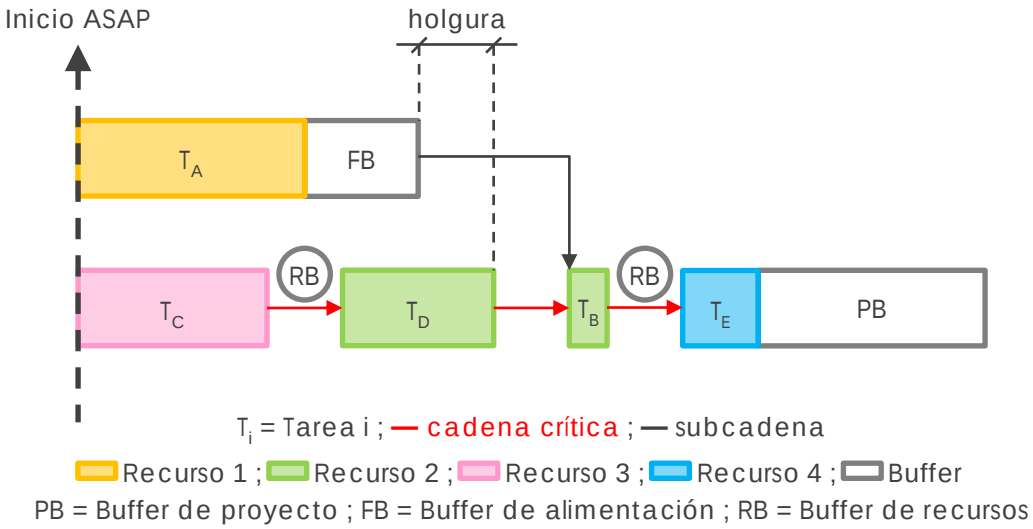
En la Figura 21 se muestra un ejemplo práctico del efecto ocasionado en una tarea a la que le preceden cuatro actividades. Si sólo una de ellas no termina con anticipación, el tiempo ganado por el resto no se transferirá a la actividad sucesora. De esta premisa se puede concluir que cuando varios caminos se integran para dar lugar a otro:

- Los retrasos se transmiten.
- Las variaciones positivas se pierden.

Aunque el método de la cadena crítica protege al proyecto de este efecto, mediante la utilización de los buffers cuando se producen retrasos y el no consumo de los mismos cuando existen adelantos (Iglesias Sánchez, 2005b), a la hora de sincronizar las subcadenas (no críticas) dentro de la programación del proyecto, es preciso tener en cuenta este concepto.

La idea de planificar la ejecución de estas subcadenas paralelas con un inicio temprano puede originar holguras superiores a sus propios buffers de alimentación (ver Figura 22) que, tal y como se demostró en la Figura 21, no podrán ser aprovechadas por la cadena crítica o por la tarea que le sucede en la misma.

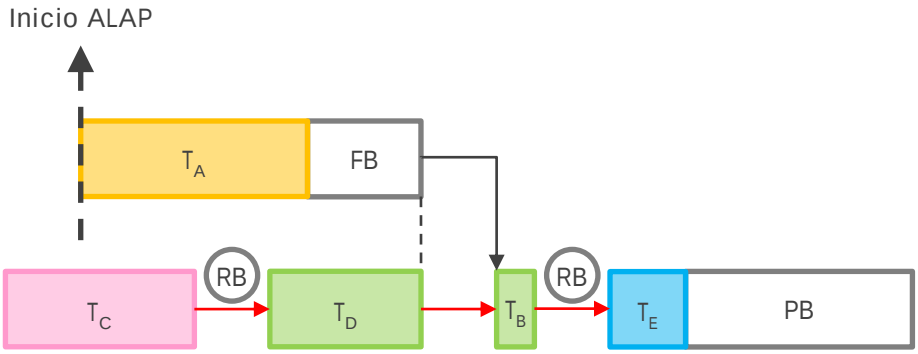
Figura 22. Aparición de holguras en la programación ASAP de las subcadenas del ejemplo



Además, los excesos en los niveles de actividad, ocasionados por planificar las tareas lo antes posible, lejos de ofrecer un mayor margen de seguridad, provocan pérdidas de

atención de los directores para centrarse en los aspectos y tareas importantes de los proyectos, causando incluso interferencias entre los diferentes trabajadores implicados.

Figura 23. Programación ALAP de las subcadenas de la red de actividades del ejemplo



T_i = Tarea i ; — cadena crítica ; — subcadena
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4 ; Buffer
PB = Buffer de proyecto ; FB = Buffer de alimentación ; RB = Buffer de recursos

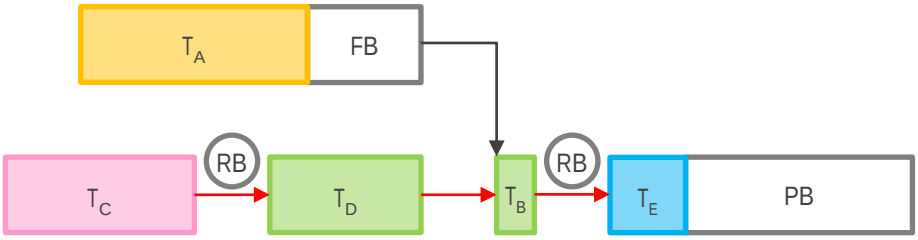
La cadena crítica trata de lidiar con este problema programando los caminos de alimentación lo más tarde posible (as late as possible – ALAP), sin convertirlos en críticos gracias a la existencia de los buffers correspondientes al final de los mismos (ver Figura 23). De esta forma, se reduce el trabajo en curso aumentando considerablemente la atención en las actividades programadas.

3.3.3.6. Fase 6: Desarrollar el cronograma de la Cadena Crítica

La fase de desarrollo del cronograma ha sido definida como el proceso de analizar las secuencias de actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma (ver Figura 24) para crear el modelo de programación del proyecto (PMI, 2017).

La identificación del conjunto de actividades que determina la fecha del final de la línea base, incorporando las duraciones, los recursos, las relaciones lógicas y las limitaciones existentes, permite representar el cronograma de la Cadena Crítica.

Figura 24. Programación final del ejemplo mediante la Cadena Crítica



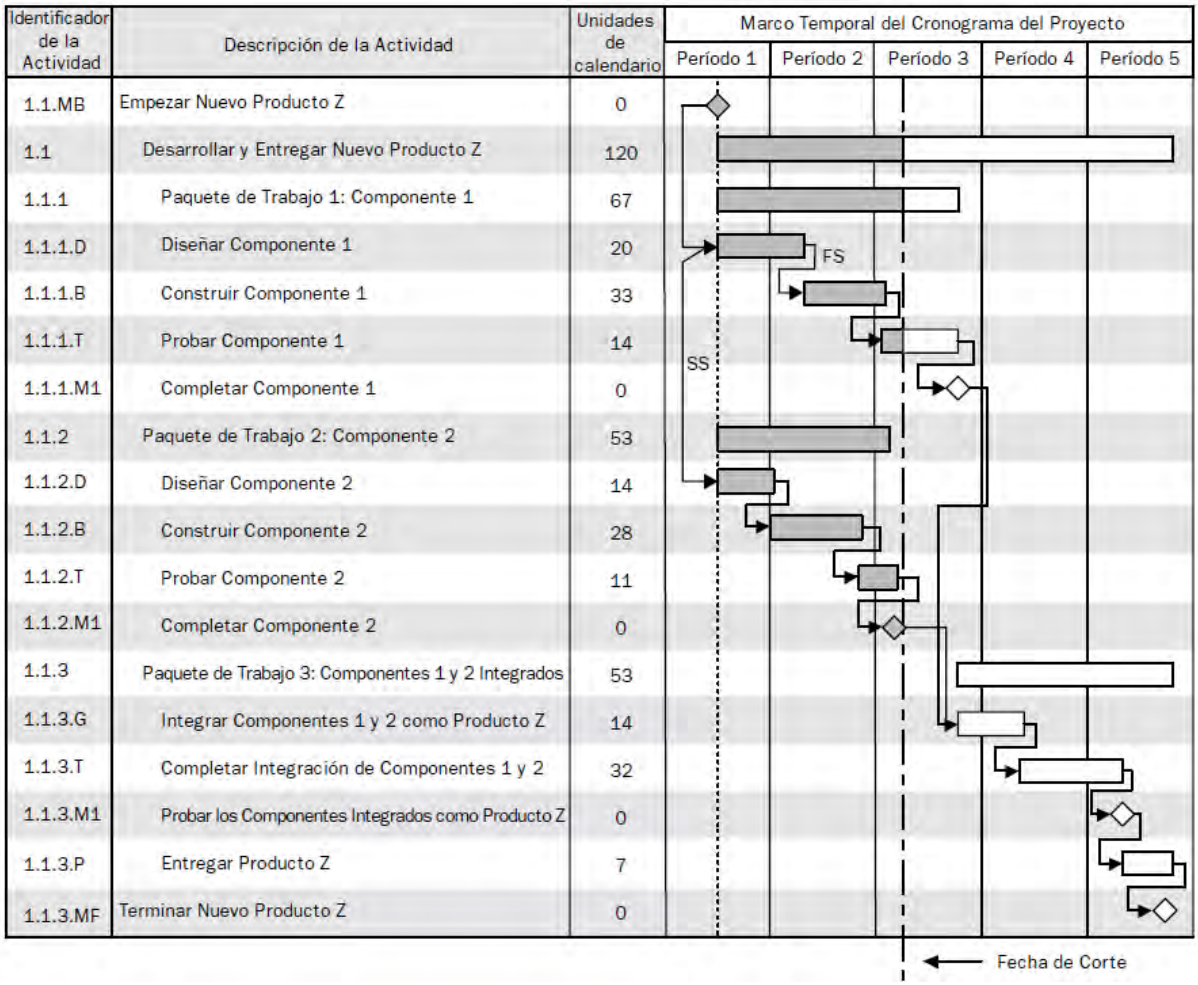
T_i = Tarea i ; — cadena crítica ; — subcadena
Recurso 1 ; Recurso 2 ; Recurso 3 ; Recurso 4 ; Buffer
PB = Buffer de proyecto ; FB = Buffer de alimentación ; RB = Buffer de recursos

Dentro del sector de la ingeniería, los diagramas de barras son el instrumento de planificación por excelencia del día a día de la obra (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), constituyéndose el Diagrama de Gantt como una de las principales herramientas de programación.

Creado por el ingeniero estadounidense Henry Laurence Gantt, que lo introdujo como herramienta de control de la producción en la construcción de buques a principios del siglo XX, este mecanismo destaca por su fácil y cómoda visualización de actividades a realizar.

Tal y como señala el PMBOK, la representación gráfica del Diagrama de Gantt es muy sencilla: las actividades del cronograma o los componentes de la estructura de desglose de trabajo se listan en el lado izquierdo, los datos se presentan en la parte superior y la duración de las tareas se muestran como barras horizontales ubicadas según fecha y escaladas en tiempo (ver Figura 25). Las acciones entre sí quedan vinculadas por su posición en el cronograma y se pueden asignar a cada actividad los recursos que ésta necesita.

Figura 25. Ejemplo de cronograma de proyecto



(Fuente PMBOK 2013, Gráfico 6-21)

3.3.4. ETAPA DE SEGUIMIENTO

La naturaleza dinámica y con cierta dosis de incertidumbre de la planificación obliga, al director del proyecto, a realizar una supervisión del trabajo (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), creando la necesidad de desempeñar un seguimiento efectivo de la programación inicial.

Controlar el cronograma es el proceso de monitorizar el estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar los cambios de la línea base, a fin de cumplir el plan (PMI, 2017).

Realizar una medición continua del modelo programado permite conocer el desempeño real hasta la fecha con el objeto de:

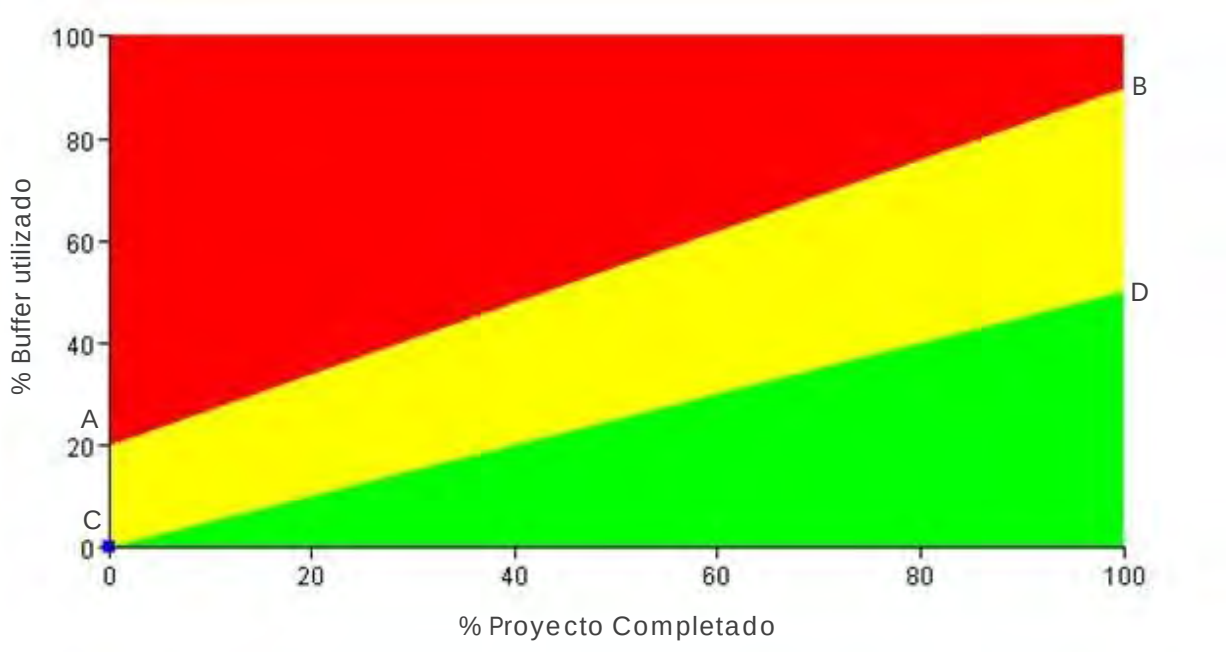
- Influir en los factores que generan cambios en el cronograma.
- Determinar si la programación se ha modificado.
- Gestionar los cambios reales conforme se producen.

El seguimiento y control del proyecto con el Método de la Cadena Crítica se realiza a partir de la relación entre el grado de consumo de los buffers y el grado de avance de las cadenas que amortiguan (Goldratt, 2001).

Es preciso tener en cuenta que los buffers no son holguras del proyecto, sino elementos básicos y estructurales de la programación. En consecuencia, estos amortiguadores están para gastarse (Rivera & Durán, 2003), siempre que la realización de las actividades de la cadena o subcadenas avancen a un ritmo mayor que el del consumo de los buffers.

Para el seguimiento y gestión de los proyectos ejecutados bajo los términos de la CCPM se recomienda el empleo de las hojas de control denominadas Fever Chart (Figura 26), donde para cada actualización del cronograma se añade un nuevo punto a dichos gráficos.

Figura 26. Fever Chart



(Fuente Blog ProChain, 16 de octubre de 2011)

Dentro de estas hojas de control, la dimensión horizontal representa el grado de desempeño del proyecto, definiendo de izquierda a derecha el avance del mimo (del 0% al 100%) y el eje vertical corresponde al porcentaje de buffer de proyecto que se ha consumido, entendiendo la línea superior como la ausencia de amortiguador (100% utilizado).

En estos gráficos se definen tres zonas diferenciadas por colores según la necesidad de actuación en cada uno de estos sectores (López de Ávila Muñoz, 2009), de forma que según la región en la que se encuentre el punto de control (roja, amarilla o verde) se tome la acción más adecuada (medidas de rescate, proactivas o de atención, respectivamente):

- Región roja → Corregir
  - Los amortiguadores se consumen a un ritmo superior que el avance de la cadena crítica.
  - El encargado del control del proyecto debe poner en práctica medidas correctoras cuanto antes para evitar el retraso en la fecha de conclusión.
  - Es importante señalar que un gráfico dónde continuamente están saltando las alarmas indica que el dimensionamiento de los buffers es escaso.

- Región amarilla → Planificar
  - Los colchones dimensionados se consumen, prácticamente, al mismo ritmo que el avance de los trabajos.
  - En estos casos es preciso que el responsable del proyecto estudie posibles medidas preventivas con el objetivo de proteger la fecha de terminación del mismo.

- Región verde → Observar
  - Los amortiguadores se consumen a un ritmo más lento que el avance del proyecto.
  - En esta región no se requiere ninguna acción específica por parte del director.

- Es necesario destacar que un proyecto que se mantiene desde el inicio hasta el fin en esta área denota un sobredimensionamiento de los amortiguadores.

No existe un diseño específico y fijo para estas "tablas de temperatura", siendo necesario definir, para cada tipo de proyecto, la localización de los cuatro puntos que delimitan y determinan las zonas de control (Newbold, 2011):

- Puntos A y B

  La unión de ambos puntos delimita el inicio y el final del área amarillo / rojo.

  Son las marcas más importantes, ya que la región roja implica la necesidad de actuación sobre la programación del proyecto.

  'A' debe de estar lo suficientemente por encima del punto del 0 % para poder supervisar los retrasos razonables de puesta en marcha de la obra, sin ser tan elevados que los problemas ocasionados en el inicio carezcan de vigilancia.

  'B' debe de estar, convenientemente, por debajo del punto del 100 % para dotar al proyecto de una oportunidad sensata de concluirlo en tiempo.

- Puntos C y D

  La línea generada entre los puntos C y D define el inicio y el final del área amarillo / verde.

  Desde el punto de vista del seguimiento del proyecto, es necesario conocer esta región amarilla, ya que cuando nos encontremos sobre esta zona debemos activar nuestra atención sobre el proyecto.

  'C' estará generalmente sobre el origen, ya que cualquier demora de inicio debería provocar cierta preocupación.

  'D' es la señal más difícil de fijar y su colocación dependerá de qué tipo de atención y acciones se desean tomar en la región amarilla.

La gestión basada en las tablas Fever Chart potencia que el equipo de proyecto enfoque su empeño en los casos en los que exista un peligro real de no terminar a tiempo, evitando reaccionar ante falsas alarmas ocasionadas por pequeñas variaciones en las estimaciones del calendario.

El seguimiento es, en cierto modo, la mayor ventaja del Método de la Cadena Crítica ya que, tal y como se especificó con anterioridad, el control del proyecto mediante esta metodología resulta sencillo y focalizado: tan sólo debemos de centrar los esfuerzos en gestionar los amortiguadores (Navarro, 2006).

3.3.5. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.3.5.1. Estudios relacionados con el CCPM

Desde su introducción, en 1997, el método de la cadena crítica ha sido objeto de una gran cantidad de estudios en los que se han descrito y explorado los diversos aspectos del CCPM.

Tras una extensa búsqueda de la literatura relacionada con la metodología de la cadena crítica, que ha sido publicada desde 1997 hasta enero de 2018 tanto en inglés como en castellano, y empleando como base el artículo "*Current Status and Future Potencial of the Research on Critical Chain Project Management*" escrito por Mahdi Ghaffari y Margaret Emsley en 2015, se han identificado seis enfoques de clasificación para los 214 estudios detallados y registrados en el ‘‘*Anejo A. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM*’’ de la presente tesis:

1. Estudios introductorios:

   Se engloban dentro de esta categoría aquellas fuentes que proporcionan una explicación introductoria de los principios básicos del CCPM, en comparación con los métodos tradicionales, sin avanzar o criticar la teoría y la práctica del método.

2. Estudios críticos:

   Incluyen aquellas perspectivas críticas sobre la practicidad y viabilidad de algunos o de todos los principios básicos del CCPM.

3. Estudios de mejora del método:

   Se recogen en esta temática las publicaciones que intentan aportar mejoras de las herramientas y técnicas de la cadena crítica, adoptando otros métodos existentes o inventando otros nuevos.

4. Estudios empíricos:

   Comprenden aquellas investigaciones que pretenden comparar, validar, invalidar o potenciar los principios o técnicas del CCPM a través de simulaciones, juegos o análisis estadísticos.

5. Estudios de casos de aplicación:

   Se consideran dentro de este apartado los artículos que documentan los casos de implementación y desarrollo del método de la cadena crítica.

6. Otros estudios:

   Dentro de este enfoque se han reunido aquellos informes de aplicación de los principios del CCPM a diferentes sectores o trabajos fuera del ámbito de los proyectos y de la programación de los mismos.

3.3.5.1.1. Estudios introductorios del CCPM

El objetivo principal de los estudios recogidos dentro de esta categoría es publicitar el CCPM mediante un enfoque positivo del método, describiendo los conceptos básicos del procedimiento, mencionando sus beneficios y abogando por su utilización dentro de las distintas organizaciones (Ghaffari & Emsley, 2015). Para ello, diferentes autores han explicado los principios y fundamentos esenciales del método de la cadena crítica, reconociéndolo como un posible sustituto de las técnicas tradicionales más empleadas.

En la Tabla 15 se recogen los estudios introductorios hallados sobre la temática del Método de la Cadena Crítica, desde el desarrollo de este procedimiento en 1997 por Eliyahu M. Goldratt hasta enero de 2018, ampliando la investigación realizada por Ghaffari y Emsley (Ghaffari & Emsley, 2015).

Es preciso destacar que algunas de las publicaciones catalogadas dentro de esta sección también han sido introducidos dentro de otras categorías al incluir enfoques empíricos, críticos o de mejora.

Tabla 15. Estudios introductorios sobre el CCPM

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios introductorios	(Hoel & Taylor, 1999), (Leach, 1999), (Patrick, 1999a), (Patrick, 1999b), (Peterson & Filiartrault, 2000), (Filiatrault & Peterson, 2000), (Umble & Umble, 2000), (Herroelen & Leus, 2001), (Leach, 2001), (Patrick, 2001), (Steyn, 2001), (Cerveny & Galup, 2002), (Fenbert & Fleener, 2002), (Rizzo, 2002), (Silber & Hussey, 2002), (Rivera & Durán, 2003), (Yang J.-B. , 2003), (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), (Budd & Cooper, 2005), (Iglesias Sánchez, 2005a), (Iglesias Sánchez, 2005b), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Budd & Cooper, 2006), (Dass & Steyn, 2006), (Robinson, 2007), (Yang J.-B. , 2007), (Gupta, 2008), (Balakrishnan, 2009), (Blackstone Jr, Cox III, & Schleier Jr, 2009), (González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009), (Robinson & Richards, 2009), (Gupta, 2010), (Medina, 2010), (Robinson & Richards, 2010), (Correia & Abreu, 2011), (Jianmin, 2011), (Wang Y. , 2011), (Millhiser & Szmerekovsky, 2012), (Zhang, Guo, Chen, & Song, 2012), (Newbold, 2013), (Birrell Rodríguez, 2014), (Leach, 2014), (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), (Simsit, Günay, & Vayvay, 2014), (Zhou, Dong, & Zuo, 2014), (Deacon & Van Der Lingen, 2015), (Paprocka & Czuwaj, 2015), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2015a), (Bergland, 2016), (Izmailov, Korneva, & Kozhemiakin, 2016), (Mabin & Mirzaei, 2016), (Moussa, El-Korany, Etman, & Taher, 2016), (Bagchi, Sahu, & Jena, 2017), (Gurjar, 2017), (Lapunka, Pisz, & Wittbrodt, 2017), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Teniendo en cuenta los diferentes enfoques adoptados en cada uno de los artículos analizados en la Tabla 15, estas publicaciones se pueden clasificar y codificar dentro de las siguientes subcategorías:

1. Resolución de la problemática de los métodos tradicionales.

   Definen los principales problemas de la programación y control de los proyectos (síndrome del estudiante, ley de Parkinson, multitarea, limitación de recursos...) solventados mediante el CCPM.

   Ejemplos: (Leach, 1999), (Patrick, 1999a), (Patrick, 1999b), (Filiatrault & Peterson, 2000), (Leach, 2001), (Cerveny & Galup, 2002), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), (Gupta, 2008), (Blackstone Jr, Cox III, & Schleier Jr, 2009), (Gupta, 2010), (Newbold, 2013), (Izmailov, Korneva, & Kozhemiakin, 2016), (Bagchi, Sahu, & Jena, 2017).

2. Comparación del CCPM con otros métodos de dirección de proyectos.

   Analizan los diferentes procedimientos de gestión de proyectos en comparación con el método de la cadena crítica, con el objetivo de conocer las diferencias, similitudes, ventajas e inconvenientes, aplicación y resultados obtenidos, con cada una de las técnicas, así como posibles integraciones entre ellas.

   Ejemplos: (Peterson & Filiartrault, 2000), (Silber & Hussey, 2002), (Yang J.-B. , 2003), (Budd & Cooper, 2005), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Budd & Cooper, 2006), (González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009), (Medina, 2010), (Deacon & Van Der Lingen, 2015)

3. Definición de los principios del CCPM.

   Explican los principales conceptos y fundamentos del método de la cadena crítica, describiendo de forma general o con detalle el origen, la evolución, la literatura existente, las etapas o fases necesarias para su aplicación, el dimensionamiento de buffers, la estimación o asignación de recursos, etc.,

   Ejemplos: (Hoel & Taylor, 1999), (Leach, 1999), (Umble & Umble, 2000), (Rizzo, 2002), (Rivera & Durán, 2003), (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004), (Iglesias Sánchez,

2005a), (Iglesias Sánchez, 2005b), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), (Budd & Cooper, 2006), (Dass & Steyn, 2006), (Robinson, 2007), (Yang J.-B. , 2007), (Robinson & Richards, 2009), (Robinson & Richards, 2010), (Correia & Abreu, 2011), (Jianmin, 2011), (Wang Y. , 2011), (Birrell Rodríguez, 2014), (Leach, 2014), (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), (Simsit, Günay, & Vayvay, 2014), (Zhou, Dong, & Zuo, 2014), (Paprocka & Czuwaj, 2015), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2015a), (Bergland, 2016), (Mabin & Mirzaei, 2016), (Moussa, El-Korany, Etman, & Taher, 2016), (Gurjar, 2017), (Lapunka, Pisz, & Wittbrodt, 2017), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)

4. Evaluación de las principales ventajas del empleo de CCPM.

   Estudian las ventajas más características de la aplicación del método de la cadena crítica haciendo especial mención a los beneficios de su utilización.

   Ejemplos: (Herroelen & Leus, 2001), (Steyn, 2001), (Fenbert & Fleener, 2002), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), (Balakrishnan, 2009), (Millhiser & Szmerekovsky, 2012), (Zhang, Guo, Chen, & Song, 2012), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)

3.3.5.1.2. Estudios críticos del CCPM

Al igual que con cualquier otra metodología nueva que incluya ciertos cambios sobre el pensamiento o la práctica habitual, la introducción del concepto de la cadena crítica, dentro de los modelos de gestión, presentó en sus orígenes ciertos niveles de resistencia, al considerar suficientemente adecuado el rendimiento de las técnicas tradicionales sin la necesidad de adoptar nuevos sistemas (Duncan, 1999), (Wilkens, 2000), (Trietsch, 2005a), (Zwikael, Cohen, & Sadeh, 2006).

De forma general, las discusiones sobre las debilidades y las fortalezas de esta técnica de dirección de proyectos, llevadas a cabo desde el año posterior a la definición del método en 1997 hasta enero de 2018 (ver Tabla 16), reconocen el CCPM como un procedimiento efectivo de gestión de proyectos y alientan la búsqueda de medios adecuados para superar

las desventajas de esta metodología con un pensamiento crítico, beneficiando el desarrollo de sus técnicas y herramientas por parte de los autores de los estudios de mejora.

Tabla 16. Estudios críticos con el CCPM

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios críticos	(Elton & Roe, 1998), (Duncan, 1999), (Levine, 1999), (Pinto, 1999), (Globerson, 2000), (Piney, 2000), (Steyn, 2001), (Wilkens, 2000), (Herroelen & Leus, 2001), (Herroelen & Leus, 2002), (Lynch, 2003), (Ribera, Sachon, & Grasas, 2003), (Rivera & Durán, 2003), (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004), (Herroelen & Leus, 2004), (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), (Herroelen & Leus, 2005), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Trietsch, 2005a), (Tukel & Rom, 2006), (Zwikael, Cohen, & Sadeh, 2006), (Ashtiani, Jalali, Aryanezhad, & Makui, 2007), (Spundak, Fertalj, & Kalpic, 2008), (Yang L. , Fu, Li, Huang, & Peng, 2008), (Agarwal & Borchers, 2009), (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010), (Millhiser & Szmerekovsky, 2012), (García Guitiérrez, 2014), (Kirpes, 2014), (Leach, 2014), (Yang & Fu, 2014), (Zha & Wang, 2014), (Zheng, Guo, Zhu, & Zhang, 2014), (Ghaffari & Emsley, 2016), (Moussa, El-Korany, Etman, & Taher, 2016), (Taher & El-Korany, 2016), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Basándose en los puntos planteados por los defensores y los críticos del método de la cadena crítica a lo largo de los artículos analizados en la Tabla 16, que supone una ampliación de la investigación realizada por Ghaffari y Emsley (Ghaffari & Emsley, 2015), se pueden identificar los 10 temas más discutidos dentro de la literatura del CCPM:

1. ¿Es el CCPM un nuevo método?

   Argumentos planteados por los críticos:

   - Casi todos los principios de la cadena crítica ya existen en otras técnicas tradicionales de gestión de proyectos, por lo que el CCPM sólo aporta nuevos nombres para los fenómenos existentes (Duncan W. R., 1999), (Trietsch, 2005a).

- La restricción de recursos y los buffers siempre han sido tenidos en cuenta por los investigadores para la programación de los proyectos (Herroelen & Leus, 2001), (Millhiser & Szmerekovsky, 2012).

Argumentos planteados por los defensores:

- A diferencia de las técnicas habituales de dirección de proyectos, el método de la cadena crítica reconoce la escasez de recursos, tanto dentro como fuera de la ruta crítica, como una restricción a considerar durante la programación de los trabajos (Elton & Roe, 1998), (Globerson, 2000).

- La filosofía detrás del enfoque de la cadena crítica es notablemente diferente de la de los métodos tradicionales, suponiendo un proceso de mejora continua (Globerson, 2000), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Zheng, Guo, Zhu, & Zhang, 2014).

- Aunque el CCPM mantiene el antiguo espíritu de los métodos PERT/CPM, éste brinda una nueva oportunidad de mejora mediante un enfoque holístico renovado para la planificación y la ejecución de los proyectos (Trietsch, 2005a).

- CCPM representa una nueva forma, única y aplicable, para establecer estimaciones más reales de la fecha de finalización de un proyecto y para supervisar y controlar los trabajos de este, proporcionando un cambio de enfoque, de la planificación simple a la programación con recursos limitados (Spundak, Fertalj, & Kalpic, 2008).

2. Dimensionamiento de la duración de las tareas del proyecto al 50% de su duración con protección

Argumentos planteados por los críticos:

- No hay suficiente investigación académica para demostrar que durante la etapa de planificación del cronograma siempre se incluyen tiempos de seguridad considerables dentro de las duraciones de cada una de las actividades del proyecto (Herroelen & Leus, 2001), (Raz, Barnes, & Dvir, 2004).

- Los trabajadores pueden incorporar seguridad a sus estimaciones si consideran que la gerencia las reducirá a la mitad (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005).

Argumentos planteados por los defensores:

- El lugar de inclusión de los tiempos de seguridad calculados es más importante que la longitud de los mismos, ya que el objetivo principal es disminuir los efectos perjudiciales del Síndrome del Estudiante y la Ley de Parkinson (Steyn, 2001).

- Por medio de una encuesta se ha demostrado que aproximadamente dos tercios de los encuestados incorporan colchones de seguridad a sus estimaciones de la duración de las tareas (Ribera, Sachon, & Grasas, 2003).

- En aquellos sectores donde se llevan a cabo proyectos únicos, no existen registros o estadísticas del rendimiento de las diferentes actividades, por lo que reducir las estimaciones a la mitad es un concepto simple y funcional (Taher & El-Korany, 2016).

3. No reprogramar la cadena crítica durante la fase de ejecución

Argumentos planteados por los críticos:

- La cadena crítica original puede cambiar durante la ejecución de los trabajos, por lo que no definir una nueva CC puede dar lugar a tomar decisiones erróneas para mantener el proyecto en tiempo (Herroelen & Leus, 2001), (Herroelen & Leus, 2004), (Herroelen & Leus, 2005), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Yang L. , Fu, Li, Huang, & Peng, 2008).

- Al limitar los cambios en la cadena crítica, se pueden perder oportunidades para reprogramar y lograr una finalización más rápida (Herroelen & Leus, 2002).

Argumentos planteados por los defensores:

- Debido al alto grado de efectividad de los amortiguadores utilizados con el método de la cadena crítica, que permiten absorber cualquier variabilidad en

el cronograma, no es necesario la realización de reprogramaciones del proyecto (Steyn, 2001).

4. **El método "Cortar y Pegar" de dimensionamiento de buffers**

Argumentos planteados por los críticos:

- El método CP de dimensionamiento de buffers es lineal, por lo que se considera que en proyectos relativamente grandes y con una duración elevada sobreestima la cantidad de amortiguador necesario (Herroelen & Leus, 2001), (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005), (Ashtiani, Jalali, Aryanezhad, & Makui, 2007).
- El tamaño del buffer calculado con el método de Cortar y Pegar carece de base teórica (Moussa, El-Korany, Etman, & Taher, 2016).

Argumentos planteados por los defensores:

- Existen múltiples métodos de dimensionamiento de buffers más complicados que el de Cortar y Pegar, sin embargo, está metodología es ampliamente utilizada, mostrando un éxito significativo (Lynch, 2003), (Leach, 2014).
- La principal ventaja del método CP es su facilidad de adaptación a todo tipo de proyecto, ya que el procedimiento de cálculo puede irse rectificando en base a la experiencia de su aplicación, empleando porcentajes menores al 50% para proyectos con menor variabilidad y proporciones mayores para los que presentan una mayor incertidumbre (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b).

5. Seguimiento del grado de utilización del buffer de proyecto

Argumentos planteados por los críticos:

- El cálculo del grado de utilización del buffer por parte de las actividades pertenecientes a una red de tareas programadas mediante el CCPM puede

ser extremadamente laborioso en proyectos complejos o de gran duración (Wilkens, 2000), (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), (Lechler, Ronen, & Stohr, 2005).

Argumentos planteados por los defensores:

- La simplicidad del método de seguimiento y control del CCPM es su principal ventaja, en comparación con los métodos tradicionales (Steyn, 2001), (García Guitiérrez, 2014).
- La recopilación de los datos sobre el grado de consumo del buffer permite analizar y dirigir el proyecto de forma sencilla (Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010).

6. Uso de los buffers de recurso

Argumentos planteados por los críticos:

- Los amortiguadores de recursos crean mayores niveles de confusión y ansiedad (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), (Tukel & Rom, 2006).
- Los RB no pueden ser programados antes de la ejecución del proyecto (Tukel & Rom, 2006).

Argumentos planteados por los defensores:

- Cuando se emplean los denominados buffers de recursos se reducen las posibilidades de demoras en el proyecto gracias a una menor penetración en el buffer de proyecto (Tukel & Rom, 2006).

7. Prohibición de la multitarea con el CCPM

Argumentos planteados por los críticos:

- Cambiar la filosofía de trabajo en organizaciones en las que los trabajadores están acostumbrados a la multitarea es complicado (Pinto, 1999).

- Mantener a los trabajadores centrados en completar una única tarea antes de realizar otra puede destruir la moral de los mismos, considerándose que la multitarea no siempre es negativa (Herroelen & Leus, 2001).

Argumentos planteados por los defensores:

- La multitarea es una mala práctica de gestión, por lo que su eliminación del sistema habitual de programación y ejecución reduce el tiempo total de la cadena crítica entre un 15 % y un 20 % (Lynch, 2003).

- El pensamiento común de que la multitarea permite mejorar y aprovechar la eficiencia y capacidad de los recursos es un error, ya que, en la realidad, esto implica cambios continuos en el trabajo provocando constantes conflictos de prioridades de tareas, lo que se traduce en una amenaza para la mejora global del proyecto (Rivera & Durán, 2003).

- Evitar la multitarea aumenta el rendimiento y la calidad del trabajo, eliminando las pérdidas de tiempo ocasionadas por los cambios de ejecución de las tareas, reduciendo el nivel de ansiedad y de estrés y mejorando la capacidad de aprendizaje (Leach, 2014).

8. Entornos multiproyecto

Argumentos planteados por los críticos:

- La variabilidad de los entornos multiproyecto conducen a una restricción de los recursos en diferentes puntos del cronograma (Raz, Barnes, & Dvir, 2004).

- El enfoque unidimensional de la cadena crítica genera ciertas complicaciones para administrar los amortiguadores en entornos multiproyecto (Agarwal & Borchers, 2009).

- Otros métodos de programación de entornos multiproyectos, basados en prioridades, funcionan mejor que CCPM (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004).

Argumentos planteados por los defensores:

- Diferentes estudios de caso indican que CCPM es aplicable a cualquier entorno multiproyecto (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Ghaffari & Emsley, 2016).

- El número de proyectos en ejecución simultánea, la magnitud de los mismos o su complejidad no condicionan la aplicabilidad del método en entornos multiproyecto (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009).

- CCPM proporciona un sistema de prioridades claro, lo cual permite que los proyectos finalicen más rápido y la gestión de los recursos se realice de forma adecuada para que la nivelación de carga sea uniforme y eficiente (Kirpes, 2014).

- Para una correcta programación de recursos en entornos multiproyecto, ésta debe estar orientada a tareas en lugar de a proyectos, lo que indica que la asignación de recursos debe basarse en la prioridad de la tarea, no en la prioridad del proyecto (Yang & Fu, 2014).

9. Programación lo más tarde posible (ALAP)

Argumentos planteados por los críticos:

- La programación ALAP de los proyectos causa una utilización ineficiente de los recursos (Herroelen & Leus, 2004), (Zwikael, Cohen, & Sadeh, 2006).

Argumentos planteados por los defensores:

- Planificar la ejecución de las tareas lo más tarde posible conduce a duraciones más cortas y a un menor número de actividades en curso (Leach, 2014).

10. Integración del CCPM con otros métodos de dirección de proyectos

No se han encontrado argumentos planteados por los críticos en relación con este tema.

Argumentos planteados por los defensores:

- Los conceptos de cadena crítica y camino crítico, ampliamente entrelazados y comparados, pueden combinarse para obtener grandes ventajas del uso adecuado de lo mejor de ambas metodologías de dirección de proyectos (Piney, 2000).
- Algunos de los conceptos del CCPM pueden aplicarse a otros métodos como CPM (Levine, 1999).
- Una alternativa interesante para la gestión de proyectos es la integración de diferentes métodos de programación y control con la cadena crítica (Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010).

3.3.5.1.3. Estudios de mejora del CCPM

Identificadas las debilidades del método de la cadena crítica, definidas y analizadas por los autores de los estudios críticos con esta técnica de dirección de proyectos, los investigadores se han centrado en gran medida en la mejora de diferentes aspectos del CCPM (Ghaffari & Emsley, 2015).

Aunque hasta la actualidad gran parte de las publicaciones existentes sobre este tema (ver Tabla 17 y Tabla 18) intentan perfeccionar o aportar nuevas técnicas de dimensionamiento de buffers, existen otros asuntos que también han sido tratados, dando lugar a una gran cantidad de aportaciones y teorías para cada una de las cuestiones planteadas:

Tabla 17. Estudios de mejora del CCPM. Parte 1 de 2

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios de mejora del método	(Levine, 1999), (Simpson & Lynch, 1999), (Piney, 2000), (Schuyler, 2000), (Shou & Yao, 2000), (Silber & Hussey, 2002), (Steyn, 2002), (Leach, 2003), (Leach, 2005), (Trietsch, 2005b), (Trietsch, 2006), (Tukel & Rom, 2006), (Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006), (Ashtiani, Jalali, Aryanezhad, & Makui, 2007), (Li & Chen, 2007),
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Tabla 18. Estudios de mejora del CCPM. Parte 2 de 2

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios de mejora del método	(Peng, Junwen, & Huating, 2007), (Tenera & Machado, 2007), (Ash & Pittman, 2008), (Long & Ohsato, 2008), (Yang L. , Fu, Li, Huang, & Peng, 2008), (Zhang & Chen, 2008), (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Blackstone Jr, Cox III, & Schleier Jr, 2009), (Kasahara, Takahashi, & Goto, 2009), (Ming & Wuliang, 2009), (Rezaie, Manouchehrabadi, & Nazari Shirkouhi, 2009), (Shi & Gong, 2009), (Cui, Tian, & Bie, 2010), (Doyle, 2010), (Fallah, Ashtiani, & Aryanezhad, 2010), (Xie, Yang, & Lin, 2010), (Zhao, You, & Zuo, 2010), (Hu, Chen, & Wu, 2011), (Mansoorzadeh & Yusof, 2011), (Wang, Zhang, Chen, Wang, & Zhang, 2011), (Zhang, Cui, Bie, & Zuo, 2011), (Bie, Cui, & Zhang, 2012), (Ma, Li, & Chen, 2012), (Pawinski & Sapiecha, 2012), (Peng & Jliao, 2012), (Peng & Xu, 2012), (Repp & Wright, 2012), (Saihjpal, 2012), (Truc, Goto, Takahashi, Yoshida, & Takei, 2012), (Yang & Pan, 2012), (Liu, Ren, & Du, 2013), (Newbold, 2013), (Wang, y otros, 2013), (Wuliang, Hui, & Yongping, 2013), (Blaszczyk, Blaszczyk, & Tyla, 2014), (Guo & Dong, 2014), (Koga, Goto, & Chiba, 2014), (Ma, Wang, M.ASCE, Gu, & Ai, 2014), (Ma, Yan, You, & Gu, 2014), (Mansoorzadeh, Yusof, Mansoorzadeh, & Zeynal, 2014), (Pawinski & Sapiecha, 2014), (Peng & Huang, 2014), (Thipparate, 2014), (Wang, He, & Li, 2014), (Wang, Wang, Ge, & Deng, 2014), (Yang & Fu, 2014), (Zhang, Song, & Díaz, 2014), (Zheng, Guo, Zhu, & Zhang, 2014), (Goto & Yokoyama, 2015), (Paprocka & Czuwaj, 2015), (Zhang, Jia, & Díaz, 2015), (Hu, Cui, Demeulemeester, & Bie, 2016), (Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016), (Zhang, Song, Chen, & Shi, 2016), (Zhang, Song, & Díaz, 2016), (Amiri, Haghighi, Eshtehardian, & Abessi, 2017), (Ghoddousi, Ansari, & Makui, 2017), (Hu, Demeulemeester, Cui, Wang, & Tian, 2017), (Martens & Vanhoucke, 2017), (Mazzuto, Bevilacqua, & Ciarapica, 2017), (Roghanian, Alipour, & Rezaei, 2017), (Van Bouwelen, 2017), (Zhang, Song, & Díaz, 2017)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

1. Mejoras en la estimación de la duración de la tarea

   Para dar respuesta a las críticas sobre la arbitrariedad de las estimaciones de la duración de las tareas con el CCPM se han planteado diversas soluciones:

- Para identificar duraciones de tareas más confiables en los proyectos se sugiere el uso de simulaciones Monte Carlo (Schuyler, 2000).

- Se propone una nueva técnica de estimación de los plazos asignados a las actividades mediante la medición de la cantidad de incertidumbre incorporada en cada duración de la tarea y la eliminación de los tiempos de seguridad asociados con esa incertidumbre (Shou & Yao, 2000), (Rezaie, Manouchehrabadi, & Nazari Shirkouhi, 2009).

2. Mejoras en el cálculo del tamaño del buffer

Aunque Goldratt recomendó la regla del 50%, denominada como método de Cortar y Pegar, muchos autores han intentado mejorar el procedimiento de cálculo del tamaño del buffer mediante la creación de procedimientos más científicos y efectivos:

- Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM) (Leach, 2005), (Newbold, 2013).

- Método de la tendencia más la Raíz Cuadrada (BPRSEM) (Leach, 2005).

- Simulaciones computarizadas (Trietsch, 2006), (Tenera & Machado, 2007).

- El Método de Adaptación con la Limitación de Recursos (APRT) (Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006), (Zhang, Song, & Díaz, 2016), (Zhang, Song, & Díaz, 2017).

- Método de alta confianza del RSEM (Ashtiani, Jalali, Aryanezhad, & Makui, 2007).

- Procedimiento basado en la lógica difusa (FL) (Li & Chen, 2007), (Long & Ohsato, 2008), (Zhang & Chen, 2008), (Shi & Gong, 2009), (Zhang, Cui, Bie, & Zuo, 2011), (Mazzuto, Bevilacqua, & Ciarapica, 2017).

- Técnica en función de la optimización de los atributos (Yang L. , Fu, Li, Huang, & Peng, 2008), (Zhang, Song, & Díaz, 2014).

- Metodología de la máxima representación lineal (MPL) para entornos multiproyecto (Kasahara, Takahashi, & Goto, 2009), (Truc, Goto, Takahashi, Yoshida, & Takei, 2012).

- Sistema mejorado del RSEM (Xie, Yang, & Lin, 2010), (Bie, Cui, & Zhang, 2012), (Ghoddousi, Ansari, & Makui, 2017).
- Procedimiento basado en la cadena de tiempo discreto de Markov (Hu, Chen, & Wu, 2011).
- Sistema basado en la gestión flexible en los proyectos, tomando en consideración la duración de cada tarea, la escasez de recursos, la complejidad de la red y los riesgos (Ma, Li, & Chen, 2012).
- Teoría de colas (Yang & Pan, 2012).
- Metodología basada en la incertidumbre del proyecto introduciendo la teoría de números difusos trapezoidales (Zhang, Jia, & Díaz, 2015).
- El Método de Adaptación con la Densidad de la Red (APD) (Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016).
- Procedimiento basado en la interacción del flujo de información entre las actividades (Zhang, Song, Chen, & Shi, 2016).

3. Mejoras en la planificación de los proyectos

La búsqueda de una menor duración de los proyectos es uno de los factores clave para el empleo de los métodos de dirección de proyectos, planteándose ciertas mejoras sobre el CCPM que pueden hacer de éste un procedimiento más atractivo:

- Se sugiere el uso de un algoritmo de programación optimizado de la cadena crítica aplicando métodos de investigación de operaciones (Trietsch, 2005b), (Peng, Junwen, & Huating, 2007), (Long & Ohsato, 2008), (Zhao, You, & Zuo, 2010), (Wang, Zhang, Chen, Wang, & Zhang, 2011), (Pawinski & Sapiecha, 2012), (Liu, Ren, & Du, 2013), (Wuliang, Hui, & Yongping, 2013), (Blaszczyk, Blaszczyk, & Tyla, 2014), (Ma, Yan, You, & Gu, 2014), (Peng & Huang, 2014), (Wang, He, & Li, 2014), (Wang, Wang, Ge, & Deng, 2014), (Zheng, Guo, Zhu, & Zhang, 2014), (Goto & Yokoyama, 2015).
- Se desarrolla un modelo de optimización multiobjetivo de la cadena crítica (fundamentalmente tiempo, coste y calidad) para la programación de

múltiples proyectos (Peng & Jliao, 2012), (Wang, y otros, 2013), (Amiri, Haghighi, Eshtehardian, & Abessi, 2017).

- Se presenta una mejora de la programación basada en CCPM mediante la implementación de métodos reactivos que permitan la asignación y reasignación de recursos adicionales para adelantar los tiempos de inicio de actividad en función de los costes y los criterios de estabilidad del cronograma (Hu, Demeulemeester, Cui, Wang, & Tian, 2017).

- Se propone minimizar la longitud temporal del proyecto teniendo en cuenta las limitaciones de recursos y otras restricciones mediante la aplicación del "Problema de planificación de proyectos con limitación de recursos" (RCPSP) (Roghanian, Alipour, & Rezaei, 2017) o mediante ciertas variaciones de este método de programación (Ash & Pittman, 2008), (Saihjpal, 2012), (Pawinski & Sapiecha, 2014).

4. Mejoras en la programación de inicio ALAP

Las críticas relativas a los problemas derivados de la programación de las actividades lo más tarde posible también han sido objeto de estudio por diversos autores, llegándose a las siguientes conclusiones y mejoras para determinados sectores:

- Se introduce un nuevo método llamado Active Critical Chain Method (ACCM), o método de la cadena crítica activa, con objeto de implementar un cronograma de inicio anticipado para proyectos específicos de la industria de la tecnología de la información (Ming & Wuliang, 2009), (Peng & Xu, 2012).

5. Mejoras de seguimiento del proyecto

La complejidad del modo de realizar el seguimiento del proyecto con el CCPM ha sido un tema discutido entre los investigadores, dando lugar a diferentes propuestas para su mejora y simplificación:

- Se consideran ciertos parámetros y herramientas del método del valor ganado para evaluar de una manera más precisa y confiable el desarrollo de los

proyectos durante la ejecución de los mismos (Levine, 1999), (Piney, 2000), (Schuyler, 2000), (Silber & Hussey, 2002), (Martens & Vanhoucke, 2017).

- Se propone un enfoque de la cadena crítica simplificado, obviando los buffers de alimentación y realizando una red más simple para la etapa de monitorización (Leach, 2003).

- Se introduce el índice de crucialidad de la actividad dentro del proceso de análisis del grado de utilización del buffer (Hu, Cui, Demeulemeester, & Bie, 2016).

6. Otras mejoras

La mejora del método también se ha centrado en otros aspectos del CCPM, tales como:

- Los factores de éxito de la cadena crítica (Simpson & Lynch, 1999), (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Blackstone Jr, Cox III, & Schleier Jr, 2009), (Doyle, 2010), (Repp & Wright, 2012).

- La reprogramación de la cadena crítica (Simpson & Lynch, 1999), (Cui, Tian, & Bie, 2010).

- La combinación de las técnicas de la cadena crítica con las herramientas existentes de gestión de riesgos (Steyn, 2002), (Mansoorzadeh & Yusof, 2011), (Mansoorzadeh, Yusof, Mansoorzadeh, & Zeynal, 2014), (Thipparate, 2014), (Van Bouwelen, 2017).

- Buffers de recursos (Tukel & Rom, 2006), (Paprocka & Czuwaj, 2015).

- Resolución de los problemas de conflictos de recursos, también denominado nivelación de recursos (Guo & Dong, 2014), (Koga, Goto, & Chiba, 2014), (Ma, Wang, M.ASCE, Gu, & Ai, 2014), (Yang & Fu, 2014).

3.3.5.1.4. Estudios empíricos de las técnicas del CCPM

Las herramientas principales del CCPM han sido evaluadas y analizadas mediante ensayos, simulaciones y análisis estadísticos (Ghaffari & Emsley, 2015), gracias a los estudios experimentales realizados desde la publicación del método hasta la actualidad (ver Tabla 19), jugando este tipo de investigaciones un papel muy importante para la evaluación de las herramientas de la cadena crítica y la validación de sus fundamentos.

Tabla 19. Estudios empíricos del CCPM

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios empíricos	(Yang J.-B. , 2003), (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004), (Budd & Cooper, 2005), (Herroelen & Leus, 2005), (Van de Vonder, Demeulemeester, Herroelen, & Leus, 2005), (Budd & Cooper, 2006), (Dass & Steyn, 2006), (Van de Vonder, Demeulemester, Herroelen, & Leus, 2006), (Yang J.-B. , 2007), (Geekie & Steyn, 2008), (Villafañez, Pajares, & López, 2010), (Huang, Chang, Li, & Tsai, 2011), (Redondo Expósito, 2011), (Huang, Chen, Li, & Tsai, 2012), (Bhushan & Raghavan, 2013), (Huang, Li, Tsai, Chung, & Hsu, 2014), (Tian & Demeulemeester, 2014), (Valikoniene, 2014), (Fan, 2016), (Hu, Cui, Demeulemeester, & Bie, 2016), (Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016), (Shurrab & Abbasi, 2016), (Yokoyama & Goto, 2016), (Amiri, Haghighi, Eshtehardian, & Abessi, 2017), (Ghaffari, 2017), (Ghaffari & Emsley, 2017), (Ghoddousi, Ansari, & Makui, 2017), (Gwizda, Paprocka, & Baczkowicz, 2017), (Hu, Demeulemeester, Cui, Wang, & Tian, 2017), (Martens & Vanhoucke, 2017), (Montazeri, 2017), (Paprocka, Gwiazda, & Baczkowicz, 2017), (Tysiak, 2017)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

De forma general, los estudios recogidos en la Tabla 19 han sido catalogados dentro de las siguientes temáticas, en función de los contenidos tratados por dichas publicaciones y las conclusiones alcanzadas para una implementación exitosa del método:

1. Comparación de CCPM con los métodos tradicionales de gestión de proyectos

   Son numerosos los estudios empíricos que se han centrado en confrontar diversos métodos de gestión de proyectos con el CCPM, demostrando, en su mayoría, no sólo

un mejor rendimiento del CCPM sino también una serie de afirmaciones alcanzadas tras los ensayos realizados:

- En el entorno de la construcción, el funcionamiento del cronograma elaborado siguiendo la metodología de la cadena crítica destaca sobre el desarrollado con el procedimiento tradicional CPM (Yang J.-B. , 2003), (Yang J.-B. , 2007).

- Mediante ensayos y simulaciones sobre el rendimiento del cronograma de un mismo proyecto se obtienen mejores resultados de finalización con el CCPM que con CPM/PERT (Budd & Cooper, 2005), (Budd & Cooper, 2006), (Montazeri, 2017).

- El CCPM coincide con algunas ideas básicas del método del camino crítico, sin embargo, la consideración de la limitación de los recursos y la eliminación de los efectos negativos de los métodos tradicionales (síndrome del estudiante, ley de Parkinson, multitarea…), convierten a la cadena crítica en una técnica eficiente de gestión de plazos de los proyectos, siendo su principal beneficio la reducción del tiempo de ejecución (Redondo Expósito, 2011).

- Aunque PERT manifiesta un mejor resultado en términos de plazos en entornos multiproyecto y CCPM en proyectos únicos, esta última metodología permite una mayor confiabilidad y fiabilidad en el plan (Huang, Chen, Li, & Tsai, 2012), (Huang, Li, Tsai, Chung, & Hsu, 2014).

- La línea de balance (LOB) proporciona un mejor rendimiento de tiempo en el entorno de los proyectos productivos de construcción (Bhushan & Raghavan, 2013).

- La mentalidad del CCPM de reducir los tiempos de realización de cada actividad causa menor estabilidad y coste en comparación con la filosofía tradicional (Tian & Demeulemeester, 2014).

- Puesto que la metodología de la cadena crítica y la gestión de los buffers supone una herramienta valiosa para programar proyectos con recursos limitados y realizar su seguimiento en entornos de incertidumbre, los estudios basados en la mejora del CCPM marcan la dirección correcta para ofrecer un sistema global de gestión de recursos, costes y tiempos (Valikoniene, 2014), (Hu, Demeulemeester, Cui, Wang, & Tian, 2017).

- La incapacidad de la herramienta tradicional CPM para reconocer un proyecto como una red de eventos con dependencia de tareas y recursos es una de las principales causas de sus fracasos en la gestión de proyectos. Por el contrario, la cadena crítica se muestra como una solución eficaz en términos de programación al eliminar los conflictos de recursos e insertar amortiguadores para evitar los posibles retrasos (Fan, 2016).

- El CCPM difiere en varios aspectos del procedimiento tradicional de la ruta crítica, al no permitir que se produzcan cambios en las dependencias establecidas de los recursos y al mejorar el plan del proyecto mediante la adición de los buffers al final de las rutas para una correcta gestión de la incertidumbre (Shurrab & Abbasi, 2016).

- A diferencia de los sistemas tradicionales, el CCPM es el único método que no sólo se enfoca en la reducción del tiempo para minimizar los costes del proyecto, sino que también permite la optimización de los recursos (Gwizda, Paprocka, & Baczkowicz, 2017), (Paprocka, Gwiazda, & Baczkowicz, 2017).

2. Validación del CCPM como solución ante los fracasos de gestión en entornos multiproyecto

   - El 90 % de los proyectos desarrollados en entornos multiproyecto fallan, principalmente, debido a una mala planificación de cronograma ocasionada por las cuestiones ampliamente criticadas por Goldratt como la existencia de multitarea, la falta de prioridad en los trabajos, el desperdicio de los tiempos de seguridad y la pérdida de control (Huang, Chang, Li, & Tsai, 2011).

3. Análisis de las reglas de prioridad del CCPM y otras alternativas

   - Las reglas tradicionales de prioridad para la asignación de recursos, como la holgura mínima, cumplen ligeramente mejor con la fecha límite del proyecto que el sistema CCPM (Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004).

   - No sólo no existe una diferencia considerable entre el rendimiento de la cadena crítica y las reglas de prioridad de holgura mínima, sino que CCPM origina duraciones de proyecto más cortas (Dass & Steyn, 2006).

4. Comprobación de nuevas técnicas adecuados para la programación de la Cadena Crítica

   - La combinación de los conceptos del CCPM con metodologías heurísticas utilizadas en la programación de proyectos de software permite la creación de una técnica de programación de entornos multiproyecto con restricción de recursos que iguala o mejora los resultados de muchos programas comerciales (Villafañez, Pajares, & López, 2010).

   - El algoritmo desarrollado bajo un modelo de optimización multiobjetivo de la cadena crítica (Amiri, Haghighi, Eshtehardian, & Abessi, 2017), basado en el tiempo, el coste y la calidad, permite resolver el problema de la programación de múltiples proyectos de manera eficaz.

   - El enfoque de la cadena crítica también se puede calcular mediante simulaciones de Monte Carlo, aunque este proceso necesita un esfuerzo mayor (Tysiak, 2017).

5. Comparación del tamaño de los buffers y los métodos de inserción

   - Para una mayor robustez del cronograma y la obtención de una duración más fiable, los buffers deben de estar ubicados después de cada ruta, tal y como sugiere el CCPM, en lugar de dispersarlos entre las tareas como sucede con los métodos tradicionales (Van de Vonder, Demeulemeester, Herroelen, & Leus, 2005), (Van de Vonder, Demeulemester, Herroelen, & Leus, 2006), (Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016).

   - Del análisis de los dos métodos más sobresalientes de dimensionamiento de buffers, CP y RSEM, a pesar de que el primero sobrestima los tamaños del buffer, en ausencia de bies la longitud calculada por éste es adecuada (Geekie & Steyn, 2008).

   - El APD se posiciona como un método adecuado de dimensionamiento de buffers, ya que no genera amortiguadores muy largos como para desperdiciar las ventajas del CCPM ni muy cortos como para no proteger al proyecto de la incertidumbre (Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016).

- La aplicación de CP para el cálculo de la duración de los amortiguadores supone una sobrestimación del 2% en los plazos y un ahorro medio del 43% en el coste, siendo la desviación estándar de 25 y 11 para ambos conceptos respectivamente (Shurrab & Abbasi, 2016).

- La aplicación de RSEM para la determinación del tamaño de los buffers supone un ahorro medio del 13% y el 43% en los plazos y el coste, siendo la desviación estándar de 21 y 11 para ambos conceptos respectivamente (Shurrab & Abbasi, 2016).

- Entre todas las técnicas de dimensionamiento de buffers, CP es el más aceptado por los profesionales y por los paquetes de software de CCPM, siendo incluso admitido para la asignación de amortiguadores en portafolios con diferentes capacidades de recursos (Ghaffari & Emsley, 2017).

- El sistema mejorado del RSEM, basado en aspectos de riesgo interno y externo, determina económicamente el tamaño de los buffers de alimentación y de proyecto, generando planes más estables a un coste menor en comparación con los desarrollados por otras técnicas de cálculo del tamaño de los amortiguadores (Ghoddousi, Ansari, & Makui, 2017).

6. Aceptación de nuevos procedimientos de control del consumo del buffer

   - El índice de crucialidad de la actividad permite analizar el grado de utilización del buffer de una manera más precisa y con un menor esfuerzo (Hu, Cui, Demeulemeester, & Bie, 2016).

   - El seguimiento del consumo del buffer se puede realizar mediante el establecimiento de límites de tolerancia calculados con las técnicas del valor ganado (Martens & Vanhoucke, 2017).

7. Otras conclusiones alcanzadas

   - La cadena crítica, identificada mediante la aplicación de la metodología de programación CCPM puede no determinar la duración del proyecto (Herroelen & Leus, 2005).

- La nivelación de recursos se reduce a una optimización combinatoria, donde las técnicas de Simulated Annealing y Genetic Algorithm permiten obtener una solución aproximada dentro de un tiempo específico (Yokoyama & Goto, 2016).

- Algunos niveles limitados de multitarea, relacionados con el nivel de capacidad de los recursos, pueden ser beneficiosos para el rendimiento en el tiempo de las carteras de proyectos programadas y gestionadas con el CCPM (Ghaffari, 2017).

3.3.5.1.5. Estudios de casos de aplicación del CCPM

Las organizaciones tienden a escoger técnicas de dirección de proyectos en base a las experiencias prácticas que evidencian la funcionalidad de un determinado método. La relativa escasez de informes que adoptan la cadena crítica como método efectivo de gestión es una de las razones por la que su empleo no está ampliamente extendido (Ghaffari & Emsley, 2015). En este camino, los estudios de casos de aplicación del CCPM en diversas industrias (ver Tabla 20), han ayudado a superar las inseguridades de implementación de este método, demostrando los beneficios y éxitos de su utilización en proyectos de todo tipo de complejidad e incertidumbre.

Tabla 20. Estudios de casos de aplicación del CCPM. Parte 1 de 2

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios de casos de aplicación	(Barber, Tomkins, & Graves, 1999), (Spanholtz & Stokes, 2000), (Fenbert & Fleener, 2002), (Sood, 2002), (Ribera, Sachon, & Grasas, 2003), (Sood, 2003), (Taylor & Rafai, 2003), (Hunt, 2004), (Srinivasan, Jones, & Miller, 2004), (Best, 2006), (Kishira, 2006), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007), (Archibald, De Souza Mello, & Guimaraes, 2007), (Srinivasan, Best, & Chandrasekaran, 2007), (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2009), (Hwang, Chang, & LL, 2009), (Stratton, 2009), (Marris, 2011), (Phillis & Gumede, 2011), (Hunsberger, 2012), (Morais & Sbragia, 2012), (Bevilacqua, Ciarapica, & Mazzuto, 2014), (García Guitiérrez, 2014), (Suyansen, Martanto, & Nugraha, 2014),
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Tabla 21. Estudios de casos de aplicación del CCPM. Parte 2 de 2

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Estudios de casos de aplicación	(García Coronado & Ruiz Fernández, 2015), (Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016), (Botero Vásquez, 2016), (García González, 2016), (Lee, y otros, 2016), (Sarkar & Babu, 2016), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2016), (Bhan & Waghmare, 2017), (Kannan & Chitra, 2017), (Trojanowska & Dostatni, 2017), (Van Bouwelen, 2017), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Basándose en la investigación iniciada por Ghaffari y Emsley (Ghaffari & Emsley, 2015), las publicaciones de la Tabla 20 se han subcategorizado de la siguiente manera en función del ámbito de aplicación del CCPM:

1. Proyectos de ingeniería industrial.

   (Spanholtz & Stokes, 2000), (Fenbert & Fleener, 2002), (Ribera, Sachon, & Grasas, 2003), (Sood, 2003), (Taylor & Rafai, 2003), (Best, 2006), (Srinivasan, Best, & Chandrasekaran, 2007), (Apaolaza Pérez de Eulate, 2009), (Hwang, Chang, & LL, 2009), (Phillis & Gumede, 2011), (Hunsberger, 2012), (Morais & Sbragia, 2012), (Botero Vásquez, 2016), (García González, 2016), (Trojanowska & Dostatni, 2017).

2. Proyectos de construcción.

   (Barber, Tomkins, & Graves, 1999), (Sood, 2003), (Kishira, 2006), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007), (Archibald, De Souza Mello, & Guimaraes, 2007), (Stratton, 2009), (Hunsberger, 2012), (García Guitiérrez, 2014), (Suyansen, Martanto, & Nugraha, 2014), (García Coronado & Ruiz Fernández, 2015), (Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016), (Sarkar & Babu, 2016), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2016), (Bhan & Waghmare, 2017), (Kannan & Chitra, 2017), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b).

3. Proyectos navales.

   (Bevilacqua, Ciarapica, & Mazzuto, 2014), (Lee, y otros, 2016), (Van Bouwelen, 2017).

4. Proyectos farmacéuticos.

   (Sood, 2002), (Sood, 2003), (Marris, 2011), (Hunsberger, 2012).

5. Proyectos de mantenimiento.

   (Hunt, 2004), (Srinivasan, Jones, & Miller, 2004), (Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2009).

3.3.5.1.6. Otros estudios sobre el CCPM

La teoría de las restricciones es una filosofía de gestión integral que puede ser aplicada a cualquier ámbito de dirección, desde la vida personal hasta los proyectos o sistemas más complejos de fabricación (Ghaffari & Emsley, 2015).

Puesto que los fundamentos de la TOC se aplican en el CCPM, estos principios han sido adaptados por varios autores a entornos totalmente distintos a la programación de proyectos.

Tabla 22. Otros estudios del CCPM

CATEGORÍA	ARTÍCULOS / INVESTIGACIONES / PUBLICACIONES
Otros estudios	(Yeo & Ning, 2002), (Taylor & Rafai, 2003), (Miranda, 2004), (Trietsch, 2006), (Yeo & Ning, 2006), (Parra, 2007), (Gómez Posada & Jiménez Villalobos, 2009), (Yan, Jinsong, Xiaofeng, & Ye, 2009), (Yang Y. , 2012), (Büchmann-Slorup, 2013), (Dong, Zhao, Zhou, & Lv, 2013), (Wei & Ying, 2013), (Guada Yalan, 2015)
Publicaciones con mayor número de consultas y citaciones	

Los estudios identificados en la Tabla 22, que supone una ampliación de la investigación realizada por Ghaffari y Emsley (Ghaffari & Emsley, 2015), registran una serie de

entornos donde la adaptación de los conceptos de la cadena crítica permite una mejora en la ejecución de sus operaciones:

- Proyectos "llave en mano" de la industria de la construcción (Yeo & Ning, 2002).
- Reducción de costes en una empresa de fabricación (Taylor & Rafai, 2003).
- Desarrollo de software con funcionalidad total (Miranda, 2004).
- Operaciones de suministro por lotes (Trietsch, 2006).
- Gestión de compras en la industria de la ingeniería (Yeo & Ning, 2006) y de la construcción (Wei & Ying, 2013).
- Almacenamiento de repuestos de cocinas y refrigeradores (Parra, 2007).
- Gestión de la contratación en los proyectos industriales y logísticos (Gómez Posada & Jiménez Villalobos, 2009).
- Acciones de rescate marítimo en caso de desastre (Yan, Jinsong, Xiaofeng, & Ye, 2009).
- Operaciones de auditoría en una firma de contabilidad (Yang Y. , 2012).
- Sistema de planificación basado en la localización (Büchmann-Slorup, 2013).
- Mantenimiento de equipos eléctricos en una planta de energía (Dong, Zhao, Zhou, & Lv, 2013).
- Planificación de actividades administrativas de las empresas del sector inmobiliario (Guada Yalan, 2015).

3.3.5.2. Estado de la aplicación de CCPM en el sector de la construcción internacional

A pesar de la gran cantidad de literatura relacionada con el método de la cadena crítica, de las 214 publicaciones analizadas en el punto "*3.3.5.1. Estudios relacionados con el CCPM*" de la presente tesis, sólo el 14% corresponden a estudios de casos de aplicación de este procedimiento de gestión de proyectos, tal y como se muestra en la Figura 27.

Por otra parte, se pude destacar el desarrollo intermitente, a lo largo del tiempo, de este tipo de documentos, aunque con un crecimiento notable en los últimos años (ver Figura 28).

Figura 27. Proporción de publicaciones sobre CCPM de cada categoría

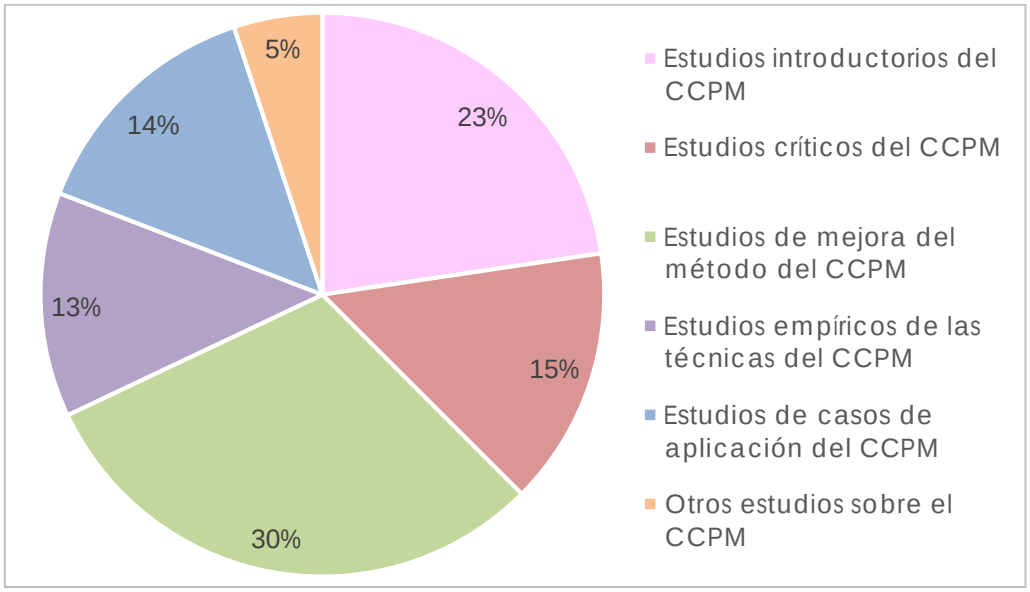
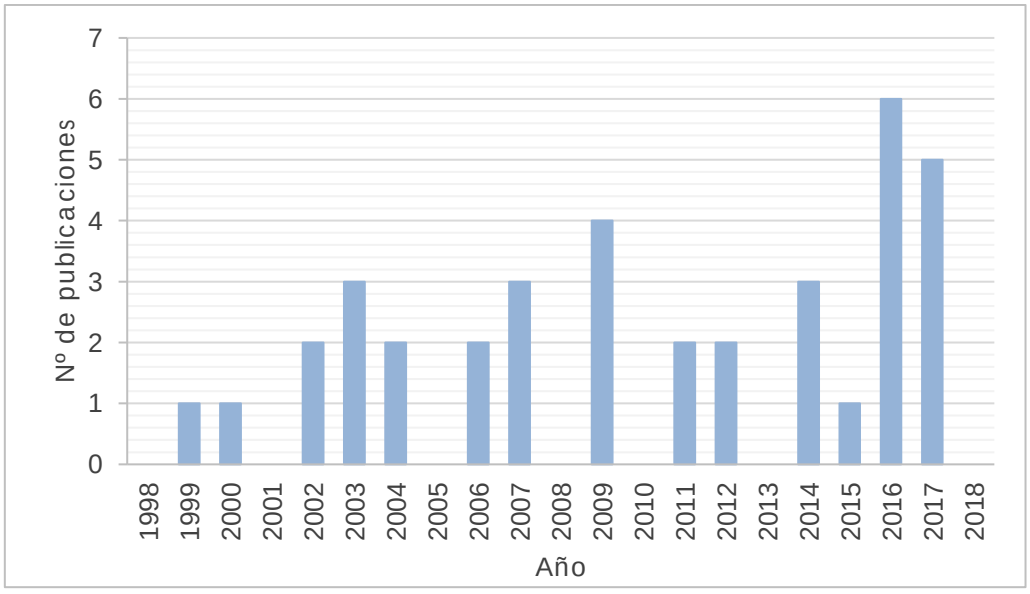


Figura 28. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones sobre estudios de casos de aplicación del CCPM



De las 37 publicaciones consideradas dentro de esta categoría, sólo 17 (el 6,4% del total de artículos analizados en el "*Anejo A. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM*" se corresponden a aplicaciones del CCPM en el sector de la construcción, concentrándose la mayor cantidad de estudios en la India [(Suyansen, Martanto, & Nugraha,

2014), (Sarkar & Babu, 2016), (Bhan & Waghmare, 2017), (Kannan & Chitra, 2017)]; Gran Bretaña [(Barber, Tomkins, & Graves, 1999), (Sood, 2003), (Stratton, 2009)] o Sudamérica [(Archibald, De Souza Mello, & Guimaraes, 2007), (García Guitiérrez, 2014), (García Coronado & Ruiz Fernández, 2015)] .

Aunque el objeto de este tipo de investigaciones es el de documentar, mediante casos prácticos, los beneficios de la utilización del CCPM, para que sirvan de apoyo en futuros proyectos, la mayoría de los estudios realizados sobre esta temática, y dentro del sector de la construcción, sólo hacen mención a las consideraciones tomadas para su aplicación, pero no muestran los cálculos realizados (Barber, Tomkins, & Graves, 1999), (Kishira, 2006), (Archibald, De Souza Mello, & Guimaraes, 2007), (Hunsberger, 2012).

Además, es preciso destacar que, una gran parte de ellos se han centrado en la utilización de los conceptos de la cadena crítica dentro de los procesos industriales de la construcción [(Sood, 2003), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007), (Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016)]; la aplicación únicamente del CCPM en la etapa de planificación de los proyectos [(García Guitiérrez, 2014), (Sarkar & Babu, 2016), (García Coronado & Ruiz Fernández, 2015)] o en la implementación a posteriori de esta metodología sobre casos reales ejecutados con otros sistemas de gestión como CPM [(Suyansen, Martanto, & Nugraha, 2014), (Bhan & Waghmare, 2017), (Kannan & Chitra, 2017)].

Basándose en los estudios consultados y los datos alcanzados, se echa en falta una adaptación y aplicación totalmente completa y detallada del método de la cadena crítica al sector de la construcción, tanto para la planificación de los proyectos como para el seguimiento de los mismos.

3.3.5.3. Estado de la aplicación de CCPM en el sector de la construcción en España

Aunque el método de la cadena crítica es considerado un procedimiento relativamente novedoso dentro del Project Management, durante los casi 20 años desde su origen, sólo 14, de las 214 publicaciones analizadas en el punto "*3.3.5.1. Estudios relacionados con el CCPM*" de la presente tesis, corresponden a investigaciones realizadas en España (ver Tabla 23).

Tabla 23. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM en España

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Apaolaza Pérez de Eulate, 2009)	2009		X	X		X	
(Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016)	2016					X	
(Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005)	2005	X					
(Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007)	2007					X	
(González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009)	2009	X					
(Iglesias Sánchez, 2005a)	2005	X					
(Iglesias Sánchez, 2005b)	2005	X					
(Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014)	2014	X					
(Redondo Expósito, 2011)	2011				X		
(Rivera & Durán, 2003)	2003	X	X				
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2015a)	2015	X					
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2016)	2016					X	
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)	2017	X	X			X	
(Villafañez, Pajares, & López, 2010)	2010				X		

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

A pesar de identificarse a lo largo de los años una tendencia lineal positiva en la elaboración de artículos de esta temática, la media identifica que de forma anual se edita un único documento sobre el CCPM (ver Figura 29), y que el 26% de las publicaciones españolas, en materia de la cadena crítica, corresponden a estudios de casos de aplicación de este procedimiento de gestión de proyectos, tal y como se muestra en la Figura 30.

Figura 29. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones en España sobre el CCPM

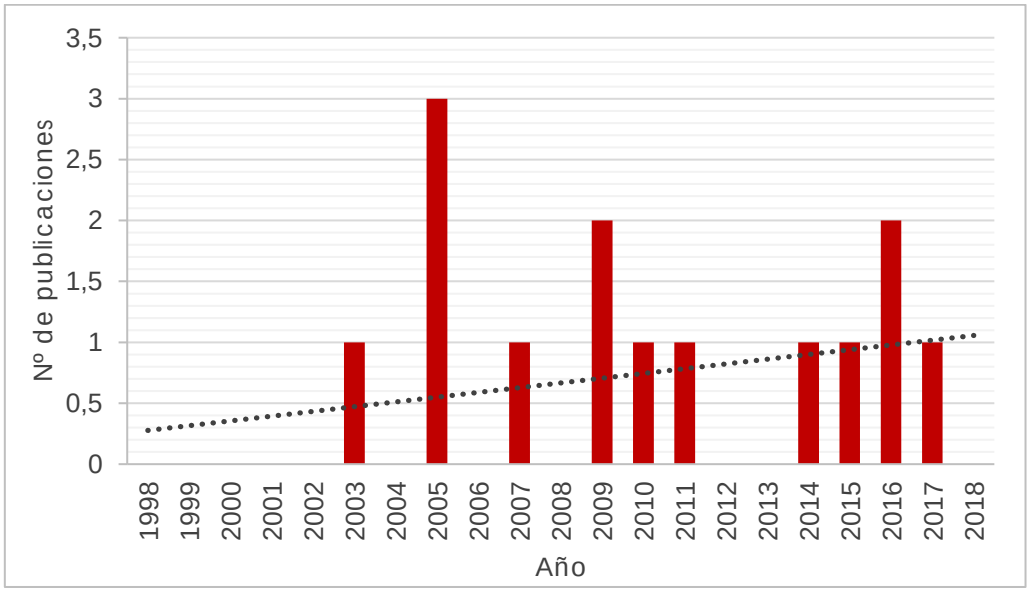
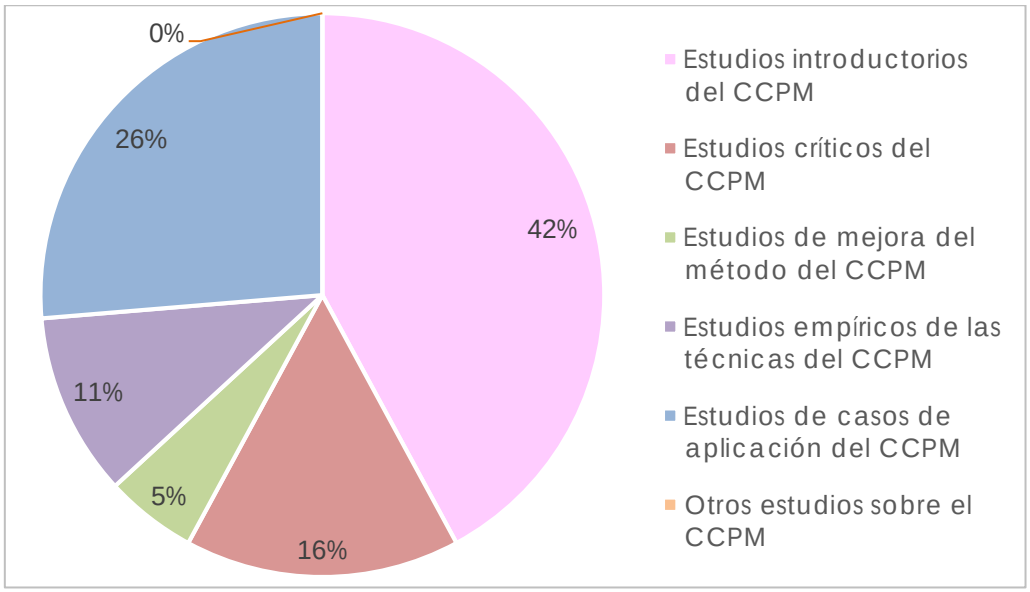


Figura 30. Proporción de publicaciones en España sobre CCPM de cada categoría



Por otra parte, de las 5 publicaciones españolas seleccionadas y categorizadas dentro de los estudios de casos de aplicación, sólo 4 se corresponden a implementaciones del CCPM en el sector de la construcción (lo que representa el 1,55% del total de artículos analizados en el "*Anejo A. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM*" y el 21% de las

investigaciones realizadas en España). Es preciso destacar que de estos estudios, dos se han centrado en la utilización de los conceptos de la cadena crítica dentro de los procesos industriales de la construcción [(Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007), (Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016)] y los otros dos corresponden a publicaciones que he presentado en diversos congresos de carácter internacional sobre la temática de la presente tesis [(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2016), (Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)].

Analizados los datos alcanzados tras la evaluación de los estudios consultados, y teniendo en cuenta la investigación desarrollada por Raúl Fuente Juridías (explicada en el punto "*3.2.7.3. Estado de la aplicación de EVM en el sector de la construcción en España*" y que evidencia que las principales empresas constructoras del país no utilizan ninguno de los principales métodos de planificación y seguimiento del Project Management), es indiscutible la necesidad de estudios en español que permitan conocer, mejorar y demostrar, mediante aplicaciones prácticas, el procedimiento de la cadena crítica, eliminando los inconvenientes y errores de los métodos tradicionales de gestión y sirviendo como ejemplo para futuros proyectos de construcción.

CAPÍTULO 4.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. SELECCIÓN DE CASOS PRÁCTICOS PARA LA INVESTIGACIÓN

"Mi proyecto favorito siempre es el próximo".
Michael Graves

El carácter práctico de la presente tesis determina la necesidad de la utilización de diversos casos del entorno real de las obras civiles, que sirvan como ejemplo para determinar las pautas que se deben seguir para la implementación exitosa, en el sector de la construcción, de un sistema de gestión de proyectos basado en la cadena crítica, que introduzca mejoras significativas en los procesos de planificación y seguimiento de los proyectos de ingeniería.

Puesto que dentro del sector de las obras públicas existen siempre dos partes implicadas para la ejecución de las mismas (promotor y adjudicatario), en este contexto es preciso destacar la demanda de dos modelos de gestión que proporcionen las herramientas adecuadas para realizar el seguimiento de los trabajos desde el punto de vista que le corresponda al encargado de la dirección de proyectos.

Para la selección de las obras empleadas como casos prácticos para la investigación de "Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector de la Construcción", se han tenido en cuenta las siguientes premisas:

- Entrevistas con personas del sector interesadas en la pesquisa de nuevos y efectivos procedimientos de gestión.
- Compromiso de aplicación del CCPM dentro de su metodología de programación y seguimiento de las obras.
- Facilidad y transparencia en la obtención de datos reales de los proyectos durante la ejecución de los mismos.
- Capacidad de ofrecer apoyo, aportaciones y mejoras en el procedimiento propuesto con el objetivo de un correcto funcionamiento del método.
- Obras realizadas dentro del plazo de realización de la presente tesis doctoral.

4.1.1. CASO PRÁCTICO Nº1

En colaboración con una empresa de la provincia de Ourense dedicada a la ejecución de diversos trabajos de ingeniería civil, se seleccionó, como primer caso de estudio para la investigación de la presente tesis, la obra de "Acondicionamiento de diversos tramos de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense. Tramo: N-525 – Entrada Carballeda. Concello de Piñor", concerniente a la división en diferentes partes de un proyecto futuro de mayor envergadura.

Esta obra sirve como base para la aplicación de las técnicas de la cadena crítica al sector de la construcción desde la perspectiva del contratista, planificando, ejecutando y controlando el proyecto de estudio mediante la metodología CCPM.

4.1.1.1. Características técnicas de la obra

4.1.1.1.1. Antecedentes del proyecto

En marzo de 2015, la Agencia de Turismo de Galicia detecta diversos tramos de la Vía de la Plata, a su paso por la provincia de Ourense, en un estado impracticable debido al deterioro de los firmes empleados en el camino y el arrastre de los materiales aportados, como consecuencia de la elevada pendiente en alguna de sus zonas y la coexistencia con el agua en algunos recorridos.

Tras un análisis previo se redacta el proyecto de "Acondicionamiento de Diversos Tramos de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense", cuyo fin es la contratación y posterior ejecución de obras de mejora para un conjunto de tramos.

4.1.1.1.2. Localización

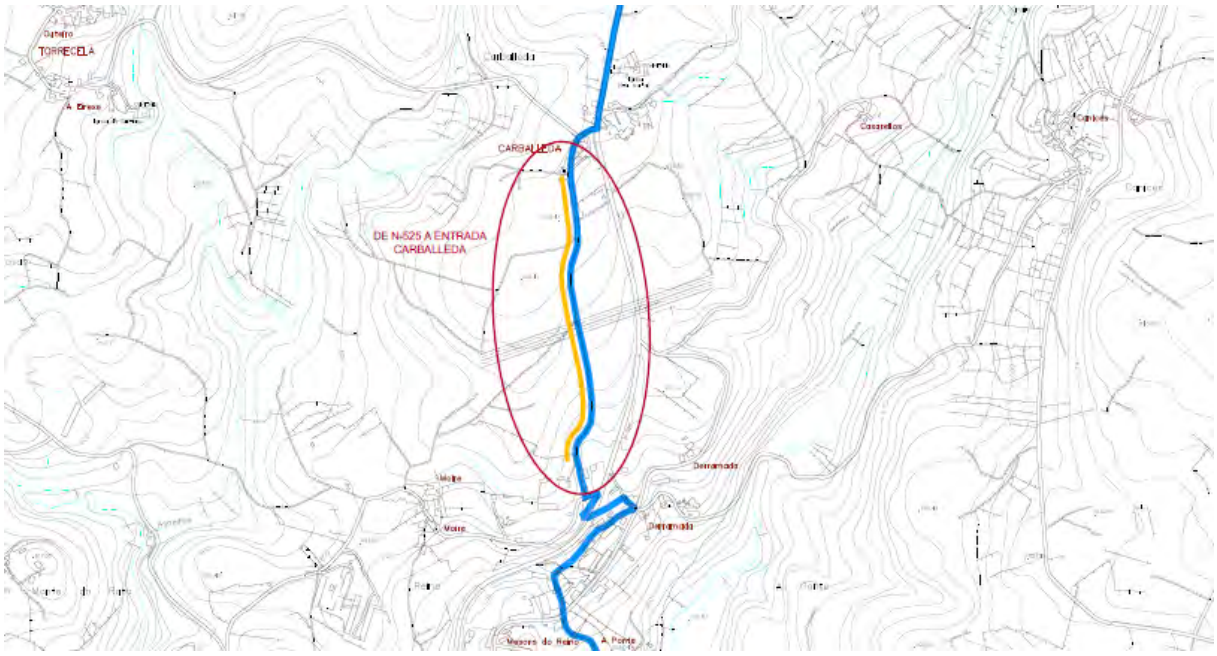
El tramo de análisis para el primer caso de estudio comienza en el PK 269, aproximadamente, de la carretera N-525 y finaliza en la entrada del pueblo de Carballeda. El camino de proyecto tiene una longitud en torno a 675 m y se concentra en el Término Municipal de Piñor, en la provincia de Ourense.

Las coordenadas UTM, referidas al Huso 29T, de inicio y final del trazado son las que se indican a continuación:

- Inicio del tramo de Piñor:
  - x: 581.218
  - y: 4.708.175

- Final del tramo de Piñor:
  - x: 581.203
  - y: 4.708.828

Imagen 1. Ubicación de la obra en el Concello de Piñor



4.1.1.1.3. Actuaciones

Dentro del proyecto propuesto por la Xunta de Galicia, se definen las intervenciones necesarias para dotar al acondicionamiento del camino de la Vía de la Plata, a su paso por Piñor, de todos los servicios imprescindibles para su correcta puesta en funcionamiento y su consideración de obra finalizada:

1. Trabajos previos

   Comprende todos aquellos trabajos de preparación de la explanación que recibirá el nuevo firme, así como la limpieza y/o apertura, en los lugares necesarios, de cunetas que permitan el correcto drenaje longitudinal del camino, tajeas, acequias y riegos existentes.

2. Firmes

   Para la reparación de los daños registrados en el tramo de estudio se diseñan diferentes secciones de caminos, formadas por 15 cm de zahorra artificial, estabilizada con cemento según el caso, o 15 cm de zahorra natural, en función de las características de cada zona.

3. Drenaje

   El objetivo de las obras de drenaje proyectadas es la evacuación de las aguas procedentes de la lluvia del camino, para evitar la erosión del mismo. Para esto se prevé en proyecto la ejecución en piedra granítica de:

   - Pasos de agua para cruzar o evacuar el agua de las cunetas de forma que se impida la circulación de la misma por encima de la plataforma.
   - Estabilizadores transversales para la consolidación del firme con el objetivo de limitar los arrastres que se puedan producir.

4. Obras complementarias

   Esta actuación engloba todas aquellas tareas necesarias para que la obra se pueda considerar completa.

4.1.1.2. Datos Temporales

Debido a las características técnicas de las obras de Acondicionamiento de la Vía de la Plata del Camino de Santiago, dentro del proyecto se consideró, para la correcta finalización del tramo correspondiente al Concello de Piñor, un plazo de ejecución de CINCO (5) semanas comprendidas entre los meses de agosto y septiembre de 2015 (ver Tabla 24), tal

y como queda reflejado en el esquema de barras presentado dentro de la memoria descriptiva del proyecto original y que se encuentra recogido en el punto "*B.2.2. Duración Estimada de la* Obra en Proyecto" del "*Anejo B. Estudio del Caso Práctico Nº1*".

Tabla 24. Datos temporales de la obra nº1 según el cronograma original del proyecto

Cronograma	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Duración prevista	
			Días laborables	Semanas
Original	03/08/2015	04/09/2015	24	5

4.1.1.3. Datos Económicos

El importe total de Ejecución Material presentado por la constructora para la realización de los trabajos fue de VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS (28.379,31 €).

Teniendo en cuenta el 13% de Gastos Generales, el 6 % de Beneficio Industrial y el 21% de IVA, el Presupuesto Base de Licitación resultante, correspondiente a la oferta presentada por la empresa adjudicataria, fue de CUARENTA MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS (40.863,37 €).

Tabla 25. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº1

PRESUPUESTO DE ADJUDICACIÓN	
Presupuesto de Ejecución Material	28.379,31€
Presupuesto Base de Licitación	40.863,37 €

Es preciso destacar que, a nivel de estudio y de aplicación de los métodos de seguimiento y control propuestos sólo se considerarán las cifras totales con independencia de los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA.

4.1.2. CASO PRÁCTICO Nº2

En colaboración con la misma empresa del ámbito de la ingeniería civil con la que se trabajó en el primer caso práctico de análisis, se decidió emplear la obra de "Acondicionamiento de diversos tramos de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense. Tramo: Desvío en OU-679 – Vilavella. Concello de A Mezquita", con objeto de aprovechar la similitud de este proyecto con el primer caso de estudio y la experiencia obtenida tras la aplicación del método de la cadena crítica a éste mismo.

Ambas obras fueron adjudicadas dentro de un mismo contrato por parte de la Administración competente; sin embargo, la situación de éstas en municipios distintos, la programación ya en proyecto de planificaciones individuales para cada una de ellas y la limitación de los recursos por parte de la empresa adjudicataria, favorecieron la ejecución de forma independiente y la posibilidad de aplicar el CCPM en cada una de ellas.

La obra situada en el Concello de A Mezquita retoma la implementación del método basado en la cadena crítica a trabajos similares a los del primer ensayo, planificando, ejecutando y realizando el seguimiento de estudio desde la perspectiva del contratista y mediante la filosofía del CCPM, para analizar su utilización y grado de eficacia ante diferentes factores.

4.1.2.1. Características técnicas de la obra

4.1.2.1.1. Antecedentes del proyecto

El caso de análisis se encuentra enmarcado dentro del mismo proyecto del primer estudio práctico, siendo las motivaciones y antecedentes de la obra las identificados en el punto "*4.1.1.1.1. Antecedentes del proyecto*".

4.1.2.1.2. Localización

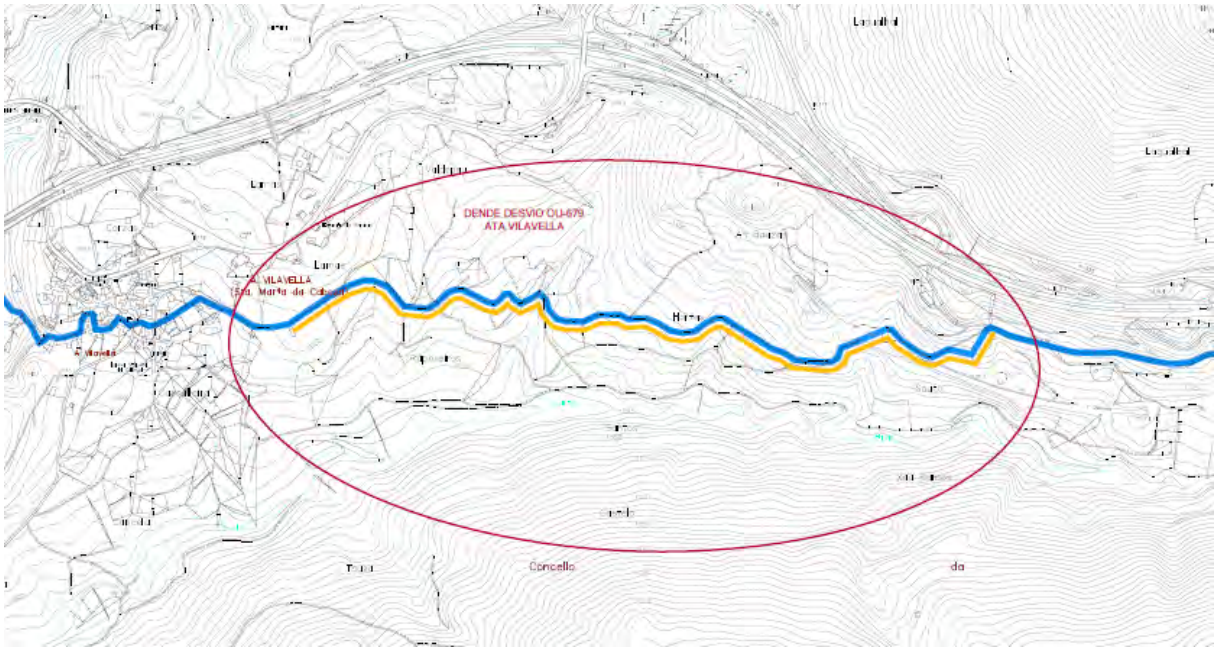
El tramo de análisis para el segundo caso de estudio comienza en el desvío existente en el PK 0+600, aproximadamente, de la OU-679 y finaliza en Vilavella. El camino proyectado

tiene una longitud en torno a 2.030 m y se concentra en el Término Municipal de A Mezquita, en la provincia de Ourense.

Las coordenadas UTM, referidas al Huso 29T, de inicio y final del trazado son las que se indican a continuación:

- Inicio del tramo de A Mezquita:
  - x: 664.711
  - y: 4.655.765
- Final del tramo de A Mezquita:
  - x: 666.353
  - y: 4.655.758

Imagen 2. Ubicación de la obra en el Concello de A Mezquita



4.1.2.1.3. Actuaciones

Las actuaciones del caso de análisis nº2, contempladas dentro del proyecto propuesto por el órgano competente de la Xunta de Galicia, presentan ciertas similitudes con las identificadas en el primer estudio.

Para el caso que nos ocupa se han definido los trabajos y servicios imprescindibles para el acondicionamiento del camino de la Vía de la Plata, a su paso por A Mezquita, y su consideración como obra completada:

1. Trabajos previos

   Comprende todos aquellos trabajos de preparación de la explanación que recibirá el nuevo firme, así como la limpieza y/o apertura, en los lugares necesarios, de cunetas que permitan el correcto drenaje longitudinal del camino, tajeas, acequias y riegos existentes.

2. Firmes

   Para la reparación de los daños registrados en el tramo de estudio se diseñan diferentes secciones de caminos, formadas por 15 cm de zahorra artificial, estabilizada con cemento según el caso, o 15 cm de zahorra natural, en función de las características de cada zona, así como una nueva base de 30 cm de pedraplén en las zonas encharcadas o de máxima acumulación de agua.

3. Drenaje

   El objetivo de las obras de drenaje proyectadas es la evacuación de las aguas procedentes de la lluvia del camino, para evitar la erosión del mismo. Para esto se prevé en proyecto la ejecución en piedra granítica de:

   - Pasos de agua para cruzar o evacuar el agua de las cunetas de forma que se impida la circulación de la misma por encima de la plataforma.
   - Estabilizadores transversales para la consolidación del firme con el objetivo de limitar los arrastres que se puedan producir.
   - Tajeas o salvagabias con emboquillado tipo aletas en la entrada y la salida del agua para la evacuación de la misma fuera del camino.

4. Obras complementarias

   Esta actuación engloba todas aquellas tareas necesarias para que la obra se pueda considerar completa.

4.1.2.2. Datos Temporales

Atendiendo a las características técnicas, orográficas y de accesos al tramo de estudio situado en el Concello de A Mezquita y correspondiente al camino existente entre "Desvío en OU-679 – Vilavella", se estimó, dentro del proyecto global de "Acondicionamiento de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense", un plazo de ejecución de DIEZ (10) semanas, estipulando el inicio de las actuaciones a finales de agosto de 2015 y la conclusión de las mismas a principios de noviembre del mismo año (ver Tabla 26).

Tabla 26. Datos temporales de la obra nº2 según el cronograma original del proyecto

Cronograma	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Duración prevista	
			Días laborables	Semanas
Original	31/08/2015	06/11/2015	49	10

La representación gráfica de los datos temporales primitivos del caso nº2 se encuentran reflejados en el esquema de barras presentado dentro de la memoria descriptiva del proyecto original, recogido en el punto "*C.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto*" del "*Anejo C. Estudio del Caso Práctico Nº2*".

4.1.2.3. Datos Económicos

El importe total de Ejecución Material presentado por la constructora para la realización de los trabajos correspondientes al tramo situado en el Concello de A Mezquita fue de SETENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con CUATRO CÉNTIMOS (74.676,04 €).

Teniendo en cuenta el 13% de Gastos Generales, el 6 % de Beneficio Industrial y el 21% de IVA, el Presupuesto Base de Licitación resultante, correspondiente a la oferta presentada por la empresa adjudicataria, fue de CIENTO SIETE MIL QUINIENTOS VEINTISEIS EUROS con TRES CÉNTIMOS (107.526,03 €).

Tabla 27. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº2

PRESUPUESTO DE ADJUDICACIÓN	
Presupuesto de Ejecución Material	74.676,04€
Presupuesto Base de Licitación	107.526,03 €

Al igual que en el primer caso, a nivel de estudio y de aplicación del método basado en el CCPM, sólo se consideran las cifras totales con independencia de los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA.

4.1.3. CASO PRÁCTICO Nº3

Para el tercer caso de estudio de la presente tesis se escogió la obra de "URBANIZACIÓN DE LA CALLE CONCEJO (OURENSE)", gracias a la colaboración con el encargado de la dirección de la misma, el cual fue contratado por la parte promotora, siendo para el caso que nos ocupa el Concello de Ourense.

Esta obra, de especial interés e importancia social debido al gran impacto y trascendencia de dicha calle en el buen funcionamiento y tránsito de la ciudad de Ourense, transformó el proyecto en todo un desafío en términos temporales para poner el vial de estudio en servicio en el menor plazo de tiempo posible. Por esta razón, la duración total de las actuaciones ha sido considerada como el factor más relevante y el principal objetivo por cumplir durante la ejecución de la obra, lo que la ha convertido en un proyecto potencialmente adecuado para la metodología de la cadena crítica.

Es preciso destacar que este caso de análisis ha sido valorado desde la perspectiva de la administración, como parte contratante del proyecto, y no desde la visión del contratista o de la parte adjudicataria como en los estudios anteriores.

4.1.3.1. Características técnicas de la obra

4.1.3.1.1. Antecedentes del proyecto

En diciembre de 2014, por encargo del Servicio de Infraestructuras del Concello de Ourense a un estudio de ingeniería de dicha ciudad, se redacta el proyecto constructivo titulado "Proyecto de Urbanización de la Calle Concejo de Ourense".

Tras el análisis desarrollado, se definen en proyecto las principales actuaciones para solventar los problemas detectados en el estado de la vía:

- Demoliciones previas de aceras y pavimento de calzada.
- Reordenación de la sección transversal de la calle.
- Pavimentación de la calzada.
- Reposición de aceras, aumentando en la medida de lo posible el ancho existente.
- Renovación de redes de servicio municipales de saneamiento, abastecimiento y alumbrado.

4.1.3.1.2. Localización

La Calle Concejo se localiza en el centro urbano de Ourense, conectando la plaza de Concepción Arenal con la Calle Juan XXIII, y se prolonga hasta la Calle Curros Enríquez.

El tramo incluido en la actuación, que va desde la Plaza de Concepción Arenal hasta el entronque con la Calle Juan XXIII y que tiene una longitud aproximada de 220 m y un ancho de 12m, presenta dos zonas claramente diferenciadas y separadas por un espacio de transición entre la entrada al parking y el PAC, donde se sitúa el acceso a la Alameda do Cruceiro.

Las coordenadas UTM, referidas al Huso 29T, de inicio y final del trazado son las que se indican a continuación:

- Inicio:
  - x: 593.294
  - y: 4.688.458

- Final:
  - x: 593.471
  - y: 4.688.332

Imagen 3. Ubicación de la obra en la Calle Concejo



4.1.3.1.3. Actuaciones

Dentro del proyecto de estudio se contemplan las siguientes actuaciones para el correcto funcionamiento de la Calle Concejo, así como su consideración de obra finalizada:

1. Demolición de pavimentos y formación de explanada

   Comprende todos aquellos trabajos de:

   - Demolición de aceras existentes.
   - Levantado de bordillo.
   - Levantado de pavimento de adoquín.

- Demolición de losa de base de calzada.
- Demolición de cimentación de señalización.
- Desmontaje de barandilla en la acera derecha (zona entrada a parking) a reponer con nueva barandilla de acero inoxidable.
- Vaciado general en toda la actuación hasta la cota de firme.

2. Firmes

Se diseñan diferentes paquetes de firme en función de las características de cada una de las zonas identificadas:

- Sección de firme en calzada.
- Pavimentación de aceras.
- Reposiciones en la entrada a la Alameda do Cruceiro.

3. Red de abastecimiento

La red de abastecimiento se proyecta como una red mallada con tubos y elementos de fundición dúctil constituida por:

- Conexión a la red general de abastecimiento.
- Bocas de riego e incendio.
- Bridas ciegas, llaves de paso, piezas en T y codos.
- Acometidas y arquetas.

4. Red de saneamiento

La red de saneamiento proyectada mantiene la misma distribución existente de la zona, mediante la instalación de los ramales y colectores de PVC por una galería situada en el centro de la calzada y la realización del entronque con la galería de la Avenida de la Habana. También se contempla la disposición de nuevos pozos, incluyendo pozos de resalto.

5. Red de alumbrado

La red de alumbrado se diseña para su ejecución subterránea definiendo, además de la canalización propia de dicha instalación, las siguientes actuaciones:

- Distribución de nuevas arquetas de alumbrado.
- Nuevas luminarias empotradas en las fachadas a lo largo de la acera izquierda y en la Calle Alameda.
- Conexión de las líneas existentes a conservar desde el cuadro actual al nuevo cuadro general.
- Nueva canalización para la red municipal de telecomunicaciones aprovechando la zanja de alumbrado.

6. Señalización

   Comprenderá los trabajos de:

   - Señalización vertical y horizontal en la totalidad de la calle.
   - Desplazamiento de los semáforos y máquina expendedora de tickets de la ORA, ajustando todos los elementos al nuevo ancho de las aceras.

7. Jardinería

   Se pretende ampliar la franja ajardinada en la zona de entrada al parking, reordenando el espacio en el tramo intermedio de la obra.

8. Mobiliario

   Engloba todos aquellos elementos propios del mobiliario urbano (papeleras y barandillas) que se pretenden instalar en la zona de actuación.

4.1.3.2. Datos Temporales

Atendiendo a las características técnicas, sociales y complejas de la obra se estimó, dentro del proyecto técnico original, un plazo de ejecución de SEIS (6) meses, tal y como se muestra en el punto "*D.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto*" del "*Anejo D. Estudio del Caso Práctico Nº3*", fijando la fecha de conclusión de los trabajos el 16 de septiembre de 2016 (ver Tabla 28).

Partiendo del Diagrama de Gantt inicial del proyecto, la UTE adjudicataria presentó, según las condiciones descritas en contrato, una planificación propia para el desarrollo de la

obra señalada. En esta programación, recogida en el punto "*D.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto*" del "*Anejo D. Estudio del Caso Práctico Nº3*", destaca:

- Una reducción del plazo real de ejecución de los trabajos de dos semanas, con respecto al cronograma de proyecto, al emplear dicho tiempo para la preparación previa de los medios, recursos y trámites necesarios (ver Tabla 28).
- La división en la planificación de dos fases, completamente diferenciadas, en las que se prevé la ejecución de la obra.

Tabla 28. Datos temporales de la obra nº3 según el cronograma original del proyecto y el presentado por la UTE

Cronograma	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Duración prevista	
			Días laborables	Semanas
Original	16/03/2016	16/09/2016	127	27
UTE	01/04/2016	16/09/2016	117	25

4.1.3.3. Datos Económicos

El importe total de Ejecución Material presentado por la UTE adjudicataria para la realización de los trabajos correspondientes a la obra de la Calle Concejo fue de TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS (352.004,19 €).

Teniendo en cuenta el 13% de Gastos Generales, el 6 % de Beneficio Industrial y el 21% de IVA, el Presupuesto Base de Licitación resultante, correspondiente a la oferta presentada por la empresa adjudicataria, fue de QUINIENTOS SEIS MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (506.850,84 €).

Tabla 29. Presupuesto de adjudicación del caso práctico Nº2

PRESUPUESTO DE ADJUDICACIÓN	
Presupuesto de Ejecución Material	352.004,19 €
Presupuesto Base de Licitación	506.850,84 €

Para la aplicación del método basado en el CCPM, sólo se considera los valores de ejecución material, con independencia de los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA.

4.2. INTEGRACIÓN DEL CCPM Y EVM

"Lo único peor a no tener vista es no tener visión"
Helen Keller

Tras el análisis exhaustivo del método del valor ganado y la cadena crítica, explicados en los puntos "*3.2. Método del valor ganado*" y "*3.3. Método de la Cadena Crítica*" respectivamente, y teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas por algunos investigadores expertos en esta temática (Silber & Hussey, 2002), (González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009), (Realization Technologies INC, 2012), se ha considerado para la presente tesis que estos procedimientos de dirección de proyectos por sí solos no son una solución completa.

Aunque las técnicas del EVM han sido ampliamente utilizadas a lo largo de los años gracias a su gestión adecuada del presupuesto, este procedimiento presenta ciertas deficiencias para el control de los plazos. Además, al centrarse únicamente en el factor coste, con el fin de aumentar los valores del grado de avance del proyecto, se puede dar prioridad a tareas equivocadas, retrasando una actividad principal por poseer un bajo EV restante o comenzando cada vez más trabajos sin terminar los que ya están en curso.

Por otra parte, el CCPM sólo se preocupa por el cronograma del proyecto, dejando al margen el factor monetario, cuya planificación y gestión es fundamental en cualquier tipo de sector.

Para el desarrollo de la investigación iniciada se propone la integración de las técnicas de la cadena crítica y las del valor ganado, permitiendo aunar en un único plan de obra todos los elementos necesarios para poder realizar una planificación y seguimiento de los casos prácticos, tales como:

- La duración de las tareas
- Los costes de las actividades
- La nivelación y distribución de los recursos
- Los puntos de control importantes en el proyecto

- Las protecciones globales de los trabajos de la EDT frente la incertidumbre mediante el dimensionamiento de los buffers.

De esta forma, el procedimiento propuesto, basado en el CCPM en combinación con las técnicas del EVM, sirve para planificar y controlar, dentro de la misma programación, los factores más valorados por los directores de los proyectos: los plazos y los costes.

4.3. MODELO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

"Planifique anticipadamente:
Noé construyó el Arca cuando no llovía".
Cardenal Richard C. Chushing

En la vigente normativa española de contratos del sector público, *Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014*, se indica en su Artículo 233.e la obligatoriedad de realizar y presentar *un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo con previsión, en su caso, del tiempo y coste*.

Aunque un cronograma de proyecto es sólo una parte de una metodología de gestión de proyectos de éxito, una buena programación puede proporcionar el marco básico para una excelente dirección de proyectos (Newbold, 2010).

El modelo de planificación propuesto busca, no sólo cumplir con lo identificado en la actual Ley de Contratos del Sector Público, sino definir las pautas a seguir para alcanzar programaciones realistas y eficientes en los proyectos del sector de la construcción, que puedan ser empleadas durante la fase de ejecución de las obras para llevar a cabo una óptima dirección y seguimiento de las mismas que permita tomar las decisiones adecuadas ante los imprevistos que vayan surgiendo. Para ello se utilizó como base los pasos identificados por el CCPM para la construcción del cronograma de proyecto, adaptándolos para la integración de forma sistemática de los métodos de la cadena crítica y el valor ganado:

- Fase 1. Construir la red de actividades.
- Fase 2. Asignar los recursos.
- Fase 3. Estimar la duración real de las actividades.
- Fase 4. Sincronizar las tareas y nivelar los recursos.
- Fase 5. Proteger la planificación contra la incertidumbre.
- Fase 6. Desarrollar el cronograma de la cadena crítica.
- Fase 7. Estimar la línea base del presupuesto.
- Fase 8. Definir los hitos del proyecto.

4.3.1. FASE 1: CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

El primer paso que se ha seguido para la creación del modelo de planificación propuesto consiste en la identificación de todos los trabajos necesarios para la ejecución del proyecto y la determinación de la secuencia de desarrollo de estas actividades, mediante las relaciones y dependencias existentes entre ellas.

4.3.1.1. Identificación de las actividades

Dentro del modelo de planificación de los proyectos de ingeniería planteado, tal y como se ha realizado para cada uno de los casos prácticos identificados en el punto "*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*", se propone definir la Estructura de Desglose de Trabajo tomando como base el presupuesto oficial de éstos, presentados en el momento de adjudicación de los mismos.

Puesto que no existen especificaciones teóricas sobre el grado de detalle que debe alcanzar la EDT, el nivel de descomposición de esta herramienta dependerá de las necesidades propias de cada una de las obras para poder determinar con claridad las variables de tiempo y costo.

Teniendo en cuenta que cada nivel descendente de la Estructura de Desglose de Trabajo representa una descripción cada vez más detallada del proyecto, y puesto que para la posterior aplicación de las técnicas CCPM y EVM el uso de la primera escala podría no ser suficiente, para cada uno de los casos de estudio se ha decidido lo siguiente:

- Dado que las obras del caso práctico nº1 y el nº2 tienen un reducido número de actividades, se ha considerado necesaria la realización de una EDT pormenorizada que describa con mayor exactitud el alcance de la obra.

- Debido a la gran complejidad constructiva de la obra del caso práctico nº3, la cual es necesario ejecutarla en dos fases diferenciadas ya que al desarrollarse la actuación en una de las principales arterias de Ourense es imposible cortar en su totalidad el acceso a la gran cantidad de residentes de la misma, se ha utilizado un alto nivel de

detalle de la EDT con el objetivo de permitir una buena planificación de las obras y un desempeño viable de las mismas.

4.3.1.2. Dependencia de tareas

Con el objeto de poder identificar posteriormente las cadenas y subcadenas de actividades que componen la planificación de los proyectos, es preciso definir con detalle el tipo de relación o vínculo existente entre las diferentes tareas que componen las obras que se analicen. Para ello se propone utilizar el Método de Diagramación por Precedencia, tal y como se indica en el apartado "*3.3.3.1.2. Dependencia de Tareas*", donde se reconocen cuatro tipos de dependencias entre tareas:

- Final a Inicio (FS)
- Final a Final (FF)
- Inicio a Inicio (SS)
- Inicio a Final (SF)

Para registrar de una forma sencilla toda la información que se genera tras establecer la dependencia de tareas de los proyectos, y tal y como se ha utilizado en los casos prácticos analizados en la presente investigación ("*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*"), se ha diseñado la plantilla mostrada en la Tabla 30, la cual debe ser completada para la creación del modelo de planificación de proyectos propuesto:

Tabla 30. Plantilla de identificación de la dependencia de tareas de un proyecto

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)

Donde:

Nº act:	Código asignado a la actividad de proyecto.
Descripción actividad:	Nomenclatura de la tarea según lo dispuesto en la EDT.
Predecesora:	Actividades que preceden a la tarea analizada.
Relación PDM:	Tipo de dependencia existente entre las actividades predecesoras y la tarea analizada: FS, FF, SS y/o SF.

4.3.2. FASE 2: ASIGNACIÓN DE RECURSOS A LAS OBRAS

A diferencia de otros sectores y modelos de dirección de proyectos, dentro del campo de la ingeniería civil y el método de la cadena crítica, la duración de las actividades de los proyectos está condicionada por la limitación de los recursos. Estos pueden estar representados por materiales, personas, equipos y suministros, siendo fundamental el reconocimiento de la cantidad de medios disponibles y la medida en las que serán requeridos.

Con objeto de recoger dentro de una única matriz los recursos disponibles para cada una de las obras que se programen, siguiendo el modelo de planificación propuesto, se ha definido la Tabla 31 donde se debe completar:

- El tipo de medio disponible: material, humano, maquinaria, suministros…
- La denominación de dicho recurso.
- El código con el que será identificado el recurso dentro del cronograma de proyecto.
- Las funciones asignadas al recurso o los trabajos para los que se le necesita según sus capacidades o características.

Tabla 31. Plantilla de recursos disponibles para la ejecución de las obras

TIPO DE RECURSO	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	FUNCIONES ASIGNADAS

Para la asignación de los recursos disponibles para cada una de las obras estudiadas en los casos de análisis, se han tenido en cuenta las siguientes particularidades:

- Casos prácticos nº1 y nº2:
  - La planificación y gestión de proyectos se realiza desde la perspectiva de la empresa adjudicataria.
  - La ejecución de las obras de dichos casos prácticos corre a cargo del mismo contratista.

- La empresa cuenta con el mismo personal durante la ejecución de ambas obras.
- Cada trabajador tiene asignadas unas funciones y una maquinaria, según sus cualificaciones y capacidades, por lo que la limitación de los recursos disponibles estará condicionada por los medios humanos.
- Con la finalidad de evitar sobreasignaciones de los recursos o la multitarea de los mismos, la nivelación de los medios asignados a los casos prácticos nº1 y nº2 se realizó una vez calculada la duración real de las actividades (Fase 3 del modelo de planificación recomendado).

- Caso práctico nº3:
  - Pese a que la obra de estudio fue otorgada a la UTE conformada por las empresas "Proyecon Galicia, S.A. (PROYECON)" y "Movimientos de áridos y construcciones de Arosa, S.L. (MARCONSA)", la planificación y dirección de proyectos se realizó desde la perspectiva de la administración, en función de la programación presentada por dicha UTE en la adjudicación.
  - La asignación de recursos realizada por la UTE para cada una de las actividades del proyecto se realizó en función de las especialidades de cada una de las empresas individuales, correspondiéndole a MARCONSA todos aquellos trabajos relativos a demoliciones y movimientos de tierras, y a PROYECON el resto de las tareas.
  - En fase de redacción del proyecto se estimó que, durante el curso de ejecución de los trabajos, el personal de construcción podría oscilar entre un máximo de 15 personas y un mínimo de 5, simultáneamente.
  - Se ha considerado que, puesto que el caso nº3 está analizado desde la perspectiva de la administración, no es objeto de ésta la realización de un reparto nivelado de los recursos, ya que esta planificación corresponde a la empresa contratada, la cual se encargará de cumplir los objetivos de plazo marcados empleando los recursos que sean necesarios según su grado de rendimiento.

4.3.3. FASE 3: ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN REAL DE LAS ACTIVIDADES

Uno de los elementos cruciales de la dirección de proyectos es la estimación del tiempo necesario para poder ejecutar cada una de las actividades individuales que los componen, con los recursos disponibles y requeridos por dichas tareas, ya que el principal beneficio de dicho proceso es el establecimiento de la fecha de conclusión de los trabajos.

El método de la cadena crítica exige que las programaciones de los proyectos estén despojadas de cualquier tipo de protección, por lo que para el procedimiento de planificación propuesto se impone la obligación de realizar estimaciones realistas sin la adición de colchones de seguridad.

4.3.3.1. Modelos de planificación para la estimación de la duración sin protección de las actividades

Es preciso destacar que, debido a la naturaleza de las obras, y en función de la perspectiva desde la que se realiza la planificación y seguimiento de las mismas, se han diferenciado dos tipos de modelos de programación para la estimación de la duración real de las actividades de las obras:

- Planificación desde el origen de la duración real de las actividades sin protección
- Planificación de la duración real de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad.

4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades

Siempre que la programación y el seguimiento de las obras se realice desde la perspectiva del contratista o de la parte ejecutora de los trabajos, se propone que la planificación desarrollada desde el origen por su director de proyectos no incluya márgenes de seguridad. Esto se debe a que la creación de un cronograma con protecciones, para la posterior eliminación de los mismos, no tiene ningún interés, además de que supone una pérdida de tiempo.

Al igual que se realizó en las obras estudiadas en los casos nº1 y nº2 de la presente investigación, para la aplicación correcta de esta técnica y la obtención de datos fiables, se recomienda la elaboración de un estudio previo de rendimientos de cada una de las tareas de la obra, en base a los datos históricos disponibles de la ejecución real de la misma actividad en proyectos anteriores y con cierto grado de similitud.

Es preciso destacar que el análisis de rendimiento de las tareas pertenecientes a la EDT de los proyectos de Piñor y de A Mezquita ("*4.1.1. Caso Práctico Nº1*" y "*4.1.2. Caso Práctico Nº2*", respectivamente) se desarrolló con datos reales de la empresa adjudicataria y tomando como referencia diferentes obras terminadas en tiempo y/o ejecutadas con carácter urgente, con el objetivo de conocer el rendimiento más elevado de realización de dichas actividades por parte de los trabajadores de la constructora.

Tabla 32. Plantilla para la estimación del rendimiento de una actividad de proyecto

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO*

*unidad de medición/unidad de duración

Una vez obtenidos los datos de rendimiento recogidos en la plantilla de registro, elaborada y presentada en la Tabla 32, se ha considerado que el rendimiento medio de los valores de productividad calculados corresponde al rendimiento crítico de ejecución de la actividad analizada.

La estimación de la duración mínima de realización de cada una de las tareas del proyecto se obtiene de dividir la medición proyectada de dicha actividad entre el rendimiento crítico calculado. Estos valores deben ser anotados para cada uno de los trabajos que forman la EDT de la obra, pudiendo servir de ejemplo el modelo de la Tabla 33:

Tabla 33. Plantilla de registro de la duración sin protección de las actividades de la EDT

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	MEDICIÓN OBRA	RENDIMIENTO*	DURACIÓN CALCULADA SIN PROTECCIÓN (dsP_i)**

*unidad de medición/unidad de duración
** Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad

Cuando la programación de la obra esté orientada, casi exclusivamente, al seguimiento futuro de las obras, al realizarse la gestión desde la perspectiva de la administración o de la parte promotora, la planificación original, aportada por el contratista o la parte encargada de la ejecución del proyecto, puede presentar duraciones de actividades con protección.

Con objeto de aplicar las técnicas de la cadena crítica al seguimiento y control de todo tipo de obras, en este tipo de situaciones, y tal y como se ha realizado en el caso práctico nº3, el director de proyecto debe eliminar las posibles holguras individuales existentes en el cronograma presentado por el adjudicatario, teniendo en cuenta que, posteriormente, se incorporarán protecciones globales en los puntos estratégicos de la obra.

Aunque el CCPM suele hacer mención a una reducción de la duración programada de las actividades en proyecto del 50%, se ha considerado que la proporción de disminución de los plazos de las tareas de la EDT debe realizarse según el juicio personal y la experiencia del director de obra.

Las duraciones obtenidas serán consideradas como los tiempos sin protección de cada una de las actividades que conforman la obra, por lo que se recomienda inscribir los valores calculados dentro de la Tabla 34:

Tabla 34. Plantilla de registro de la duración de las actividades de la EDT tras la eliminación de la protección

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DURACIÓN CALCULADA CON PROTECCIÓN (dcP_i)	% DE PROTECCIÓN EXISTENTE	DURACIÓN CALCULADA SIN PROTECCIÓN (dsP_i)

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

En la Obra de Urbanización de la Calle Concejo de Ourense, "*4.1.3. Caso Práctico Nº3*", el encargado de realizar el seguimiento de las obras consideró oportuno disminuir los

tiempos presentados por la parte adjudicataria sólo en un 25%, ya que la UTE contratada ya había reducido con anterioridad el plazo previsto en proyecto para la ejecución de las obras.

4.3.3.2. Cronograma previo de las obras

Posteriormente a la realización de los pasos indicados en las fases 1, 2 y 3 del método de planificación de proyectos propuesto, donde se definen los procedimientos a seguir para obtener los datos relativos a las secuencias de actividades, los requisitos de recursos y las duraciones de las tareas, se recomienda realizar un cronograma previo de las obras mediante los denominados Diagramas de Gantt (explicados en detalle en el punto "*3.3.3.6. Fase 6: Desarrollar el cronograma de la Cadena Crítica*" de la presente investigación).

El objetivo principal, de la elaboración de estas representaciones gráficas en esta etapa temprana del modelo de programación basado en la cadena crítica, es visualizar gráficamente los valores definidos con anterioridad con el fin de facilitar el proceso de adecuación del CCPM a los proyectos de ingeniería, ya que los pasos seguidos hasta este punto son muy similares a los realizados por los métodos tradicionales empleados hasta el momento.

Puesto que existen múltiples softwares informáticos que permiten la obtención de los Diagramas de Gantt, el empleo de alguno de ellos de carácter comercial o de desarrollo propio será decisión del director de proyecto según la disponibilidad de dichos medios o su facilidad para la comprensión y utilización de éstos.

En los casos analizados en la tesis se aprovechó la reducida cantidad de actividades de las obras nº1 y nº2 para la elaboración de Diagramas de Gantt propios, mientras que para la obra nº3, la cual se caracterizaba por su gran complejidad y una cifra muy alta de tareas dentro de su EDT, se empleó el programa informático de Microsoft Project en su versión 2016.

4.3.4. FASE 4: SINCRONIZACIÓN DE LAS TAREAS Y NIVELACIÓN DE LOS RECURSOS

Aunque la presente fase del modelo de planificación planteado no requiere el cálculo de nuevos valores ni la determinación de factores no identificados hasta el momento, la

ejecución de este paso es fundamental para poder definir correctamente la cadena crítica y las subcadenas de los proyectos.

Las restricciones impuestas por los medios existentes a menudo provocan cambios en la ruta crítica original, por lo que en esta fase de planificación se propone realizar la nivelación de los recursos identificados en el cronograma previo de las obras, con objeto de evitar las multitareas y sobreasignaciones que puedan aparecer y así eludir posibles problemas futuros.

En conjunto con este proceso de reparto adecuado de los recursos según la disponibilidad de los mismos, explicado con más detalle en el punto "*3.3.3.2.2. Nivelación de los Recursos*", y siguiendo uno de los principios básicos de la cadena crítica "*3.3.3.5. Fase 5: Sincronizar las tareas*", se impone la obligación de:

- Programar las tareas de la cadena crítica resultante tan pronto como sea posible.
- Eliminar las holguras de las subcadenas obtenidas, programándolas lo más tarde posible de forma que se reduzca el trabajo en curso.
- Aplicar este procedimiento de forma complementaria a la nivelación de los recursos, ya que a lo hora de sincronizar las tareas de forma ALAP pueden aparecer nuevos conflictos de sobreasignaciones, siendo necesario realizar nuevas iteraciones o movimientos dentro del Diagrama de Gantt hasta la resolución de las nuevas limitaciones surgidas.

Además de la inclusión de un nuevo cronograma previo que recoja los datos obtenidos tras la realización de las fases 1, 2, 3 y 4 del modelo de planificación propuesto, se recomienda el uso de la Tabla 35 y la Tabla 36, desarrolladas para inventariar:

- Las actividades pertenecientes a la cadena crítica y sus duraciones (ver Tabla 35).

Tabla 35. Plantilla de registro de las características de la cadena crítica obtenida

CADENA CRÍTICA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN ($\boldsymbol{dsP_i}$)

- Las subcadenas resultantes (ver Tabla 36), identificando las actividades que las componen, las duraciones de las mismas, las holguras que presentan (*longitud temporal total existente entre la actividad que le precede y la que le sucede menos duración total de la subcadena*) y las actividades a las que alimentan.

Tabla 36. Plantilla de registro de las características de las subcadenas identificadas

SUBCADENA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)	HOLGURA GENERADA CON dsP_i	ACTIVIDAD CRÍTICA A LA QUE ALIMENTA

4.3.5. FASE 5: PROTECCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN CONTRA LA INCERTIDUMBRE

El método de la cadena crítica no pretende la eliminación de la incertidumbre natural de las actividades, sino gestionarla de una forma correcta mediante la inclusión de los llamados buffers, que permiten proteger los proyectos de manera global. Para poder incorporar estos amortiguadores dentro de la planificación previa al inicio de las obras, es imprescindible identificar y calcular el tamaño de los mismos.

4.3.5.1. Tipos de buffers a incluir dentro de la planificación

Aunque el buffer de proyecto es el más relevante, también existen otros como el de alimentación o el de recurso que, combinados con el primero, multiplican la sensación de control y la protección (Online Business School, "Guía práctica sobre la Cadena Crítica", 2014).

- Buffer de Proyecto (PB):

  Este amortiguador depende de la cadena crítica de la obra y se coloca al final de la misma.

  El cálculo de su tamaño viene determinado por la utilización de los modelos de dimensionamiento de buffers propuestos en el apartado "*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*", tal y como se ha realizado para cada una de las obras de análisis.

- Buffer de Alimentación (FB):

  Dentro de un mismo proyecto existen tantos buffers de alimentación como subcadenas haya dentro del cronograma del mismo y se localizan al final de éstas.

  Para la determinación de la longitud de estas reservas de tiempo se propone, al igual que se ha calculado para cada una de las obras de análisis, la utilización de los modelos de dimensionamiento de buffers propuestos en el apartado "*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*".

- Buffer de Recurso (RB):

  Puesto que los buffers de recurso no consumen tiempo, dentro de la planificación diseñada se consideran simples señales de advertencia para que los recursos de los proyectos asignados a una tarea de la cadena crítica puedan prepararse con anterioridad para iniciarla de manera inmediata.

  Para los proyectos analizados desde la perspectiva del contratista, como son los casos de estudio nº1 y nº2, se propone disponer, a lo largo del cronograma previo a las obras, tantos amortiguadores de este tipo como sean necesarios para el inicio a tiempo de las actividades pertenecientes a la CC, incluyendo aquellos avisos que se precisen para notificar al personal externo a la empresa sobre la necesidad de su presencia en la obra.

  Para las obras planificadas, casi exclusivamente, para la realización del seguimiento de las mismas desde la perspectiva de la parte promotora, tal y como sucede en el caso práctico nº3, no se considera la incursión de los buffers de recurso a la planificación de la obra debido a lo ya indicado en el apartado "*4.3.2. Fase 2: Asignación de Recursos a las Obras*".

4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers

Desde la aparición del CCPM en 1998 se han desarrollado múltiples metodologías para el cálculo de los amortiguadores de proyecto y de alimentación, sin embargo, no se ha identificado un procedimiento único que funcione correctamente para cualquier tipo de sector o, como es el caso, para el ámbito de la ingeniería civil.

Puesto que el modelo de planificación propuesto busca la aplicación correcta de la cadena crítica dentro del sector de la construcción, y con el objetivo de poder establecer unas pautas y criterios sobre qué técnicas de dimensionamiento de los buffers de proyecto y de alimentación se deben emplear en función de las características de las obras, entre los procedimientos empíricos explicados en el punto "*3.3.3.4.2. Tamaño de los Buffers*", dentro de la presente tesis se han escogido las metodologías más utilizadas hasta el momento en el ámbito del project management (CP, TC, RSEM), además de desarrollar una nueva técnica denominada Método de la Fracción Crítica (FC).

4.3.5.2.1. Método de Cortar y Pegar (CP)

El método de Cortar y Pegar, ya explicado anteriormente en el punto "*3.3.3.4.2.1. Método de Cortar y Pegar*", es, sin lugar a dudas, el procedimiento de dimensionamiento de buffers más extendido y conocido entre los profesionales del CCPM, debido a la facilidad y comodidad práctica de la utilización de su fórmula de cálculo (Ecuación 17).

Ecuación 17. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método CP

$$Buffer = 0{,}5 \sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)$$

donde:

- n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.
- i : actividad.
- dcP_i : duración de la actividad i con protección.
- dsP_i : duración de la actividad i sin protección.

Para la aplicación de esta técnica al modelo de planificación propuesto para el sector de la construcción, se ha tenido en cuenta las dos posibles perspectivas desde las que se puede realizar la dirección de las obras (DO), ya que los datos a emplear dentro la Ecuación 17 dependerán de esta característica. En la Tabla 37 se recogen de forma resumida los valores de duración de actividades con protección y sin protección que se deben de utilizar en función de la óptica desde la que se realice la DO:

Tabla 37. Datos de entrada para la aplicación del método CP según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra

	DO: Contratista o parte adjudicataria de la obra (ejemplo caso nº1 y caso nº2)	DO: Administración o parte promotora de la obra (ejemplo caso nº3)
dcP	= Duración de la actividad en el proyecto original (datos de proyecto)	= Duración de la actividad en el cronograma presentado por el contratista (datos de adjudicación)
dsP	= Duración real de la actividad calculada por el adjudicatario (datos obtenidos tras la aplicación del punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*")	= Duración real de la actividad calculada por el director de obra de la promotora (datos obtenidos tras la aplicación del punto "*4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad*")

Tras la aplicación de este método de dimensionamiento de buffers se obtienen los datos de salida que se indican en la Tabla 38:

Tabla 38. Datos de salida tras la aplicación del método CP

Cadena sobre la que se aplica el cálculo	Datos de salida
Cadena crítica (CC)	PB_{CP}
Subcadena i (SC_i)	FB_{i_CP}

4.3.5.2.2. Método del Tercio Crítico (TC)

Tal y como ya se ha indicado en el punto "*3.3.3.4.2.2. Método del Tercio Crítico*", para la aplicación de este método de cálculo del tamaño de los amortiguadores de proyecto y de alimentación se debe utilizar la Ecuación 18.

Ecuación 18. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método TC

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/3$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección.

Aunque para la aplicación de este procedimiento de dimensionamiento de buffers sólo es preciso conocer los datos de las duraciones sin protección de las actividades, al igual que en el apartado anterior ("*4.3.5.2.1. Método de Cortar y Pegar (CP)*"), dentro del sector de la ingeniería civil es preciso tener en cuenta la perspectiva desde la que se realiza la dirección de las obras para la utilización adecuada de los valores a introducir en la Ecuación 18 (ver Tabla 39).

Tabla 39. Datos de entrada para la aplicación del método TC según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra

	DO: Contratista o parte adjudicataria de la obra (ejemplo caso nº1 y caso nº2)	DO: Administración o parte promotora de la obra (ejemplo caso nº3)
dsP	= Duración real de la actividad calculada por el adjudicatario (datos obtenidos tras la aplicación del punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*")	= Duración real de la actividad calculada por el director de obra de la promotora (datos obtenidos tras la aplicación del punto *4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad*")

Los datos de salida que se alcanzan tras la utilización del procedimiento del Tercio Crítico son los que se exponen en la Tabla 40:

Tabla 40. Datos de salida tras la aplicación del método TC

Cadena sobre la que se aplica el cálculo	Datos de salida
Cadena crítica (CC)	PB_{TC}
Subcadena i (SC_i)	FB_{i_TC}

4.3.5.2.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

Con objeto de proteger la programación obtenida tras el modelo de planificación propuesto mediante las reservas de tiempo calculadas con el método RSEM, definido en el punto "*3.3.3.4.2.3. El Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados*", es imprescindible la aplicación de la Ecuación 19.

Ecuación 19. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método RSEM

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)^2}$$

donde:

- n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.
- i : actividad.
- dcP_i : duración de la actividad i con protección (duración de bajo riesgo de la actividad i).
- dsP_i : duración de la actividad i sin protección (duración de alto riesgo de la actividad i).

Puesto que los datos de entrada necesarios para la utilización de la Ecuación 19, son los mismos que los que emplea el método CP (ver "*4.3.5.2.1. Método de Cortar y Pegar (CP)*"), y teniendo en cuenta que la dirección de obra de los proyectos de ingeniería civil se pueden realizar desde dos puntos de vista diferenciados, la Tabla 41 (sobre los valores a introducir en la fórmula de cálculo del procedimiento RSEM) coincide íntegramente con la expuesta en la Tabla 37.

Por otra parte, es preciso destacar que, los datos de salida que se obtienen tras la aplicación del Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados se han identificado en la Tabla 42.

Tabla 41. Datos de entrada para la aplicación del método RSEM según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra

	DO: Contratista o parte adjudicataria de la obra (ejemplo caso nº1 y caso nº2)	DO: Administración o parte promotora de la obra (ejemplo caso nº3)
dcP	= Duración de la actividad en el proyecto original (datos de proyecto)	= Duración de la actividad en el cronograma presentado por el contratista (datos de adjudicación)
dsP	= Duración real de la actividad calculada por el adjudicatario (datos obtenidos tras la aplicación del punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*")	= Duración real de la actividad calculada por el director de obra de la promotora (datos obtenidos tras la aplicación del punto *4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad*")

Tabla 42. Datos de salida tras la aplicación del método RSEM

Cadena sobre la que se aplica el cálculo	Datos de salida
Cadena crítica (CC)	PB_{RSEM}
Subcadena i (SC_i)	FB_{i_RSEM}

4.3.5.2.4. Método de la Fracción Crítica (FC)

A diferencia de los procedimientos de dimensionamiento de buffers CP, TC y RSEM, ampliamente conocidos y utilizados por los expertos en el CCPM, el Método de la Fracción Crítica, es totalmente de elaboración propia.

Esta técnica, planteada como una variación del Tercio Crítico, surge de la idea básica de estimar reservas de tiempo lo suficientemente ajustadas para poder completar los proyectos en tiempo, sin un exceso o defecto de protección como sucede con otras metodologías de cálculo del tamaño de los amortiguadores, adaptando la fórmula a la premisa de que dichos buffers no deben ser inferiores al 25% de la longitud de las cadenas o subcadenas correspondientes (ver Ecuación 26).

Ecuación 26. CCPM. Tamaño de los buffers mediante el método FC

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/4$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección.

Se ha considerado que una de las principales ventajas de este método es que únicamente depende del tamaño de las cadenas de tareas calculadas sin ningún tipo de protección. Esta característica no sólo simplifica los datos necesarios para la realización de los cálculos, sino que también facilita el uso de este procedimiento dentro del sector de la construcción, al poder ser empleado por cualquier tipo de obra independientemente de si se programa desde inicio aplicando el CCPM o por el contrario se adapta a esta metodología con posterioridad al proyecto original.

Tal y como se ha defendido en apartados anteriores, dentro de los proyectos de ingeniería civil la dirección de obra puede realizarse desde dos perspectivas diferentes, por lo que los valores de entrada necesarios para determinar el tamaño de los amortiguadores de proyecto y de alimentación mediante FC serán diferentes dependiendo de la óptica desde la que se realice el estudio (ver Tabla 43).

Tabla 43. Datos de entrada para la aplicación del método FC según la perspectiva desde la que se realiza la dirección de la obra

	DO: Contratista o parte adjudicataria de la obra (ejemplo caso nº1 y caso nº2)	DO: Administración o parte promotora de la obra (ejemplo caso nº3)
dsP	= Duración real de la actividad calculada por el adjudicatario (datos obtenidos tras la aplicación del punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*")	= Duración real de la actividad calculada por el director de obra de la promotora (datos obtenidos tras la aplicación del punto *4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad*")

Puesto que TC y FC emplean los mismos datos de entrada en sus fórmulas (Ecuación 18 y Ecuación 26 respectivamente), tal y como ha quedado expuesto, las tablas resumen de datos de entrada para la utilización de ambas técnicas son idénticas (ver Tabla 39 y Tabla 43).

Los datos de salida que se alcanzan con el Método de la Fracción Crítica se identificarán según lo indicado en la Tabla 44.

Tabla 44. Datos de salida tras la aplicación del método FC

Cadena sobre la que se aplica el cálculo	Datos de salida
Cadena crítica (CC)	PB_{FC}
Subcadena i (SC_i)	FB_{i_FC}

4.3.5.3. Dimensionamiento de los buffers

Tras la aplicación del método de dimensionamiento de buffers seleccionado, se recomienda anotar los valores obtenidos para el amortiguador de proyecto y de alimentación, pudiendo servir de ejemplo las plantillas diseñadas para su utilización en las obras de estudio, tal y como se presentan en la Tabla 45 y en la Tabla 46.

Tabla 45. Plantilla de registro del valor del buffer de proyecto

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$	Nombre Buffer	Cálculo del buffer	Duración máx. del proyecto	Duración escogida del buffer*

* Debe cumplirse que: duración de PB ≤ duración máxima del proyecto – dsP_i de la cadena crítica.

Tabla 46. Plantilla de registro del valor del buffer de alimentación

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$	Nombre Buffer	Cálculo del buffer	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$	Duración escogida del buffer*

* Debe cumplirse que: duración de FB_i ≤ holgura generada con dsP_i de la subcadena.

Si se emplea más de un método para el cálculo de las reservas de tiempo propias del CCPM, es aconsejable recopilar los resultados alcanzados con cada uno de los procedimientos en una única tabla para cada uno de los diferentes tipos de buffer determinados (ejemplo Tabla 47 y Tabla 48).

Tabla 47. Tabla resumen de la duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Cadena crítica	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento			
		CP	TC	RSEM	FC

Tabla 48. Tabla resumen de la duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Subcadena	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento			
		CP	TC	RSEM	FC

4.3.6. FASE 6: DESARROLLO DEL CRONOGRAMA DE LA CADENA CRÍTICA

La fase 6 del modelo de planificación propuesto corresponde a la última etapa perteneciente al método del CCPM y consiste en la inclusión de los buffers propios de esta metodología (calculados según el punto "*4.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre*") dentro del cronograma previo obtenido con anterioridad en el apartado "*4.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos*".

Es preciso destacar que, existirán tantos Diagramas de Gantt como procedimientos de cálculo del tamaño de los amortiguadores se hayan utilizado, siempre que los resultados obtenidos por los mismos sean distintos. Además, una vez desarrolladas las diferentes programaciones de obra, es indispensable realizar una evaluación de las mismas, para comprobar que no haya aparecido ningún tipo de restricción en cuyo caso se volverá al paso anterior que permita su corrección.

Para las obras analizadas en la presente tesis se continuó utilizando los mismos programas informáticos con los que se habían elaborado los cronogramas previos ("*4.3.3.2. Cronograma previo de las obras*") de forma que:

- En los casos nº1 y nº2, cuyas programaciones fueron realizadas mediante Diagramas de Gantt de desarrollo propio, se incluyeron los amortiguadores calculados al final de la última actividad de la cadena de tareas correspondiente (PB al final de CC y FB a continuación de la SC pertinente).

- En las planificaciones del caso nº3, desarrolladas mediante el software informático Microsoft Project 2016, se introdujeron los buffers obtenidos como actividades independientes, insertándolos de forma correlativa en la EDT definida en el programa.

4.3.7. FASE 7: ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DEL PRESUPUESTO

Con objeto de poder unificar dentro de un único plan de obra la previsión de tiempo y de coste, para el modelo de planificación planteado y utilizado en los casos prácticos de la presente tesis, se propone integrar los métodos de la cadena crítica y del valor ganado mediante la inclusión de los importes aprobados para las diferentes actividades de la EDT en el cronograma alcanzado tras la aplicación del CCPM ("*4.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica*"). De esta forma, además de la programación de los plazos del proyecto, se puede definir la línea base del presupuesto, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El coste de cada una de las tareas en las que se estructura una obra se encuentra recogido en el Presupuesto de Ejecución Material.

- Los importes obtenidos se colocan a lo largo del tiempo programado para la ejecución de la obra mediante su incorporación dentro de los diferentes diagramas de Gantt desarrollados tras la planificación de la misma. Para los casos de estudio, los costes previstos para cada una de las actividades de la EDT se han distribuido considerando un reparto ponderado de los mimos a lo largo de la duración calculada para la realización de dichas tareas.

- Las cifras presentadas se expresan en unidades monetarias, siendo para los casos prácticos euros (€).

- La suma de los importes fijados, para cada una de las actividades de la EDT, permite determinar los costes totales presupuestados del trabajo programado (PV) tanto para la unidad de tiempo empleada en la obra de análisis (diaria en los casos nº1 y nº2 y semanal en la obra nº3), como de forma acumulada.

- La línea base de un proyecto es aquella que se obtiene a partir de las cantidades acumuladas del valor planificado.

- El tamaño del PB no influye en el desarrollo de las líneas base ya que, al situarse después de la fecha calculada para la finalización del proyecto sin ningún tipo de protección y ser esta común a todas las metodologías empleadas de dimensionamiento de buffers, la localización de las actividades pertenecientes al CC dentro del cronograma de proyecto no varía.

- Existirán tantas líneas base de presupuesto como procedimientos de cálculo del tamaño de los amortiguadores se hayan utilizado, siempre que los valores obtenidos de FB sean diferentes.

Los valores de PV de cada uno de los casos prácticos han sido recogidos en diferentes tablas de elaboración propia siguiendo la plantilla que se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49. PV para la fecha de control y acumulado

FECHA DE CONTROL						
PV	EN LA FECHA DE CONTROL					
	A ORIGEN					

4.3.8. FASE 8: DEFINICIÓN DE LOS HITOS DEL PROYECTO

Un hito es una tarea de duración cero que marca un evento importante en el proyecto, normalmente la conclusión o logro de una determinada actividad, decisión o fase. Estas señales en el cronograma no son actividades, es decir que no consumen tiempo ni recursos, son, tan sólo, puntos de referencia que facilitan la monitorización de un determinado proyecto.

Con objeto de favorecer el reconocimiento de los éxitos importantes alcanzados durante la ejecución de las obras, en la fase 8 del modelo de planificación diseñado, se recomienda colocar algunos hitos dentro de las planificaciones obtenidas tras el paso anterior ("*4.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*").

Aunque el número de estas marcas es variable en función de la complejidad del proyecto y la valoración del director de obra, para una colocación adecuada y útil de los mismos es necesario establecer algunos criterios de distribución. De esta forma, se ha considerado que se debe incluir hitos dentro del cronograma de una obra para los siguientes casos:

- Actividades o tareas de la EDT con mayor relevancia dentro del presupuesto.
- Puntos clave dentro del cronograma general del proyecto.
- Unidades o trabajos con mayor peso específico dentro de cada capítulo.
- Tareas características de la cadena crítica del proyecto cuyo inicio o conclusión marque una fecha importante en el calendario del mismo.
- Subcadenas principales con una gran influencia durante la ejecución de la CC o del proyecto.
- Otras unidades que a pesar de no considerarse importantes tengan una transcendencia propia significativa.

Estas pautas fueron tomadas en cuenta para la incorporación de puntos de control dentro de los cronogramas correspondientes a cada una de las obras de estudio de la presente investigación.

4.4. MODELO PROPUESTO PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS

"No se puede desatar un nudo
sin saber cómo está hecho".
Aristóteles

Las herramientas de control y seguimiento de proyectos son básicas para realizar una buena dirección y gestión del trabajo de forma que se pueda comprobar el cumplimiento de los objetivos marcados en la planificación de sus actividades durante la realización de las mismas. Estas revisiones deben producirse de manera periódica con el objetivo de comprender el progreso del proyecto y aplicar las acciones correctivas apropiadas cuando la ejecución de las obras se desvíe significativamente de su programación.

El modelo propuesto para el seguimiento de los proyectos de ingeniería civil, basado en la integración de las técnicas del valor ganado y la cadena crítica, pretende definir un proceso sencillo de control, tanto de tiempos como de costes, que permita tomar decisiones de forma rápida y eficaz, mediante la realización de los siguientes pasos:

- Fase 1. Determinar el valor ganado.
- Fase 2. Identificar los costes reales de la obra.
- Fase 3. Calcular los parámetros e indicadores propios del EVM.
- Fase 4. Analizar el consumo de los buffers mediante la aplicación de EVM al CCPM.
- Fase 5. Diseñar las Fever Chart.
- Fase 6. Toma de decisiones.

4.4.1. FASE 1: DETERMINACIÓN DEL VALOR GANADO

Una de las etapas más importantes dentro de un sistema de gestión de proyectos apoyado en el EVM, es la determinación del avance de cada componente de la EDT mediante la estimación del valor ganado para un momento concreto de control.

A pesar de la existencia de múltiples técnicas de medición de dicho parámetro ("*3.2.6. Técnicas de Medición del Valor Ganado*"), no existe un método preestablecido y sencillo para el cálculo del EV que funcione perfectamente para cualquier tipo de actividad.

Aunque probablemente el mejor enfoque para la evaluación del progreso físico de la obra sea permitir múltiples técnicas de medición, se ha considerado que la aceptación y utilización del modelo de seguimiento propuesto puede ser el resultado de encontrar la justa armonía entre la facilidad de implementación y la obtención de resultados exactos.

El método basado en la combinación de las estimaciones de porcentaje completado con hitos utilizados como puntos de control confiere un perfecto equilibrio al combinar las valoraciones de carácter subjetivas del director de obra con la objetividad y exactitud de las referencias incluidas en el cronograma de proyecto ("*4.3.8. Fase 8: Definición de los Hitos del Proyecto*").

La evaluación del EV de las obras de estudio ("*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*") se ha realizado siguiendo lo establecido en la presente fase, así como en los criterios identificados en el punto "*3.2.6.4. Combinación de los Métodos de Porcentaje Completado con Hitos utilizados como Puntos de Control*" correspondiente al método de medición de este parámetro, definiendo el valor ganado de cada una de las actividades, cuya suma total es la que proporciona el EV de proyecto para cada una de las inspecciones realizadas por el director de obra.

Cabe destacar que, los resultados de EV obtenidos para cada uno de los casos prácticos han sido recogidos en diferentes tablas de elaboración propia siguiendo la plantilla que se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50. EV para la fecha de control y acumulado

FECHA DE CONTROL						
EV	% AVANCE					
	EN LA FECHA DE CONTROL					
	A ORIGEN					

4.4.2. FASE 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS COSTES REALES DE LA OBRA

Para poder llevar a cabo el control de los presupuestos de los proyectos de construcción mediante el método del valor ganado es preciso conocer los costes reales del trabajo ejecutado, los cuales son suministrados por el área competente de cuantificar los gastos generados en la obra.

Es preciso tener en cuenta que, en función de la perspectiva desde la que se realiza la dirección de las obras, la forma de obtener los valores de los costes reales para cada una de las fechas de control escogidas es distinto, ya que la importancia de los mismos es es diferente, ya que la importancia de los mismos varía. Esta diferencia ya fue subrayada anteriormente por otros autores (Valderrama & Guadalupe García, 2010), denominando modelo general al realizado por el contratista y modelo reducido al seguido por la administración:

- Modelo general:

  Este modelo es el más común y más sencillo de entender, ya que se corresponde a los sobrecostos incurridos por el adjudicatario durante la fase de ejecución de las obras.

  El cálculo de este factor puede realizarse a partir de los partes de trabajo elaborados por el contratista para cada período de control, tal y como se ha realizado en el caso nº1 y nº2 gracias a los registros diarios de los gastos incurridos durante el avance producido en dichas obras.

- Modelo reducido:

  Desde la perspectiva de la administración no es aplicable el modelo general para el cálculo del AC ya que no es objeto de la parte promotora averiguar los sobrecostes o ganancias del contratista.

  Aunque puede parecer que bajo esta óptica de análisis el estudio del coste real de las obras carece de importancia, lo cierto es que este valor hace referencia a lo que realmente se ejecutó fuera de la planificación original, siendo interesante para la administración conocer las unidades de más o de menos que se materializaron durante la realización de los trabajos en comparación con lo previsto en proyecto.

Tal y como se ha calculado en el caso práctico nº3, esta medición se corresponde a la cantidad que finalmente es certificada (certificación total), incluyendo aquellas unidades que no estaban dentro del presupuesto aprobado, y que por lo tanto el promotor debe pagar al adjudicatario.

Los valores de AC, utilizados para la aplicación del EVM en cada uno de los casos prácticos, identificados para los períodos de control definidos en dichas obras, han sido resumidos en diferentes tablas de elaboración propia, siguiendo el modelo que se muestra en la Tabla 51:

Tabla 51. AC para la fecha de control y acumulado

FECHA DE CONTROL						
AC	EN LA FECHA DE CONTROL					
	A ORIGEN					

4.4.3. FASE 3: CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS E INDICADORES PROPIOS DEL EVM

A partir de los valores que adquieren, para cada uno de los períodos de control establecidos en las obras, PV, EV y AC (obtenidos en otras fases del modelo de planificación y seguimiento propuesto: "*4.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*", "*4.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" y "*4.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*" respectivamente) se puede proceder al tratamiento de los datos mediante el EVM para la realización del control propio de las obras con este procedimiento.

Los resultados acumulados obtenidos para cada una de las principales variables del método del valor ganado permiten la representación de las curvas "S" de los proyectos, teniendo en cuenta que se obtienen tantas gráficas como líneas base se hayan elaborado en la etapa explicada en el apartado "*4.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*". Por otra parte, es preciso destacar que se recomienda el uso de una escala de colores para la identificación y distinción de la tendencia de los parámetros incluidos en el gráfico. Dentro de los casos prácticos se ha empleado el color negro para PV, el rojo para EV y el azul para AC.

Aunque en el modelo de seguimiento planteado el EVM se emplea únicamente para realizar un control de los costes de las obras del sector de la ingeniería civil, tomando de referencia los anteriores índices y las fórmulas propias del EVM expuestas en los apartados "*3.2.4. Indicadores más comunes del EVM*" y "*3.2.5. Proyecciones*" de la presente tesis, es necesario realizar el cálculo de las variables, indicadores de rendimiento y las estimaciones o proyecciones a la finalización, relativos tanto al factor coste como al tiempo.

Tal y como se realizó para cada una de las obras de análisis ("*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*"), todos los cálculos desarrollados con este procedimiento deben ser recogidos en una tabla para facilitar el tratamiento de los datos y la creación de gráficas que permitan simplificar la comprensión de los valores identificados, sirviendo como modelo la que se muestra en la Tabla 52 y Tabla 53.

Tabla 52. Cálculos obtenidos mediante la aplicación de EVM al modelo propuesto para el seguimiento de las obras. Parte 1 de 2.

Fecha de control				
Número de fecha de control				

BAC				
Coste planificado (PV)				
Valor ganado (EV)				
Coste real (AC)				
Programación ganada (ES)				

Variación en coste (CV)				
Variación en plazo (SV)				
Desviación programación: SV (t)				
Eficiencia en coste (CPI)				
Eficiencia en plazo (SPI)				
Eficiencia en Programación: SV (t)				
Eficiencia en coste - plazo (CSI)				

	Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers		Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Tabla 53. Cálculos obtenidos mediante la aplicación de EVM al modelo propuesto para el seguimiento de las obras. Parte 2 de 2

Fecha de control				
Número de fecha de control				
DESVIACIONES ATÍPICAS				
Presupuesto estimado (EAC)				
Estimación hasta conclusión (ETC)				
Variación a conclusión (VAC)				
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS				
Presupuesto estimado (EAC)				
Estimación hasta conclusión (ETC)				
Variación a conclusión (VAC)				
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS				
Presupuesto estimado (EAC)				
Estimación hasta conclusión (ETC)				
Variación a conclusión (VAC)				
Porcentaje finalizado (%)				

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Es preciso destacar que, se elaborarán tantos cálculos de control como líneas bases se hayan obtenido durante la programación del proyecto, en función de los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers empleados.

4.4.4. FASE 4: ANÁLISIS DEL CONSUMO DE LOS BUFFERS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE EVM AL CCPM

La gestión de un proyecto con el CCPM se basa en la relación existente entre el grado de consumo del buffer de proyecto y el grado de avance de los trabajos programados, por lo que la fase 4 del modelo de seguimiento propuesto consiste en el cálculo de este primer parámetro.

Aunque CB es un porcentaje que debe ser actualizado para cada una de las fechas de control (Newbold, 2010), no existe prácticamente literatura al respecto que identifique una manera matemática de determinar dicho valor. En este contexto, la integración de las metodologías del valor ganado y de la cadena crítica no sólo permite combinar ambos procedimientos para el seguimiento de los costes y de los tiempos, respectivamente, sino que también facilita el cálculo del porcentaje de amortiguador consumido de forma automática y analítica mediante la aplicación de la Ecuación 27, de desarrollo y experimentación propia, la cual permite obtener el valor exacto de CB para cualquier momento de estudio:

Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido

$$\%\ buffer\ consumido\ (\%CB) = -\left(\frac{ES - t_C}{t_{PB}}\right) \cdot 100 = -\left(\frac{SV(t)}{t_{PB}}\right) \cdot 100$$

donde:

- ES : programación ganada.
- t_C : tiempo de control.
- $SV(t)$: desviación en programación → $SV(t) = ES - t_C$
- t_{PB} : duración del buffer de proyecto calculados según las metodologías de dimensionamiento de buffers:
  - (1) t_{PB_CP} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de "Cortar y Pegar" (CP)
  - (2) t_{PB_TC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método del Tercio Crítico (TC)
  - (3) t_{PB_RSEM} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)
  - (4) t_{PB_FC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Fracción Crítica (FC)

La utilización de esta fórmula (Ecuación 27), está supeditada a los resultados calculados para el dimensionamiento de los amortiguadores del proyecto durante la Fase 5 del modelo de programación propuesto ("*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*"), así como a los valores deducidos tras la aplicación del método del valor ganado durante la Fase 3 del procedimiento planteado para el seguimiento de los proyectos ("*4.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*").

Se recomienda el uso de tablas, como por ejemplo la elaborada para los casos de estudio de la presente investigación (Tabla 54), para registrar los resultados obtenidos tras el cálculo de CB para cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers utilizados.

Tabla 54. Plantilla de registro de los valores de %CB calculados mediante el procedimiento propuesto para la gestión de proyectos

Fecha de control				

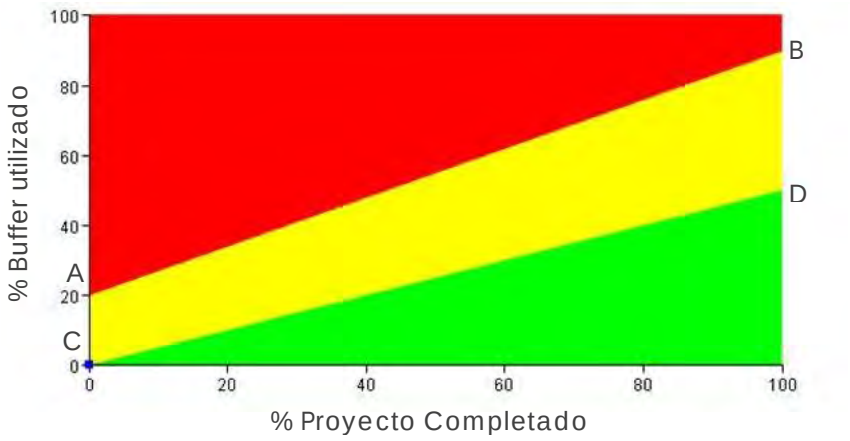
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS				
Duración del buffer de proyecto (t_{PB})				
Desviación en programación: SV (t)				
% de buffer consumido ($\%CB_{PB}$)				

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

4.4.5. FASE 5: DISEÑO DE LAS FEVER CHART

Aprovechando que la principal ventaja de la aplicación del método de la cadena crítica es la facilidad con la que se realiza el seguimiento de los plazos de los proyectos, gracias a la utilización de las denominadas Fever Chart (Figura 26 del punto "*3.3.4. Etapa de Seguimiento*"), dentro del modelo propuesto para la gestión de las obras de ingeniería civil, se ha contemplado la utilización de estos gráficos al permitir comprender, de una manera más sencilla y visual, el avance de los trabajos planificados en función del grado de consumo del buffer de proyecto.



(Figura 26 del punto "3.3.4. Etapa de Seguimiento" de la presente tesis)

Atendiendo a los factores necesarios para el desarrollo de estas hojas de control y los parámetros calculados en etapas anteriores a la presente fase, para el modelo de seguimiento de proyectos planteado, basado en la integración del CCPM y el EVM, se ha considerado que:

- El porcentaje de proyecto finalizado para la fecha de control seleccionada viene determinado por la relación existente entre el EV y el BAC de la obra, calculados con anterioridad en el punto "*4.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*".
- El grado de consumo de los buffers para el momento de análisis se encuentra definido en el apartado "*4.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*" de la presente tesis.
- Es recomendable recoger dentro de una tabla los valores de los datos que se incluirán en las mismas, pudiendo servir como ejemplo la elaborada para su utilización en los casos prácticos de la investigación (ver Tabla 55).

Tabla 55. Plantilla de registro de los datos necesarios para el diseño de las Fever Chart

FECHA DE CONTROL						
% de proyecto finalizado						
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}					
	% CB_{PB_TC}					
	% CB_{PB_RSEM}					
	% CB_{PB_FC}					

Aunque el diseño de las Fever Chart se desarrolla siguiendo lo establecido en el punto "*3.3.4. Etapa de Seguimiento*", la delimitación de las diferentes regiones vendrá condicionada por el tipo de obra y el nivel de control que el director de proyecto quiera realizar. Para los casos prácticos, las líneas que establecen la separación entre estos sectores se diseñaron de forma que se enfocase una mayor vigilancia de las obras durante las fases de inicio y final de las mismas.

Es preciso destacar que existen tantas "tablas de fiebre" como métodos de dimensionamiento de buffers se utilicen para el análisis de los proyectos.

4.4.6. FASE 6: TOMA DE DECISIONES

El objetivo básico de cualquier método de seguimiento de proyectos es conocer, comprobar y examinar el cumplimiento de los objetivos planificados, de forma que se puedan tomar las decisiones adecuadas ante cualquier variación que surja durante la ejecución de los trabajos.

A partir de los datos definidos durante la etapa de programación del modelo propuesto y tras la realización del seguimiento con el método definido, el análisis del estado de las obras y las acciones que se deben aplicar a las mismas mediante el procedimiento basado en el CCPM es muy sencillo, pues dependen, únicamente, de la región de los gráficos Fever Chart en la que se encuentre el punto de control.

Siguiendo lo expuesto en el apartado "*3.3.4. Etapa de Seguimiento*", se recomienda la adopción de:

- Medidas de rescate o correctoras para evitar el retraso en la fecha de conclusión de las obras, cuando los amortiguadores de proyecto se consuman a un ritmo superior que el avance de los trabajos (zona roja).

- Medidas proactivas o de prevención con el objetivo de proteger la fecha de terminación de los proyectos cuando el punto de control se encuentre en la franja amarilla del gráfico.

- Medidas de atención cuando la relación existente entre el grado de consumo del buffer y el grado de avance de los trabajos se localice en la región verde.

4.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

"Cuanto más complicado es un problema,
más sencilla es la solución".
Eliyahu M. Goldratt

Finalizadas las obras de los casos prácticos y basándose en la filosofía del CCPM, que centra sus esfuerzos en las actividades pertenecientes a la cadena crítica, con carácter experimental, se intentó aplicar el modelo de seguimiento de proyectos desarrollado en la presente investigación ("*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*"), solamente a la CC de las obras analizadas.

Aunque la gestión de proyectos se debe realizar para la totalidad de los trabajos que componen las obras, se consideró que un tratamiento diferenciado de las actividades pertenecientes a la cadena crítica puede simplificar los cálculos y la atención de la dirección del proyecto únicamente a aquellas tareas que son claves en el mismo, siempre y cuando su CC no sufra ninguna modificación o alteración durante su ejecución.

4.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL

"No he fracasado, he encontrado 10.000 maneras
en las que esto no funciona".
Thomas Alva Edison

Para poder comprender las diferencias positivas o negativas de la aplicación, al sector de la construcción, del método propuesto basado en la cadena crítica, se ha considerado interesante el análisis de las diferentes obras de estudio ("*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*") desde el punto de vista de las técnicas de dirección de proyectos más tradicionales y habituales.

Entre los procedimientos de planificación y control existentes, donde no se presta especial atención a la disponibilidad de los recursos, el sobredimensionamiento de la duración de las actividades y el desperdicio de las holguras individuales, se escogió el método del valor ganado ya que:

- Ha sido considerado durante muchos años como uno de los sistemas de seguimiento y control de proyectos más completos.
- Su procedimiento ya ha sido introducido en esta tesis con motivo de la integración planteada del EVM y el CCPM dentro del modelo de gestión de proyectos propuesto.

Es preciso destacar que el análisis de los casos prácticos, empleando únicamente el método del valor ganado, se realizó con posterioridad a la conclusión de las obras de estudio.

CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS Y RESULTADOS

"Quien no ve la mano que realiza la escritura, supone que el resultado procede del movimiento de la pluma".
Rumi

Debido a la magnitud de los cálculos realizados tras la aplicación del modelo propuesto para la planificación y el seguimiento de los proyectos del sector de la construcción (desarrollado en los apartados "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" y "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*"), a cada uno de los casos prácticos utilizados en la presente tesis (definidos en el punto "*4.1. Selección de casos prácticos para la investigación*"), en el "*Anejo B. Estudio del Caso Práctico Nº1*", "*Anejo C. Estudio del Caso Práctico Nº2*" y "*Anejo D. Estudio del Caso Práctico Nº3*" se recogen los resultados obtenidos para las diferentes obras de estudio, exponiendo, de forma pormenorizada y detallada, todos los pasos realizados para su determinación.

Fruto de la experiencia adquirida en base a la implementación del procedimiento apoyado en el CCPM en diversas obras de ingeniería civil y con distinta perspectiva de control, se han identificado ciertos procedimientos, criterios, hipótesis y resultados de relevancia, los cuales son objeto de un análisis más exhaustivo.

5.1. ANÁLISIS DEL MODELO PROPUESTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS

"Aprovechad el tiempo que vuela tan aprisa,
el orden os enseñará a ganar tiempo".
Johann W. Goethe

Como ya han identificado otros autores, el sector de la construcción tiende a considerar las programaciones como un mal necesario (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014), sin embargo, una buena planificación es clave para una correcta ejecución de las distintas fases de las obras, así como pieza estratégica para poder llevar a cabo el seguimiento de las mismas.

Aunque el método de la cadena crítica se aleja de la filosofía de los procedimientos tradicionales de dirección de proyectos algunos de sus conceptos como la eliminación de la multitarea, el reparto adecuado de los recursos disponibles y la programación de las tareas lo más tarde posible son sencillos de entender, aplicar e incorporar al ámbito de la gestión de los proyectos de ingeniería civil. No obstante, dentro de este contexto, la determinación de las duraciones reales de las tareas y la elección del método de dimensionamiento de buffers son las dos fases, del modelo propuesto para la planificación de las obras, que requieren un mayor esfuerzo extra, al suponer un cambio significativo en la forma de elaborar los cronogramas de las obras.

5.1.1. PROGRAMACIÓN DE LOS PLAZOS DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Algunos expertos en el CCPM defienden la programación de los plazos de los proyectos como la medición de la cantidad de incertidumbre incorporada a la duración de cada una de las tareas que los componen y la eliminación de estos colchones de tiempo previstos (Shou & Yao, 2000), (Goldratt, 2001), (Urso, 2005), (Rezaie, Manouchehrabadi, & Nazari Shirkouhi, 2009), sin embargo, se ha considerado que esta ideología no es completamente acertada para aquellas obras en las que la planificación y el control de los trabajos se realiza desde la perspectiva de la parte adjudicataria, ya que todo proyecto planteado bajo los criterios del método de la cadena crítica debe tender a la estimación,

desde el origen, de las duraciones reales de las actividades sin ningún tipo de protección (ver Tabla 56).

Tabla 56. Conceptos temporales para las obras cuya dirección de proyectos se realiza desde la perspectiva de la parte adjudicataria

dcP	Este concepto no debe existir en las planificaciones realizadas por el contratista para la gestión de los proyectos, ya que supone un esfuerzo extra que no posee mayor interés. La duración establecida en el proyecto constructivo debe aportar ciertas referencias al contratista, pero no debe utilizarse como comparativa al haber sido diseñado de forma genérica para la licitación, independientemente de los recursos, capacidades o características de las empresas candidatas a la adjudicación.
dsP	Se corresponde a la duración real de las actividades calculada por el adjudicatario tras la planificación de las obras, desde el origen, bajo la filosofía del CCPM.

El cálculo de los plazos reales, necesarios para la ejecución de cada una de las tareas, es uno de los ejes fundamentales del sistema, ya que requiere un conocimiento adecuado de los rendimientos de los recursos y un importante registro de las "lessons learned" en otros trabajos similares que permitan determinar duraciones creíbles sin sobredimensionamientos, tal y como quedó demostrado con los casos prácticos nº1 y nº2 de la presente investigación.

Aprovechando las particularidades que diferencian el sector de la ingeniería civil de otros tipos de industrias, ya que la mayoría de los trabajos ejecutados por las empresas de este ámbito son contratados por las administraciones públicas, previa presentación a los concursos correspondientes; la planificación de las obras basada en el CCPM puede suponer una importante ventaja para el contratista, favoreciéndolo para:

- Estudiar su margen económico y temporal, a diferencia de las técnicas tradicionales que se centran, casi de forma exclusiva, en los costes del proyecto.
- Evaluar su capacidad real para finalizar las obras en la fecha establecida dentro de los pliegos de licitación.
- Valorar la creación de las denominadas UTEs o la adición de más recursos, con su correspondiente aumento de los precios de ejecución, en caso de no poder asegurar el cumplimiento de los plazos exigidos.

- Poseer más información para la realización de la oferta pertinente.

Por otra parte, en los casos en los que la dirección de obra se realiza desde la perspectiva de la parte promotora, no es competencia del project manager, designado por la administración, poseer conocimiento sobre el grado de desempeño de la empresa contratista, en cuyo caso es totalmente aceptable la eliminación de los márgenes de seguridad existentes en el cronograma propuesto por el adjudicatario (tal y como se realizó en el caso práctico nº3) o, si este no hubiese sido requisito para la presentación a la licitación de las obras, en la programación original del proyecto constructivo (ver Tabla 57).

Aunque algunos autores justifican que para la programación basada en el CCPM basta con reducir las estimaciones al 50% (Taher & El-Korany, 2016), se ha considerado que esto no es correcto, ya que el juicio personal y la experiencia del director de obra puede determinar diferentes porcentajes de protección según el tipo de obra, los plazos previstos, el contratista encargado de la obra… e incluso puede destapar la existencia de duraciones por debajo de lo realmente preciso.

Tabla 57. Conceptos temporales para las obras cuya dirección de proyectos se realiza desde la perspectiva de la parte promotora

dcP	Coincide con la duración de las actividades en el cronograma presentado por el contratista o, si este no hubiese sido diseñado, en la programación original del proyecto constructivo.
dsP	Se corresponde a la duración real de las actividades calculada por la parte promotora o, en el caso de no poseer datos suficientes para realizar una planificación desde el origen sin ningún tipo de protección, mediante la eliminación de los márgenes de seguridad presentados en el cronograma inicial (con dcP) según el criterio del director de obra.

5.1.2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS

La utilización de la metodología de la Cadena Crítica en los proyectos de construcción utilizados como casos prácticos, ha supuesto todo un reto ya que, a pesar de la amplia literatura existente sobre el CCPM (analizada anteriormente en el apartado "*3.3.5. Estado de la cuestión*"), no se han encontrado estudios en los que se hayan adaptado y probado, dentro

del ámbito real de las obras de construcción, los procedimientos de cálculo de la duración de las reservas de programación.

Con motivo del amplio vacío ligado a la selección de las técnicas de dimensionamiento de buffers, para las obras de estudio nº1, nº2 y nº3 de la presente investigación se presentaron los cronogramas resultantes tras el empleo de los diferentes procedimientos de cálculo del tamaño de los amortiguadores (tal y como queda recogido dentro del *Anejo B, Anejo C* y *Anejo D*, respectivamente), de cuyos resultados (ver de la Tabla 58 a la Tabla 60) se puede observar una mejora significativa con respecto a los sistemas tradicionales de planificación, al reducirse, en la mayoría de las programaciones elaboradas, los plazos previstos de finalización de los trabajos.

Tabla 58. Análisis de los plazos de la obra nº1 calculados con diferentes metodologías

Método	Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo
Tradicional	Original	24	03/08/2015	04/09/2015	-
CCPM	CP	20	03/08/2015	31/08/2015	16,67%
	TC	19	03/08/2015	28/08/2015	20,83%
	RSEM	20	03/08/2015	31/08/2015	16,67%
	FC	18	03/08/2015	27/08/2015	25%

Tabla 59. Análisis de los plazos de la obra nº2 calculados con diferentes metodologías

Método	Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo
Tradicional	Original	49	31/08/2015	06/11/2015	-
CCPM	CP	42	31/08/2015	28/10/2015	14,29%
	TC	46	31/08/2015	03/11/2015	6,12%
	RSEM	41	31/08/2015	27/10/2015	16,32%
	FC	43	31/08/2015	29/10/2015	12,24%

Tabla 60. Análisis de los plazos de la obra nº3 calculados con diferentes metodologías

Método	Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo	
					Sobre el cronograma original	Sobre el cronograma de la UTE
Tradicional	Original	127	16/03/2016	16/09/2016	-	-
	UTE	117	01/04/2016	16/09/2016	7,87%	-
CCPM	CP	103	01/04/2016	29/08/2016	18,90 %	11,97%
	TC	117	01/04/2016	16/09/2016	7,87 %	0%
	RSEM	95	01/04/2016	17/08/2016	25,20 %	18,80%
	FC	110	01/04/2016	07/09/2016	13,39 %	5,98%

Aunque, tal y como subrayaron algunos autores críticos con el CCPM (Herroelen & Leus, 2001), (Raz, Barnes, & Dvir, 2004), es difícil demostrar que durante la etapa de planificación de los proyectos siempre se incluyen tiempos de seguridad considerables dentro de las duraciones de cada una de las actividades de los mismos, la ejecución de las 3 obras de ejemplo bajo la filosofía del CCPM (ver la Tabla 61) demuestra la existencia de sobredimensionamientos reales en los métodos tradicionales de cada uno de los casos prácticos.

Tabla 61. Duración final de la ejecución de las obras de estudio

Caso práctico	Duración final	Fecha real de inicio	Fecha real de conclusión	Reducción de tiempo	
				Sobre el cronograma original	Sobre el cronograma de la UTE
Obra nº1	18	03/08/2015	27/08/2015	25%	
Obra nº2	46	31/08/2015	03/11/2015	6,12%	
Obra nº3	109	01/04/2016	06/09/2016	14,17%	6,84%

La aplicación del modelo propuesto de gestión de proyectos basado en el método de la cadena crítica a los casos de estudio de esta tesis han sido utilizados para comparar, analizar y evaluar los datos reales de ejecución y finalización de dichas obras con cada una de las planificaciones realizadas tras el empleo de las distintas técnicas de programación previamente calculadas (Tabla 62, Tabla 63 y Tabla 64), con objeto de comprender el

comportamiento de las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers ante los proyectos del ámbito de la construcción.

Tabla 62. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº1

Método	Tradicional	CCPM			
Cronograma	Original	CP	TC	RSEM	FC
Duración prevista	24 días	20 días	19 días	20 días	18 días
Desviación de la programación*	25%	10%	5,26%	10%	0%
	6 días	2 días	1 días	2 días	0 días

* Desviación de la programación: > 0, no se consume todo el tiempo planificado; < 0, se consume más tiempo del planificado; = 0; la obra se ejecuta en el plazo fijado en el cronograma.

Tabla 63. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº2

Método	Tradicional	CCPM			
Cronograma	Original	CP	TC	RSEM	FC
Duración prevista	49 días	42 días	46 días	41 días	43 días
Desviación de la programación*	6,12%	-9,52%	0%	-12,20%	-6,98%
	3 días	-4 días	0 días	-5 días	-3 días

* Desviación de la programación: > 0, no se consume todo el tiempo planificado; < 0, se consume más tiempo del planificado; = 0; la obra se ejecuta en el plazo fijado en el cronograma.

Tabla 64. Desviación de las programaciones con respecto a la ejecución de la obra nº3

Método	Tradicional		CCPM			
Cronograma	Original	UTE	CP	TC	RSEM	FC
Duración prevista	127 días	117 días	103 días	117 días	95 días	110 días
Desviación de la programación*	14,17%	6,84%	-5,83%	6,84%	-14,74%	0,91%
	18 días	8 días	-6 días	8 días	-14 días	1 días

* Desviación de la programación: > 0, no se consume todo el tiempo planificado; < 0, se consume más tiempo del planificado; = 0; la obra se ejecuta en el plazo fijado en el cronograma.

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se ha deducido, para las diferentes obras utilizadas como casos prácticos, lo siguiente:

- OBRA Nº1:
  - La obra nº1 terminó 6 días antes de lo previsto en el cronograma original del proyecto, elaborado mediante los métodos tradicionales, lo que representa una desviación de la programación del 25%.
  - Debido a las características de la obra, duración reducida y baja incertidumbre, no se consumió todo el tiempo planificado con las técnicas CP, TC y RSEM propias del CCPM, aunque se ajustó en menos del 10% a los plazos proyectados (variación de 1 y 2 días con las metodologías TC y CP/RSEM, respectivamente).
  - El cronograma calculado mediante la técnica FC de dimensionamiento de buffers muestra una programación exacta con respecto a la ejecución de los trabajos previstos, ciñéndose a la perfección a la realidad de las obras.
  - Puesto que la dirección de obra del proyecto de Piñor se realizó desde la perspectiva de la parte adjudicataria de la misma, planificándose desde el origen por el contratista encargado de la ejecución de los trabajos, en la práctica real de este tipo de obras, la aplicación del método CP y RSEM de determinación del tamaño de los amortiguadores no resulta útil, al no poseer el componente dcP para la realización de los cálculos y no ser exactamente comparable con los cronogramas realizados para la licitación de las obras (si fuese el caso) al haber sido éstos diseñados de forma independiente y externa al adjudicatario de las obras.

- OBRA Nº2:
  - La ejecución de la obra nº2 duró 3 días menos de los establecido en la programación original de la misma, mostrando un sobredimensionamiento de esta planificación, elaborada mediante los métodos tradicionales, del 6,12%.
  - Aunque la obra de A Mezquita presentaba, a priori, una duración reducida y un número controlado de actividades, la incertidumbre del proyecto era

bastante elevada ya que, debido a la situación orográfica de la zona, era posible la existencia de ciertas obras complementarias que no estaban definidas en el proyecto original. Aunque sí estaba valorada económicamente esta unidad (Actividad 4.2. Varios), la temporalidad de la ejecución de la misma era extremadamente difícil de definir previamente al inicio de los trabajos.

- Aunque todos los cronogramas calculados mediante los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers del CCPM terminaron antes de los previsto con respecto a la programación tradicional, las líneas bases CP, RSEM y FC necesitaron más días de lo inicialmente proyectado dentro de sus cronogramas.

- La planificación realizada mediante la técnica TC funcionó a la perfección, teniendo en cuenta que era la programación que planteaba el mayor plazo para la ejecución de las obras.

- El sistema FC, seguido por el CP, presentaron desviaciones de la programación con respecto a la ejecución, inferior al 10%.

- Al igual que en el caso anterior, los métodos CP y RSEM sólo tienen interés dentro de este tipo de proyecto (dirección de obra desde la perspectiva de la parte adjudicataria de la misma) para el análisis del comportamiento de estas técnicas de dimensionamiento de buffers, ya que en la realidad no son aplicables a los proyectos planificados desde el origen mediante el método CCPM, al no ser preciso realizar el cálculo previo de las duraciones con protección dcP (componente básica para la aplicación de las fórmulas de dichos sistemas).

- OBRA Nº3:

  - La obra nº3 terminó 8 días antes de lo previsto en la programación presentada por la UTE (sobredimensionamiento del 6,84%) y demostró una reducción de los plazos con respecto al cronograma original del proyecto de construcción del 14,17%, o lo que es lo mismo, de 18 días.

- La duración y complejidad de las actuaciones proyectadas, así como la realización de la dirección de la obra de Concejo desde la perspectiva de la administración o parte promotora, implicó un aumento en la incertidumbre asociada a la ejecución de las mismas, al no tener este agente implicación directa con la parte encargada de la gestión de los recursos y la toma de las decisiones referentes a la manera de proceder ante ciertos imprevistos que podían surgir. Esta particularidad denotó que la duración estimada mediante los cronogramas calculados con las metodologías CP y RSEM fuese insuficiente.

- El cronograma calculado mediante la técnica TC de dimensionamiento de buffers muestra una desviación positiva de la programación del 6,84%, lo que implica un sobredimensionamiento de 8 días con respecto a la ejecución final de las obras.

- El procedimiento FC es el que más se ajusta a la realidad de la obra nº3, quedándose sin consumir únicamente un día del buffer de proyecto.

Teniendo en cuenta la implementación de las 4 técnicas seleccionadas (CP, TC, RSEM y FC) para el cálculo del tamaño de los amortiguadores dentro cada uno de los casos prácticos de la presente investigación, de la Tabla 65 a la Tabla 68 se han definido, según la experiencia obtenida, los requisitos, ventajas e inconvenientes de estos métodos de dimensionamiento de buffers.

Por otra parte, en la Tabla 69 se han catalogado los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers analizados en función de la perspectiva desde la que se realice la dirección de las obras (parte adjudicataria o parte promotora), la duración de los trabajos y la variabilidad o incertidumbre asociada a la ejecución del proyecto, con objeto de establecer ciertos criterios que puedan facilitar y favorecer la elección adecuada del procedimiento que mejor se adapte a las necesidades de aquellas obras que se gestionen siguiendo el modelo propuesto para la planificación y el seguimiento de los proyectos de construcción.

Tabla 65. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método CP de dimensionamiento de buffers

MÉTODO CORTAR Y PEGAR (CP)	REQUISITOS	– La duración total asignada a los buffers no debe ser inferior al 25% del tamaño de la cadena crítica. – Es necesario conocer tanto la duración con protección como sin protección de la actividad.
	PROS	– Se caracteriza por su sencillez y comodidad práctica. – Facilidad de adaptación a todo tipo de proyecto ya que, aunque normalmente se utiliza el porcentaje del 50% sugerido en el método, el procedimiento de cálculo puede irse rectificando en base a la experiencia de la aplicación del método, empleando proporciones menores para proyectos con menor variabilidad y porcentajes mayores para los que presentan una mayor incertidumbre.
	CONTRAS	– La necesidad de disponer de una primera planificación sobredimensionada para el cálculo de los buffers hace que sea un método inviable para aquellos proyectos que se pretenden planificar desde origen implementando CCPM, ya que la determinación de dos cronogramas distintos (uno con protección y otro sin protección) disminuye su sencillez de aplicación.

Tabla 66. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método TC de dimensionamiento de buffers

MÉTODO CORTAR Y PEGAR (TC)	REQUISITOS	– Precisa conocer de la forma más exacta posible la duración sin protección de cada una de las actividades del proyecto.
	PROS	– Al sólo ser necesario calcular el tiempo de ejecución que se requiere para cada actividad sin ningún tipo de holgura resulta un método muy útil para aquellos proyectos que se planifican desde el origen implementando CCPM. – Puesto que de su cálculo se obtiene un buffer del 33% de la duración total de la cadena crítica y/o subcadena, este método funciona muy bien para aquellos proyectos que presentan un alto grado de variabilidad.
	CONTRAS	– Al ser un algoritmo lineal, la dimensión de los márgenes de seguridad añadidos depende del tamaño de la cadena de tareas, por lo que, en proyectos de gran duración y baja incertidumbre, se podrían obtener buffers excesivos.

Tabla 67. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método RSEM de dimensionamiento de buffers

MÉTODO CORTAR Y PEGAR (RSEM)	REQUISITOS	– El buffer resultante no debe ser inferior al 25% de la duración total de la cadena crítica. – Para la utilización de esta técnica es necesario disponer de los datos de duración de las tareas del proyecto con protección y sin ella.
	PROS	– Este método funciona muy bien para aquellos proyectos que presentan bajas incertidumbres o menor probabilidad de variaciones.
	CONTRAS	– Puede conducir a buffers de tamaño menor al deseado para aquellas cadenas que sean largas. – No es un método práctico para aquellos proyectos que pretendan aplicar el CCPM desde el inicio de su programación, al tener que estimar dos cronogramas distintos (uno con protección y otro sin protección).

Tabla 68. Requisitos, ventajas e inconvenientes del método FC de dimensionamiento de buffers

MÉTODO FRANCCIÓN CRÍTICA (FC)	REQUISITOS	– Para emplear este método es requisito exclusivo determinar, previamente, las duraciones creíbles de cada una de las tareas que componen el proyecto, sin ningún tipo de sobredimensionamiento.
	PROS	– Es una técnica sencilla y útil para aquellos proyectos que se planifican desde el origen bajo la filosofía del CCPM. – Su utilización implica buffers del 25% del total de la duración de la cadena crítica y/o subcadenas, por lo que este método funciona bastante bien para casi todo tipo de proyectos e incertidumbres, siendo una de las técnicas más neutrales y eficaces.
	CONTRAS	– Es el menos conocido de todos ya que es de elaboración propia, por lo que dentro de los proyectos pueden darse situaciones o casos para los que esta técnica no haya sido contemplada o ajustada. – Debido al carácter lineal de su cálculo, en proyectos extremadamente largos y con baja incertidumbre se obtendrían buffers probablemente excesivos.

Tabla 69. Selección de las técnicas de dimensionamiento de buffers según las características de las obras

Agente encargado de la dirección del proyecto	Obra de pequeña duración		Obra de gran duración		Variabilidad
	Baja incertidumbre	Alta incertidumbre	Baja incertidumbre	Alta incertidumbre	
Parte adjudicataria	FC	FC TC	FC	FC TC	- +
Parte promotora	RSEM CP FC	CP FC TC	CP FC	CP FC TC	- +

Siguiendo lo expuesto a lo largo del presente punto, se ha considerado que la fijación de las métricas de dimensionamiento de buffers que se deben utilizar dentro del sector de la construcción es una cuestión de juicio personal, donde la planificación, la experiencia, el tipo de proyecto, la comparación con casos similares, el grado de incertidumbre y la utilización coherente de las técnicas del CCPM son las claves para la elección del método que mejor se adapte a cada obra.

5.2. ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS BAJO LA FILOSOFÍA CCPM

"La visión sin ejecución es alucinación".
Henry Ford

El modelo de gestión de proyectos propuesto ha demostrado que puede convertirse en una buena y especializada herramienta en el ámbito del project management, sin embargo, el éxito de su implementación dentro del sector de la ingeniería civil depende, en gran medida, de su utilización y aceptación por parte de las personas implicadas en la ejecución de las obras.

5.2.1. FACTOR HUMANO Y COMPORTAMIENTO DE LOS RECURSOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Romper con los hábitos e inercias de los métodos tradicionales no es un proceso fácil para ningún tipo de industria ya que supone un cambio en la filosofía de trabajo ya adquirida, siendo todavía más complicado en el sector de la construcción, característico por ser tradicional y conservador.

Aunque la sensación de urgencia que se crea mediante las técnicas de la cadena crítica minimiza las distracciones de los recursos (Urso, 2005), reduciendo considerablemente algunos de los grandes males de los métodos tradicionales como la Ley de Parkinson y el Síndrome del Estudiante, algunos expertos en el CCPM como Pedro Morillo y Raúl Bianchi recomiendan que, siempre y cuando se considere muy difícil introducir los conceptos de la nueva filosofía de trabajo a todos los niveles de la organización, sólo los directores del proyecto deben conocer la existencia de los buffers incorporados.

Trabajar la capacidad de estimulación y motivación de los responsables de las obras es fundamental para una correcta implementación del método propuesto, los cuales deben ser conscientes que: los tiempos estimados con este procedimiento no están inflados, no hay lugar para la multitarea y es preciso guiar adecuadamente priorizando las actividades pertenecientes a la cadena crítica.

Dentro de los casos prácticos se trabajaron y reforzaron estas ideas gracias a la disponibilidad y actitud de los directores de proyecto, de forma que:

- Casos nº1 y nº2:
  - El contratista de las obras nº1 y nº2 se mostró desde un primer momento muy receptivo para la implementación del método propuesto dentro de su sistema de trabajo, ya que, al poseer recursos limitados y reducidos, quería mejorar sus procesos de ejecución con el objetivo de: cumplir los plazos y calidades exigidos en el contrato, dejar una buena imagen de su firma ante la administración para poder ser invitado a nuevas licitaciones y disponer cuanto antes de sus recursos para la realización de otros trabajos.
  - Se decidió no dar a conocer a los trabajadores la fecha de entrega firmada en contrato con la finalidad de eliminar posibles actitudes psicológicas encaminadas hacia la Ley de Parkinson o el Síndrome del Estudiante.
  - Sólo el jefe de la empresa (el cual era el encargado de la obra) y el director de la misma, poseían el cronograma completo de la obra, es decir, con el tiempo de seguridad incorporado con los métodos de dimensionamiento de los amortiguadores.
  - Se utilizaron correctamente los buffers de recurso para que estos estuviesen disponibles en los momentos adecuados de la obra, eliminando la multitarea de los operarios y mejorando la calidad de su trabajo al evitar los cambios repentinos de actividades y tener perfectamente definidas las funciones de cada uno de ellos dentro de la obra.

- Caso nº3:
  - Las empresas de la UTE del caso nº3 necesitaban terminar las obras cuanto antes para poder disponer de sus recursos en otros trabajos.
  - La presión social y política para la apertura de la calle en los mínimos plazos posibles, para reducir el impacto producido en la ciudadanía, estimulaban la ejecución rítmica y urgente de las obras por parte de todos los trabajadores de las empresas contratistas.

- El conocimiento de la existencia de sanciones por posibles aumentos en la duración de la obra, las cuales estaban recogidas dentro del contrato firmado, conllevó a una implicación total por parte de los máximos responsables de los trabajos para la realización inaplazable de las actividades del proyecto.

- El director de obra contratado por la administración para el control de las actuaciones planificadas se adaptó perfectamente al sistema propuesto de gestión de proyectos y realizó las indicaciones oportunas a los responsables de la ejecución de los trabajos para el cumplimiento de las fechas previstas.

La ejecución de los casos prácticos de la presente investigación bajo la filosofía del CCPM demostraron que, tal y como ya indicaron algunos autores (Lynch, 2003), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007), una de las claves del éxito del CCPM es el grado de implicación de las personas durante su implantación, por lo que la resistencia al cambio es uno de los fenómenos contra los que es preciso combatir (ver Tabla 70).

Tabla 70. Acciones y medidas para implicar a los responsables de los trabajos en la utilización del CCPM

ACTITUD ANTE EL MÉTODO	CONOCIMIENTO DEL MÉTODO	
	SÍ SABE APLICARLO	NO SABE APLICARLO
SÍ QUIERE APLICARLO	Autonomía	Formación
NO QUIERE APLICARLO	Motivación	Instrucción

5.2.2. ENTORNOS ADECUADOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

De la experiencia obtenida se puede extraer que no existe un entorno único y adecuado para la implementación del procedimiento propuesto de gestión de proyectos ya que, tanto los contratistas de empresas pequeñas, medianas o grandes como las administraciones, pueden aplicar la filosofía del CCPM dentro de la planificación, ejecución y seguimiento de sus obras. Lo único realmente necesario es querer realizar los cambios introducidos con la nueva metodología en la búsqueda de una mejora continua de los procesos de dirección de proyectos del sector de la construcción.

5.3. ANÁLISIS DEL MODELO PROPUESTO PARA EL SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS

"Una de las pruebas del liderazgo es la capacidad de reconocer un problema antes de que sea una emergencia".
Arnold H. Glasow

Al igual que cualquier metodología de gestión de proyectos, la aplicación del procedimiento propuesto basado en el CCPM no garantiza, por sí solo, el éxito de los proyectos. Es, sin embargo, su capacidad para analizar el estado de las obras de forma ajustada a la realidad, su sencillez práctica y su comodidad visual, lo que permite, durante la etapa de seguimiento, controlar el desarrollo del proyecto, obtener mayores y tempranas oportunidades para redirigir a tiempo la ejecución de los trabajos y tomar las medidas necesarias para su rectificación si fuese preciso.

Las inspecciones y análisis de las obras deben realizarse de forma continua, adecuada y en el nivel de paquete de trabajo óptimo para no ocultar problemas, facilitando la obtención de los resultados proyectados en el tiempo previsto y dentro del presupuesto.

5.3.1. EVM Y %CB

El seguimiento de cualquier tipo de proyecto exige la selección de patrones de medida para la programación, el presupuesto y la calidad técnica de los trabajos, con el objetivo de comparar los planes reales del mismo con los previstos y poder establecer las acciones correctoras necesarias.

Compartiendo los criterios y conclusiones extraídos por diversos autores, (Silber & Hussey, 2002), (González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009), (Realization Technologies INC, 2012), (Palmer & Davis, 2014), y tal y como se ha indicado con anterioridad en el apartado "*4.2. Integración del CCPM y EVM*", se ha considerado que utilizar el procedimiento CCPM de forma independiente a otro sistema de gestión no es suficiente, ya que esta metodología sólo se centra en el factor temporal de los proyectos, descuidando el control de los costes de los mismos. En este contexto, la incorporación del EVM al sistema

propuesto para la planificación y seguimiento de las obras basado en la Cadena Crítica desbloquea las deficiencias de utilizar cada una de ellas de manera aislada (ver Tabla 71).

Tabla 71. Deficiencias del CCPM y EVM

MÉTODO DE GESTIÓN DE PROYECTOS	
CCPM	EVM
Proporciona una correcta gestión de los plazos de los proyectos, sin embargo, ignora el factor monetario de los mismos. La utilización exclusiva de este procedimiento complica y dificulta la definición de la línea base de los proyectos.	Aunque permite gestionar adecuadamente los costes de los proyectos, este procedimiento no es óptimo para el control de los plazos de los mismos. Al centrarse en el factor monetario, se pueden producir priorizaciones equivocadas con el fin de generar mayores valores de avance del proyecto, lo que puede dar lugar a: – Retrasar una actividad crítica por tener un bajo EV. – Comenzar varias tareas sin terminar las que están en curso.

La combinación de estas dos metodologías de dirección de proyectos (CCPM y EVM) permite obtener grandes ventajas, tal y como ya defendieron algunos expertos del CCPM, (Levine, 1999), (Piney, 2000), (Schuyler, 2000), (Silber & Hussey, 2002), (Martens & Vanhoucke, 2017), al utilizar lo mejor de ambos sistemas para planificar y controlar, dentro de la misma programación, los plazos y los costes de los trabajos.

Para aplicar correctamente las técnicas del valor ganado a las obras de construcción, el director de las mismas debe seleccionar, según su experiencia y criterio, el sistema de medición de la evolución de las actuaciones que proporcione la obtención de resultados ajustados a la realidad durante el proceso de ejecución. Tal y como se ha demostrado en los casos prácticos de estudio, el método de "Porcentaje completado con hitos utilizados como puntos de control", parece funcionar perfectamente dentro de los proyectos del sector de la ingeniería civil, ya que otorga el equilibrio perfecto entre las evaluaciones del director de obra y la medición de resultados exactos.

En el *Anejo B, Anejo C* y *Anejo D* de la presente tesis, se encuentran recogidos el tratamiento de los datos de las obras nº1, nº2 y nº3, respectivamente, de forma que se analizan y calculan los diferentes parámetros, variables y proyecciones propios del EVM para cada uno de los casos prácticos, aplicando dicho procedimiento sobre las planificaciones y líneas bases obtenidas con el CCPM y los métodos de dimensionamiento de buffers.

De los cálculos realizados tras el seguimiento de los costes incurridos durante la ejecución de las obras, en la Tabla 72 se recogen los resultados finales del presupuesto consumido para cada una de las obras de estudio, donde se puede observar una reducción de los gastos reales de los trabajos de los casos nº1 y nº2 y un sobrecosto en la obra nº3 del 8,79%, inferior al 20% autorizado según la actual Ley de Contratos del Sector Público.

Tabla 72. Coste final de la ejecución de las obras de estudio

Caso práctico	Coste presupuestado de las obras	Coste real de las obras	Variación del coste*		CPI**
Obra nº1	28.379,31 €	27.257,00 €	1.122,31 €	3,95 %	1,04
Obra nº2	74.676,04 €	66.952,00 €	7.724,04 €	10,34 %	1,12
Obra nº3	352.004,19 €	382.933,04 €	- 30.928,86 €	- 8,79 %	0,92

* Variación del coste: > 0, reducción de los costes presupuestados; < 0, incremento de los costes presupuestados.
** CPI: > 1, costes por debajo de los previsto; < 1 costes por encima de lo previsto.

Por otra parte, la integración del valor ganado dentro del modelo basado en la cadena crítica no sólo permite combinar ambos procedimientos para el seguimiento de los costes y los plazos, respectivamente, sino que sirve de nexo entre ambas metodologías al facilitar el cálculo del porcentaje de buffer consumido (parámetro necesario para realizar el seguimiento de los tiempos del proyecto utilizando el CCPM y las denominadas Fever Chart) mediante la implementación de la Ecuación 27, de desarrollo y experimentación propia.

Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido

$$\%\ buffer\ consumido\ (\%CB) = -\left(\frac{ES - t_C}{t_{PB}}\right) \cdot 100 = -\left(\frac{SV(t)}{t_{PB}}\right) \cdot 100$$

donde:

ES : programación ganada.

t_C : tiempo de control.

$SV(t)$: desviación en programación → $SV(t) = ES - t_C$

t_{PB} : duración del buffer de proyecto calculado según la metodología de dimensionamiento de buffers utilizada durante la fase de planificación de las obras.

El empleo de esta expresión supone una óptima solución al amplio vacío existente (detectado dentro del estudio de la literatura del CCPM en el apartado "*3.3.5. Estado de la cuestión*" de la presente investigación) para la determinación, de forma matemática, del porcentaje de buffer consumido durante la ejecución de los proyectos. En este sentido, la fórmula elaborada proporciona los valores exactos del %CB para cualquier momento de estudio de manera automática y analítica, teniendo en cuenta el dimensionamiento de los amortiguadores y los valores deducidos para la programación ganada (ES) y/o la desviación en la programación (SV) tras la aplicación del EVM durante la ejecución de las obras.

En la Tabla 73, Tabla 74 y Tabla 75 se recogen los datos utilizados y los resultados obtenidos con la Ecuación 27 para las obras nº1, nº2 y nº3, respectivamente, correspondientes al punto de control equivalente al final de los trabajos previstos. Es preciso destacar que dentro del *Anejo B, Anejo C* y *Anejo D* se encuentran recogidos los cálculos completos de los casos prácticos para cada una de las fechas en las que se realizaron las inspecciones de las actuaciones proyectadas.

Tabla 73. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº1

Valores calculados a la finalización de la Obra nº1	Método de dimensionamiento de buffers empleado			
	CP	TC	RSEM	FC
ES	14 días	14 días	14 días	14 días
tc	18 días	18 días	18 días	18 días
SV(t)	-4 días	-4 días	-4 días	-4 días
t_{PB}	6 días	5 días	6 días	4 días
% CB	66,67 %	80,00 %	66,67 %	100,00 %

Tabla 74. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº2

Valores calculados a la finalización de la Obra nº2	Método de dimensionamiento de buffers empleado			
	CP	TC	RSEM	FC
ES	34 días	34 días	34 días	34 días
tc	46 días	46 días	46 días	46 días
SV(t)	-12 días	-12 días	-12 días	-12 días
t_{PB}	8 días	12 días	7 días	9 días
% CB	150,00 %	100,00 %	171,43 %	133,33 %

Tabla 75. Consumo final del buffer de proyecto a la conclusión de la obra nº3

Valores calculados a la finalización de la Obra nº3	Método de dimensionamiento de buffers empleado			
	CP	TC	RSEM	FC
ES	17,60 semanas	17,60 semanas	17,60 semanas	17,60 semanas
tc	21,80 semanas	21,80 semanas	21,80 semanas	21,80 semanas
SV(t)	-4,20 semanas	-4,20 semanas	-4,20 semanas	-4,20 semanas
t_{PB}	3,00 semanas	5,80 semanas	1,40 semanas	4,40 semanas
% CB	140,00 %	72,41 %	300,00 %	95,45 %

De los resultados expuestos de la Tabla 73 a la Tabla 75, para el punto de control analizado, se ha deducido que:

- Caso nº1:
  - Considerando la programación realizada empleando los métodos de dimensionamiento de buffers de "Cortar y Pegar" y "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", los trabajos finalizaron dos (2) días antes de lo previsto en ambas planificaciones, consumiendo 4 de los 6 días destinados al buffer de proyecto ($\%CB_{CP,RSEM}$ = 66,67%).
  - La obra nº1 concluyó un (1) día antes de la fecha prevista en el cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores con el método del

"Tercio Crítico", consumiendo 4 de los 5 días del buffer de proyecto (%CB_{TC} = 80%).

- Según la planificación diseñada mediante la aplicación del método de la "Fracción Crítica" para la deducción del tamaño de los buffers, la obra concluyó en la fecha estimada, consumiendo los 4 días calculados para el buffer de proyecto (%CB_{FC} = 100%).

- Caso nº2:

  - Siguiendo lo estipulado en la programación diseñada aplicando el método de dimensionamiento de buffers de "Cortar y Pegar", el proyecto finalizó por completo empleando cuatro (4) días más de lo previsto en dicha planificación (%CB_{CP} = 150%).

  - Atendiendo al cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores con el método del "Tercio Crítico", la obra concluyó según la fecha prevista, consumiendo todo el buffer de proyecto correspondiente a 12 días (%CB_{TC} = 100%).

  - El caso práctico nº2 necesitó para su entrega final cinco (5) días más de lo calculado con el método de dimensionamiento de los buffers de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados" (%CB_{RSEM} = 171,43%).

  - Del análisis realizado sobre el plan de obra previsto mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", el proyecto consumió tres (3) días más de los que originalmente estaban calculados (%CB_{FC} = 133,33%).

- Caso nº3:

  - La obra de Concejo concluyó por completo empleando seis (6) días más de lo previsto con el método de dimensionamiento de buffers de "Cortar y Pegar" (%CB_{CP} = 140%).

  - Teniendo en cuenta el cronograma elaborado con el método del "Tercio Crítico" de dimensionamiento de los amortiguadores, las actuaciones

proyectadas finalizaron ocho (8) días antes de la fecha prevista, consumiendo el 72,41% del buffer de proyecto.

- Del seguimiento realizado sobre la planificación diseñada mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", el proyecto utilizó catorce (14) días más de los que originalmente estaban calculados, correspondiente al triple del tiempo estimado para la protección global de la obra ($\%CB_{RSEM}$ = 300%).

- El caso práctico nº3 terminó un (1) día antes de lo previsto en la planificación elaborada mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", consumiendo el 95,45% del buffer de proyecto calculado.

5.3.2. SEGUIMIENTO DE LA CADENA CRÍTICA VS SEGUIMIENTO GENERAL DEL PROYECTO

Como ya han señalado algunos investigadores de la cadena crítica, (Steyn, 2001), (Rivera & Durán, 2003), (Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010), (Newbold, 2011), (García Guitiérrez, 2014), la principal ventaja de este método de dirección de proyectos es la facilidad con la que se realiza el seguimiento de los plazos de los mismos, al sólo tener que centrar los esfuerzos en gestionar, mediante la utilización de los gráficos denominados Fever Chart, los amortiguadores previamente calculados.

Aunque la mayor parte de la literatura sobre el CCPM expone que el seguimiento debe realizarse sobre el grado de avance del proyecto, autores de diversos artículos y estudios en dicha materia han defendido que los controles periódicos pueden llevarse a cabo sobre el porcentaje de desempeño de la cadena crítica (Goldratt, 2001), (Leach, 2003), (Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005), (Navarro, 2006), (Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014).

Con objeto de analizar la idoneidad de esta hipótesis de reducción del método de seguimiento, dentro de los casos prácticos de estudio se consideró la aplicación del modelo propuesto para el seguimiento de las obras de construcción únicamente a las actividades pertenecientes a la CC, demostrando que:

- El modelo simplificado sólo es aplicable cuando no se produce ningún tipo de modificación durante la ejecución de las obras que altere o cambie las actividades pertenecientes a la CC de las mismas, en cuyo caso puede contribuir a reducir los cálculos necesarios para la implementación del CCPM dentro del sector de la construcción, al focalizar la atención de la dirección de los proyectos únicamente en las tareas críticas. Debido a estas circunstancias sólo se pudo emplear en la obra nº1, tal y como se encuentra recogido en el *Anejo B*.

- El seguimiento realizado bajo este sistema abreviado no tiene en cuenta los posibles consumos del PB asociados a las rutas de alimentación que ya hayan utilizado todo el buffer asignado únicamente a estas subcadenas, lo que puede traducirse en la obtención de cálculos incorrectos sobre el %CB.

Puesto que a priori es imposible saber si la incertidumbre asociada a las obras de construcción provocará alguna variación en la estructura de la CC y pueden existir subcadenas que necesiten más tiempo de protección del inicialmente estimado para ellas, se ha considerado que la utilización del modelo de seguimiento exclusivo de las actividades de la cadena crítica carece de utilidad dentro de este sector.

5.3.3. DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE LAS FEVER CHART

La sencillez del método propuesto para el seguimiento de las obras de construcción, basado en el CCPM, radica en la comodidad práctica para conocer, mediante el empleo de las denominadas Fever Chart, el estado de los proyectos.

El diseño de estas hojas de control es relativamente simple ya que basta con definir, en el eje de abscisas y de izquierda a derecha, el avance de todo el proyecto (parámetro discutido anteriormente en el apartado "*5.3.2. Seguimiento de la Cadena Crítica vs Seguimiento General del Proyecto*") y, en el eje de ordenadas y de abajo a arriba, el porcentaje del buffer de proyecto consumido (valor analizado en el punto "*5.3.1. EVM y %CB*" de la presente investigación). De esta forma, en cada una de las fechas de control se introducen los puntos correspondientes a la intersección de ambas dimensiones, teniendo en cuenta que la línea del 100% en el 'eje x' corresponde a la conclusión de las obras y en el 'eje y' a la ausencia de amortiguador o a la utilización de la totalidad de la protección calculada.

Desde el origen del CCPM, los expertos en este procedimiento de seguimiento de proyectos han condicionado la toma de decisiones de las acciones a aplicar en los mismos (medidas de rescate, proactivas o de atención) a la posición que ocupa el punto de control dentro del gráfico, dividiéndolo en 3 áreas delimitadas con distinto color (rojo, amarillo y verde, respectivamente) a partir de la fijación de:

- El punto A (situado en las coordenadas '0, y') y el punto B (ubicado a lo largo del 'eje y' para el 100% del proyecto finalizado), cuya línea delimita la región roja/amarilla del gráfico.

- El punto C (localizado comúnmente en la posición 'x, 0' del gráfico) y el punto D (colocado en las coordenadas '100, y'), cuya unión genera la línea que sirve de separación entre la área amarilla y la verde.

Aunque algunos investigadores como Robert Newbold han intentado dar ciertas claves para la definición de los 4 puntos que encuadran las distintas regiones de las Fever Chart (Newbold, 2011), no existe ningúna norma o disposición de éstas que funcione para cualquier tipo de proyecto.

En este contexto, teniendo en cuenta los criterios definidos en el punto "*3.3.4. Etapa de Seguimiento*" de la presente tesis y el carácter único de las obras de construcción, dentro de los casos prácticos se optó por definir las líneas delimitadoras de los sectores de estos gráficos de forma que existiese un control superior de las actuaciones en el inicio y en el final de las obras.

De las hojas de control obtenidas para los distintos métodos de dimensionamiento de buffers empleados en cada uno de los proyectos de estudio, y mostradas en los Anejos correspondientes de la investigación (*Anejo B, Anejo C* y *Anejo D*), se ha considerado imprescindible destacar, para un correcta interpretación y utilización de las Fever Chart, que:

a) Las protecciones incorporadas a la planificación de las obras son parte fundamental de la estructura de los cronogramas por lo que su función es ser consumidas. Esto implica que cuanto más se avanza en el desempeño de un proyecto, más próximos estarán los puntos de control a la zona roja con objeto de alcanzar el 100% del CB, pudiendo estar situados en la misma en función de la amplitud de la región que se

haya definido con anterioridad (ver Figura 31, Figura 32 y Figura 33 correspondientes a las Fever Chart de los cronogramas que más se ajustaron a la realidad para los casos prácticos nº1, nº2 y nº3, respectivamente).

Figura 31. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC

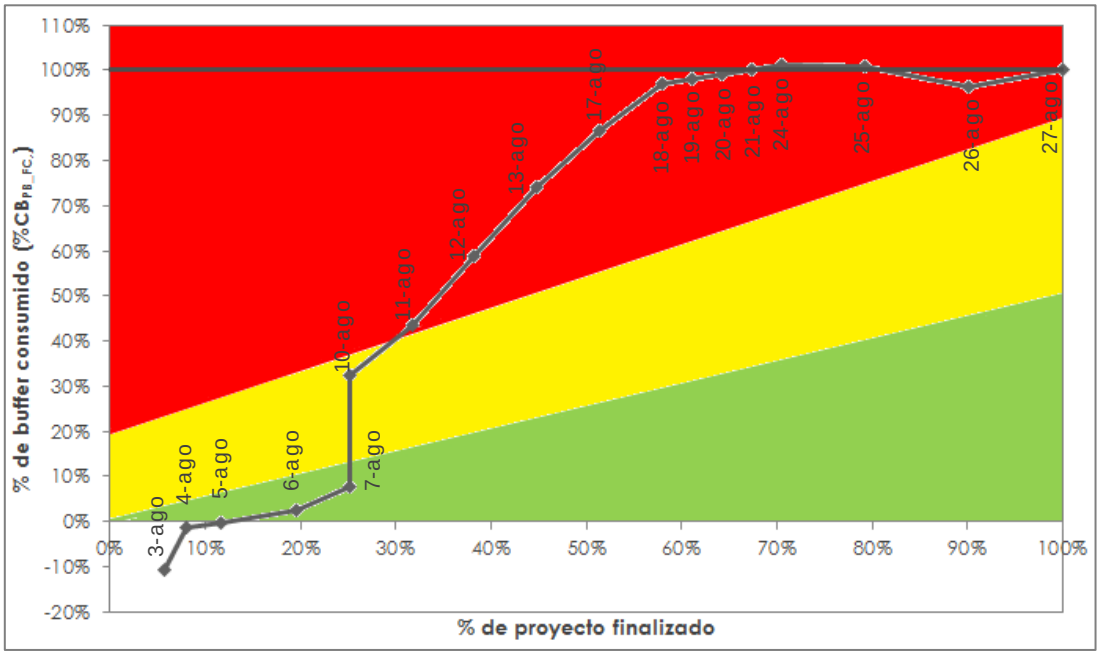


*Figura también estudiada en el apartado e.

Figura 32. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método TC

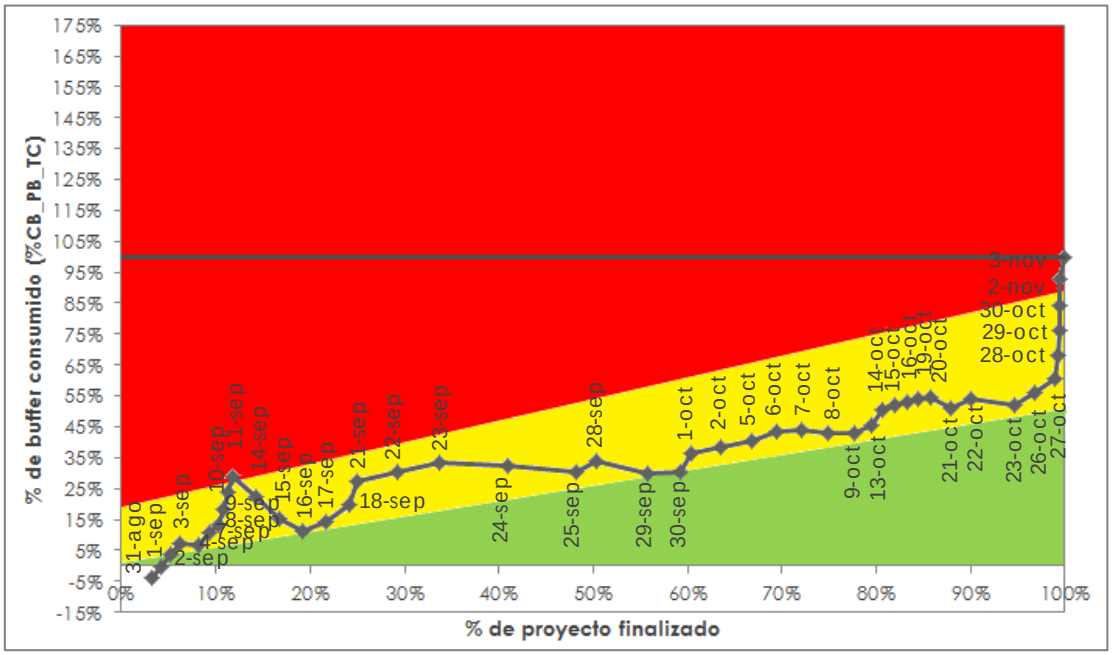


Figura 33. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método FC

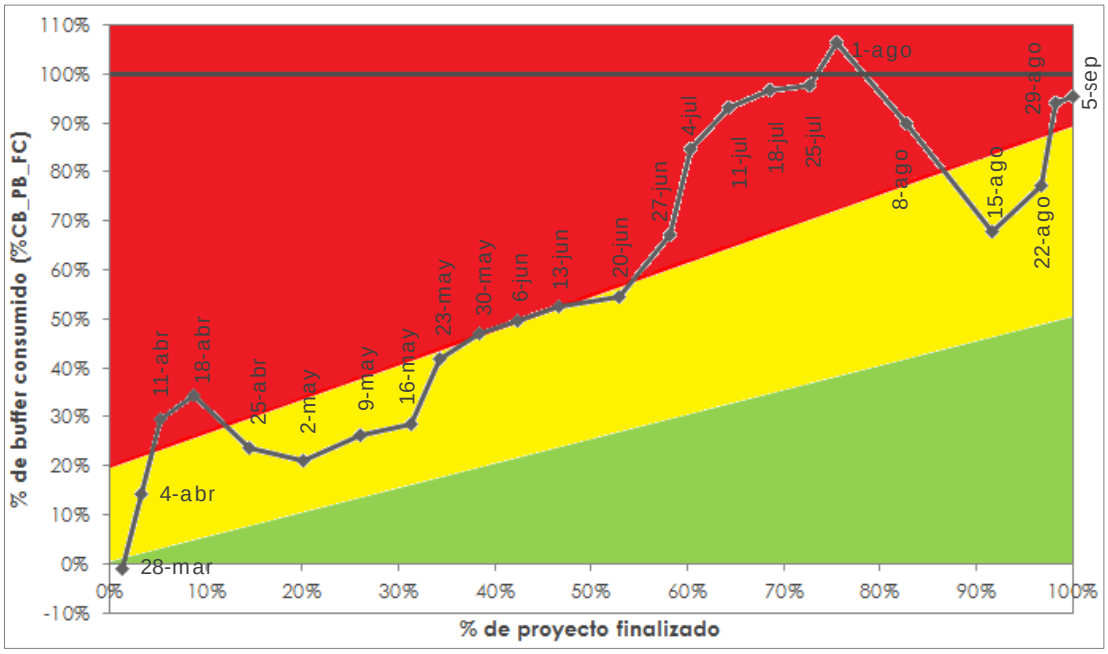


*Figura también estudiada en el apartado d.

b) Las líneas de seguimiento que se encuentren repetidamente en la zona verde o amarilla pueden mostrar un sobredimensionamiento de los amortiguadores o un exceso de recursos para la realización de las actividades (ver Figura 34 y Figura 35).

Figura 34. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método CP y/o RSEM

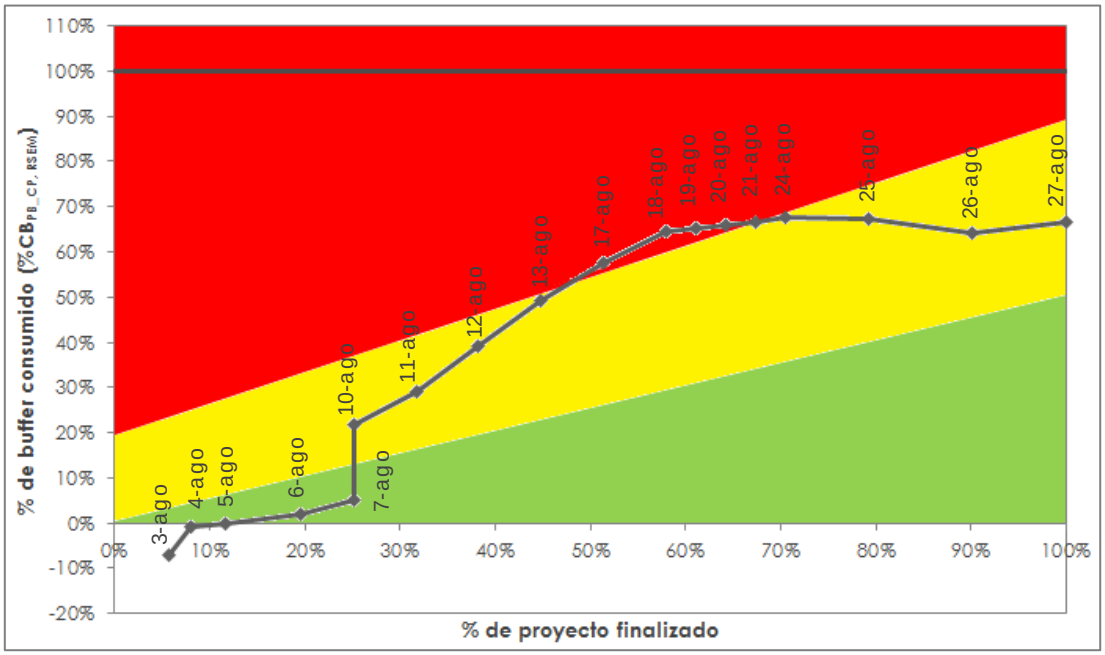
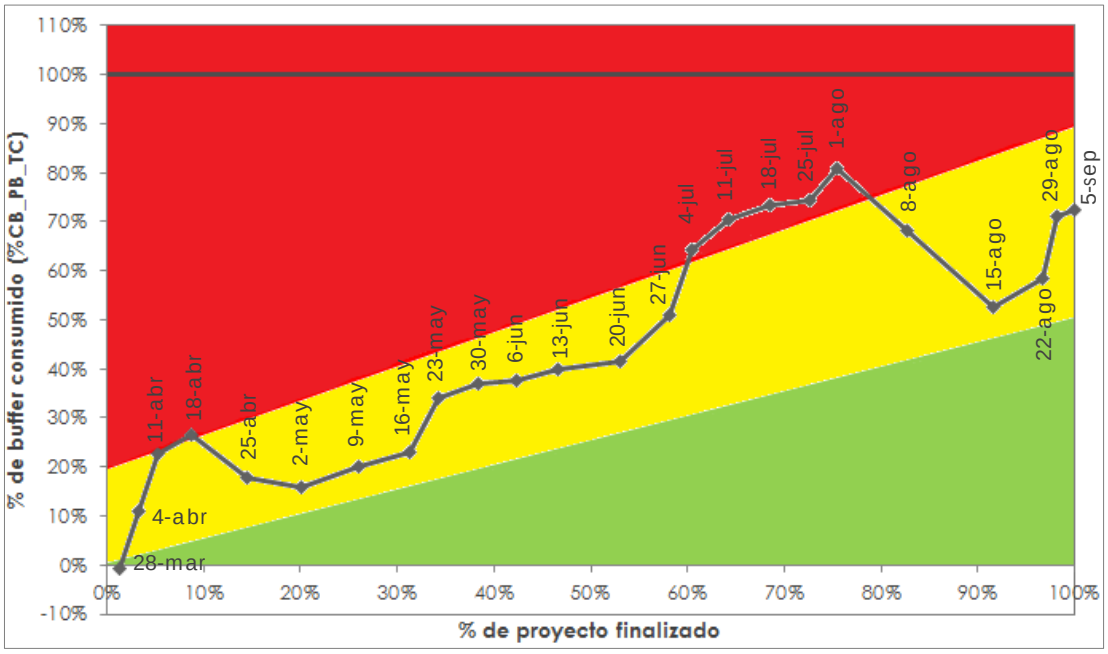


Figura 35. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método TC



c) Aquellos gráficos que presentan de forma continuada entradas de los puntos de control en la zona roja pueden denotar tamaños de buffers escasos (ver Figura 36 y Figura 37 concernientes a las programaciones de la obra nº2 y nº3 que presentan una gran carencia de los tiempos asignados a los amortiguadores de las mismas).

Figura 36. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método RSEM

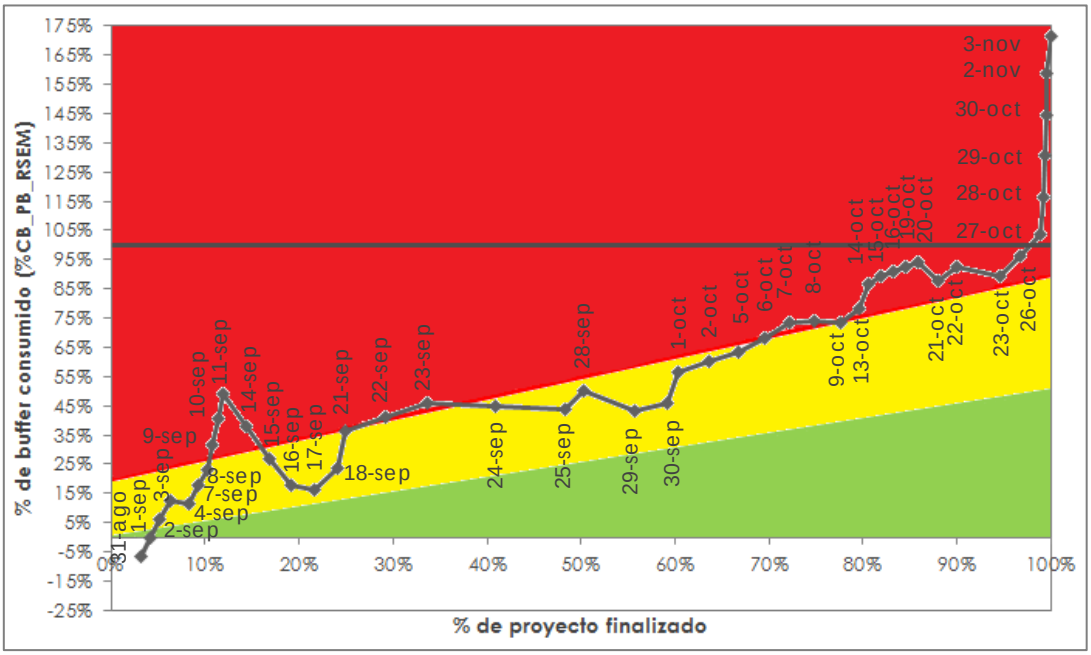
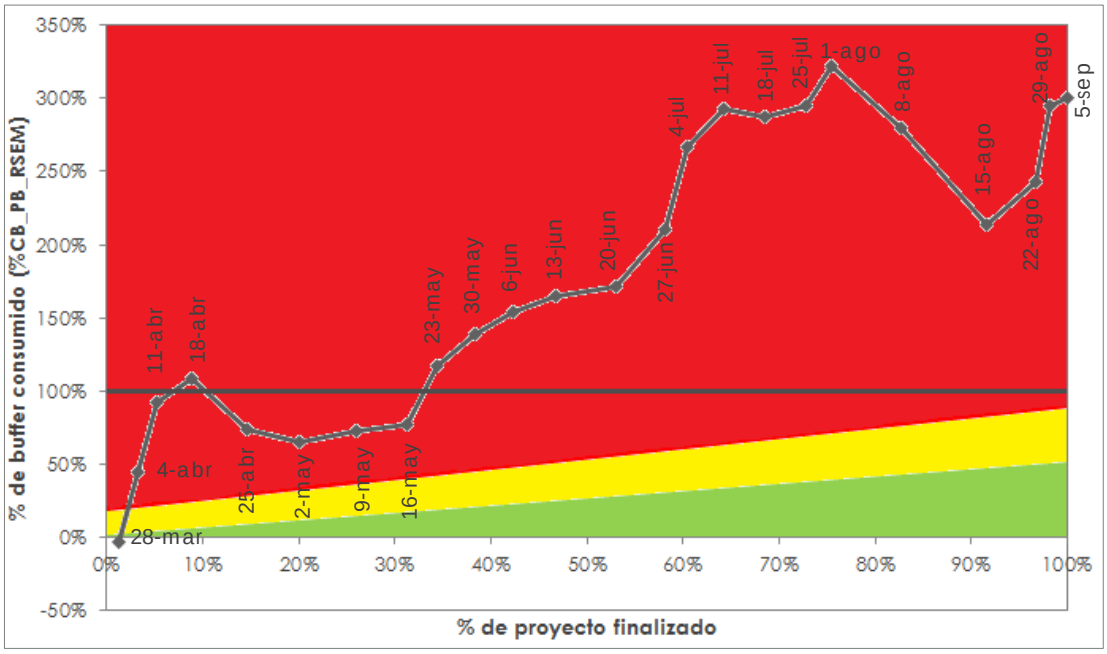


Figura 37. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método RSEM

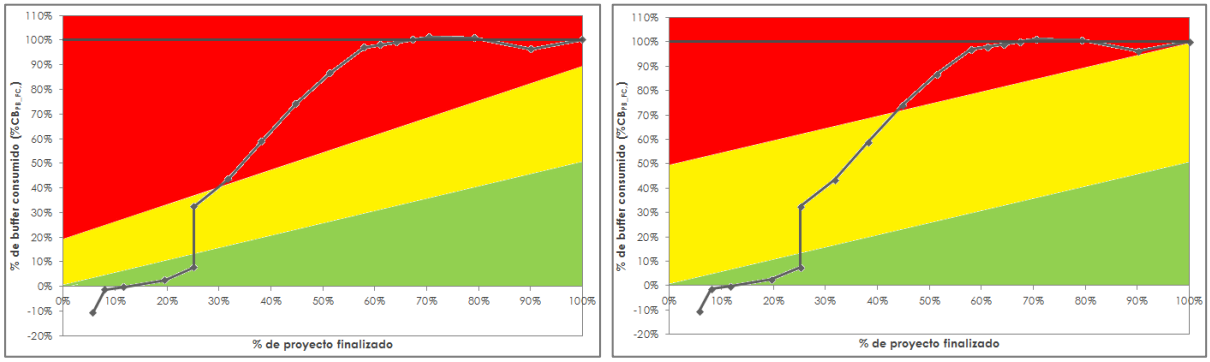


d) Para una apropiada comprensión del estado de las obras y la aplicación de las medidas necesarias, el director de obra debe conocer el proyecto y los puntos donde se prevé una mayor incertidumbre en la ejecución de las actuaciones, ya que un consumo temprano del buffer no siempre es indicativo de que los trabajos finalizarán fuera de los plazos establecidos. Este es el caso de aquellas obras en las que existen ciertas actividades, de las fases iniciales o intermedias de la planificación elaborada, que, debido a una serie de factores ya conocidos (falta de experiencia, escasez de recursos, definición insuficiente del alcance del proyecto, modificaciones constantes en las actuaciones a realizar...), son más propensas a la utilización de los amortiguadores calculados, mientras que otras tareas, situadas al final de la programación, no precisan ningún tipo de protección para su conclusión.

En la Figura 33, correspondiente al caso práctico nº3, se puede observar cómo el consumo del buffer de proyecto durante la conexión final de las instalaciones y los servicios no provocó que la obra terminase fuera de los plazos, ya que la mayor incertidumbre de la misma se concentraba en dichas actuaciones, siendo los trabajos finales de señalización y mobiliario urbano intervenciones para las que no se esperaba ningún tipo de imprevistos o cambios a realizar.

e) Diseñar las Fever Chart para un control de las obras focalizado en la fase de inicio y final de los trabajos, donde, de forma general, se producen la mayor parte de las desviaciones, facilita la puesta en marcha de las actividades bajo la filosofía CCPM, así como la vigilancia de las últimas actuaciones para la consecución de los objetivos.

Figura 38. Comparativa de Fever Chart con distinta distribución de las líneas delimitadoras



*Utilizada como base la Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC (Figura 31).

A pesar de estas ventajas, es preciso comprender que este tipo de planteamiento genera una zona roja más amplia que con otras propuestas (ver Figura 38), por lo que, en este sentido, puede ser interesante:

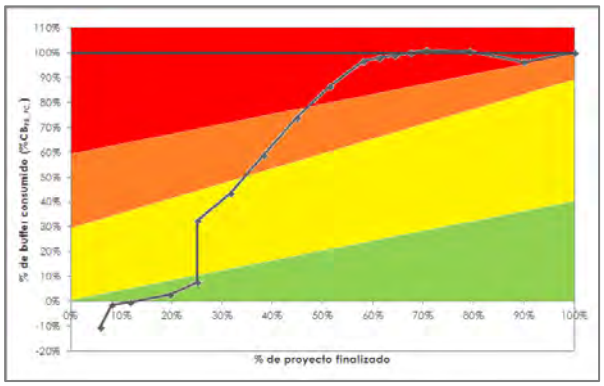
- Establecer límites para indicar cuándo se deben activar medidas correctivas dentro de la región roja de las hojas de control, con objeto de dirigir adecuadamente la energía para mantener un proyecto dentro de la programación establecida.

- Incorporar, dentro de los gráficos de seguimiento propios del CCPM, nuevas líneas delimitadoras que proporcionen una mayor graduación de colores en base a la situación y las actuaciones que el director de proyecto considere necesario aplicar según la localización del nudo de intersección entre el grado de avance de las obras y el porcentaje de buffer consumido (ver Figura 39).

- Redefinir la distribución de los puntos que fijan las líneas de separación entre las diferentes regiones de las Fever Chart para cada una de las fases de las obras, ajustando el control a las mismas según las necesidades de los trabajos durante el plazo de ejecución de los mismos (Figura 40).

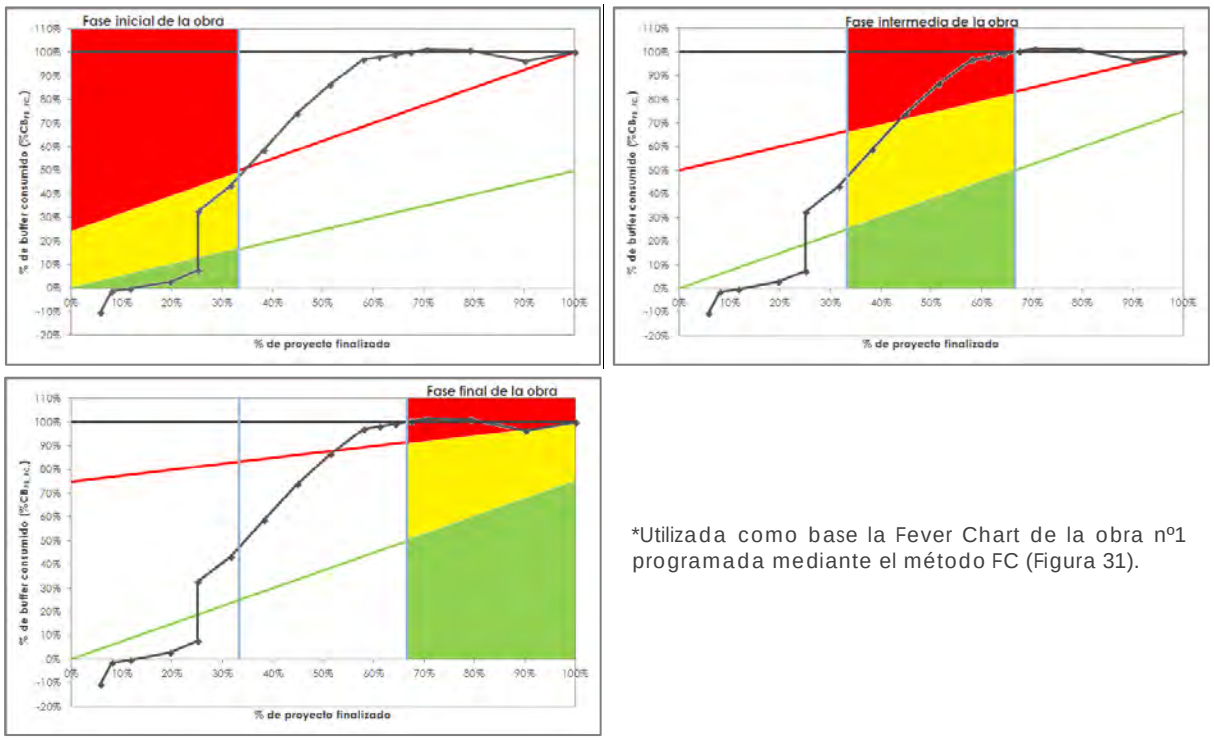
– Disponer los límites de las diferentes áreas del gráfico con modelos no lineales que se ajusten a las incertidumbres propias de cada una de las fases de las obras (ver Figura 41).

Figura 39. Ejemplo de Fever Chart con nuevas regiones



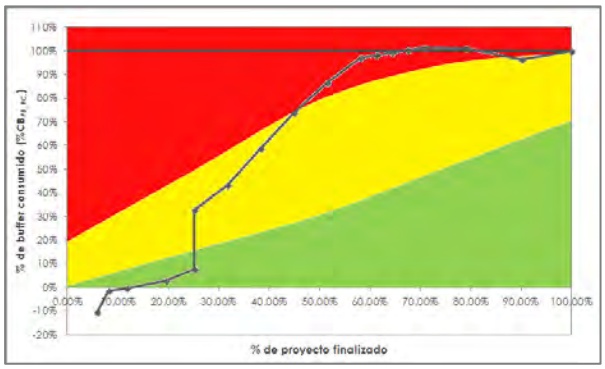
*Utilizada como base la Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC (Figura 31).

Figura 40. Ejemplo de redistribución de las líneas delimitadoras de las Fever Chart en función de la fase del proyecto



*Utilizada como base la Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC (Figura 31).

Figura 41. Ejemplo de Fever Chart con límites no lineales



*Utilizada como base la Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método FC (Figura 31).

Por todo lo expuesto, analizado y argumentado anteriormente, se ha determinado que:

- La disposición de las líneas que separan las distintas regiones de los Fever Chart es una cuestión de juicio personal, donde el director de proyecto debe tener en cuenta el tipo de obra, las características de los trabajos, la localización en el tiempo de las incertidumbres dentro de las actuaciones a ejecutar, los momentos donde se quiere concentrar una mayor atención, etc.

- Cuando los resultados de los puntos de control de las Fever Chart estén por encima de los límites definidos mostrando la necesidad de hacer cambios, el director de obra debe trabajar para ayudar a la evolución futura del proyecto volviendo a su línea original. El modelo propuesto para el seguimiento de las obras de construcción permite establecer claramente, gracias a la realización de los cálculos y mediciones pertinentes, dónde se ubican los problemas y de esta manera activar las acciones preventivas para reducir la posibilidad de que éstos vuelvan a ocurrir.

- La correcta aplicación de las técnicas de la cadena crítica y el valor ganado desde el inicio de los proyectos puede servir de guía para la gestión de éstos, siendo conscientes de que el resultado final dependerá de la implicación, experiencia y habilidad para dirigir las obras.

CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES

6.1. CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

"El éxito no se logra sólo con cualidades especiales.
Es sobre todo un trabajo de constancia,
de método y de organización".
J. P. Sergent

A continuación, se exponen las principales aportaciones y conclusiones extraídas de la investigación realizada:

1. Desde la publicación de la Cadena Crítica en 1997 hasta enero de 2018, son muchos los expertos que han escrito sobre este procedimiento, sin embargo, tan solo el 6,4% de los 214 documentos analizados corresponden a estudios de casos de aplicación del CCPM dentro del sector de la construcción. Además, esta cifra se acorta hasta el 1,55% para las investigaciones de carácter español, siendo totalmente nula la implementación práctica de la cadena crítica en el entorno real de las obras.

2. La revisión efectuada de los trabajos desarrollados dentro del ámbito de la CC ha facilitado el conocimiento, análisis y clasificación de las investigaciones publicadas y consideradas en la presente tesis, en función del enfoque y contenido de las mismas (estudios introductorios, críticos, de mejora, empíricos, de casos de aplicación u otros), evidenciando la necesidad de investigaciones que mejoren, adapten y demuestren, en la práctica, la utilización del método de la cadena crítica en las obras de ingeniería.

3. La integración del método de la cadena crítica con el procedimiento del valor ganado permite unificar, en un solo sistema de gestión de proyectos, los parámetros temporales y monetarios de las obras, desbloqueando las deficiencias de emplear cada una de estas técnicas de manera aislada y obteniendo planificaciones más ajustadas a la realidad, mejores rendimientos y una visión global del avance de las mismas con respecto a los plazos y presupuestos previstos.

4. El método desarrollado para la gestión de los proyectos puede ser utilizado por cualquier ente del ámbito real de las obras de ingeniería civil (contratistas de pequeñas, medianas o grandes empresas y distintas administraciones), sin olvidar que

los datos empleados en cada caso y la importancia o intrascendencia de alguno de los pasos definidos dependerán de la perspectiva desde la que se realice el análisis.

5. El tamaño de los buffers está condicionado por el método de dimensionamiento de buffers escogido por el director de proyecto, cuya selección depende de los requisitos y características de las obras de estudio. El análisis de las propiedades de cada una de las técnicas utilizadas en la investigación, así como la clasificación de las mismas en función de la perspectiva desde la que se realice la dirección de las obras, la duración de los trabajos y la variabilidad o incertidumbre asociada a la ejecución del proyecto, facilita y favorece la elección adecuada del procedimiento que mejor se adapte a las necesidades de las obras.

6. El método de dimensionamiento de buffers de la Fracción Crítica, de elaboración propia, ha permitido obtener buenos resultados en los casos prácticos de estudio, siendo de aplicación para casi todo tipo de proyectos e incertidumbres, lo que lo convierte en una opción totalmente adecuada para el cálculo de los amortiguadores de proyecto y de alimentación en el sector de la construcción.

7. El modelo de seguimiento desarrollado es una de las principales ventajas del sistema, al proporcionar de forma completa toda la información necesaria para elaborar una valoración actualizada, clara y objetiva de la situación monetaria y temporal de las obras gracias al análisis de los resultados obtenidos con las técnicas EVM y CCPM respectivamente.

8. El período de realización del seguimiento de los proyectos está condicionado a la disponibilidad de los datos necesarios para la elaboración de los cálculos pertinentes, sin embargo, es preciso tener en cuenta que un control continuo y adecuado favorece la obtención de los resultados proyectados en los plazos previstos y dentro del presupuesto, al existir un mayor tiempo de reacción ante los imprevistos que puedan surgir.

9. El procedimiento propuesto para la dirección de proyectos debe aplicarse a la totalidad de las actividades que componen las obras. Esto se debe a que, durante la ejecución de las diferentes tareas programadas, la estructura de la CC puede sufrir alguna variación o las subcadenas necesitar más tiempo de protección del

inicialmente estimado para ellas, consumiendo de esta forma parte del PB. En este contexto, el modelo simplificado, analizado y aplicado de forma complementaria en los casos prácticos de la investigación, carece de utilidad.

10. La fórmula desarrollada en esta tesis para el cálculo del porcentaje de buffer consumido durante la ejecución de las obras permite obtener, de forma matemática y en base a la integración de ciertos parámetros del valor ganado y la cadena crítica, el valor real de este factor, el cual es clave para la realización del seguimiento de los plazos de los proyectos y la elaboración de las Fever Chart. Además, el valor de %CB proporcionado mediante esta ecuación, tiene en cuenta la totalidad del proyecto, lo que supone una ventaja añadida al permitir valorar los retrasos o adelantos producidos de forma global por la cadena o subcadenas que tienen la capacidad de consumir parte del PB.

11. Los límites establecidos con el CCPM y el EVM de forma conjunta indican cuándo debe revisarse con detalle el estado de las obras de ingeniería, siendo de gran utilidad a la hora de focalizar la energía y los esfuerzos en mantener los proyectos dentro del programa y presupuesto.

12. Los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de gestión de proyectos desarrollado, bajo la estructura y los principios del CCPM, a los tres proyectos de ingeniería civil escogidos, muestran mejoras significativas (tanto en la fase de planificación como de control) con respecto a los métodos tradicionales empleados en la actualidad dentro del sector de la construcción, donde en algunos casos ni siquiera se utilizan. Además, las obras de estudio no sólo finalizaron dentro de alguno de los cronogramas calculados, sino que también terminaron antes de lo previsto en proyecto o en los contratos de licitación de las actuaciones, concluyendo de manera satisfactoria.

13. Aunque el sistema de gestión desarrollado mediante la integración de las técnicas de la cadena crítica y el valor ganado ha sido diseñado como una herramienta efectiva para la planificación y el seguimiento de los proyectos del sector de la construcción, es preciso destacar que el resultado final de las obras no depende de dicha técnica en sí, sino de la experiencia y habilidad para dirigirlas de forma lógica y apropiada mediante este procedimiento.

14. Se ha demostrado que el nuevo procedimiento de dirección de proyectos permite planificar y controlar de forma correcta: la fecha de finalización de las obras dentro del presupuesto previsto, la consecución de las mismas según lo proyectado, la limitación de los recursos existentes y la verificación de la marcha real de la ejecución de los trabajos.

15. La disminución de los cronogramas de proyecto y la conclusión de éstos gracias a las técnicas del CCPM favorece la obtención de plazos más reducidos a igualdad de recursos. Esto supone una ventaja competitiva también en términos económicos, al poder absorber una mayor cantidad de proyectos y compromisos.

De las conclusiones extraídas, y tal y como ha querido reflejar el estudio realizado, se puede determinar que la aplicación y adaptación del método de la cadena crítica al ámbito de la construcción supone una mejora en la planificación y el seguimiento de cualquier tipo de trabajo, permitiendo corregir las desviaciones producidas durante el desarrollo y ejecución de las obras de manera flexible.

Por todo lo expuesto anteriormente se puede considerar que la investigación llevada a cabo presenta una adecuada posibilidad para administrar, en futuros proyectos de ingeniería civil, los costes y los plazos de dichas obras mediante la práctica de un mecanismo de gestión óptimo y efectivo.

6.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

"La única posibilidad de descubrir los límites de lo posible
es aventurarse un poco más allá de ellos,
hacia lo imposible".
Arthur Charles Clarke

Aunque la investigación desarrollada ha permitido alcanzar los objetivos previamente marcados en la presente tesis, se ha considerado que el nuevo modelo de gestión de proyectos propuesto, basado en la cadena crítica y elaborado para la planificación y seguimiento de las obras del sector de la construcción desde las diferentes perspectivas de la dirección de las mismas, revela algunas limitaciones actuales, nuevos interrogantes, temas complementarios y estudios adicionales sobre los que poder profundizar en futuros trabajos, tales como:

1. Aplicación del método propuesto a otros proyectos

   Dentro de la investigación desarrollada se han empleado tres tipos de proyectos diferentes para tener una visión más amplia de la viabilidad del procedimiento diseñado dentro del ámbito de la planificación y el seguimiento de los trabajos de ingeniería civil (caso nº1: dirigido bajo la perspectiva de la empresa adjudicataria y extensión en el tiempo reducida; caso nº2: analizado desde el enfoque del contratista y duración intermedia; caso nº3: gestionado desde el punto de vista de la administración, mayores plazos y dificultad de las actuaciones).

   Si bien es cierto que estos casos prácticos permiten determinar el buen funcionamiento de la metodología elaborada para cualquier extensión y complejidad de los proyectos, así como la entidad desde la que se dirigen dichas obras, esta muestra no deja de ser representativa dentro del carácter altamente variable y único de las obras de construcción.

   En este sentido, la implementación del CCPM en conjunto con las técnicas del EVM dentro de otros proyectos de obras públicas o de edificación puede favorecer a la obtención de otros modelos adaptados a los diferentes tipos de obras.

2. Difusión del método de gestión de proyectos basado en la cadena crítica

Actualmente la aplicación del CCPM dentro del ambiente real de las obras del sector de la construcción no sólo es nulo, sino que es prácticamente desconocido. En este contexto, trabajar en la divulgación del procedimiento desarrollado, la promoción de los modelos diseñados y la publicidad de los resultados obtenidos puede ser clave para la generación de un clima de confianza en dicha metodología que impulse la utilización del sistema de planificación y control de esta clase de proyectos.

3. Implicación de las personas intervinientes en la obra

El factor humano es el elemento más complejo de cualquier sistema de trabajo ya que, a pesar de que su contribución es esencial para la consecución de las metas, es impredecible y heterogéneo.

Aunque dentro de los casos prácticos utilizados no se advirtió ningún tipo de resistencia al cambio por parte de los cargos más concienciados e implicados en la planificación, ejecución y/o seguimiento de las obras, se ha considerado que la nueva filosofía de trabajo debe ser introducida dentro de las empresas del sector de la construcción a todos los niveles.

Para evitar posibles rechazos de los trabajadores ante el nuevo método de gestión de proyectos, como respuesta a la incertidumbre suscitada por la alteración de los procedimientos existentes en la actualidad donde la experiencia genera cierto grado de seguridad, se propone profundizar en las técnicas de liderazgo más adecuadas que debe adoptar el project manager dentro de este contexto, con objeto de favorecer la motivación, comunicación y participación de todas los implicados en la conclusión de las obras dentro de los plazos y presupuestos marcados.

4. Desarrollo de las Fever Chart

A la hora de delimitar las diferentes regiones de las Fever Chart, la no existencia de un criterio común que funcione perfectamente para cualquier tipo de proyecto añade cierta dificultad de diseño a estos gráficos. Además, el carácter lineal de los ejes divisores puede dar lugar a interpretaciones erróneas si se proyectan desde el inicio, y

a lo largo de todo el proyecto, de forma localizada únicamente en alguna de las etapas de las obras.

En este contexto, y tal y como se propone en el apartado "*5.3.3. Desarrollo e Interpretación de las Fever Chart*" de la presente tesis, la búsqueda de nuevas distribuciones de los puntos que definen las diferentes áreas, el cálculo de nuevas regiones intermedias, el desarrollo de modelos no rectos o la deducción de los valores de actuación mediante el cociente entre el buffer consumido y el porcentaje de proyecto realizado, son algunas de las opciones sobre las que poder trabajar en futuras investigaciones para la creación de Fever Charts adaptables de forma mecánica a los diversos proyectos de construcción.

5. Incorporación de la gestión de riesgos a la metodología desarrollada para la dirección de proyectos

Como se ha visto a lo largo de la investigación, la incertidumbre es una característica inherente a cualquier tipo de proyecto por lo que el CCPM no intenta eliminarla, si no gestionarla correctamente de forma global.

Por su parte, la gestión de riesgos se centra en planificar e identificar los posibles imprevistos asociados a cada una de las actividades del proyecto con el objetivo de analizar las causas originales de los mismos, las probabilidades de que sucedan, el impacto que reportarían y las medidas adecuadas para eliminar, reducir o aprovechar dichas amenazas mediante la elaboración de un programa adecuado de respuesta y control de las mismas.

La integración de la gestión de riesgos dentro del procedimiento desarrollado para la planificación y el seguimiento de las obras de ingeniería puede ser un complemento beneficioso para esta metodología, al agrupar dentro de un único modelo las herramientas de reducción, detección y manejo de las contingencias propias de cada una de las tareas de la CC y las ventajas de administrar dichas incertidumbres de forma global mediante la utilización de los buffers.

Además, es preciso destacar que, un plan de actuación bien definido favorecerá la aplicación de las acciones de gestión más adecuadas que se deben tomar en función de la localización de los hitos de control dentro de las Fever Chart, propias del método

de la cadena crítica, favoreciendo la consecución de mejores resultados de coste y tiempo de las obras.

6. Informatización de la nueva metodología propuesta

Aunque durante la fase de redacción de la presente tesis se intentó utilizar el programa informático ProChain, desarrollado por la compañía ProChain Solutions Inc para la gestión de los proyectos bajo los criterios del CCPM, dicho software tuvo que ser descartado ya que su programación todavía se encuentra en fase experimental y posee ciertas limitaciones (extensión del programa de trabajo, incorporación de datos, errores en la visualización de la cadena crítica…), ya indicadas con anterioridad por algunos investigadores (Aguilar Mendoza, 2009), (Montazeri, 2017), que imposibilitaron su utilización en las obras de estudio.

Por este motivo, para la implementación de la metodología realizada en la presente tesis, dentro de los casos prácticos seleccionados se empleó, de forma conjunta, el programa Microsoft Project y hojas de cálculo de elaboración propia, sin embargo, aunque se obtuvieron buenos resultados, la creación de estas últimas y de los gráficos de control no fue un proceso sencillo debido al carácter manual del mismo.

En este sentido, se ha considerado que una de las claves de éxito para la implementación de forma generalizada del procedimiento propuesto puede ser consecuencia de la simplificación de los cálculos y los procesos a efectuar durante la etapa de planificación y seguimiento de las obras mediante su informatización dentro de una única herramienta computacional.

Es preciso destacar que, estas líneas de investigación no corresponden a una propuesta cerrada puesto que, a medida que se ahonde en alguno de los campos señalados, podrán surgir nuevas cuestiones o ideas de interés.

CAPÍTULO 7.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

[1] Abba, W. F. (2000). "How earned value got to primetime". *Project management institute seminars and symposium in Houston, TX* (pág. 5). Houston, Texas, Estados Unidos: Project Management Institute, Inc.

[2] Ackoff, R. L. (1981). *"Creating the Corporate Future: plan or be planned for".* University of Texas Press, 312 p. ISBN-13: 978-04-7109-009-0.

[3] Agarwal, A., & Borchers, A. (2009). "Managing multiple projects and departmental performance using buffer burn index". *International Journal of Global Management Studies, 1*(3), págs. 1-18.

[4] Agudo García, A. (3 de Diciembre de 2012). "The Manhattan Project". *Blog EOI. Escuela de Organización Industrial*. Obtenido de http://www.eoi.es/blogs/

[5] Aguilar Mendoza, J. (2009). *"Análisis de la efectividad del Método de la Cadena Crítica en los procesos de planificación y diseño de sistemas de control en construcción".* Costa Rica: Trabajo Fin de Grado. Universidad de Costa Rica.

[6] Alsina, J. (28 de Junio de 2013). "Gestión de Valor Ganado "EVM" para Control de Proyectos v.2". *Blog Project Charter S.A.* Obtenido de http://www.projectcharter.com/

[7] Alvarado, C., Silverman, R., & Wilson, D. (2005). "Assessing the performance of construction projects: Implementing earned value management at the General Services Administration". *Journal of Facilities Management, 3*(1), págs. 92-105. doi:10.1108/14725960510808419

[8] Amendola, L., Depool, T., González, J. M., & Artacho, M. (2009). "TOC, medidas intuitivas y contraintuitivas como herramientas para el desarrollo de soluciones de problemas en la gestión y dirección de proyectos: Modelo de confiabilidad basada en la restricción". *XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos* (págs. 315-326). Badajoz, España, 8-10 de Julio de 2009: AEIPRO. ISBN 978-84-6133-497-1.

[9] Amiri, T., Haghighi, F., Eshtehardian, E., & Abessi, O. (Mayo de 2017). "Optimization of Time, Cost and Quality in Critical Chain Method Using Simulated Annealing". *International Journal of Engineering, 30*(5). doi:10.5829/idosi.ije.2017.30.05b.00

[10] Apaolaza Pérez de Eulate, U. (2009). *"Investigación en el método de gestión de entornos multiproyecto".* Mondragón, Guipúzcoa, España: Tesis Doctoral. Mondragon Unibertsitatea.

[11] Apaolaza Pérez de Eulate, U., & Lizarralde, A. (2016). "Implementation and Evolution of the Critical Chain Method: A Case Study". *Project Management and Engineering Research*, págs. 15-30. doi:10.1007/978-3-319-26459-2_2

[12] Apaolaza Pérez de Eulate, U., & Oyarbide Zubillaga, A. (2005). "La aportación de la Cadena Crítica frente a la gestión clásica de proyectos". *IX Congreso de Ingeniería de Organización* (págs. 216-226). Gijón, España, 8-9 de Septiembre de 2005: Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización. ISBN 84-96476-40-5.

[13] Apaolaza Pérez de Eulate, U., & Oyarbide Zubillaga, A. (2007). "Aplicación de la cadena crítica al sector de la construcción: un caso particular". *XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos* (págs. 2233-2244). Lugo, España, 26-28 de Septiembre de 2007: AEIPRO. ISBN 978-84-93643-3-4.

[14] Archibald, R., De Souza Mello, P., & Guimaraes, J. (2007). "The Application of SPDM, Critical Chain and Portfolio Project Management Principles to the Construction of the 670 Km Urucu/Manaus (Petrobras) Pipeline". *Project Management Institute, PMI Global Conference.* Cancún, México, 13 de Noviembre de 2007.

[15] Ash, R., & Pittman, P. (2008). "Towards holistic project scheduling using critical chain methodology enhanced with PERT buffering". *International Journal of Project Organisation and Management, 1*(2), págs. 185-203.

[16] Ashtiani, B., Jalali, G.-R., Aryanezhad, M.-B., & Makui, A. (Diciembre de 2007). "A new approach for buffer sizing in critical chain scheduling". *Industrial Engineering and Engineering Management*, págs. 1037-1041. doi:10.1109/IEEM.2007.4419350

[17] Bagchi, T., Sahu, K., & Jena, B. (2017). "Why CPM is not good enough for Scheduling Projects". *IEEE IEEM 2017 Conference Singapore.*

[18] Balakrishnan, J. (2009). "Critical Chain Analysis Using Project Management Software". *Production and Inveotry Management Journal, 45*(1), págs. 13-20.

[19] Bálsamo, P. (30 de Agosto de 2011). "Origen del Valor Ganado". *Blog Proyectos y Aplicaciones*. Obtenido de http://proyectosyaplicaciones.blogspot.com.es/

[20] Barato, J. (2 de Noviembre de 2014). "Cálculo del Buffer de Proyecto". *Blog Los Hábitos de un Director de Proyectos Eficaz*. Obtenido de http://jose-barato.blogspot.com.es/

[21] Barber, P., Tomkins, C., & Graves, A. (Abril de 1999). "Decentralised site management: A case study". *International Journal of Project Management, 17*(2), págs. 113-120. doi:10.1016/S0263-7863(98)00014-3

[22] Bergland, E. (2016). *"Get it Done On Time!: A Critical Chain Project Management / Theory of Constraints Novel".* Apress, 191 p. ISBN: 978-1484218594.

[23] Best, W. (2006). "Critical Chain Project Management Flies". *Industrial Engineer, 38*(11), págs. 46-48.

[24] Bevilacqua, M., Ciarapica, F., & Giacchetta, G. (2009). "Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: A case study". *International Journal of Project Management, 27*(4), págs. 419-432. doi:10.1016/j.ijproman.2008.06.006

[25] Bevilacqua, M., Ciarapica, F., & Mazzuto, G. (2014). "Critical chain and theory of constraints applied to yachting shipbuilding: a case study". *International Journal of Project Organisation and Management, 6*(4), págs. 379-397. doi:10.1504/IJPOM.2014.066411

[26] Bhan, A., & Waghmare, A. (Agosto de 2017). "Monitoring of construction project through buffer management". *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 6*(8), págs. 171-177. doi:10.5281/zenodo.839157

[27] Bhosekar, S., & Vyas, G. (Abril de 2012). "Cost controlling using earned value analysis in construction industries". *International Journal of Enginering and Innovative Technology (IJEIT), 1*(4), págs. 324-332.

[28] Bhushan, R., & Raghavan, S. (2013). "A Relative Study on CCPM And LOB Scheduling Technique". *Indian Journal of Applied Research, 3*(5), págs. 242-245.

[29] Bianchi, R. (8 de Febrero de 2013). "Cadena Crítica: Aplicación de la Teoría de Restricciones a la Gestión de Proyectos". *Webinar - Cadena Crítica. Grupo Truput* (Archivo de Vídeo). Obtenido de http://grupotruput.com/gestion-proyectos/curso-gestion-proyectos/webinar/

[30] Bie, L., Cui, N., & Zhang, X. (2012). "Buffer sizing approach with dependence assumption between activities in critical chain scheduling". *International Journal of Production Research, 50*(24), págs. 7343-7356. doi:10.1080/00207543.2011.649096

[31] Birrell Rodríguez, M. (2014). *"Simplicidad inherente: Fundamentos de la Teoría de Restricciones"* (2ª ed.). Libros en Red.

[32] Blackstone Jr, J., Cox III, J., & Schleier Jr, J. (2009). "A tutorial on project management from a theory of constraints perspective". *International Journal of Production Research, 47*(24), págs. 7029-7046. doi:10.1080/00207540802392551

[33] Blaszczyk, P., Blaszczyk, T., & Tyla, K. (2014). "Project Schedule Optimization by Critical Chain Approach in a Fuzzy Environment". *Proceedings of the World Congress on Engineering, WCE. 1.* Londres, Reino Unido, 2-4 de Julio de 2014: ISBN: 978-988-19252-7-5.

[34] Botero Vásquez, C. (2016). *"Aplicación de las Teorías de Goldratt en los procesos constructivos".* Bogotá: Tesis de Máster. Universidad Nacional de Colombia.

[35] Büchmann-Slorup, R. (2013). "Applying critical chain buffer management theory in location-based management". *Construction Management and Economics, 32*(6), págs. 1-14.

[36] Budd, C., & Cooper, M. (2005). "Improving on-time service delivery: The case of project as product". *Human Systems Management, 24*(1), págs. 67-81.

[37] Budd, C., & Cooper, M. (2006). "A project management approach to increasing agency margins". *Journal of Promotion Management, 11*(1), págs. 29-49. doi:10.1300/J057v11n01_03

[38] Buyse, P., & Vandenbussche, T. (2010). *"Performance analysis of Earned Value Management in the construction industry".* Gent, Bélgica: Master Thesis, Universtiy Gent.

[39] Caamaño, J. E. (2012). *"Project Management Práctico: Técnicas, Herramientas y Conocimientos".* Málaga, España: Publicaciones Vértice, S.L., 524 p. ISBN 978-84-9931-137-1.

[40] Canales, R. (19 de Diciembre de 2013). "Claves del Comportamiento Humano en la Dirección de Proeyctos. Nuevo Rol del Jefe de Proyectos". *Canal del Executive Master in Project Management de la Universidad de Valencia (España). YouTube* (Archivo de Vídeo). Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=4B6kYG5oHVs&list=PL6rLGyEFD4MP6kRBYLKkvjqjWl79Bd-p4

[41] Cerveny, J., & Galup, S. (2002). "Critical chain project management holistic solution aligning quantitative and qualitative project management methods". *Production and Inventory Management Journal, 43*(3/4), págs. 55-64.

[42] Christensen, D., & Heise, S. (1992). "Cost performance index stability". *National Contract Management Journal, 25*(1), pág. 7.

[43] Cohen, I., Mandelbaum, A., & Shtub, A. (2004). "Multi-project scheduling and control: A process-based comparative study of the critical chain methodology and some alternatives". *Project Management Journal, 35*, págs. 39-49.

[44] Cohn, M. (2005). *"Agile Estimating and Planning".* New Jersey, Estados Unidos: Prentice Hall, 368 p. ISBN-13: 978-01-3147-941-8.

[45] Colin, J., & Vanhoucke, M. (Abril de 2015). "A comparison of the performance of various project control methods using earned value management systems". *Expert Systems with Applications, 42*(6), págs. 3159-3175. doi:10.1016/j.eswa.2014.12.007

[46] Correia, F., & Abreu, A. (2011). "An overview of critical chain applied to project management". *Recent Advances in Manufacturing Engineering. 4th International Conference on Manufacturing Engineering. Quality and Production Systems*, (págs. 15-17). Barcelona, España, Septiembre 2011.

[47] Cortés, H. (1998). *"Gerencia Efectiva".* Caracas, Venezuela: Editorial HCZ Consulting.

[48] Cui, N., Tian, W., & Bie, L. (2010). "Rescheduling after inserting the buffer in the critical chain scheduling". *International Conference onLogistics Systems and Intelligent Management*, (págs. 1105-1110). Harbin, China, 9-10 de Enero de 2010. doi:10.1109/ICLSIM.2010.5461129

[49] Dass, S., & Steyn, H. (Mayo de 2006). "An exploratory assessment of project duration in multiple-project schedules where resources are allocated by the Theory of Constraints method". *South African Journal of Industrial Engineering, 17*(1), págs. 39-54.

[50] Davison, R. (5 de Agosto de 2010). "Understanding Task Engagement". *ProChain Solutions Inc, Resource Center*. Obtenido de http://www.prochain.com/

[51] De Cos Castillo, M. (1995). *"Teoría General del Proyecto: Dirección de Proyectos / Project Management".* Madrid, España: Editorial Síntesis, S.A., 333 p. ISBN 84-7738-332-4.

[52] De Marco, A., & Narbaev, T. (2013). "Earned value-based performance monitoring of facility construction projects". *Journal of facilities Management, 11*(1), págs. 69-80. doi:10.1108/14725961311301475

[53] Deacon, H., & Van Der Lingen, E. (Junio de 2015). "The use of the critical path and critical chain methods in the South African construction industry". *Acta Structilia: Journal for the Physical and Development Sciences, 22*(1), págs. 73-97.

[54] Dissanayake, P. (2010). "Earned value management system as a project management tool for major multi-disciplinary project". *International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE)*, (págs. 14-21). Kandy, Sri Lanka.

[55] Dong, L., Zhao, X., Zhou, W., & Lv, Q. (2013). "Application of Critical Chain Project Scheduling Theory in Power Plant Electrical Equipment Maintenance". *Advanced Materials Research, 614*, págs. 1985-1989. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.614-615.1985

[56] Doyle, J. (Abril de 2010). "Critical Chain Exercises". *American Journal of Business Education, 3*(4), pág. 43.

[57] Duncan, W. R. (Abril de 1999). "Back to Basics: Charters, Chains, and Challenges". *PM Network, 13*(4), págs. 29-32.

[58] Ecco, U. (2004). *"Como se hace una tesis"* (1ª ed.). México: Gedisa Mexicana S.A, 233 p. ISBN 968-852-116-7.

[59] Elton, J., & Roe, J. (1998). "Bringing Discipline To Project Management". *Harvard Business Review, 76*(2), págs. 153-159.

[60] Fallah, M., Ashtiani, B., & Aryanezhad, M. (Junio de 2010). "Critical chain project scheduling: Utilizing uncertainty for buffer sizing". *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences (IJRRAS), 3*(3), págs. 280-289.

[61] Fan, Z. (2016). "A Study on Computerized Simulation of difference between CPM and CCPM". *3rd International Conference on Materials Engineering, Manufacturing Technology and Control (ICMEMTC 2016).* Atlantis Press.

[62] Fayol, H. (1970). *"Administration industrielle et générale: pévoyance, organisation commandement, coordination, controle".* París, Francia: Dunod, 151 p.

[63] Fenbert, J., & Fleener, N. (2002). "Implementing TOC Multiproject Management in a research organization". *PMI Research Conference* (págs. 225-229). Seattle, Washington, Estados Unidos, 14-17 de Julio de 2002: Project Management Institute.

[64] Figuerola, N. (19 de Enero de 2012). "Cadena Crítica y Ágile". *PMQuality Artículos - Project Management*. Buenos Aires: 4 p. Obtenido de https://articulospm.files.wordpress.com/

[65] Filiatrault, C., & Peterson, C. (2000). "Five behaviors that can reduce schedule risk". *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium. 16*, págs. 953-957. Houson, Texas, Estados Unidos, 7-16 de Septiembre de 2000: Project Management Institute.

[66] Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *"Earned Value: Project Management"* (4ª ed.). Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute, Inc., 231 p. ISBN 978-19-3558-908-2.

[67] Fleming, Q., & Koppelman, J. (Marzo - Abril de 2002). "Earned Value Management: Mitigating the Risks Associated with Construction Projects". *Program Manager, 31*(2), págs. 90-95.

[68] Flyvbjerg, B., Holm, M., & Buhl, S. (2002). "Underestimating Cost in Public Works Projects: Error or Lie?". *Journal of American Planning Association, 68*(3), págs. 279-295. doi:10.1080/01944360208976273

[69] Fuente Juridías, R. (2016). *"Método del Valor Ganado (EVM): Aplicación en la gestión de proyectos de edificación en España".* Madrid, España: Tesis doctoral. Universidad Europea.

[70] García Coronado, B., & Ruiz Fernández, E. (2015). *"Impacto de la gestión en obra utilizando la programación de la Cadena Crítica en la Construcción Civil "Residencial Mostacero" en el distrito de Trujillo, Ciudad de Trujillo, Departamento la Libertad".* Trujillo, Perú: Proyecto fin de carrera. Universidad Privada Antenor Orrego.

[71] García González, M. (2016). *"Análisis del potencial de la aplicación de la teoría de restricciones en la gestión de procesos de producción de hidrocarburos".* Chía, Colombia: Trabajo de grado. Universidad de La Sabana.

[72] García Guitiérrez, M. (2014). *"Análisis de aplicabilidad y beneficios del Método de la Cadena Crítica (CCPM) en proyectos de ingeniería y construcción".* Santiago de Chile, Chile: Proyecto fin de carrera. Universidad de Chile.

[73] Garret, G. (2011). *"Earned Value Management: Tools, Techniques and Best ".* Wolters Kluwer Law & Business, 293 p. ISBN: 978-08-0802-823-9.

[74] Geekie, A., & Steyn, H. (Mayo de 2008). "Buffer Sizing for the Critical Chain Project Management Method". *South African Journal of Industrial Engineering, 19*(1), págs. 73-88.

[75] Ghaffari, M. (2017). *"The impact of multitasking on critical chain portfolios".* Tesis doctoral. Universidad de Manchester.

[76] Ghaffari, M., & Emsley, M. (Diciembre de 2015). "Current Status and Future Potencial of the Research on Critical Chain Project Management". *Surveys in Operations Research and Management Science, 20*(2), págs. 43-54. doi:10.1016/j.sorms.2015.10.001

[77] Ghaffari, M., & Emsley, M. (2016). "The Impact of Good and Bad Multitasking on Buffer Requirements of CCPM Portfolios". *The Journal of Modern Project Management, 4*(2).

[78] Ghaffari, M., & Emsley, M. (2017). "Buffer Sizing in CCPM Portfolios with Different Resource Capacities". *International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM), 8*(3), págs. 40-51. doi:10.4018/IJITPM.2017070103

[79] Ghoddousi, P., Ansari, R., & Makui, A. (Julio de 2017). "A risk-oriented buffer allocation model based on critical chain project management". *KSCE Journal of Civil Engineering, 21*(5), págs. 1536-1548. doi:10.1007/s12205-016-0039-y

[80] Gido, J., & Clements, J. P. (1999). *"Administración exitosa de proyectos".* México: International Thomson Editores, 405 p. ISBN 968-7529-84-9.

[81] Globerson, S. (Mayo de 2000). "PMBOK and the Critical Chain". *PM Network, 14*(5), págs. 63-67.

[82] Goldratt, E. M. (1994). *"El síndrome del pajar".* Madrid, España: Díaz de Santos D.L., 233 p. ISBN 84-7978-129-7.

[83] Goldratt, E. M. (1995). *"No es cuestión de suerte".* Madrid, España: Díaz de Santos, D.L., 254 p. ISBN 84-7978-200-5.

[84] Goldratt, E. M. (2001). *"Cadena Crítica: una novela empresarial sobre la gestión de proyectos".* Madrid, España: Díaz de Santos, D.L., 296 p. ISBN 84-7978-484-9.

[85] GOLDRATT, E. M. (2001). *"Cadena Crítica: una novela empresarial sobre la gestión de proyectos".* Madrid: Díaz de Santos, D.L., 296 p. ISBN 84-7978-484-9.

[86] Goldratt, E. M., & Cox, J. (1993). *"La meta: un proceso de mejora continua".* Madrid, España: Díaz de Santos, D.L., 321 p. ISBN 84-7978-095-9.

[87] Goldratt, E. M., Schragenhein, E., & Ptak, C. A. (2001). *"Necesario, pero no suficiente: una novela empresarial sobre la teoría de las limitaciones".* Madrid, España: Díaz de Santos, D.L., 256 p. ISBN 84-7978-487-3.

[88] Gómez Posada, L. F., & Jiménez Villalobos, J. B. (Agosto de 2009). "Gestión de Proyectos con Teoría de Restricciones aplicada al área técnica de la Compañía Construcciones y Servicios S.A.". *Revista de Soluciones de Postgrado EIA, 2*(4), págs. 195-208.

[89] González Fernández de Valderrama, F., & Guadalupe García, R. (2010). "Dos modelos de aplicación del método del valor ganado (EVM) para el sector de la construcción". *XIV International Congress on Project Engineering* (págs. 0058-0073). Madrid, España: AEIPRO. ISBN: 978-84-614-2607-2.

[90] González-Cruz, M. C., Asensio-Cuesta, S., Diego-Más, J. A., & Alcaide-Marzal, J. (2009). "Análisis del método de la cadena crítica vs método del camino crítico. Viabilidad y Conceptos". *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos* (págs. 0056-0067). Badajoz, 8-10 de Julio de 2009: AEIPRO. ISBN 978-84-613-3497-1.

[91] Goto, H., & Yokoyama, H. (2015). "Minimization of the Makespan a Project in the Critical Chain Project Management Framework Using a Max-Plus Linear Representation". *IEEE*

International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2015 (págs. 234-238). Singapore, 6-9 de Diciembre de 2015: IEEE. doi:10.1109/IEEM.2015.7385643

[92] Guada Yalan, L. (2015). *"Modelo de gestión basado en la teoría de las restricciones para la gerencia de proyectos en las empresas del sector inmobiliario. Caso de estudio: Inversiones Insoti CA y grupo Coyserca CA".* Bárbula, Venezuela: Tesis de máster. Universidad de Carabobo.

[93] Guo, Y., & Dong, C. (2014). "Resource conflict resolution method for software projects using fuzzy critical chain". *The 26th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (págs. 2554-2559). Changsha, China, 31 de Mayo - 2 de Junio de 2014: IEEE. ISBN: 978-1-4799-3707-3. doi:10.1109/CCDC.2014.6852604

[94] Gupta, S. (Mayo de 2008). "Earned value management clogs profits". *Industrial Management, 50*(3), págs. 12-16.

[95] Gupta, S. (2010). "Synchronized execution for speedy projects". *Industrial Management, 52*(1), págs. 14-18.

[96] Gurjar, N. (2017). "More Advanced Planning". *A Forward Looking Approach to Project Management*, págs. 265-300. doi:10.1007/978-981-10-0782-8_17

[97] Gwizda, A., Paprocka, I., & Baczkowicz, M. (2017). "Estimation of the resource buffers in the assembly process of a shearer machine in the CPPM method". *The 4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering 2016 – CoSME'16. 94.* MATEC Web of Conferences. EDP Sciences. doi:10.1051/matecconf/20179406012

[98] Herroelen, W., & Leus, R. (Octubre de 2001). "On the merits and pitfalls of critical chain scheduling". *Journal of Operations Management, 19*(5), págs. 559-577. doi:10.1016/S0272-6963(01)00054-7

[99] Herroelen, W., & Leus, R. (2002). "Critical chain project scheduling: Do not oversimplify". *Project Management Journal, 33*(4), págs. 46-60.

[100] Herroelen, W., & Leus, R. (2004). "Robust and reactive project scheduling: a review and classification of procedures". *International Journal of Production Research, 42*(8), págs. 1599-1620. doi:10.1080/00207540310001638055

[101] Herroelen, W., & Leus, R. (Enero de 2005). "Identification and illumination of popular misconceptions about project scheduling and time buffering in a resource-constrained environment". *Journal of the Operational Research Society, 56*(1), págs. 102-109. doi:10.1057/palgrave.jors.2601813

[102] Hoel, K., & Taylor, S. G. (1999). "Quantifying buffers for project schedules". *Production and Inventory Management Journal: Journal of the American Production and Inventory Control Sociaty, Inc, 40*(2), págs. 43-47.

[103] Homo Mínimus. (21 de Julio de 2010). "Principio de Pareto o Regla del 80/20". *Homo Mínimos*. Obtenido de https://homominimus.com/

[104] Horine, G. M. (2010). *"Manual imprescindible de la Gestión de Proyectos"* (Revisada y actualizada 2010 ed.). Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 426 p. ISBN 978-84-4152-607-5.

[105] Hu, C., Chen, X., & Wu, L. (2011). "The setting method of project buffer in critical chain management of mould manufacturing project based reworking". *Advanced Materials Research, 317*, págs. 418-422. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.317-319.418

[106] Hu, X., Cui, N., Demeulemeester, E., & Bie, L. (Marzo de 2016). "Incorporation of activity sensitivity measures into buffer management to manage project schedule risk". *European Journal of Operational Research, 249*(2), págs. 717-727. doi:10.1016/j.ejor.2015.08.066

[107] Hu, X., Demeulemeester, E., Cui, N., Wang, J., & Tian, W. (Junio de 2017). "Improved critical chain buffer management framework considering resource costs and schedule stability". *Flexible Services and Manufacturing Journal, 29*(2), págs. 159-183. doi:10.1007/s10696-016-9241-y

[108] Huang, C.-L., Chang, H.-G., Li, R.-K., & Tsai, C.-H. (2011). "Using game and statistical analysis to confirm Goldratt's logical analysis of poor delivery in a multi-project environment". *South African Journal of Industrial Engineering, 22*(2), págs. 133-150.

[109] Huang, C.-L., Chen, H.-C., Li, R.-K., & Tsai, C.-H. (Agosto de 2012). "A comparative study of the critical chain and PERT planning methods: no bad human behaviors involved". *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 2*(8), págs. 379-394.

[110] Huang, C.-L., Li, R.-K., Tsai, C.-H., Chung, Y.-C., & Hsu, Y.-W. (Enero de 2014). "A Study of Using Simulation to Overcome Obstacles That Block the Implementation of Critical Chain Project Management to Project Management Environment". *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences, 4*(1), págs. 21-35. doi:10.6007/IJARAFMS/v4-i1/505

[111] Hunsberger, K. (Enero de 2012). "Chain Reactions". *PM Network, 26*(1), págs. 40-43.

[112] Hunt, D. (2004). *"Shipyard transformation".* Obtenido de Naval Sea Systems Command. Shipyard Log: http://www.navsea.navy.mil/

[113] Hwang, Y.-J., Chang, Y.-M., & LL, R.-K. (2009). "Using TOC CCPM S&T Tree to rapidly improve performance of new product development projects: A Case Study in Taiwan". *Project Management TOC Way*, pág. 123.

[114] Icart Isern, M. T., & Pulpón Segura, A. M. (2012). *"Cómo elaborar y presentar un proyecto de investigación, una tesina y una tesis".* Barcelona, España: Publicacions i Edicions, Universitat de Barcelona, D.L., 252 p. ISBN: 978-84-4753-598-9.

[115] Iglesias Sánchez, J. L. (Junio de 2005a). "Gestión de proyectos (III): Los buffer del proyecto". *Partida Doble*(167), págs. 76-85.

[116] Iglesias Sánchez, J. L. (Julio - Agosto de 2005b). "La programación de los proyectos y la cadena crítica de un Proyecto (y IV)". *Partida Doble, 15*(168), págs. 88-103.

[117] Iranmanesch, H., Mansourian, F., & Kouchaki, S. (2016). "Critical chain scheduling: a new approach for feeding buffer sizing". *International Journal of Operational Research, 25*(1), págs. 114-130. doi:10.1504/IJOR.2016.073254

[118] Izmailov, A., Korneva, D., & Kozhemiakin, A. (Agosto de 2016). "Effective Project Management with Theory of Constraints". *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 229*(19), págs. 96-103. doi:10.1016/j.sbspro.2016.07.118

[119] Jianmin, A. (2011). "Multi-project management based on the critical chain". *International Conference on Product Innovation Management (ICPIM 2011)*, (págs. 284-288). doi:10.1109/ICPIM.2011.5983656

[120] Jiménez, J. A. (13 de Abril de 2016). "Los 8 pasos de Kotter para gestionar el cambio". *Adictos al trabajo*. Obtenido de https://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/

[121] Kannan, J., & Chitra, G. (2017). "Critical Chain over Critical Path in Construction Projects". *International Journal of Engineering and Management Research (IJEMR), 7*(1), págs. 338-344.

[122] Kasahara, M., Takahashi, H., & Goto, H. (2009). "On the buffer management policy for CCPM based on MPL". *ICROS-SICE International Joint Conference 2009. Fukuoka International Congress Center.* (págs. 1711-1716). Fukuoka, Japón, 18-21 de Agosto de 2009: IEEE.

[123] Keng, T., & Shahdan, N. (2015). "The application of Earned Value Management (EVM) in Construction Project Management". *Journal of Technology Management and Business, 2*(2).

[124] Kerzner, H. (2017). *"Project Management: a Systems approach to planning, scheduling, and controlling"* (12 ed.). John Willey & Sons, 848 p. ISBN 978-11-1916-535-4.

[125] Kim, E., Wells, W., & Duffey, M. (Julio de 2003). "A model for effective implementation of Earned Value Management methodology". *International Journal of Project Management, 21*(5), págs. 375-382. doi:10.1016/S0263-7863(02)00049-2

[126] Kirpes, C. (2014). "Evaluating the Use of Scheduling Techniques: Critical Chain Project Management". *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference* (págs. 3878-3884). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).

[127] Kishira, Y. (2006). "A case study of reengineering public works management at a Japanese government ministry through a "P2M" based program and project management method". *PM World Today, 8*(11).

[128] Klastorin, T. (2010). *"Gestión de Proyectos: con casos prácticos, ejercicios resueltos, Microsoft Project, Risk y hojas de cálculo".* Barcelona, España: Profit Editorial, 396 p. ISBN 978-84-9699-812-4.

[129] Koga, H., Goto, H., & Chiba, E. (2014). "Resolution of resource conflicts in the CCPM framework using a local search method". *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2014* (págs. 94-98). Bandar Sunway, Malaysia, 9-12 de Diciembre de 2014: IEEE. ISSN: 2157-3611. doi:10.1109/IEEM.2014.7058607

[130] Koskela, L., Stratton, R., & Koskenvesa, A. (2010). "Last Planner and Critical Chain in Contruction Management: Comparative Study". *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (págs. 538-547). Haifa, Israel: National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology.

[131] KPMG. (Marzo de 2015a). "Climbing the curve". *Global Construction Survey 2015*. KPMG International, 36 p. Obtenido de https://www.kpmg.com/building

[132] KPMG. (Diciembre de 2015b). "Passión. Purpose. Perspective". *International Annual Review*. KPMG International, 44 p. Obtenido de http://www.kpmg.com

[133] KPMG. (Septiembre de 2016a). "Building a technology advantage". *Global Construction Survey 2016*. KPMG International, 32 p. Obtenido de http://www.kpmg.com/gcs

[134] KPMG. (Noviembre de 2016b). "Impulso a la inteligencia: la era cognitiva". *Valores. Tendencias en economía y management para la creación de valor, 19*. KPMG España, 43 p. Obtenido de http://www.kpmg.es

[135] Lapunka, I., Pisz, I., & Wittbrodt, P. (2017). "Planning Production Preparation Processesusing the Critical Chain Method". *Academic Journal of Manufacturing Engineering, 15*(1), págs. 42-51.

[136] Leach, L. (1999). "Critical chain project management improves project performance". *Project Management Journal, 30*(2), págs. 39-51.

[137] Leach, L. (2001). "Putting Quality in Project Risk Management. Part 2: Dealing with Variation". *PM Network, 15*(3), págs. 47-54.

[138] Leach, L. (2003). "Schedule and cost buffer sizing: How to account for the bias between project performance and your model". *Project Management Journal, 34*(2), págs. 34-34.

[139] Leach, L. (2005). *"Lean project management: eight principles for success".* Advanced Projects, 234 p, ISBN: 978-14-19644-061.

[140] Leach, L. (2014). *"Critical Chain Project Management"* (3ª ed.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Artech House, 326 p. ISBN-13: 978-16-0807-734-2.

[141] Lechler, T., Ronen, B., & Stohr, E. (Diciembre de 2005). "Critical chain: A new project management paradigm or old wine in new bottles?". *Engineering Management Journal, 17*(4), págs. 45-58. doi:10.1080/10429247.2005.11431672

[142] Lee, J.-C., Jeong, J.-H., Wilson, P., Kang, D.-H., Lee, J.-H., & Shin, S.-C. (2016). "A study on project buffer sizing method for critical chain project management in shipbuilding industry". *Journal of Intelligent Manufacturing*, págs. 1-15.

[143] Levine, H. (1999). "Shared Contingency: Exploring the Critical Chain". *PM Network, 13*, págs. 35-40.

[144] Lewis, J. P. (1995). *"Planificación, programación y control de proyectos: Guía práctica para una gestión de proyectos eficiente".* Barcelona: Ediciones S, 275 p. ISBN 84-8773-615-7.

[145] Li, K., & Chen, Y.-X. (2007). "Applying critical chain in project scheduling and estimating buffer size based on fuzzy technique". *2007 IEEE International Conference* (págs. 1068-1072). Singapore, 2-4 de Diciembre de 2007: Industrial Engineering and Engineering Management. ISBN: 978-1-4244-1528-1. doi:10.1109/IEEM.2007.4419356

[146] Lipke, W. (Marzo de 2003). "Schedule is Different". *The Measurable News - PMI CPM Journal, 31*(4), págs. 31-34.

[147] Liu, J., Ren, H., & Du, J. (2013). "Fuzzy Optimization of Construction Engineering Project Schedule Based on Critical Chain Management". *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 11*(12), págs. 7277-7283. doi:10.11591/telkomnika.v11i12.3591

[148] Lock, D. (2007). *"Project Management".* Aldershot, Burlington, Reino Unido: Gower Publishing Company, 520 p. ISBN 978-05-6608-772-1.

[149] Long, L. D., & Ohsato, A. (Agosto de 2008). "Fuzzy critical chain method for project scheduling under resource constraints and uncertainty". *International Journal of Project Management, 26*(6), págs. 688-698. doi:10.1016/j.ijproman.2007.09.012

[150] López de Ávila Muñoz, M. (16 de Septiembre de 2009). "Critical Chain <in a nutshell>". *Blog Nodos en la Red*. Obtenido de http://nodos.typepad.com/

[151] Lynch, B. (Marzo de 2003). "Critical Chain Project Management: Coming to a Radar Screen Near You!". *Cutter IT Journal: The Journal of Information Technology Management, 16*(3), pág. 37.

[152] Ma, G., Wang, A., M.ASCE, N., Gu, L., & Ai, Q. (Diciembre de 2014). "Improved Critical Chain Project Management Framework for Scheduling Construction Projects". *Journal of Construction Engineering and Management, 140*(12), págs. 04014055. 1-12. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000908

[153] Ma, G.-F., Li, L., & Chen, Z. (2012). "Research on the buffer sizing approach in critical chain scheduling in perspective of flexible management". *Business, Economics, Financial Sciences, and Management*, págs. 61-68.

[154] Ma, G.-F., Yan, Y., You, J.-X., & Gu, L.-Y. (2014). "A Study on Robust Optimization of Critical Chain Project Scheduling". *Journal of Systems & Management, 5*(23).

[155] Mabin, V., & Mirzaei, M. (Septiembre de 2016). "Critical Chain Project Management: an abductive view". *OR58 Annual Conference.* Portsmouth, Reino Unido.

[156] Mansoorzadeh, S., & Yusof, S. (2011). "Reliable project scheduling with combination of risk management and critical chain schedule". *2011 IEEE Student Conference on Research and Development*, (págs. 442-447). Cyberjaya, Malaysia, 19-20 de Diciembre de 2011. doi:10.1109/SCOReD.2011.6148780

[157] Mansoorzadeh, S., Yusof, S., Mansoorzadeh, S., & Zeynal, H. (Febrero de 2014). "A Comprehensive and Practical Framework for Reliable Scheduling in Project Management". *Advanced Materials Research, 903*, págs. 378-383. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.903.378

[158] Marris, P. (2011). "The critical chain to reduce the time to market and increase productivity". *STP Pharma Techniques Pratiques Reglementations, 21*(5), págs. 379-390.

[159] Marshall, R. (2005). "The case for earned value management with fixed-price contracts". *Contract Management, 45*(10), págs. 30-34.

[160] Marshall, R. (2007). "The contribution of earned value management to project success on contracted efforts: A quantitative statistics approach within the population of experienced practitioners". *Journal of Contract Management, 2*, págs. 21-33.

[161] Martens, A., & Vanhoucke, M. (Octubre de 2017). "A buffer control method for top-down project control". *European Journal of Operational Research, 262*(1), págs. 274-286. doi:10.1016/j.ejor.2017.03.034

[162] Mattos, A. D., & González Fernández de Valderrama, F. (2014). *"Métodos de Planificación y Control de Obras: del diagrama de barras al BIM".* Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A., 311 p. ISBN 978-84-2913-104-8.

[163] Mazzuto, G., Bevilacqua, M., & Ciarapica, F. (2017). "A heuristic scheduling algorithm based on fuzzy logic and critical chain project management". *International Journal of Project Organisation and Management, 9*, págs. 303-327. doi:10.1504/IJPOM.2017.088244

[164] Medina, E. (2010). "Una mirada hacia el pasado, presente y futuro de la gestión de proyectos". *Ingeniería y Sociedad UC, 5*(1), págs. 43-50.

[165] Millhiser, W., & Szmerekovsky, J. (Enero de 2012). "Teaching Critical Chain Project Management: The Academic Debate and Illustrative Examples". *Informs Transactions on Education, 12*(2), págs. 67-77. doi:10.1287/ited.1110.0083

[166] Ming, C., & Wuliang, P. (2009). "An active plan based critical chain method". *Control and Decision Conference, CCDC'09* (págs. 2765-2769). Guilin, China, 17-19 de Junio de 2009: IEEE. ISBN: 978-1-4244-2722-2. doi:10.1109/CCDC.2009.5194975

[167] Miranda, E. (2004). "Combining critical chain planning and incremental development in software projects". *PMI Global Congress* (págs. 1-4). Praga, República Checa, 1 de Abril de 2004: Project Management Institute.

[168] Mol, M. J., & Birkinshaw, J. (2008). *"Las grandes revoluciones que cambiaron nuestro modo de trabajar".* Barcelona, España: Ediciones Deusto, 281 p. ISBN 978-84-234-2669-0.

[169] Montazeri, B. (2017). *"Comparing Critical Chain Project Management with Critical Path Method: A Case Study".* Masters Theses & Specialist Projects.

[170] Morais, C. H., & Sbragia, R. (2012). "Management of multi-project environment by means of Critical Chain Project Management: A Brazilian multi-case study". *Technology Management for Emerging Technologies, PICMET'12* (págs. 2506-2516). Vancouver, Canadá, 29 de Julio - 2 de Agosto de 2012: IEEE. ISBN: 978-1-4673-2853-1.

[171] Morillo, P. (24 de Abril de 2013). "Camino Crítico y Cadena Crítica". *Canal del Executive Master in Project Management de la Universidad de Valencia (España). Youtube* (Archivo de Vídeo). Obtenido de https://youtu.be/IjeWqZTylME

[172] Moro Melón, J. (8 de Diciembre de 2011). "Earned Value Management: Descubriendo el standard ANSI 748-B". *Webinar AEPDP*. Gedpro: expertos en gestión de proyectos. Obtenido de https://www.gedpro.com/

[173] Moussa, D., El-Korany, T., Etman, E., & Taher, S. (2016). "Evaluation of Critical Chain Buffer Sizing Techniques". *AICSGE9.* Egipto, 19-21 de Diciembre de 2016.

[174] Muñoz Enríquez, R. (18 de Julio de 2013). "Frederick Winslow Taylor y sus aportes a la administración". *Gestiopolis*. Obtenido de http://www.gestiopolis.com/frederick-winslow-taylor-y-sus-aportes-a-la-administracion/

[175] Navarro, D. (29 de Agosto de 2005a). "Las limitaciones del método del camino crítico". *Blog Dirección de Proyectos*. Obtenido de http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/

[176] Navarro, D. (1 de Septiembre de 2005b). "Todo es cuestión de incertidumbre". *Blog Dirección de Proyectos*. Obtenido de http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/

[177] Navarro, D. (20 de Septiembre de 2005c). "Incertidumbre e interdependencia". *Blog Dirección de Proyectos*. Obtenido de http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/

[178] Navarro, D. (12 de Mayo de 2006). "Gestión de Proyectos. Método de la Cadena Crítica". *Blog Dirección de Proyectos*. Obtenido de http://direccion-proyectos.blogspot.com.es/

[179] Newbold, R. C. (1998). *"Project Management in The Fast Lane: applying the Theory of Constraints".* London, Reino Unido: CRC Press, 320 p. ISBN-13: 978-15-7444-195-6.

[180] Newbold, R. C. (29 de Septiembre de 2010). "Scheduling for Success with Critical Chain". *ProChain Solutions Inc*. Resource Center. Obtenido de http://www.prochain.com/

[181] Newbold, R. C. (29 de Septiembre de 2010). "Scheduling for Success with Critical Chain". *ProChain Solutions Inc*. Resource Center. Publicado en http://www.prochain.com/.

[182] Newbold, R. C. (16 de Octubre de 2011). "Fever Chart Regions". *ProChain Solutions Inc*. Resource Center. Obtenido de http://prochain.com/prochain_blog/

[183] Newbold, R. C. (2013). "The Tyranny of deadlines". *PMI College of Scheduling Conference PMICOS* (págs. 19-22). Project Management Institute.

[184] Newbold, R. C., Budd, C. S., & Budd, C. I. (26 de Abril de 2010). "Protecting Earned Value Schedules with Schedule Margin". *ProChain Solutions Inc*. Resource Center. Obtenido de http://www.prochain.com/

[185] OBS Project Management. (6 de Noviembre de 2014). "¿Qué hay que saber de la ISO 21500?". *Blog OBS Project Management*. Obtenido de http://www.obs-edu.com/blog-project-management/

[186] OBS Project Management. (13 de Agosto de 2015a). "Motivación del equipo: mejora tus resultados de proyecto en 4 claves". *Blog OBS Project Management*. Obtenido de http://www.obs-edu.com/blog-project-management/

[187] OBS Project Management. (16 de Agosto de 2015b). "La configuración de los equipos de proyectos de construcción". *Blog OBS Project Management*. Obtenido de http://www.obs-edu.com/blog-project-management/

[188] OBS Project Management. (21 de Septiembre de 2015c). "Principales técnicas para mejorar la motivación en el trabajo". *Blog OBS Project Management*. Obtenido de http://www.obs-edu.com/blog-project-management/

[189] Online Business School. (2014). "Guía práctica sobre la Cadena Crítica". *OBS*. Barcelona: Grupo Planeta, 35 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[190] Online Business School. (2014a). "5 tendencias emergentes en project management". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 9 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[191] Online Business School. (2014b). "Diagramas de Gantt: utilidad, aplicaciones y comparativa de software". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 37 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[192] Online Business School. (2014c). "Etapas de un proyecto". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 15 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[193] Online Business School. (2014d). "Gestión de proyectos utilizando el método de la cadena crítica". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 35 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[194] Online Business School. (2014e). "Guía práctica sobre la Cadena Crítica". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 35 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[195] Online Business School. (2014f). "Las 8 herramientas imprescindibles de Project Management que todo directivo debe dominar". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 9 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[196] Online Business School. (2014g). "Las principales causas de fracaso de los proyectos". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 11 p. Disponible en http://www.obs-edu-com/.

[197] Online Business School. (2015a). "Gestión del tiempo de un proyecto". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 8 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[198] Online Business School. (2015b). "Herramientas informáticas para project management". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 12 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[199] Online Business School. (2015c). "La incidencia del factor humano en un proyecto". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 15 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[200] Online Business School. (2015d). "Proyectos de Ingeniería". *OBS*. Barcelona, España: Grupo Planeta, 14 p. Disponible en http://www.obs-edu.com/.

[201] Palmer, G., & Davis, A. (Enero y Febrero de 2014). "The Critical Benefit of Critical Chain & Earned Value and Critical Chain: The Missing Link". *Spotlight on Methodology*, págs. 44-46. Diponible en http://www.pmtoday.co.uk.

[202] Paprocka, I., & Czuwaj, W. (Noviembre de 2015). "Location Selection and Size Estimation of Resource Buffers in the Critical Chain Project Management Method". *Applied Mechanics and Materials, 809-810*, págs. 1390-1395. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.809-810.1390

[203] Paprocka, I., Gwiazda, A., & Baczkowicz, M. (2017). "Scheduling of an assembly process of a chosen technical mean using the critical chain approach". *MATEC Web of Conferences. 94.* EDP Sciences. doi:10.1051/matecconf/20179406015

[204] Paramés Montenegro, C. (1988). *"Introducción al management: un nuevo enfoque de la Administración Publica"* (4ª ed.). Madrid, España: Colección Manuales. Instituto Nacional de Administración Pública. Ministerio para las Administraciones Públicas. ISBN: 84-7088-468-9.

[205] Parkinson, C. N. (1998). *"La Ley de Parkinson y otros ensayos sobre adminsitración".* Barcelona, España: Seix Barral, 160 p. ISBN: 978-84-3224-803-0.

[206] Parra, F. (2007). *"Aprovisionamiento de repuestos de Cocinas y Refrigeradores Indurama, a través de la aplicación de la Teoría de las Restricciones TOC, para manejo de inventarios".* Cuenca, Ecuador: Tesis de Maestría. Universidad de Azuay.

[207] Patrick, F. (1999a). "Getting out from between Parkinson's rock and Murphy's hard place". *PM Network, 13*, págs. 57-62.

[208] Patrick, F. (1999b). "Program management: Turning many projects into few priorities with TOC". *The National Project Management Institute Symposium.* Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute.

[209] Patrick, F. (2001). "Buffering Against Risk - Critical Chain and Risk Management". *Project Management Institute Annual Seminars & Symposium.* Nashville, Tennessee, Estados Unidos: Project Management Institute.

[210] Pawinski, G., & Sapiecha, K. (2012). "Resource allocation optimization in critical chain method". *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska.* Lubrin, Polonia. doi:10.2478/v10065-012-0006-2

[211] Pawinski, G., & Sapiecha, K. (2014). "Cost-efficient project management based on critical chain method with partial availability of resources". *Control and Cybernetics, 43*(1), págs. 95-109.

[212] Peng, G., Junwen, F., & Huating, W. (Junio de 2007). "Grey Critical Chain Project Scheduling Technique and Its Application". *Canadian Social Science, 3*(3), págs. 35-41.

[213] Peng, W., & Huang, M. (6 de Diciembre de 2014). "A critical chain project scheduling method based on a differential evolution algorithm". *International Journal of Production Research, 52*(13), págs. 3940-3949. doi:10.1080/00207543.2013.865091

[214] Peng, W., & Jliao, Q. (2012). "A critical chain project scheduling problem with multi-mode". *Materials Science Forum*, págs. 541-545. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.697-698.541

[215] Peng, W., & Xu, H. (2012). "The scheduling problem of active critical chain method". *Information Technology Journal, 11*(7), págs. 829-839. doi:10.3923/itj.2012.829.839

[216] Peterson, C., & Filiartrault, C. (2000). "Earned value vs. critical chain project management". *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium.* Houton, Texas, Estados Unidos, 7-16 de Septiembre de 2000: Project Management Institute.

[217] Phillis, R., & Gumede, H. (Noviembre de 2011). "A case study on stoping shift buffering at Impala Platinum: A critical chain project management perspective". *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 111*(11), págs. 793-800.

[218] Piney, C. (2000). "Critical Path or Critical Chain-Combining the Best of Both". *PM Network, 14*(12), págs. 51-55.

[219] Pinto, J. (1999). "Some constraints on the theory of constraints: Taking a critical look at the critical chain". *PM Network, 13*, págs. 49-51.

[220] PMI. (2006). *"Practice Standard for Work Breakdown Structures"* (2ª ed.). Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute Inc, 123 p. ISBN 978-19-3389-013-5.

[221] PMI. (16 de Diciembre de 2016). "President Barack Obama Signs the Program Management Improvement and Accountability Act". *Prensa y medios PMI*. Washington D.C., Estados Unidos. Obtenido de https://www.pmi.org

[222] PMI. (2017). *"Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos: Guía del PMBOK"* (6ª ed.). Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute Inc, 589 p. ISBN 978-16-2825-194-4.

[223] Port, O., Schiller, Z., & King, R. W. (30 de Abril de 1990). "A smarter way to manufacture". *Business Week, 30*, págs. 110-117.

[224] Prentice, J.-P. (2003). "Earned Value in the Construction and Facilities Maintenance Environments". *AACE International Transactions*, pág. CS171.

[225] Rabbani, M., Fatemi Ghomi, S. M., Jolai, F., & Lahiji, N. S. (Enero de 2007). "A new heuristic for resource-constrained project scheduling in stochastic networks using critical chain concept". *European Journal of Operational Research, 176*(2), págs. 794-808. doi:10.1016/j.ejor.2005.09.018

[226] Rand, G. K. (Junio de 2000). "Critical Chain: the theory of constraints applied to project management". *International Journal of Project Management, 18*(3), págs. 173-177. doi:10.1016/S0263-7863(99)00019-8

[227] Raz, T., Barnes, R., & Dvir, D. (7 de Junio de 2004). "A Critical Look at Critical Chain Project Management". *IEEE Engineering Management Review, 32*(2), págs. 35-44. doi:10.1109/EMR.2004.25048

[228] Realization Technologies INC. (2012). "Integrating Earned Value Management with Critical Chain Execution". *Realization Technologies Inc*, 12 p. Disponible en http://www.realization.com/.

[229] Redondo Expósito, E. (2011). *"Una propuesta de mejora. La planificación y control de proyectos en la industria de aviones militares".* Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

[230] Repp, L., & Wright, S. (2012). "Factors that influence critical chain project management implementation success". *PMI College of Scheduling Conference PMICOS* (págs. 19-22). Project Management Institute.

[231] Rezaie, K., Manouchehrabadi, B., & Nazari Shirkouhi, S. (2009). "Duration estimation, a new approach in critical chain scheduling". *AMS'09. Third Asia International Conference on Modelling & Simulation* (págs. 481-484). Bali, Indonesia, 25-29 de Mayo de 2009: IEEE. doi:10.1109/AMS.2009.67

[232] Ribera, J., Sachon, M., & Grasas, A. (2003). "Putting the core elements of critical chain project management into perspective: A general framework for buffer management". En G. Spina, & A. Vinelli, *"One World? One View of OM?: The Challenges of Integrating Research & Practice"* (Vol. 1, pág. 3000). Servici Grafici Editoriali. ISBN: 9788886281782.

[233] Rigo Arnavat, A., & Genescà Dueñas, G. (2002). *"Cómo presentar una tesis y trabajos de investigación"* (1ª ed.). Barcelona, España: Eumo - Octaedro, 157 p. ISBN 84-8063-549-5.

[234] Rivera, F. A., & Durán, A. (Diciembre de 2003). "Una reflexión sobre los fundamentos y la aplicabilidad de cadena crítica en proyectos de ingeniería". *Dyna, 78*(9), págs. 10-13.

[235] Rivera, F., & Durán, A. (2002). "Revisión y Clasificación de Propuestas para la Definición de Parámetros de Proyectos Programados con Recursos Limitados". *Conferencia de Ingeniería de Organización (CIO)*, (págs. 767-774). Vigo, España, 5-6 de Septiembre de 2002.

[236] Rivera-Camino, J. (2011). *"Cómo escribir y publicar una tesis doctoral"* (1ª ed.). Madrid, España: ESIC, 181 p. ISBN 978-84-7356-750-3.

[237] Rizzo, T. (2002). "Operational Measurements for Product Development Organizations". En *"Managing Multiple Projects: Planning, Scheduling, and Allocating Resources for Competitive Advantage"* (pág. 173). Marcek Dekker Inc. ISBN: 0-8247-0680-3.

[238] Roberts, A., & Wallace, W. (2014). *"Gestión de proyectos"* (4ª ed.). Edimburgo, Reino Unido: Edimburgh Business School. Heriot-Watt University.

[239] Roberts, P. (2008). *"Guía de Gestión de Proyectos: obtener beneficios perdurables a través de cambios efectivos".* Barcelona, España: Gestión 2000, 405 p. ISBN 978-84-9875-013-3.

[240] Robinson, H. (2007). "An introduction to the theory behind Goldratt's critical chain project management". *Project Management Institutes College of Scheduling Conference (PMICOS).* Vancouver, Canadá.

[241] Robinson, H., & Richards, R. (2009). "An introduction to critical change project management". *AACE International Transactions*, págs. 03.1-03.12.

[242] Robinson, H., & Richards, R. (2010). "Critical Chain Project Management: Motivation & Overview". *Aerospace Conference* (págs. 1-10). Big Sky, Montana, Estados Unidos, 6-13 de Marzo de 2010: IEEE. ISBN: 978-1-4244-3887-7. doi:10.1109/AERO.2010.5446879

[243] Roghanian, E., Alipour, M., & Rezaei, M. (2017). "An improved fuzzy critical chain approach in order to face uncertainty in project scheduling". *International Journal of Construction Management, 18*(1), págs. 1-13. doi:10.1080/15623599.2016.1225327

[244] Saihjpal, V. (2012). "New Placement Strategy for Buffers in Critical Chain". *Second International Conference on Soft Computing for Problem Solving (SocProS 2012)* (págs. 4929-436). New Delhi, India, 28-30 de Diciembre de 2012: Springer. ISBN: 978-81-322-1601-8. doi:10.1007/978-81-322-1602-5_46

[245] Sarkar, D., & Babu, R. (Julio de 2016). "Applications of Critical Chain Project Management and Buffer Sizing for Elevated Corridor Metro Rail Project". *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET), 3*(7), págs. 6-10. doi:10.17148/IARJSET.2016.3702

[246] Schuyler, J. (2000). "Exploiting the best of critical chain and Monte Carlo simulation". *PM Network, 14*(1), págs. 56-60.

[247] Servera Salas, P. (29 de Septiembre de 2015). "Cadena Crítica y PMI". *Recursos en Project Management*. Obtenido de http://www.recursosenprojectmanagement.com/

[248] Shi, Q., & Gong, T. (2009). "An Improved Project Buffer Sizing Approach to Critical Chain Management Under Resources Constraints and Fuzzy Uncertainty". *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence. AICI'09* (págs. 486-490). Shanghai, China, 7-8 de Noviembre de 2009: IEEE. ISBN: 978-1-4244-3835-8. doi:10.1109/AICI.2009.192

[249] Shou, Y., & Yao, K. (2000). "Estimation of project buffers in critical chain project management". *International Conference on Management of Innovation and Technology. ICMIT 2000* (págs. 162-167). Singapore, 13-15 de Noviembre de 2000: IEEE. ISBN: 0-7803-6652-2. doi:10.1109/ICMIT.2000.917313

[250] Shurrab, M., & Abbasi, G. (2016). "Buffer Sizing Methods to Compare Critical Chain Project Management with Critical Path". *International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM), 7*(3), págs. 74-87. doi:10.4018/IJITPM.2016070105

[251] Silber, G., & Hussey, A. (2002). "Using Earned Value Management to Predict Buffer Penetration in Critical Chain Project Management". *The Project Management Institute Annual Seminars & Symposium* (págs. 3-10). San Antonio, Texas, Estados Unidos, Octubre de 2002: Project Management Institute.

[252] Simpson, W., & Lynch, W. (1999). "Critical Success Factors in Critical Chain Project Management". *30th Annual Project Management Institute. 1999 Seminars & Symposium*. Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos: Project Management Institute.

[253] Simsit, Z., Günay, N., & Vayvay, Ö. (Septiembre de 2014). "Theory of constraints: A literature review". *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 150*, págs. 930-936. doi:10.1016/j.sbspro.2014.09.104

[254] Sood, S. (2002). "Critical Chain Buffering". *Drug Discovery & Development, 5*(9), págs. 86-87.

[255] Sood, S. (2003). "Taming uncertainty: Critical-chain buffer management helps minimize risk in the project equation". *PM Network, 17*(3), págs. 56-59.

[256] Spanholtz, D., & Stokes, J. (Junio de 2000). "New Thinking Pays Off for Plant Project". *PM Network, 14*(6), págs. 36-38.

[257] Spundak, M., Fertalj, K., & Kalpic, D. (2008). "Is Critical Chain Project Management Really a Novel Technique?". *19th Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (pág. 8 p). Croacia, 24-26 de Septiembre de 2008: University of Zagreb.

[258] Srinivasan, M., Best, W., & Chandrasekaran, S. (2007). "Warner Robins Air Logistics Center Streamlines Aircraft Repair and Overhaul". *Interfaces, 37*(1), págs. 7-21.

[259] Srinivasan, M., Jones, D., & Miller, A. (2004). "Applying theory of constraints principles and lean thinking at the Marine Corps maintenance center". *Defense Acquisition Review Journal*, págs. 135-147.

[260] Steyn, H. (Agosto de 2001). "An investigation into the fundamentals of critical chain project scheduling". *International Journal of Project Management, 19*(6), págs. 363-369. doi:10.1016/S0263-7863(00)00026-0

[261] Steyn, H. (Enero de 2002). "Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling". *International Journal of Project Management, 20*(1), págs. 75-80. doi:10.1016/S0263-7863(00)00054-5

[262] Stratton, R. (2009). "Critical Chain Project Management: Theory and Practice". *Journal of Project Management and Systems Engineering, 21*(4), págs. 149-173.

[263] Suyansen, C., Martanto, W., & Nugraha, P. (2014). "Penentuan Buffer Sizing Dalam Penerapan Critical Chain Project Management pada Sebuah Proyek Konstruksi". *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, 3*(2).

[264] Taher, S.-D., & El-Korany, T. (2016). "Critical Chain Project Management- A Critique". Egipto, 29-31 de Marzo de 2016: ICSPM16.

[265] Taylor, A., & Rafai, S. (2003). "Strategic budgeting: A case study and proposed framework". *Management Accounting Quarterly, 5*(1), págs. 1-10.

[266] Taylor, F. W. (2010). *"Gestión de talleres".* Oviedo, España: KRK, 374 p. ISBN 978-84-8367-278-5.

[267] Tenera, A., & Machado, V. (2007). "Critical chain project management: A new approach for time buffer sizing". *IIE Annual Conference. Proceedings* (págs. 475-480). Institute of Industrial and Systems Engineers.

[268] Thipparate, T. (2014). "Fuzzy critical chain risk management for quantifying impact of variation in non-critical activity duration on project duration". *International Journal of Project Organisation and Management, 6*(1-2), págs. 48-66.

[269] Tian, W., & Demeulemeester, E. (Febrero de 2014). "Railway scheduling reduces the expected project makespan over roadrunner scheduling in a multi-mode project scheduling environment". *Annals of Operations Research, 213*(1), págs. 271-291. doi:10.1007/s10479-012-1277-0

[270] Trietsch, D. (Marzo de 2005a). "Why A Critical Path by Any Other Name Would Smell Less Sweet?". *Project Management Journal, 36*(1), págs. 27-36.

[271] Trietsch, D. (Mayo de 2005b). "The effect of systemic errors on optimal project buffers". *International Journal of Project Management, 23*(4), págs. 267-274. doi:10.1016/j.ijproman.2004.12.004

[272] Trietsch, D. (Febrero de 2006). "Optimal feeding buffers for projects or batch supply chains by an exact generalization of the newsvendor result". *International Journal of Production Research, 44*(4), págs. 627-637. doi:10.1080/00207540500371881

[273] Trojanowska, J., & Dostatni, E. (Septiembre de 2017). "Application of the Theory of Constraints for Project Management". *Management and Production Engineering Review, 8*(3), págs. 87-95. doi:10.1515/mper-2017-0031

[274] Truc, N., Goto, H., Takahashi, H., Yoshida, S., & Takei, Y. (2012). "Critical chain project management based on a max-plus linear representation for determining time buffers in multiple projects". *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 6*(5), págs. 715-727. doi:10.1299/jamdsm.6.715]

[275] Tukel, O. I., & Rom, W. O. (2006). "Analysis of Resource Buffer Management in Critical Chain Scheduling". *PMI Research Conference 2006*, *19.*

[276] Tukel, O. I., Rom, W. O., & Duni Eksioglu, S. (Julio de 2006). "An investigation of buffer sizing techniques in critical chain scheduling". *European Journal of Operational Research, 172*(2), págs. 401-416. doi:10.1016/j.ejor.2004.10.019

[277] Tysiak, W. (2017). "Monte Carlo simulation and critical chains". *9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). 1*, págs. 471-474. Bucarest, Rumanía, 21-23 de Septiembre de 2017: IEEE. doi:10.1109/IDAACS.2017.8095125

[278] Umble, M., & Umble, E. (2000). "Manage your projects for success: An application of the theory of constraints". *Production and Inventory Management Journal, 41*(2), págs. 27-32.

[279] Urso, C. (2005). "Planificación del Tiempo. Utilizando Cadena Crítica y Buffer Management (Administración de Buffers)". *PM Value*. 5 p. Disponible en http://www.pmvalue.com.ar/.

[280] Valderrama, F., & Guadalupe García, R. (2010). "Dos modelos de aplicación del método del valor ganado (EVM) para el sector de la construcción". *XIV International*

Congress on Project Engineering (págs. 0058-0073). Madrid: AEIPRO. ISBN: 978-84-614-2607-2.

[281] Valikoniene, L. (2014). *"Resource buffers in Critical Chain Project Management".* Tesis Doctoral. University of Manchester, 252 p.

[282] Van Bouwelen, B. (2017). *"Discovering the Potential of Risk-based Critical Chain Project Management in the Maritime Industry".* Tesis de máster.

[283] Van de Vonder, S., Demeulemeester, E., Herroelen, W., & Leus, R. (18 de Agosto de 2005). "The use of buffers in project management: The trade-off between stability and makespan". *International Journal of Production Economics, 97*(2), págs. 227-240. doi:10.1016/j.ijpe.2004.08.004

[284] Van de Vonder, S., Demeulemester, E., Herroelen, W., & Leus, R. (15 de Enero de 2006). "The trade-off between stability and makespan in resource-constrained project scheduling". *International Journal of Production Research, 44*(2), págs. 215-236. doi:10.1080/00207540500140914

[285] Vanhoucke, M. (1 de Enero de 2012a). "Sizing CC/BM buffers: The adaptive procedure with density". *PM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.pmknowledgecenter.com/

[286] Vanhoucke, M. (17 de Enero de 2012b). "Critical Chain / Buffer Management: (Dis-) advantages of scheduling projects as-late-as-possible". *PM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.pmknowledgecenter.com

[287] Vanhoucke, M. (1 de Marzo de 2012c). "Sizing CC/BM buffers: The cut and paste method". *PM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.pmknowledgecenter.com/

[288] Vanhoucke, M. (17 de Abril de 2012d). "Sizing CC/BM buffers: The root squared error method". *PM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.pmknowledgecenter.com/

[289] Vanhoucke, M. (2013). *"Project Management with Dynamic Scheduling: Baseline Scheduling, Risk Analysis and Project Control"* (2ª ed.). Springer Berlin Heidelberg, 321 p. ISBN 978-36-4240-437-5. doi:10.1007/978-3-642-40438-2

[290] Vanhoucke, M. (12 de Diciembre de 2014). "Sizing CC/BM buffers: The adaptive procedure with resource tightness". *PM Knowledge Center*. Obtenido de http://www.pmknowledgecenter.com/

[291] Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2015a). "Aproximación a la aplicación del método de la cadena crítica a proyectos de obra civil". *19th International Congress on Project Management and Engineering* (págs. 0147-0158). Granada, España, 15-16 de Julio de 2015: AEIPRO. ISBN 978-84-608-2864-8.

[292] Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2015b). "Seguimiento de una obra de construcción con la metodología del valor ganado versus métodos tradicionales. Principales aportaciones". *19th International Congress on Project Management and Engineering* (págs. 0353-0364). Granada, España, 15-16 de Julio de 2015: AEIPRO. ISBN 978-84-608-2864-8.

[293] Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2016). "Aplicación práctica del método de la cadena crítica a un proyecto de ingeniería civil". *20th International Congress on Project Management and Engineering* (págs. 0460-0470). Cartagena, España, 13-15 de Julio de 2016: AEIPRO. ISBN 978-84-617-4180-9.

[294] Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2017a). "Gestión de proyectos mediante el método de la cadena crítica". *IV Encontro Mocidade Investigadora. Libro de resumos* (págs. 401-402). Santiago de Compostela, España, 9-10 de Junio de 2016: Universidad de Santiago de Compostela - Servicio de Publicacións e Intercambio Científico. ISBN 978-84-15876-88-5. doi:10.15304/9788415876885

[295] Vázquez García, E., Amiama Ares, C., & Barrasa Rioja, M. (2017b). "Cadena crítica: dimensionamiento de los buffers del proyecto". *21th International Congress on Project Management and Engineering* (págs. 0091-0103). Cádiz, España, 12-14 de Julio de 2017: AEIPRO. ISBN 978-84-697-6121-2.

[296] Vertenten, M., Pretorius, L., & Pretorius, J. (3 de Noviembre de 2009). "Earned value as a performance measurement tool for small and large construction projects in a South African environment". (págs. 1-5). Nairobi, Kenya: IEEE. doi:10.1109/AFRCON.2009.5308080

[297] Villafañez, F., Pajares, J., & López, A. (2010). "Un modelo de programación de entornos multi-proyecto basado en la Metodología de la Cadena Crítica". *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, (págs. 1526-1535). Donostia, San Sebastián, España, 8-10 de Septiembre de 2010.

[298] Walker, A. (2007). *"Project Management in construction".* Oxford, Reino Unido: Blackwell, 315 p. ISBN 978-1-4051-5824-4.

[299] Wang, F., He, Y., & Li, H. (2014). "Multi-project management based on critical chain". *Journal of Hebei University of Engineering (Natural Science Edition), 1*.

[300] Wang, J., Zhang, S., Chen, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2011). "Three-dimensional gantt chart based resource-constrained multiple projects scheduling and critical chain identification". *18Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)* (págs. 1597-1601). Changchun, China, 3-5 de Septiembre de 2011: IEEE. ISBN: 978-1-61284-446-6 . doi:10.1109/ICIEEM.2011.6035465

[301] Wang, W.-X., Wang, X., Ge, X.-L., & Deng, L. (Febrero de 2014). "Multi-objective optimization model for multi-project scheduling on critical chain". *Advances in Engineering Software, 68*, págs. 33-39. doi:10.1016/j.advengsoft.2013.11.004

[302] Wang, W.-X., Wang, X., Ge, X.-L., Lin, Y., Yang, C., & Jia, G. (2013). "Research of Multi-Attribute Trade Off Optimization on Critical Chain Multi-Project Scheduling". *Journal of Theoretical & Applied Information Technology, 48*(2), págs. 789-794.

[303] Wang, Y. (2011). "Study on critical chain project portfolio management". *IEEE, International Conference on Management and Service Science*, (págs. 1-4). Wuhan, China, 12-14 de Agosto de 2011. doi:10.1109/ICMSS.2011.5998173

[304] Wei, B., & Ying, D. (2013). "Selecting service suppliers in construction supply chains with a critical chain model". *Applied Mechanics and Materials*, págs. 2645-2650. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.411-414.2645

[305] Wilkens, T. T. (2000). "Critical Path, or Chain, or Both?". *PM Network, 14*(7), págs. 68-75.

[306] Work Meter. (2015a). "Claves para optimizar la gestión del tiempo de trabajo". Work Meter Buen Trabajo, 35 p. Disponible en http://www.workmeter.com/.

[307] Work Meter. (2015b). "Los secretos de la eficiencia empresarial". Work Meter Buen Trabajo, 27 p. Disponible en http://www.workmeter.com/.

[308] Wuliang, P., Hui, S., & Yongping, H. (2013). "A genetic algorithm for the critical chain project scheduling problem". *International Journal of Digital Content Technology and its Applications, 7*(3), págs. 571-578.

[309] Xie, X.-M., Yang, G., & Lin, C. (Julio de 2010). "Software development projects IRSE buffer settings and simulation based on critical chain". *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 17*(suplemento 1), págs. 100-106. doi:10.1016/S1005-8885(09)60598-7

[310] Yan, L., Jinsong, B., Xiaofeng, H., & Ye, J. (Agosto de 2009). "A heuristic project scheduling approach for quick response to maritime disaster rescue". *International Journal of Project Management, 27*(6), págs. 620-628. doi:10.1016/j.ijproman.2008.10.001

[311] Yang, J.-B. (2003). "Applying the theory of constraints to construction scheduling". *System-based Vision for Strategic and Creative Design: Proceedings of Second International Conference on Structural and Construction Engineering. 1*, págs. 175-180. Roma, Italia: Swets & Zeitlinger.

[312] Yang, J.-B. (Abril de 2007). "How the critical chain scheduling method is working for construction". *Cost Engineering, 49*(4), págs. 25-32.

[313] Yang, L., Fu, Y., Li, S., Huang, B., & Peng, T. (2008). "A buffer sizing approach in critical chain scheduling with attributes dependent". *4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. WiCOM'08* (págs. 1-4). Dalian, China, 12-14 de Octubre de 2008: IEEE. ISBN: 978-1-4244-2107-7. doi:10.1109/WiCom.2008.1805

[314] Yang, S., & Fu, L. (Enero de 2014). "Critical chain and evidence reasoning applied to multi-project resource schedule in automobile R&D process". *International Journal of Project Management, 32*(1), págs. 166-177. doi:10.1016/j.ijproman.2013.01.010

[315] Yang, X., & Pan, G. (2012). "A quantitative research on the time buffer of critical chain project management". *Shanghai Management Science, 34*(3), págs. 62-66.

[316] Yang, Y. (2012). "Research of Audit Project Schedule Management Based on Critical Chain". *Information Engineering and Applications. Lecture Notes in Electrical Engineering, 154*, págs. 49-56. doi:10.1007/978-1-4471-2386-6_7

[317] Yeo, K. T., & Ning, J. H. (Mayo de 2002). "Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects". *International Journal of Project Management, 20*(4), págs. 253-262. doi:10.1016/S0263-7863(01)00021-7

[318] Yeo, K., & Ning, J. (Mayo de 2006). "Managing uncertainty in major equipment procurement in engineering projects". *European journal of operational research, 171*(1), págs. 123-134. doi:10.1016/j.ejor.2004.06.036

[319] Yokoyama, H., & Goto, H. (2016). "Resolution of Resource Contentions in the CCPM-MPL Using Simulated Annealing and Genetic Algorithm". *American Journal of Operations Research, 6*(6), págs. 480-488. doi:10.4236/ajor.2016.66044

[320] Zha, J.-M., & Wang, B. (2014). "Critical Chain in Project Schedule Planning". *Journal of Engineering Management, 5*, pág. 016.

[321] Zhang, J., Jia, S., & Díaz, E. (2015). "A new buffer sizing approach based on the uncertainty of project activities". *Concurrent Engineering, 23*(1), págs. 3-12. doi:10.1177/1063293X14561871

[322] Zhang, J., Song, X., & Díaz, E. (8 de Julio de 2014). "Buffer sizing of critical chain based on attribute optimization". *Concurrent Engineering, 22*(3), págs. 253-264. doi:10.1177/1063293X14541286

[323] Zhang, J., Song, X., & Díaz, E. (Enero de 2016). "Project buffer sizing of a critical chain based on comprehensive resource tightness". *European Journal of Operational Research, 248*(1), págs. 174-182. doi:10.1016/j.ejor.2015.07.009

[324] Zhang, J., Song, X., & Díaz, E. (2017). "Critical chain project buffer sizing based on resource constraints". *International Journal of Production Research, 55*(3), págs. 671-683. doi:10.1080/00207543.2016.1200151

[325] Zhang, J., Song, X., Chen, H., & Shi, R. (Septiembre de 2016). "Determination of critical chain project buffer based on information flow interactions". *Journal of the Operational Research Society, 67*(9). doi:10.1057/jors.2016.9

[326] Zhang, M., & Chen, R. (2008). "Buffer Sized Technique in Critical Chain Management: A Fuzzy Approach". *4th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing, WiCOM '08.* (págs. 1-4). Dalian, China, 12-14 de Octubre de 2008: IEEE. ISBN: 978-1-4244-2107-7. doi:10.1109/WiCom.2008.1742

[327] Zhang, X., Cui, N., Bie, L., & Zuo, F. (2011). "Buffer sizing method with considering effect of various uncertainties based on fuzzy comprehensive evaluation method in critical chain scheduling". *2nd IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences (ICEMMS)* (págs. 566-569). Beijing, China, 8-10 de Agosto de 2011: IEEE. ISBN: 978-1-4244-9665-5. doi:10.1109/ICEMMS.2011.6015744

[328] Zhang, Z., Guo, B., Chen, G., & Song, J. (2012). "The review of project management based on the theory of constraints and critical chain". *Applied Mechanics and Materials, 174*, págs. 3424-3430.

[329] Zhao, Z., You, W., & Zuo, J. (Septiembre de 2010). "Application of innovative critical chain method for project planning and control under resource constraints and uncertainty". *Journal of construction engineering and management, 136*(9), págs. 1056-1060. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000209

[330] Zheng, Z., Guo, Z., Zhu, Y., & Zhang, X. (Noviembre de 2014). "A critical chains based distributed multi-project scheduling approach". *Neurocomputing, 143*, págs. 282-293. doi:10.1016/j.neucom.2014.04.056

[331] Zhou, Z., Dong, X., & Zuo, Y. (2014). "Study on the Buffer of MIS Development Projects Based on the Root Variance Method". *Science and Technology Management Research, 8*, pág. 046.

[332] Zwikael, O., Cohen, Y., & Sadeh, A. (Mayo de 2006). "Non-delay scheduling as a managerial approach for managing projects". *International Journal of Project Management, 24*(4), págs. 330-336. doi:10.1016/j.ijproman.2005.11.002

CAPÍTULO 8.- ANEJOS

ANEJO A

CLASIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS PUBLICADOS SOBRE EL CCPM

Tras una extensa búsqueda de la literatura relacionada con la metodología de la cadena crítica, que ha sido publicada desde 1997 hasta enero de 2018 tanto en inglés como en castellano, los 214 estudios analizados han sido clasificados, tal y como se muestra de la Tabla 76 a la Tabla 84, en una o en varias de las categorías identificadas por Mahdi Ghaffari y Margaret Emsley en su artículo "*Current Status and Future Potencial of the Research on Critical Chain Project Management*" de 2015.

Tabla 76. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 1 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Agarwal & Borchers, 2009)	2009		X				
(Amiri, Haghighi, Eshtehardian, & Abessi, 2017)	2017			X	X		
(Apaolaza Pérez de Eulate, 2009)	2009		X	X		X	
(Apaolaza Pérez de Eulate & Lizarralde, 2016)	2016					X	
(Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2005)	2005	X					
(Apaolaza Pérez de Eulate & Oyarbide Zubillaga, 2007)	2007					X	
(Archibald, De Souza Mello, & Guimaraes, 2007)	2007					X	
(Ash & Pittman, 2008)	2008			X			
(Ashtiani, Jalali, Aryanezhad, & Makui, 2007)	2007		X	X			
(Bagchi, Sahu, & Jena, 2017)	2017	X					
(Balakrishnan, 2009)	2009	X					
(Barber, Tomkins, & Graves, 1999)	1999					X	
(Bergland, 2016)	2016	X					
(Best, 2006)	2006					X	
(Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2009)	2009					X	
(Bevilacqua, Ciarapica, & Mazzuto, 2014)	2014					X	
(Bhan & Waghmare, 2017)	2017					X	

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 77. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 2 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Bhushan & Raghavan, 2013)	2013				X		
(Bie, Cui, & Zhang, 2012)	2012			X			
(Birrell Rodríguez, 2014)	2014	X					
(Blackstone Jr, Cox III, & Schleier Jr, 2009)	2009	X		X			
(Blaszczyk, Blaszczyk, & Tyla, 2014)	2014			X			
(Botero Vásquez, 2016)	2016					X	
(Budd & Cooper, 2005)	2005	X			X		
(Budd & Cooper, 2006)	2006	X			X		
(Büchmann-Slorup, 2013)	2013						X
(Cerveny & Galup, 2002)	2002	X					
(Cohen, Mandelbaum, & Shtub, 2004)	2004	X	X		X		
(Correia & Abreu, 2011)	2011	X					
(Cui, Tian, & Bie, 2010)	2010			X			
(Dass & Steyn, 2006)	2006	X			X		
(Deacon & Van Der Lingen, 2015)	2015	X					
(Dong, Zhao, Zhou, & Lv, 2013)	2013						X
(Doyle, 2010)	2010			X			
(Duncan, 1999)	1999		X				
(Elton & Roe, 1998)	1998		X				
(Fallah, Ashtiani, & Aryanezhad, 2010)	2010			X			
(Fan, 2016)	2016				X		
(Fenbert & Fleener, 2002)	2002	X				X	
(Filiatrault & Peterson, 2000)	2000	X					
(García Coronado & Ruiz Fernández, 2015)	2015					X	
(García González, 2016)	2016					X	
(García Guitiérrez, 2014)	2014		X			X	
(Geekie & Steyn, 2008)	2008				X		
(Ghaffari, 2017)	2017				X		

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 78. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 3 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Ghaffari & Emsley, 2016)	2016		X				
(Ghaffari & Emsley, 2017)	2017				X		
(Ghoddousi, Ansari, & Makui, 2017)	2017			X	X		
(Globerson, 2000)	2000		X				
(Gómez Posada & Jiménez Villalobos, 2009)	2009						X
(González-Cruz, Asensio-Cuesta, Diego-Más, & Alcaide-Marzal, 2009)	2009	X					
(Goto & Yokoyama, 2015)	2015			X			
(Guada Yalan, 2015)	2015						X
(Guo & Dong, 2014)	2014			X			
(Gupta, 2008)	2008	X					
(Gupta, 2010)	2010	X					
(Gurjar, 2017)	2017	X					
(Gwizda, Paprocka, & Baczkowicz, 2017)	2017				X		
(Herroelen & Leus, 2001)	2001	X	X				
(Herroelen & Leus, 2002)	2002		X				
(Herroelen & Leus, 2004)	2004		X				
(Herroelen & Leus, 2005)	2005		X		X		
(Hoel & Taylor, 1999)	1999	X					
(Hu, Chen, & Wu, 2011)	2011			X			
(Hu, Cui, Demeulemeester, & Bie, 2016)	2016			X	X		
(Hu, Demeulemeester, Cui, Wang, & Tian, 2017)	2017			X	X		
(Huang, Chang, Li, & Tsai, 2011)	2011				X		
(Huang, Chen, Li, & Tsai, 2012)	2012				X		
(Huang, Li, Tsai, Chung, & Hsu, 2014)	2014				X		
(Hunsberger, 2012)	2012					X	

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 79. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 4 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Hunt, 2004)	2004					X	
(Hwang, Chang, & LL, 2009)	2009					X	
(Iglesias Sánchez, 2005a)	2005	X					
(Iglesias Sánchez, 2005b)	2005	X					
(Iranmanesch, Mansourian, & Kouchaki, 2016)	2016			X	X		
(Izmailov, Korneva, & Kozhemiakin, 2016)	2016	X					
(Jianmin, 2011)	2011	X					
(Kannan & Chitra, 2017)	2017					X	
(Kasahara, Takahashi, & Goto, 2009)	2009			X			
(Kirpes, 2014)	2014		X				
(Kishira, 2006)	2006					X	
(Koga, Goto, & Chiba, 2014)	2014			X			
(Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010)	2010		X				
(Lapunka, Pisz, & Wittbrodt, 2017)	2017	X					
(Lee, y otros, 2016)	2016					X	
(Leach, 1999)	1999	X					
(Leach, 2001)	2001	X					
(Leach, 2003)	2003			X			
(Leach, 2005)	2005			X			
(Leach, 2014)	2014	X	X				
(Lechler, Ronen, & Stohr, 2005)	2005	X	X				
(Levine, 1999)	1999		X	X			
(Li & Chen, 2007)	2007			X			
(Liu, Ren, & Du, 2013)	2013			X			
(Long & Ohsato, 2008)	2008			X			
(Lynch, 2003)	2003		X				
(Ma, Li, & Chen, 2012)	2012			X			
(Ma, Wang, M.ASCE, Gu, & Ai, 2014)	2014			X			

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 80. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 5 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Ma, Yan, You, & Gu, 2014)	2014			X			
(Mabin & Mirzaei, 2016)	2016	X					
(Mansoorzadeh & Yusof, 2011)	2011			X			
(Mansoorzadeh, Yusof, Mansoorzadeh, & Zeynal, 2014)	2014			X			
(Marris, 2011)	2011					X	
(Martens & Vanhoucke, 2017)	2017			X	X		
(Mattos & González Fernández de Valderrama, 2014)	2014	X					
(Mazzuto, Bevilacqua, & Ciarapica, 2017)	2017			X			
(Medina, 2010)	2010	X					
(Millhiser & Szmerekovsky, 2012)	2012	X	X				
(Ming & Wuliang, 2009)	2009			X			
(Miranda, 2004)	2004						X
(Montazeri, 2017)	2017				X		
(Morais & Sbragia, 2012)	2012					X	
(Moussa, El-Korany, Etman, & Taher, 2016)	2016	X	X				
(Newbold, 2013)	2013	X		X			
(Paprocka & Czuwaj, 2015)	2015	X		X			
(Paprocka, Gwiazda, & Baczkowicz, 2017)	2017				X		
(Parra, 2007)	2007						X
(Patrick, 1999a)	1999	X					
(Patrick, 1999b)	1999	X					
(Patrick, 2001)	2001	X					
(Pawinski & Sapiecha, 2012)	2012			X			
(Pawinski & Sapiecha, 2014)	2014			X			
(Peng & Huang, 2014)	2014			X			
(Peng & Jliao, 2012)	2012			X			

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 81. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 6 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Peng, Junwen, & Huating, 2007)	2007			X			
(Peng & Xu, 2012)	2012			X			
(Peterson & Filiartrault, 2000)	2000	X					
(Phillis & Gumede, 2011)	2011					X	
(Piney, 2000)	2000		X	X			
(Pinto, 1999)	1999	X	X				
(Raz, Barnes, & Dvir, 2004)	2004		X				
(Redondo Expósito, 2011)	2011				X		
(Repp & Wright, 2012)	2012			X			
(Rezaie, Manouchehrabadi, & Nazari Shirkouhi, 2009)	2009			X			
(Ribera, Sachon, & Grasas, 2003)	2003		X			X	
(Rivera & Durán, 2003)	2003	X	X				
(Rizzo, 2002)	2002	X					
(Robinson, 2007)	2007	X					
(Robinson & Richards, 2009)	2009	X					
(Robinson & Richards, 2010)	2010	X					
(Roghanian, Alipour, & Rezaei, 2017)	2017			X			
(Saihjpal, 2012)	2012			X			
(Sarkar & Babu, 2016)	2016					X	
(Schuyler, 2000),	2000			X			
(Shi & Gong, 2009)	2009			X			
(Shou & Yao, 2000)	2000			X			
(Shurrab & Abbasi, 2016)	2016				X		
(Silber & Hussey, 2002)	2002	X		X			
(Simpson & Lynch, 1999),	1999			X			
(Simsit, Günay, & Vayvay, 2014)	2014	X					
(Sood, 2002)	2002					X	
(Sood, 2003)	2003					X	
(Spanholtz & Stokes, 2000)	2000					X	

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 82. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 7 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Spundak, Fertalj, & Kalpic, 2008)	2008		X				
(Srinivasan, Best, & Chandrasekaran, 2007)	2007					X	
(Srinivasan, Jones, & Miller, 2004)	2004					X	
(Steyn, 2001)	2001	X	X				
(Steyn, 2002),	2002			X			
(Stratton, 2009)	2009					X	
(Suyansen, Martanto, & Nugraha, 2014)	2014					X	
(Taher & El-Korany, 2016)	2016		X				
(Taylor & Rafai, 2003)	2003					X	X
(Tenera & Machado, 2007)	2007			X			
(Thipparate, 2014)	2014			X			
(Tian & Demeulemeester, 2014)	2014				X		
(Trietsch, 2005a)	2005		X				
(Trietsch, 2006)	2005			X			
(Trietsch, 2006)	2006			X			X
(Trojanowska & Dostatni, 2017)	2017					X	
(Truc, Goto, Takahashi, Yoshida, & Takei, 2012)	2012			X			
(Tukel & Rom, 2006)	2006		X	X			
(Tukel, Rom, & Duni Eksioglu, 2006)	2006			X			
(Tysiak, 2017)	2017				X		
(Umble & Umble, 2000)	2000	X					
(Valikoniene, 2014)	2014				X		
(Van Bouwelen, 2017)	2017			X		X	
(Van de Vonder, Demeulemeester, Herroelen, & Leus, 2005)	2005				X		

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 83. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 8 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Van de Vonder, Demeulemester, Herroelen, & Leus, 2006)	2006				X		
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2015a)	2015	X					
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2016)	2016					X	
(Vázquez García, Amiama Ares, & Barrasa Rioja, 2017b)	2017	X	X			X	
(Villafañez, Pajares, & López, 2010)	2010				X		
(Wang Y. , 2011)	2011	X					
(Wang, He, & Li, 2014)	2014			X			
(Wang, Wang, Ge, & Deng, 2014)	2014			X			
(Wang, y otros, 2013)	2013			X			
(Wang, Zhang, Chen, Wang, & Zhang, 2011)	2011			X			
(Wei & Ying, 2013)	2013						X
(Wilkens, 2000)	2000		X				
(Wuliang, Hui, & Yongping, 2013)	2013			X			
(Xie, Yang, & Lin, 2010)	2010			X			
(Yan, Jinsong, Xiaofeng, & Ye, 2009)	2009						X
(Yang J.-B. , 2003)	2003	X			X		
(Yang J.-B. , 2007)	2007	X			X		
(Yang & Fu, 2014)	2014		X	X			
(Yang L. , Fu, Li, Huang, & Peng, 2008)	2008		X	X			
(Yang Y. , 2012)	2012						X
(Yang & Pan, 2012)	2012			X			
(Yeo & Ning, 2002)	2002						X
(Yeo & Ning, 2006)	2006						X
(Yokoyama & Goto, 2016)	2016				X		
(Zha & Wang, 2014)	2014		X				

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Tabla 84. Clasificación de los estudios publicados sobre el CCPM. Parte 9 de 9

PUBLICACIONES	AÑO	INTR.	CRIT.	MEJO.	EMPI.	CAS.	OTR.
(Zhao, You, & Zuo, 2010)	2010			X			
(Zhang & Chen, 2008)	2008			X			
(Zhang, Cui, Bie, & Zuo, 2011)	2011			X			
(Zhang, Guo, Chen, & Song, 2012)	2012	X					
(Zhang, Jia, & Díaz, 2015)	2015			X			
(Zhang, Song, Chen, & Shi, 2016)	2016			X			
(Zhang, Song, & Díaz, 2014)	2014			X			
(Zhang, Song, & Díaz, 2016)	2016			X			
(Zhang, Song, & Díaz, 2017)	2017			X			
(Zheng, Guo, Zhu, & Zhang, 2014)	2014		X	X			
(Zhou, Dong, & Zuo, 2014)	2014	X					
(Zwikael, Cohen, & Sadeh, 2006)	2006		X				

Estudios introductorios | Estudios críticos | Estudios de mejora
Estudios empíricos | Estudios de casos de aplicación | Otros estudios

Analizando las publicaciones identificados de la Tabla 76 a la Tabla 84, se puede considerar que el tema de la cadena crítica aún está bajo el escrutinio de los investigadores y no ha perdido su atractivo para ellos, con una tendencia positiva en la realización de artículos relacionadas con el CCPM y una media de alrededor de 10 estudios cada año tras la introducción de los conceptos de esta metodología (ver Figura 42).

Por otra parte, también se puede concluir, que la mayor parte de las investigaciones realizadas sobre el CCPM han estado enfocadas en mejorar sus herramientas y técnicas (30%), mientras que el menor número de publicaciones (5%) se han centrado en la utilización del método de la cadena crítica en otros sectores fuera del ámbito de la planificación de proyectos (ver Figura 43). Los estudios introductorios y críticos han sido el segundo y el tercer tema más popular con el 23% y el 15% respectivamente del total, y a pesar de la necesidad de informes sobre casos de aplicación de esta metodología, estos artículos constituyen un pequeño segmento del total (14%), seguidos del 13% de documentos escritos sobre la

evaluación de sus técnicas mediante el empleo de simulaciones, ensayos y análisis estadísticos.

Figura 42. Distribución a lo largo del tiempo de las publicaciones sobre el CCPM

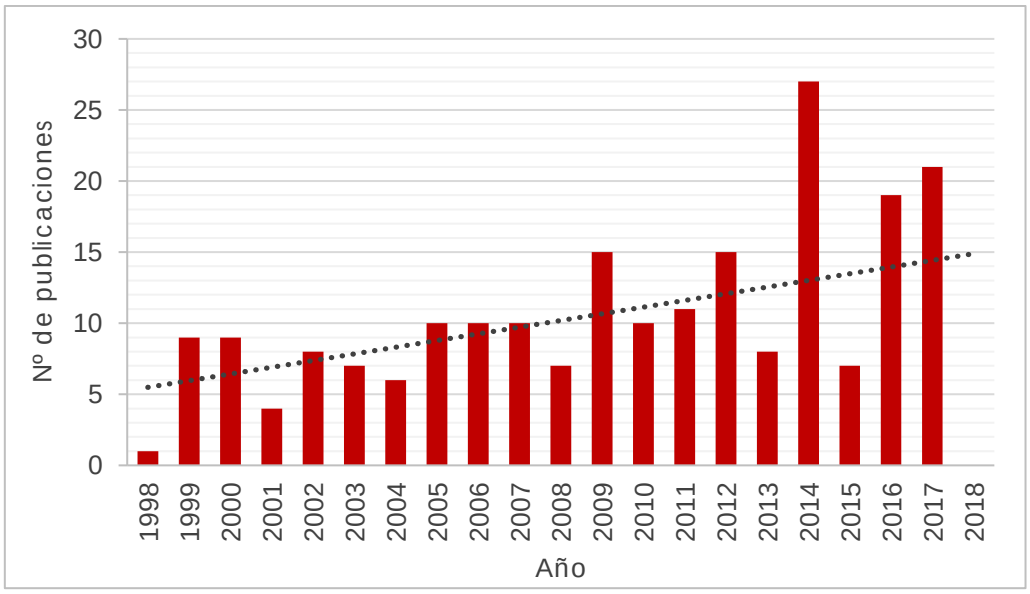
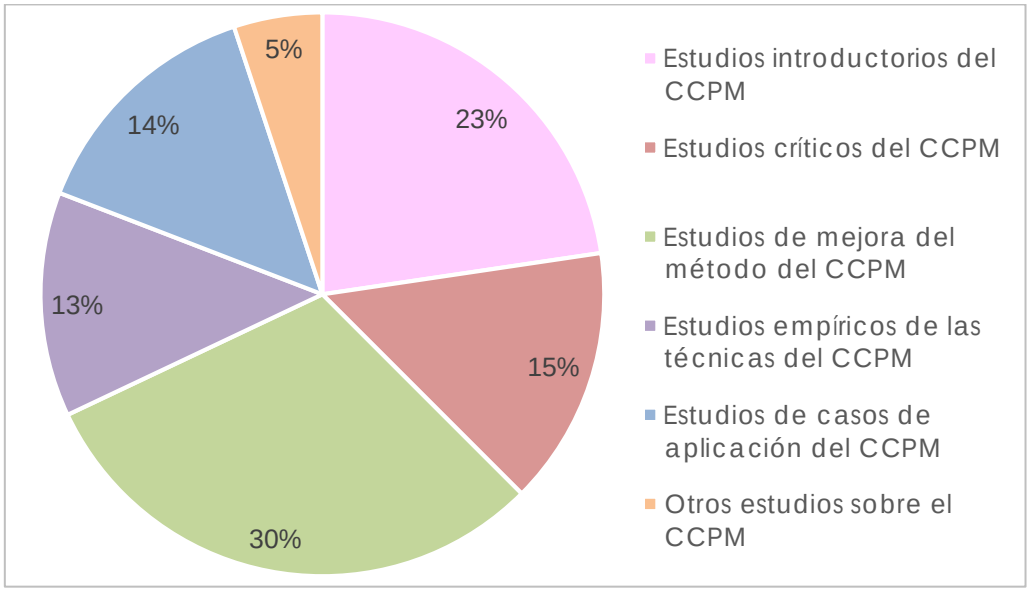


Figura 43. Proporción de publicaciones sobre CCPM de cada categoría



ANEJO B

ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº1

B.1. INTRODUCCIÓN

Dentro del presente anejo se expone, de forma pormenorizada y metódica, los datos empleados y calculados, desde la perspectiva del contratista, para el caso de estudio nº1, correspondiente a la obra de "Acondicionamiento de diversos tramos de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense. Tramo: N-525 – Entrada Carballeda. Concello de Piñor", la cual ha sido utilizada como base para la aplicación del método de gestión de proyectos desarrollado en los apartados "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" y "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*" de la presente investigación.

B.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº1

Se recoge toda la información disponible en el proyecto original de la obra de análisis, haciendo hincapié en los datos temporales y económicos de la misma al ser necesarios para poder llevar a cabo la dirección de la obra siguiendo el método desarrollado.

B.2.1. Datos Técnicos

La obra del caso práctico nº1 ha sido descrita con anterioridad en el punto "*4.1.1.1. Características técnicas de la obra*" de la tesis, donde se hace referencia a los datos técnicos del proyecto de estudio.

B.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto

En el proyecto base para la licitación de las obras se estimó un plazo de ejecución, para la completa realización de estas, de cinco (5) semanas, tal y como queda reflejado en el esquema de barras incluido en la Ficha 1 del *Apéndice 1* de este Anejo, previéndose el 4 de septiembre de 2015 como la fecha de entrega de la obra.

En la Tabla 85 se recogen los tiempos estimados en proyecto para cada una de las actividades de la obra de Piñor, que han sido considerados como las duraciones con protecciones individuales de cada una de las actividades que componen la EDT.

Tabla 85. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº1

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
1	TRABAJOS PREVIOS	9
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	3
1.2	Apertura de cunetas de terreno sin clasificar	6
2	FIRMES	21
2.1	Extendido y compactado de suelo seleccionado	7
2.2	Zahorra natural ZN25	2
2.3	Zahorra artificial ZA25	4
2.4	Zahorra artificial ZA25 estabilizada con cemento	1
3	DRENAJE	2
3.1	Paso de agua de piedra granítica	1
3.2	Estabilizador de piedra granítica	1
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS	4
4.1	Borde de piedra granítica	4
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	7
6	SEGURIDAD Y SALUD	24
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	24

B.2.3. Datos Económicos

En el *Apéndice 2* de este Anejo, se presentan los principales datos económicos de la obra de Piñor, basados en el Documento de Presupuesto del proyecto original y empleando los valores de la adjudicación.

Es preciso destacar que, a nivel de estudio y de aplicación de los métodos de planificación y seguimiento propuestos, sólo se considerarán las cifras totales con independencia de los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA.

B.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº1

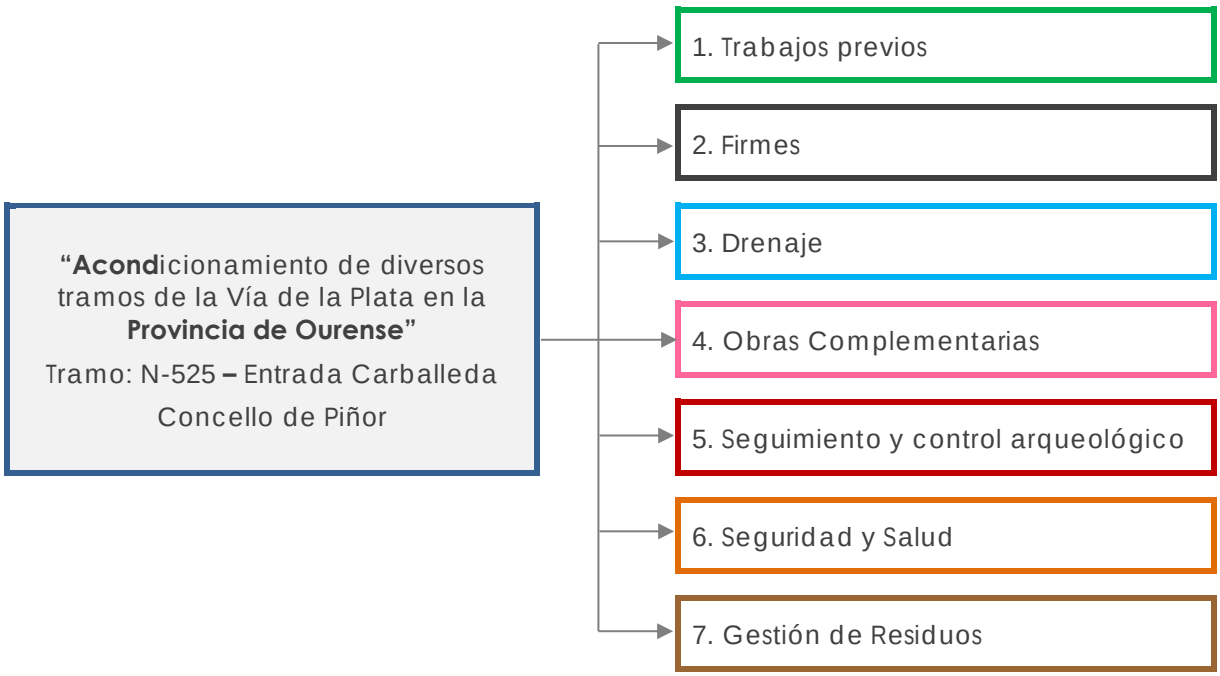
En el presente punto se muestran y exponen todos los pasos y cálculos llevados a cabo para la definición de la programación de la obra del caso práctico nº1 mediante la realización de cada una de las fases establecidas en el modelo de planificación de proyectos propuesto en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" de esta tesis.

B.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto

B.3.1.1. Identificación de las actividades

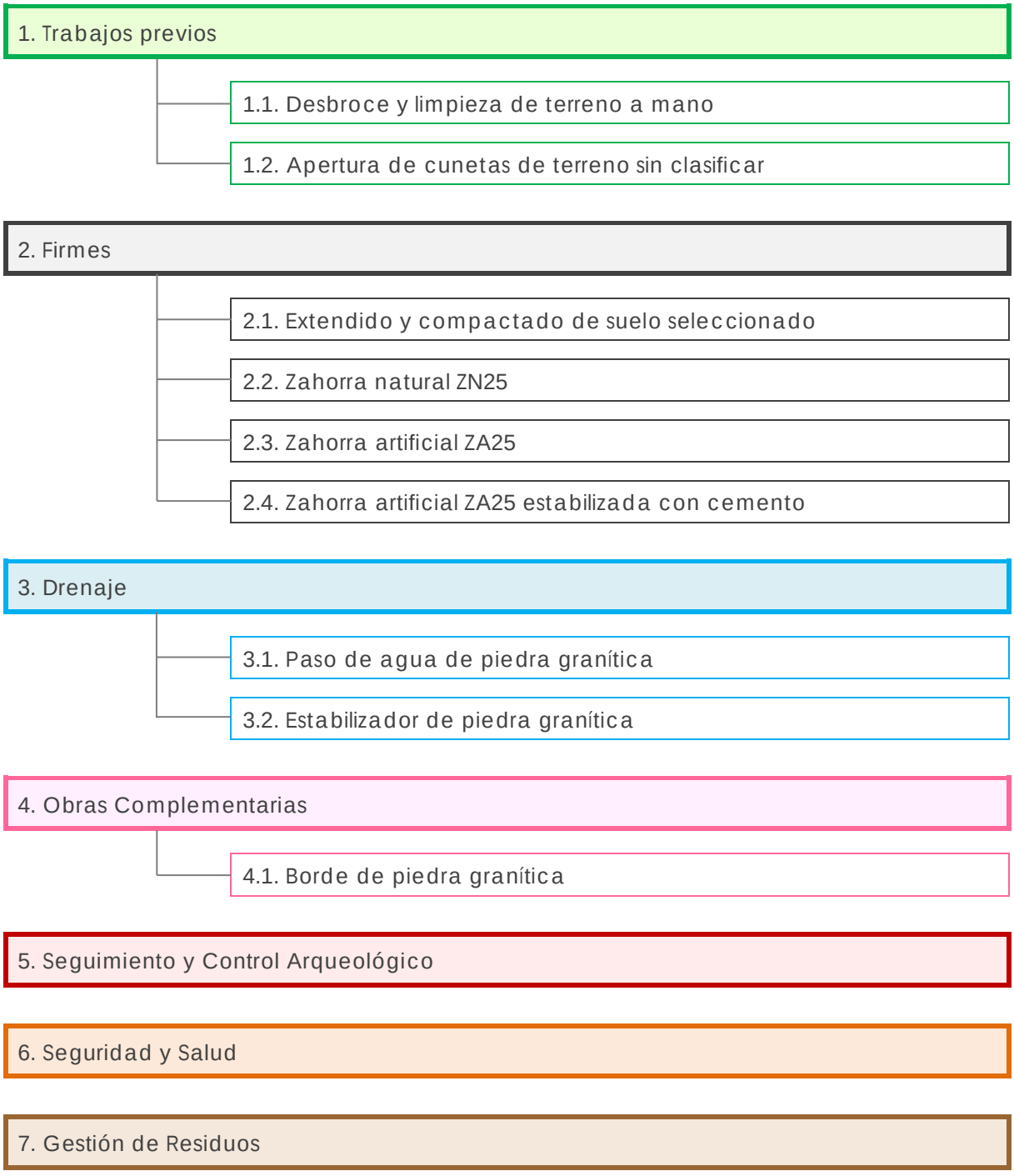
Para la definición de la Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto de Piñor se ha tomado como base el presupuesto oficial del mismo presentado en el momento de la adjudicación.

Figura 44. Primer nivel de la EDT de la obra nº1



Aunque para la posterior aplicación de las técnicas CCPM y EVM el uso de la primera escala de la EDT podría ser suficiente (ver Figura 44), al tratarse de una obra pequeña con un reducido número de actividades, se ha considerado necesaria la realización de una EDT pormenorizada que describa con mayor exactitud el alcance de la obra (ver Figura 45).

Figura 45. Descomposición de la EDT principal de la obra nº1



B.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra

En la Tabla 86 se define con detalle el tipo de relación o vínculo existente entre las diferentes actividades que componen la obra de análisis, siguiendo los establecido en el punto "*4.3.1.2. Dependencia de tareas*" de la presente investigación.

Tabla 86. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº1

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
1	TRABAJOS PREVIOS		
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	-	-
1.2	Apertura de cunetas de terreno sin clasificar	1.1	FS
2	FIRMES		
2.1	Extendido y compactado de suelo seleccionado	3.2, 4.1	FS
2.2	Zahorra natural ZN25	1.1	FS
2.3	Zahorra artificial ZA25	2.1	FS
2.4	Zahorra artificial ZA25 estabilizada con cemento	2.1	FS
3	DRENAJE		
3.1	Paso de agua de piedra granítica	2.2	FS
3.2	Estabilizador de piedra granítica	3.1	FS
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS		
4.1	Borde de piedra granítica	1.2	FS
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	1.2 Todas las actividades	SS FF
6	SEGURIDAD Y SALUD	1.1 Todas las actividades	SS FF
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	1.1 Todas las actividades	SS FF

B.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras

Dentro de la empresa de estudio cada trabajador tiene definidas y asignadas las funciones a desempeñar y la maquinaria a utilizar, según sus cualificaciones y capacidades (ver Tabla 31).

Tabla 87. Recursos disponibles en la empresa para la ejecución de la obra nº1

TIPO DE RECURSO	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	FUNCIONES ASIGNADAS
Humano	Carlos	CA	Trabajos de campo y con maquinaria no pesada
Humano	Tomás	TO	
Humano	Odilo	OD	Maquinaria de carga
Humano	Miguel	MI	Maquinaria de movimiento de tierras
Humano	Ramón	RA	
Humano	José Antonio	JA	Maquinaria de firmes
Humano	José Carballo	CB	Trabajos meticulosos en piedra y otros.
Humano	Manuel	MA	
Humano	Arqueóloga	AR	Arqueóloga externa

B.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades

B.3.3.1. Estimación desde origen de la duración sin protección de las actividades

Para la estimación de la duración real de cada una de las actividades objeto de este proyecto se ha optado por la elaboración de un estudio previo de rendimientos diarios de cada una de las tareas, siguiendo lo establecido en el punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*", con la finalidad de ajustarse y adecuarse lo máximo posible a una planificación objetiva sin la adición de colchones de tiempo.

Dicho análisis se ha desarrollado con datos reales de la empresa adjudicataria, tomado como referencia diferentes obras terminadas en tiempo y/o ejecutadas con carácter urgente, con el objetivo de conocer el rendimiento más elevado por parte de los trabajadores de la constructora para cada una de las actividades de la EDT.

B.3.3.1.1. Estimación del rendimiento de la actividad 1.1

En la Tabla 88 y en la Figura 46 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 89, correspondiente a la actividad 1.1 de "Desbroce y limpieza de terreno a mano".

Tabla 88. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 1.1

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63023	2.010,00	5,00	402,00
PP63025	1.525,00	4,00	381,25
PP63048	590,00	1,50	393,33
PP63357	1.815,00	4,50	403,33
PP64219	205,00	0,50	410,00
PP64222	510,00	1,25	408,00

Figura 46. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 1.1

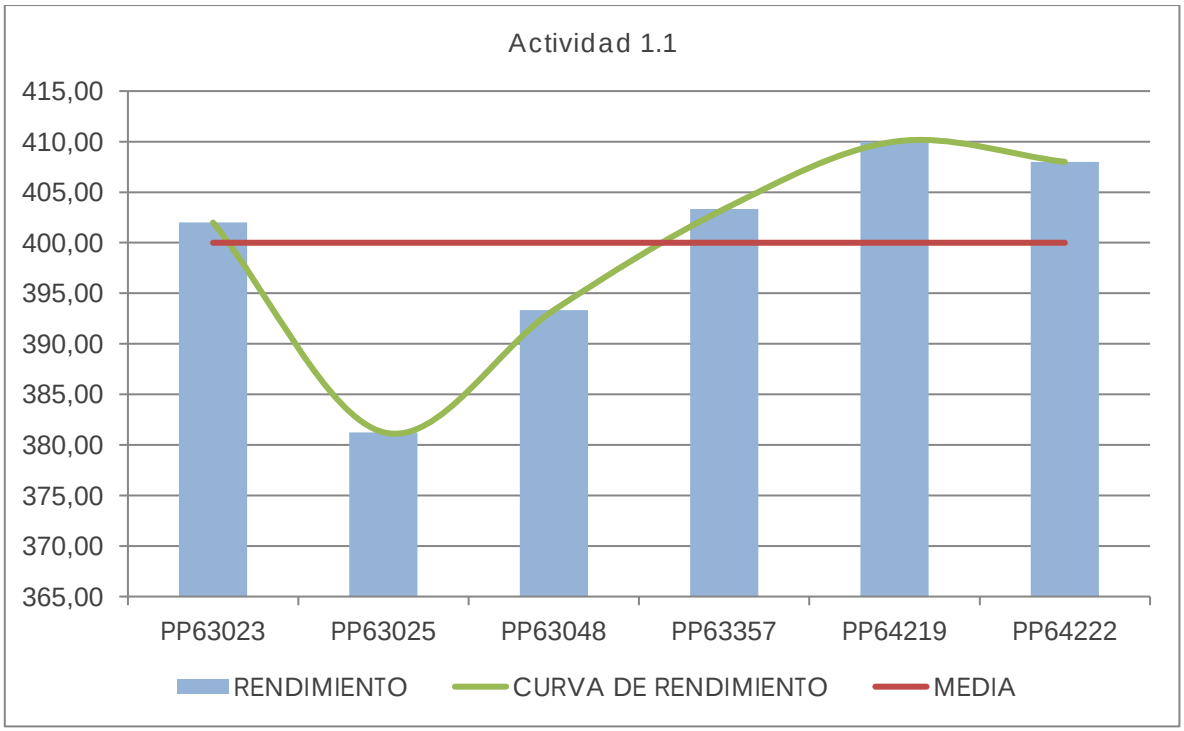


Tabla 89. Análisis de datos de la Actividad 1.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	399,65
Error típico	4,38
Mediana	402,67
Moda	-
Desviación estándar	10,72
Varianza de la muestra	114,88
Rango	28,75
Mínimo	381,25
Máximo	410,00
Suma	2.397,92
Cuenta	6,00
Rendimiento medio escogido	400 m/día

B.3.3.1.2. Estimación del rendimiento de la actividad 1.2

En la Tabla 90 y en la Figura 47 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 91, correspondiente a la actividad 1.2 de "Apertura de cunetas de terreno sin clasificar".

Tabla 90. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 1.2

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63023	610,00	3,00	203,33
PP63025	775,00	4,00	193,75
PP63170	975,00	5,00	195,00
PP63983	405,00	2,00	202,50
PP64219	205,00	1,00	205,00

Figura 47. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 1.2

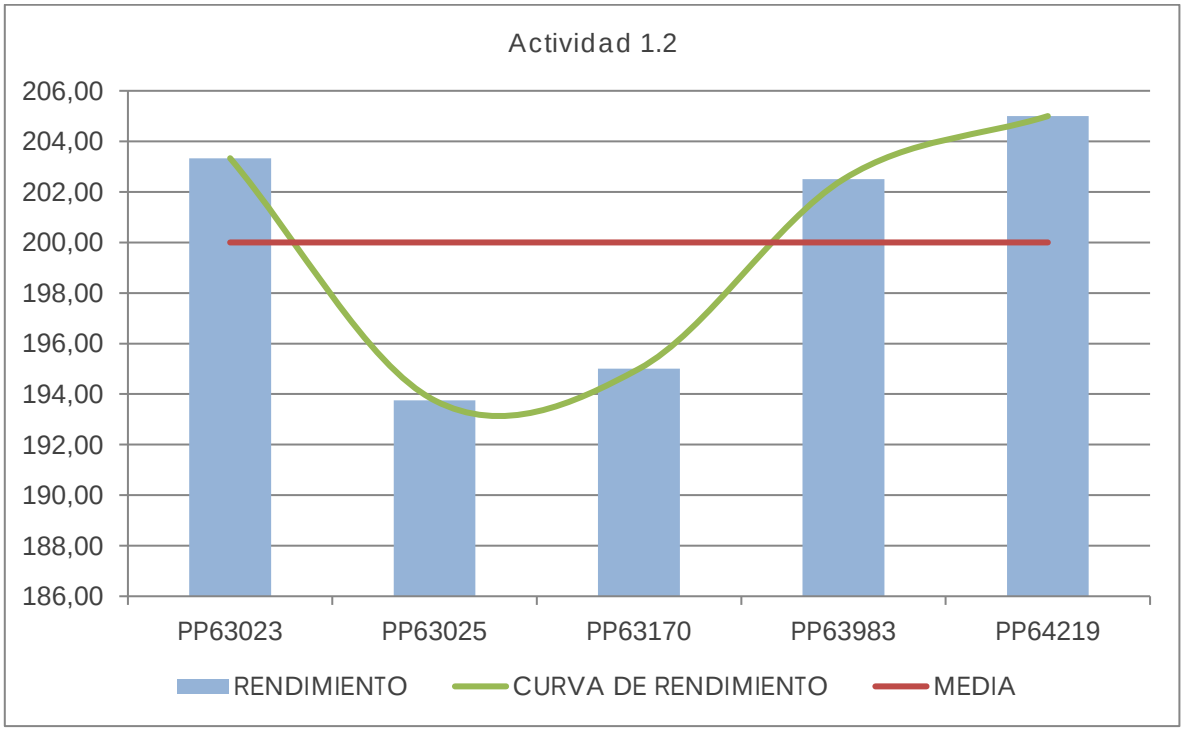


Tabla 91. Análisis de datos de la Actividad 1.2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	199,92
Error típico	2,31
Mediana	202,50
Moda	-
Desviación estándar	5,16
Varianza de la muestra	26,60
Rango	11,25
Mínimo	193,75
Máximo	205,00
Suma	999,58
Cuenta	5,00
Rendimiento medio escogido	200 m/día

B.3.3.1.3. Estimación del rendimiento de la actividad 2.1

En Tabla 92 y en la Figura 48 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 93, correspondiente a la actividad 2.1 de "Extendido y compactado de suelo seleccionado".

Tabla 92. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.1

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63110	250,00	3,00	83,33
PP63185	310,00	4,00	77,50
PP63322	150,00	2,00	75,00
PP64133	460,00	6,00	76,67

Figura 48. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.1

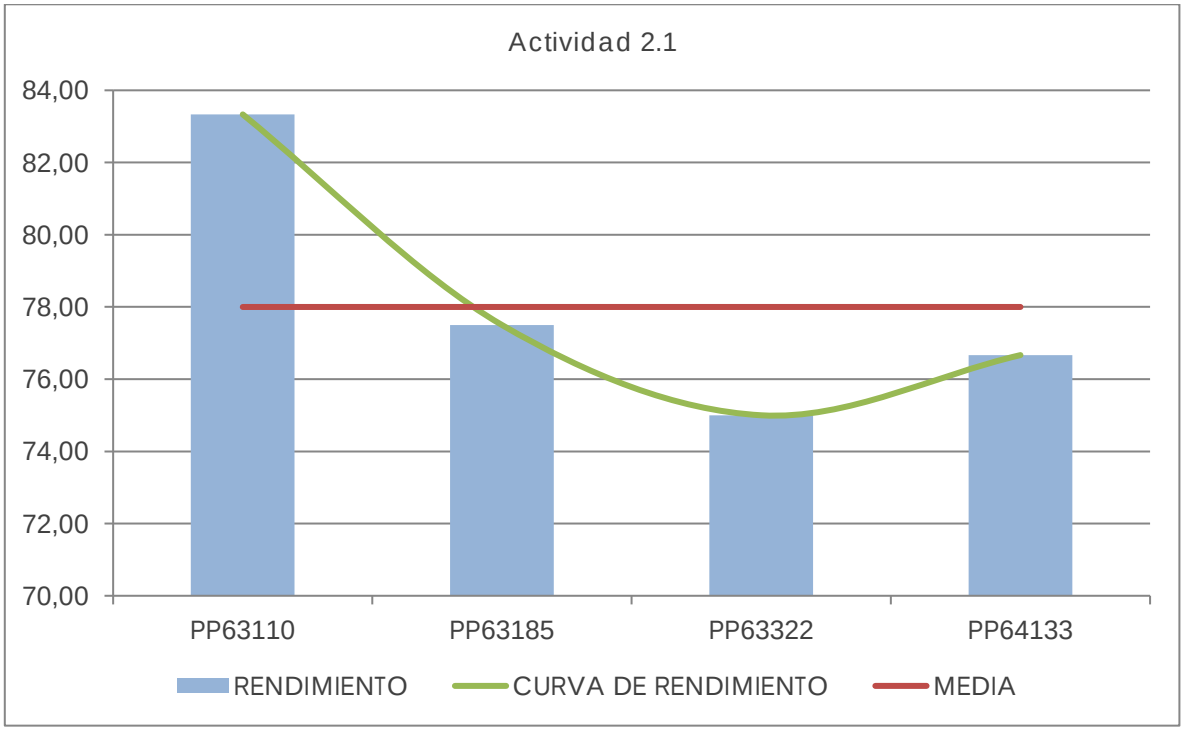


Tabla 93. Análisis de datos de la Actividad 2.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	78,13
Error típico	1,81
Mediana	77,08
Moda	-
Desviación estándar	3,62
Varianza de la muestra	13,14
Rango	8,33
Mínimo	75,00
Máximo	83,33
Suma	312,50
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	78 m^3/día

B.3.3.1.4. Estimación del rendimiento de la actividad 2.2

En la Tabla 94 y en la Figura 49 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 95, correspondiente a la actividad 2.2 de "Zahorra natural ZN25".

Tabla 94. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.2

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63101	70,00	0,75	93,33
PP63246	115,00	1,25	92,00
PP64145	300,00	3,00	100,00
PP64544	225,00	2,25	100,00
PP67006	45,00	0,50	90,00

Figura 49. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.2

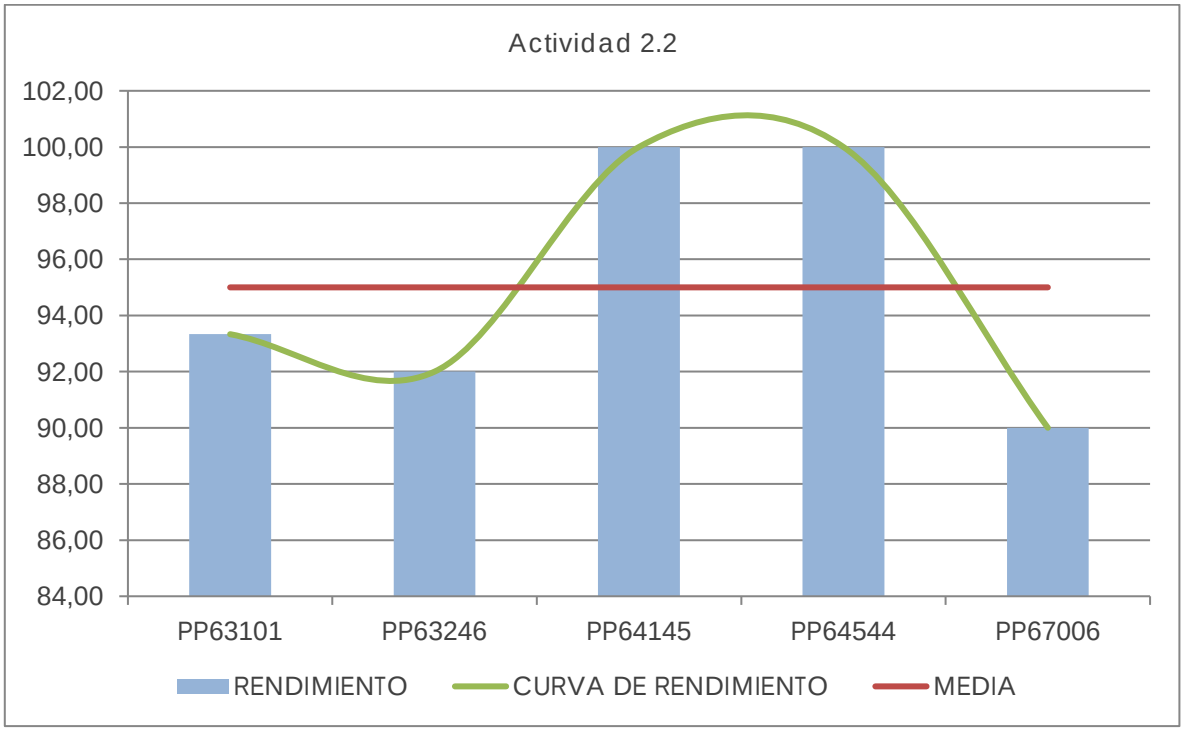


Tabla 95. Análisis de datos de la Actividad 2.2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	95,07
Error típico	2,08
Mediana	93,33
Moda	100,00
Desviación estándar	4,66
Varianza de la muestra	21,69
Rango	10,00
Mínimo	90,00
Máximo	100,00
Suma	475,33
Cuenta	5,00
Rendimiento medio escogido	95 m^3/día

B.3.3.1.5. Estimación del rendimiento de la actividad 2.3

En la Tabla 96 y en la Figura 50 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 97, correspondiente a la actividad 2.3 de "Zahorra artificial ZA25".

Tabla 96. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.3

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63101	180,00	2,00	90,00
PP63204	92,00	1,00	92,00
PP63216	700,00	8,00	87,50
PP63258	375,00	4,00	93,75
PP63455	325,00	3,50	92,86
PP64242	500,00	5,50	90,91
PP67006	105,00	1,25	84,00

Figura 50. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.3

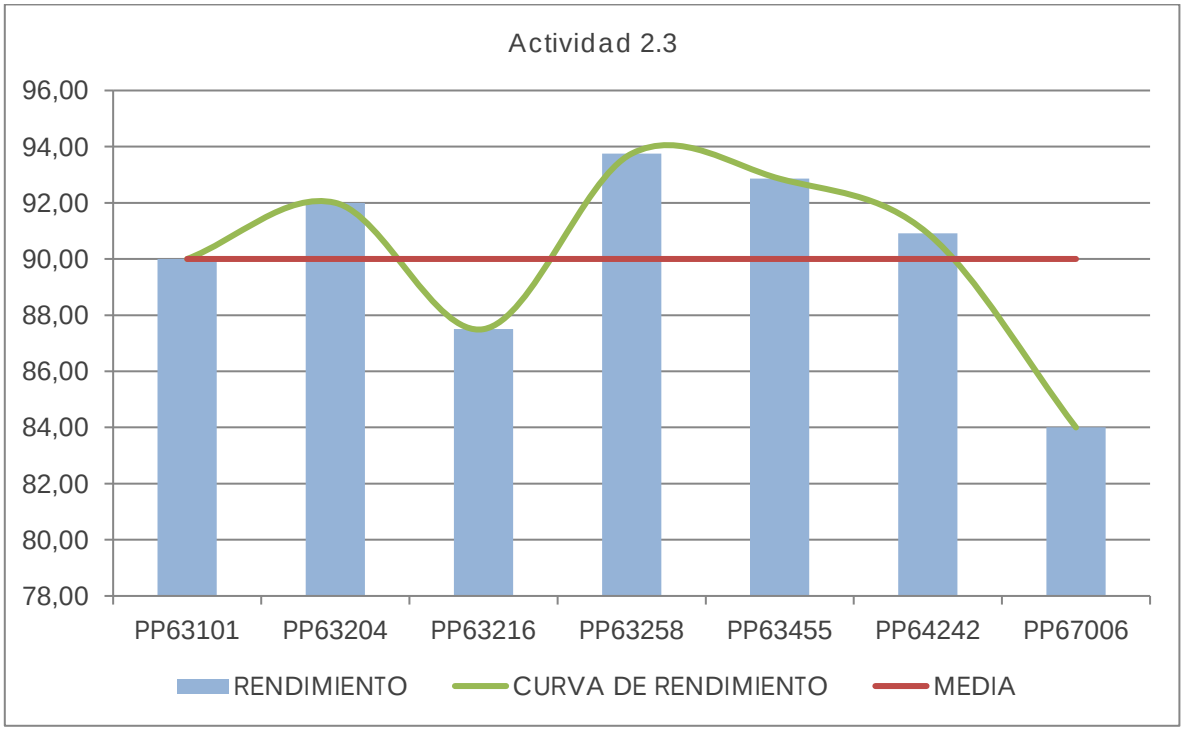


Tabla 97. Análisis de datos de la Actividad 2.3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	90,15
Error típico	1,28
Mediana	90,91
Moda	-
Desviación estándar	3,39
Varianza de la muestra	11,53
Rango	9,75
Mínimo	84,00
Máximo	93,75
Suma	631,02
Cuenta	7,00
Rendimiento medio escogido	90 m^3/día

B.3.3.1.6. Estimación del rendimiento de la actividad 2.4

En la Tabla 98 y en la Figura 51 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 99, correspondiente a la actividad 2.4 de "Zahorra natural ZN25 estabilizada con cemento".

Tabla 98. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.4

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63246	240,00	3,00	80,00
PP63986	340,00	4,00	85,00
PP64145	300,00	3,50	85,71
PP64544	225,00	2,50	90,00

Figura 51. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.4

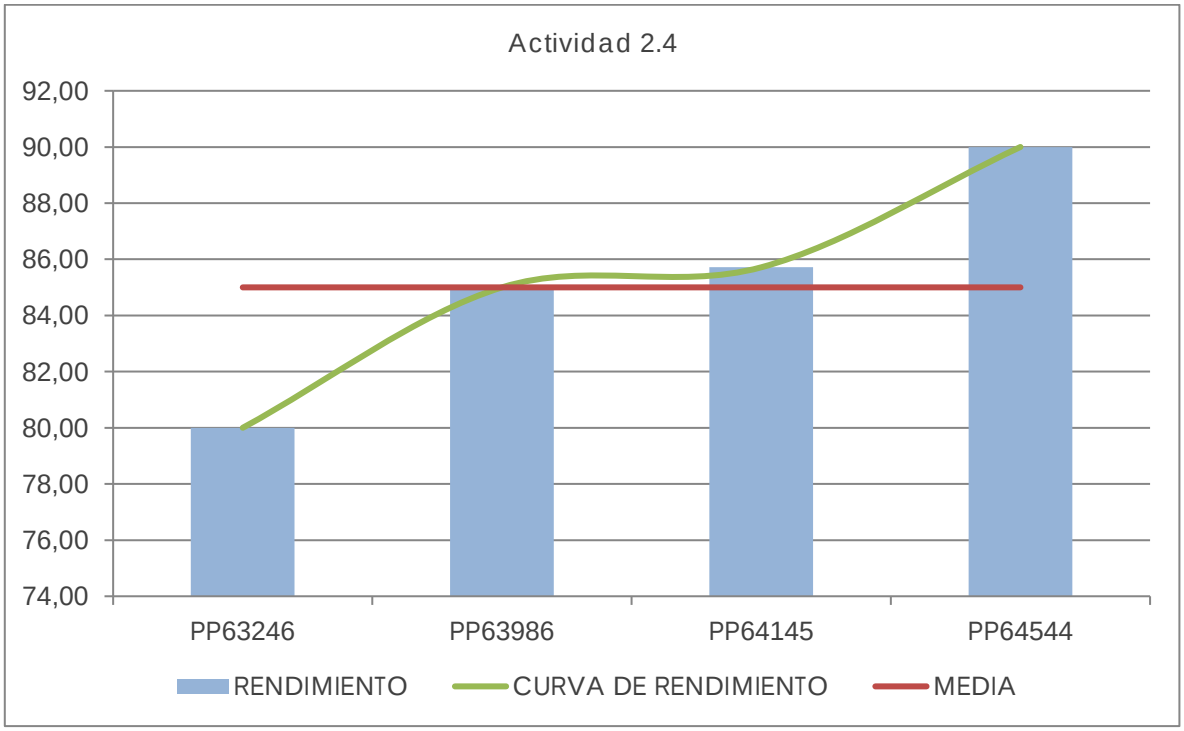


Tabla 99. Análisis de datos de la Actividad 2.4

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	85,18
Error típico	2,05
Mediana	85,36
Moda	-
Desviación estándar	4,10
Varianza de la muestra	16,79
Rango	10,00
Mínimo	80,00
Máximo	90,00
Suma	340,71
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	85 m^3/día

B.3.3.1.7. Estimación del rendimiento de la actividad 3.1

En la Tabla 100 y en la Figura 52 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 101, correspondiente a la actividad 3.1 de "Paso de agua de piedra granítica".

Tabla 100. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.1

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63491	25,00	1,50	16,67
PP64240	9,00	0,75	12,00
PP67010	16,00	1,00	16,00

Figura 52. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.1

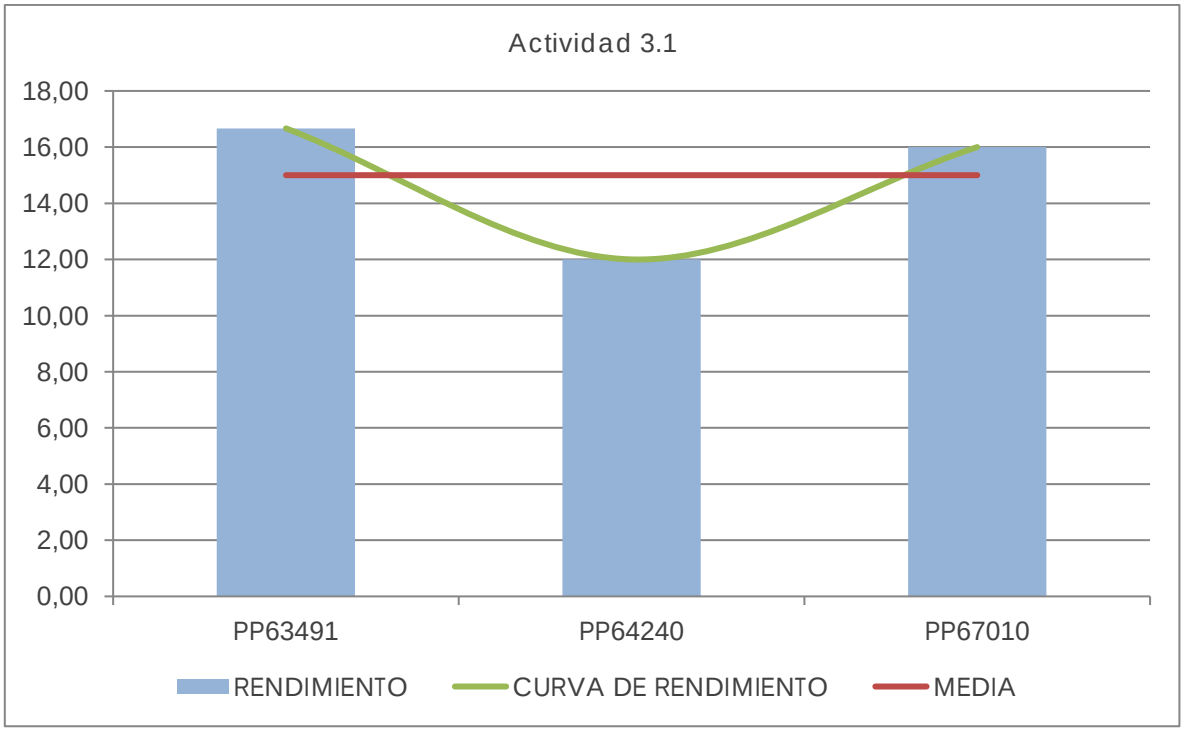


Tabla 101. Análisis de datos de la Actividad 3.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	14,89
Error típico	1,46
Mediana	16,00
Moda	-
Desviación estándar	2,52
Varianza de la muestra	6,37
Rango	4,67
Mínimo	12,00
Máximo	16,67
Suma	44,67
Cuenta	3,00
Rendimiento medio escogido	15 m/día

B.3.3.1.8. Estimación del rendimiento de la actividad 3.2

En la Tabla 102 y en la Figura 53 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 103, correspondiente a la actividad 3.2 de "Estabilizador de piedra granítica".

Tabla 102. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.2

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63006	22,00	0,75	29,33
PP63491	35,00	1,00	35,00

Figura 53. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.2

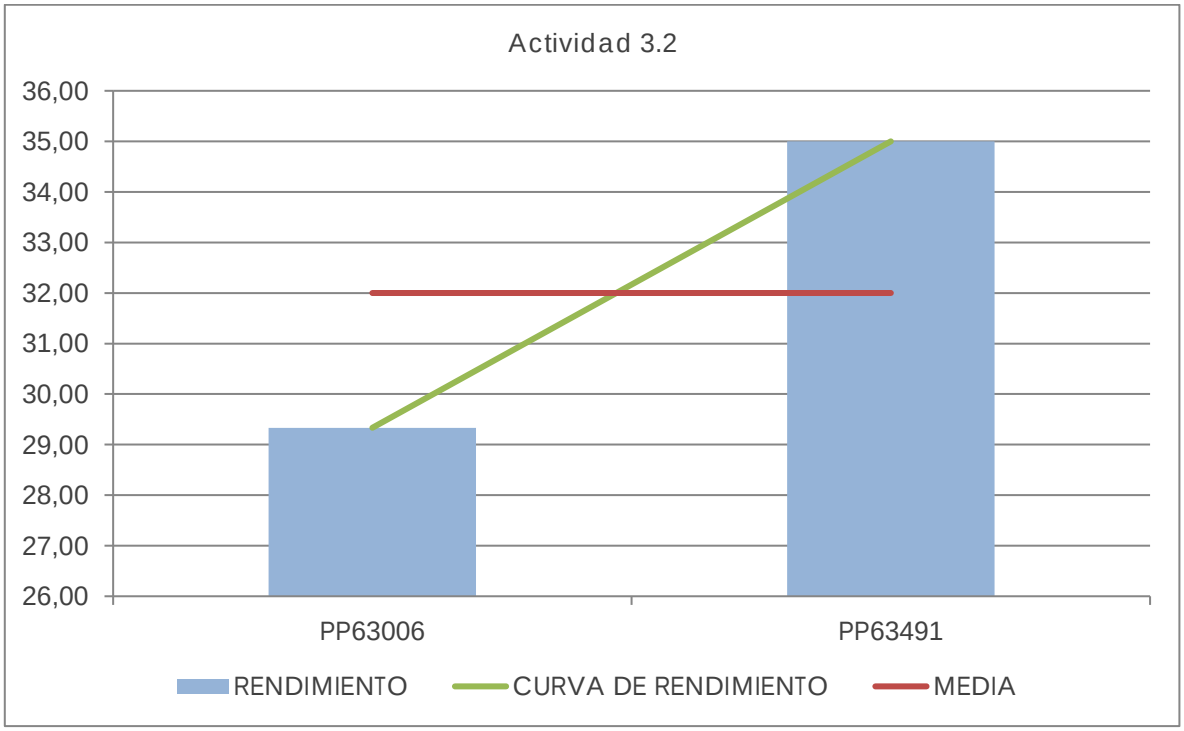


Tabla 103. Análisis de datos de la Actividad 3.2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	32,17
Error típico	2,83
Mediana	32,17
Moda	-
Desviación estándar	4,01
Varianza de la muestra	16,06
Rango	5,67
Mínimo	29,33
Máximo	35,00
Suma	64,33
Cuenta	2,00
Rendimiento medio escogido	32 m/día

B.3.3.1.9. Estimación del rendimiento de la actividad 4.1

En la Tabla 104 y en la Figura 54 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 105, correspondiente a la actividad 4.1 de "Borde de piedra granítica".

Tabla 104. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 4.1

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63170	120,00	3,00	40,00
PP63326	28,00	0,75	37,33
PP63983	20,00	0,50	40,00
PP64520	42,00	1,00	42,00

Figura 54. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 4.1

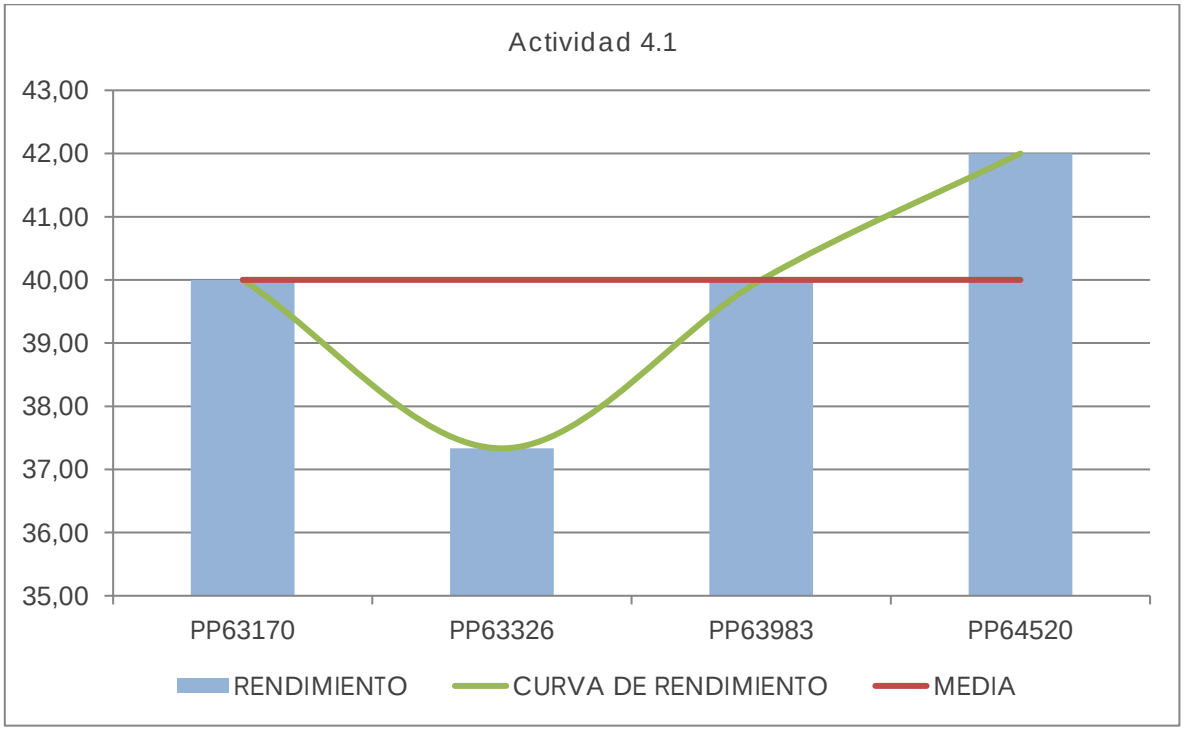


Tabla 105. Análisis de datos de la Actividad 4.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	39,83
Error típico	0,96
Mediana	40,00
Moda	40,00
Desviación estándar	1,91
Varianza de la muestra	3,67
Rango	4,67
Mínimo	37,33
Máximo	42,00
Suma	159,33
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	40 m^3/día

B.3.3.1.10. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio

Obtenidos los resultados medios de productividad de todas las tareas que engloban la obra tras el análisis de los diferentes casos estudiados donde los equipos de trabajo han aplicado el máximo esfuerzo de ejecución, se ha calculado el tiempo estimado de duración de cada una de las actividades que componen la EDT del proyecto, tal y como se expone y queda reflejado en la Tabla 106.

Tabla 106. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº1

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	MEDICIÓN OBRA	RENDIMIENTO	DURACIÓN CALCULADA SIN PROTECCIÓN (dsP_i)*
1	TRABAJOS PREVIOS			
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	675,00 m	400,00 m/día	2 días
1.2	Apertura de cunetas terreno sin clasificar	675,00 m	200,00 m/día	3 días
2	FIRMES			
2.1	Ext. y compact. de suelo seleccionado	279,00 m³	78,00 m³/día	4 días
2.2	ZN25	78,75 m³	95,00 m³/día	1 días
2.3	ZA25	209,26 m³	90,00 m³/día	2 días
2.4	ZA25 estabilizada con cemento	78,75 m³	85,00 m³/día	1 días
3	DRENAJE			
3.1	Paso de agua de piedra granítica	9,00 m	15,00 m/día	1 días
3.2	Estabilizador de piedra granítica	21,50 m	32,00 m/día	1 días
4	OBRAS COMPLEMENT.			
4.1	Borde de piedra granítica	80,00 m	40,00 m/día	2 días
5**	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	1,00 PA	Se subcontratará a un arqueólogo externo para que esté presente en los momentos clave de la obra.	
6**	SEGURIDAD Y SALUD	1,00 PA	Se ejecutará a lo largo de todo el proyecto.	
7**	GESTIÓN DE RESIDUOS	1,00 PA	Se ejecutará a lo largo de todo el proyecto.	

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

** Actividad dependiente. Su duración está subordinada a la ejecución parcial o total del proyecto

B.3.3.2. Cronograma previo de las obras

Los tiempos estimados y resumidos en la Tabla 106 indican la duración mínima de realización de cada una de las actividades del proyecto sin ningún tipo de protección frente la incertidumbre. La representación gráfica de estos plazos permite determinar el cronograma previo de la obra, el cual se encuentra recogido en la Ficha 2 del *Apéndice 1* de este Anejo.

B.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos

Siguiendo los pasos establecidos en el modelo propuesto, basado en las técnicas de la cadena crítica, para la planificación de los proyectos, en la Ficha 3 del *Apéndice 1* de este Anejo se presenta el cronograma previo de las obras con la incorporación de los recursos identificados con anterioridad en el punto "*B.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras*".

La programación obtenida muestra la existencia de recursos sobreasignados (actividades 1.2 y 2.2 ; 1.2 y 3.1 ; 1.2 y 3.2 ; 2.3 y 2.4), además de la existencia de grandes holguras entre el final de las subcadenas (subcadena '2.2, 3.1, 3.2') y las actividades críticas a las que alimentan (2.1).

Con objeto de conseguir una aplicación correcta del CCPM se planifica evitando la multitarea y la programación ASAP, obteniendo la nivelación previa de la Ficha 4 del *Apéndice 1* de este Anejo.

Del cronograma previo de la obra, elaborado tras la realización de la fase 1, 2, 3 y 4 del procedimiento de planificación definido en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*", se puede identificar las actividades pertenecientes a la cadena crítica (ver Tabla 107) y a las subcadenas existentes (ver Tabla 108), así como las características propias de las mismas.

Tabla 107. Características de la cadena crítica de la obra nº1

CADENA CRÍTICA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)
CC	1.1	2
	1.2	3
	4.1	2
	2.1	4
	2.3	2
	2.4	1

Tabla 108. Características de las subcadenas de la obra nº1

SUBCADENA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)	HOLGURA GENERADA CON dsP_i	ACTIVIDAD CRÍTICA A LA QUE ALIMENTA
SC_1	2.2	1	2	2.1
	3.1	1		
	3.2	1		

B.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre

El método de la cadena crítica se apoya en la inclusión de amortiguadores que permiten proteger el proyecto de la incertidumbre natural asociada a las actividades del mismo de manera global.

Para la obra de análisis se calcula el dimensionamiento de los buffers de proyecto y de alimentación mediante las metodologías indicadas en el apartado "*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*".

Puesto que los buffers de recurso no consumen tiempo, dentro de la planificación diseñada, éstos se dispondrán como señal de advertencia para que cada recurso pueda prepararse con anterioridad para iniciar una tarea asignada de la cadena crítica de manera inmediata. Hay que destacar que en el proyecto de referencia también se empleará este buffer para notificar al personal externo a la empresa de la necesidad de su presencia en la obra.

B.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers

B.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP)

Fórmula de cálculo (Ecuación 17)

$$Buffer = 0{,}5 \sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección (datos de la Tabla 85).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 106).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 109)

Tabla 109. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	14	PB_{CP}	5,5	24	6

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 110)

Tabla 110. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	3	$FB_{1,CP}$	0,5	1	1

B.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 18)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/3$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 106).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 111)

Tabla 111. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	14	PB_{TC}	4,67	24	5

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 112)

Tabla 112. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	3	$FB_{1,TC}$	1	1	1

B.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

Fórmula de cálculo (Ecuación 19)

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)^2}$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección o duración de bajo riesgo de la actividad i (datos de la Tabla 85).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección o duración de alto riesgo de la actividad i (valores de la Tabla 106).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 113)

Tabla 113. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	14	PB_{RSEM}	5,20	24	6

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 114)

Tabla 114. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	3	$FB_{1,RSEM}$	1	1	1

B.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 26)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/4$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 106).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 115)

Tabla 115. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	14	PB_{FC}	3,50	24	4

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 116)

Tabla 116. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	3	$FB_{1,FC}$	0,75	1	1

B.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers

En la Tabla 117 y en la Tabla 118 se presentan, de forma resumida, las duraciones de los amortiguadores de proyecto y de alimentación respectivamente, calculados mediante las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers, indicadas en el punto "*B.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*".

Tabla 117. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Cadena crítica	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
CC	PB	6	5	6	4

Tabla 118. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Subcadena	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
SC_1	FB_1	1	1	1	1

B.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica

Calculadas las duraciones reales de las actividades de la EDT ("*B.3.3.1.10. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio*") y el tamaño de los buffers ("*B.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers*"), se han diseñado tres cronogramas de la obra ya que, para el caso que nos ocupa, los resultados obtenidos con los procedimientos de dimensionamiento de buffers de CP y RSEM son los mismos.

Las programaciones resultantes se encuentran representadas en las fichas correspondientes del *Apéndice 1* de este Anejo, de las cuales se deducen los datos indicados en la Tabla 119, de forma que:

1) El cronograma resultante tras la aplicación del método CP y/o RSEM de dimensionamiento de buffers (Ficha 5) prevé que el 31 de agosto de 2015 sea la fecha de conclusión de los trabajos planificados, reduciendo en un 16,67% la duración total proyectada de los mismos.

2) El cronograma resultante tras la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers (Ficha 6) señala el 28 de agosto de 2015 como la fecha de finalización de la obra de Piñor, acortando la duración prevista de la misma en un 20,83%.

3) El cronograma resultante tras la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers (Ficha 7) considera el 27 de agosto de 2015 la fecha de entrega de la obra de estudio nº1, lo que supone una reducción del 25% de la duración programada para la misma.

Tabla 119. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº1

Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo
Original	24	03/08/2015	04/09/2015	-
CP	20	03/08/2015	31/08/2015	16,67%
TC	19	03/08/2015	28/08/2015	20,83%
RSEM	20	03/08/2015	31/08/2015	16,67%
FC	18	03/08/2015	27/08/2015	25%

B.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto

Partiendo de los datos económicos del proyecto de estudio, detallados en el *Apéndice 2* del presente Anejo, en la Tabla 120 se muestran los importes del Presupuesto de Ejecución Material de Adjudicación de todas las actividades pertenecientes a la EDT de dicha obra.

Con objeto de emplear los valores estimados para desarrollar la línea base del proyecto que permita medir el rendimiento de la obra durante la etapa de seguimiento y control, se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

- Se elabora una única línea base ya que el tamaño de todos los FB calculados y distribuidos en las planificaciones obtenidas anteriormente tras la aplicación de los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers son coincidentes (Tabla 118).

- El tamaño del PB no influye en el desarrollo de la línea base, puesto que se sitúa después de la fecha final planificada de duración del proyecto sin ningún tipo de protección o amortiguamiento al ser esta común en todas las planificaciones (dsP del proyecto =14 días).

- Los importes de los costes previstos para cada una de las actividades que conforman la EDT de la obra se han distribuido considerando un reparto ponderado de los mismos a lo largo del tiempo programado para la ejecución de las tareas.

- Las cifras presentadas dentro de las líneas bases han sido expresadas en euros (€).

Tabla 120. Características temporales y económicas de la obra nº1

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO **(€)**
1	TRABAJOS PREVIOS		
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	2	2.031,75
1.2	Apertura de cunetas terreno sin clasificar	3	2.632,50
2	FIRMES		
2.1	Ext. y compact. de suelo seleccionado	4	3.560,04
2.2	ZN25	1	1.471,84
2.3	ZA25	2	4.919,70
2.4	ZA25 estabilizada con cemento	1	2.652,30
3	DRENAJE		
3.1	Paso de agua de piedra granítica	1	814,95
3.2	Estabilizador de piedra granítica	1	1.096,72
4	OBRAS COMPLEMENT.		
4.1	Borde de piedra granítica	2	7.468,00
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	4	1.029,01
6	SEGURIDAD Y SALUD	14	390,00
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	14	312,50
COSTE TOTAL ESTIMADO (BAC)			28.379,31

La línea base resultante tras la incorporación de los costes previstos para todas las tareas del proyecto a los cronogramas desarrollados en el punto "*B.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica*", se encuentra detallada en la Ficha 8 y en la Ficha 9 del *Apéndice 1* de este Anejo, al ser la misma para todas las programaciones independientemente del método de dimensionamiento de buffers.

La suma de los importes fijados, para cada una de las actividades de la EDT del proyecto de análisis, permite determinar los costes totales presupuestados del trabajo programado (PV) con carácter diario y acumulado (ver la Tabla 121), definiendo de este modo la línea base del presupuesto.

Tabla 121. PV diario y acumulado de la obra nº1

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
PV	DIARIO	1.194,20 €	1.056,20 €	1.055,02 €	2.526,86 €	1.869,97 €
	A ORIGEN	1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
PV	DIARIO	4.871,04 €	3.774,32 €	930,33 €	930,33 €	
	A ORIGEN	12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
PV	DIARIO	930,33 €	930,33 €	2.500,17 €	2.500,17 €	3.310,03 €
	A ORIGEN	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	28.379,31 €

En la Figura 55 y Figura 56 se expresan, gráficamente, los datos reflejados en la Tabla 121, de la que se deduce la línea base del proyecto como la obtenida a partir de las cantidades acumuladas del valor planificado.

Figura 55. Coste presupuestado del trabajo programado (PV). Obra nº1

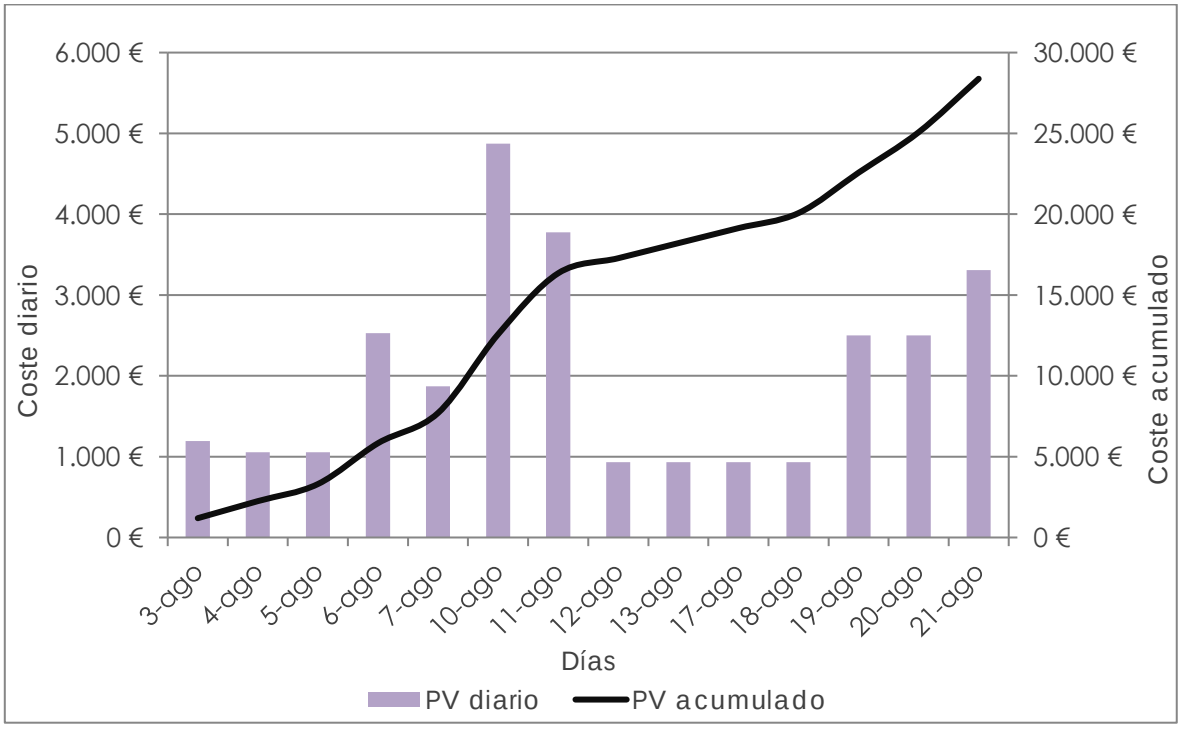
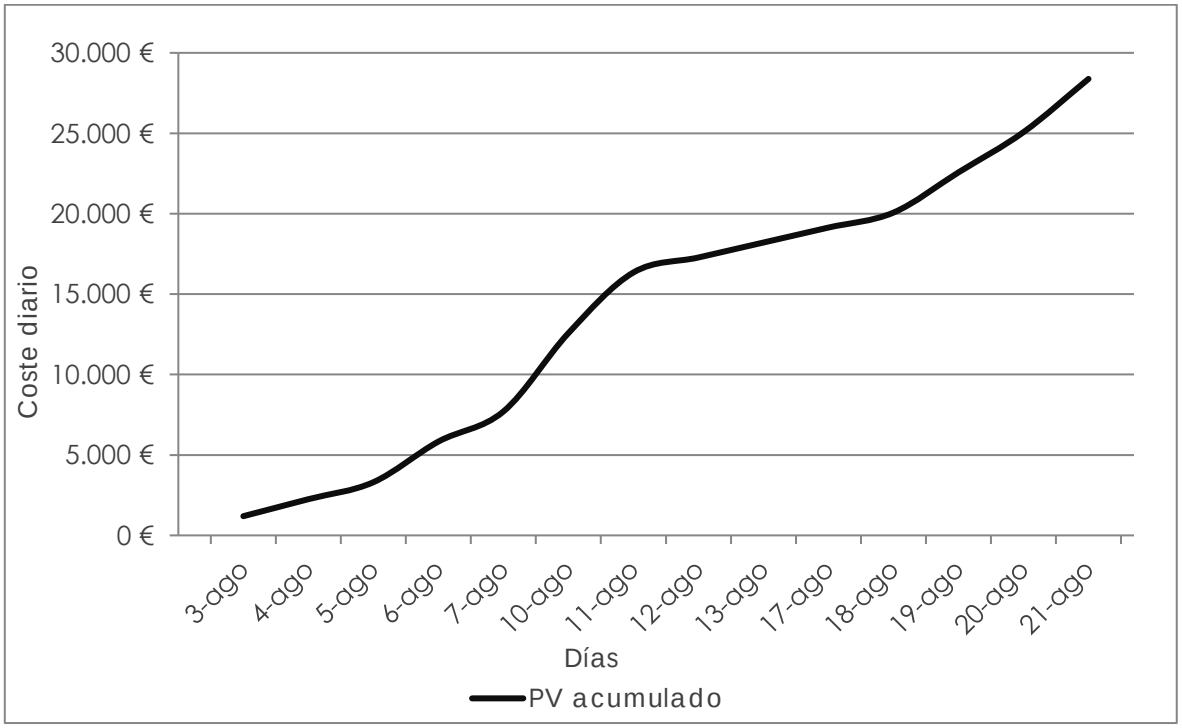


Figura 56. Línea base del proyecto (PV) de la obra nº1



B.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto

Teniendo en cuenta la duración y envergadura del proyecto de referencia del caso práctico nº1, se han definido los siguientes puntos clave, dentro del cronograma general de la obra, para la distribución de los hitos que se emplearán como puntos de control durante la etapa de seguimiento de los trabajos:

- HITO 1

  Este hito permite identificar la finalización de los trabajos de apertura de cunetas perteneciente al apartado de "Trabajos previos", suponiendo la conclusión de dicho capítulo correspondiente al 16 % del presupuesto de ejecución total de la obra. Además, en dicho punto, el "Seguimiento y control arqueológico" se encontrará terminado en un 40 % del total de dicha actividad en términos económicos.

- HITO 2

  El inicio de los trabajos de extendido y compactado de suelo seleccionado corresponderán con la conclusión del capítulo de "Obras complementarias" del presente proyecto que supone el 26 % del importe total de la obra, además de la finalización de la subcadena nº1. En este punto, la obra debe estar ejecutada en términos monetarios en un 58 %.

Identificados y descritos los diferentes hitos que se tomarán en cuenta para la medición del desempeño del proyecto, de la Ficha 10 a la Ficha 15 (recogidas dentro del *Apéndice 1* de este Anejo) se muestra la localización y distribución de estos puntos de control dentro de los cronogramas obtenidos tras la integración del CCPM y el EVM, correspondientes con la programación final del método propuesto.

B.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº1

Empleando los datos obtenidos durante la etapa de planificación del proyecto de Piñor ("*B.3. Procedimiento de Planificación de la Obra de Estudio Nº1*"), en el presente punto se muestran, de forma detallada, los pasos seguidos para el cálculo de los parámetros, índices y valores propios de las metodologías de CCPM y EVM, según lo dispuesto en cada una de las fases establecidas en el modelo propuesto para el seguimiento de los proyectos, explicado en el apartado "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*".

Gracias a la tipología y el dimensionamiento de la obra y de la empresa, la dirección y el control de proyecto se ha realizado de forma diaria.

B.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado

La determinación del valor ganado se lleva a cabo mediante la valoración del director de la obra, por parte de la empresa contratista, y el empleo de los hitos distribuidos en la planificación como puntos de control ("*B.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto*") que facilitan la exactitud y la objetividad de dichas estimaciones.

Los valores diarios del EV de cada una de las actividades de la EDT están recogidos dentro de la Ficha 16 y de la Ficha 17 del *Apéndice 1* de este Anejo, cuya suma total es la que proporciona el valor ganado de proyecto según la fecha seleccionada con carácter diario y acumulado, tal y como se muestra resumido en la Tabla 122.

Tabla 122. EV diario y acumulado de la obra nº1

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
EV	% AVANCE	5,77 %	8,12 %	11,73 %	19,60 %	25,15 %
	DIARIO	1.493,00 €	560,00 €	1.009,00 €	2.240,00 €	1.740,00 €
	A ORIGEN	1.493,00 €	2.053,00 €	3.062,00 €	5.302,00 €	7.042,00 €

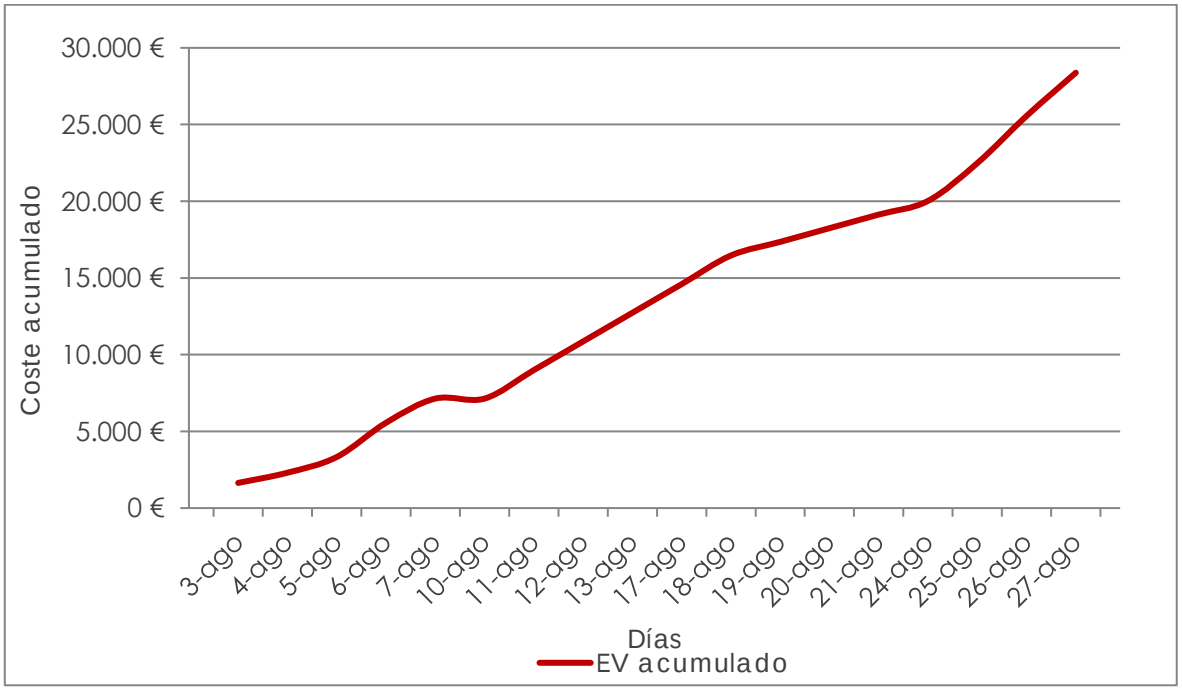
DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
EV	% AVANCE	25,15 %	31,70 %	38,27 %	44,85 %	
	DIARIO	0,00 €	1.740,00 €	1.820,00 €	1.920,00 €	
	A ORIGEN	7.042,00 €	8.782,00 €	10.602,00 €	12.522,00 €	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
EV	% AVANCE	51,43 %	58,01 %	61,15 %	64,28 %	67,42 %
	DIARIO	1.820,00 €	1.820,00 €	710,00 €	710,00 €	810,00 €
	A ORIGEN	14.342,00 €	16.162,00 €	16.872,00 €	17.582,00 €	18.392,00 €

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
EV	% AVANCE	70,55 %	79,22 %	90,07 %	100,00 %	
	DIARIO	760,00 €	2.380,00 €	3.180,00 €	2.545,00 €	
	A ORIGEN	19.152,00 €	21.532,00 €	24.712,00 €	27.257,00 €	

Con los datos acumulativos del valor ganado por día, resumidos en la Tabla 122, se puede construir la curva que se presenta en la Figura 57. Para efectos de control, dicho gráfico no cumple otra función que la de indicar el comportamiento y tendencia del valor ganado a través del tiempo.

Figura 57. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº1



De los resultados calculados se puede deducir que:

- El inicio de las obras se produce según los plazos fijados en la programación.
- Las actividades 1.2 y 4.1 necesitaron más tiempo del inicialmente fijado en el cronograma de la obra, afectando directamente a la marcha del proyecto al tratarse de tareas críticas.
- El día 10 de agosto no se pudo trabajar en campo, impidiendo en inicio en la fecha prevista de la actividad 3.2 y produciendo retrasos para la conclusión de la actividad 1.2.
- Las actuaciones de "seguridad y salud" y "gestión de los residuos" (tareas 6 y 7 respectivamente) se realizan en momentos puntuales de la obra.
- Los buffers de recurso empleados como alertas para comunicar con tiempo a la arqueóloga subcontratada de la necesidad de su presencia en obra y de la entrega del informe pertinente resultaron útiles, consiguiendo toda la documentación necesaria un día antes de la finalización real de la obra.

- Siguiendo lo estipulado en la programación realizada empleando los métodos de dimensionamiento de buffers "Cortar y Pegar" y "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", el proyecto finalizó dos (2) días antes de lo previsto en la planificación de la obra, consumiendo 4 de los 6 días destinados al buffer de proyecto.

- Atendiendo al cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores con el método del "Tercio Crítico", el proyecto concluyó un (1) día antes de la fecha prevista, consumiendo 4 de los 5 días del buffer de proyecto.

- Según la planificación diseñada mediante la aplicación del método de la "Fracción Crítica" para la deducción del tamaño de los buffers, el proyecto concluyó en la fecha estimada, consumiendo los 4 días del buffer de proyecto calculado.

- La obra de Piñor se concluye el 27 de agosto de 2015, lo que supone una reducción de su duración con respecto al cronograma original del proyecto del 25%.

B.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra

A partir de los partes de trabajo de cada período de control realizado, siendo diario para el caso de estudio, se han obtenido los costes reales de todas las actividades del proyecto (tal y como se muestra en la Ficha 18 y en la Ficha 19 del *Apéndice 1* de este Anejo), de las que se puede analizar que:

- Las actividades 1.2 y 3.1 son las únicas que terminaron por encima del precio establecido en proyecto, mientras que el resto de las tareas presentaron un coste de ejecución inferior al previsto.

- El balance económico global de la obra, frente a la programación realizada, es positivo, al haber gastado para la ejecución de los trabajos un importe inferior al estipulado.

En la Tabla 123 se recogen los costes reales, diarios y a origen, calculadas para cada una de las fechas de control realizadas durante la ejecución de la obra. Los datos acumulados de AC permiten la elaboración de la curva que se presenta en la Figura 58, que tiene como objetivo indicar el comportamiento y la tendencia de los costes reales a través del tiempo.

Tabla 123. AC diario y acumulado de la obra nº1

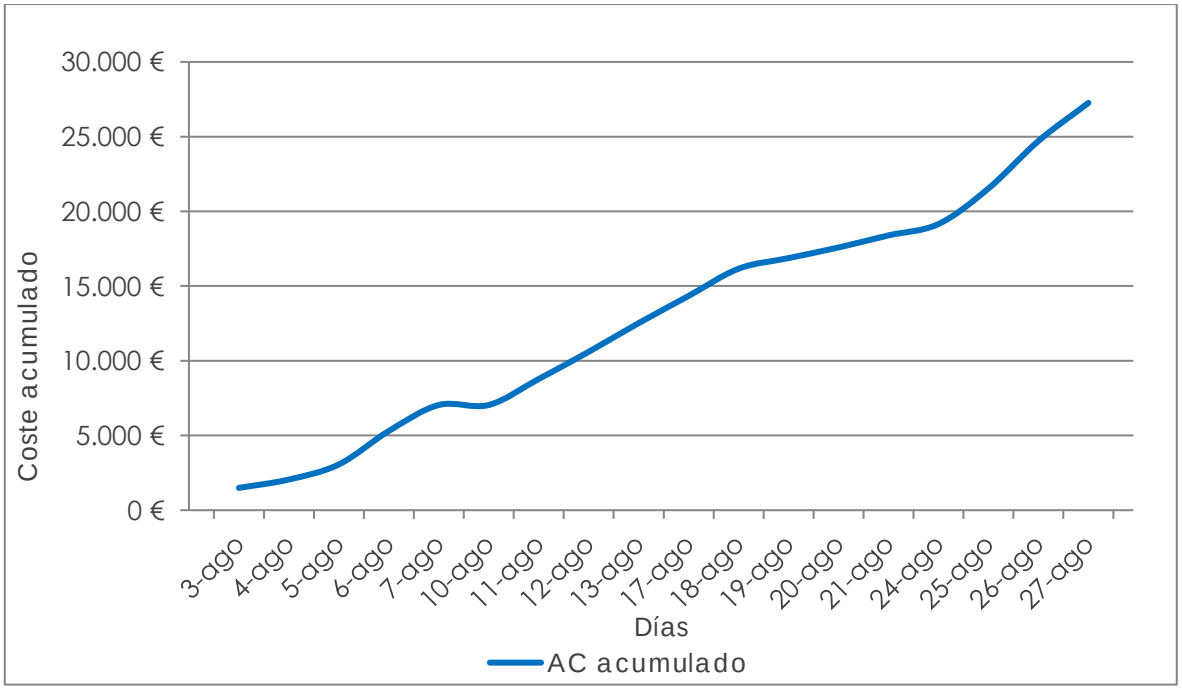
DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
AC	DIARIO	1.493,00 €	560,00 €	1.009,00 €	2.240,00 €	1.740,00 €
	A ORIGEN	1.493,00 €	2.053,00 €	3.062,00 €	5.302,00 €	7.042,00 €

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
AC	DIARIO	0,00 €	1.740,00 €	1.820,00 €	1.920,00 €	
	A ORIGEN	7.042,00 €	8.782,00 €	10.602,00 €	12.522,00 €	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
AC	DIARIO	1.820,00 €	1.820,00 €	710,00 €	710,00 €	810,00 €
	A ORIGEN	14.342,00 €	16.162,00 €	16.872,00 €	17.582,00 €	18.392,00 €

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
AC	DIARIO	760,00 €	2.380,00 €	3.180,00 €	2.545,00 €	
	A ORIGEN	19.152,00 €	21.532,00 €	24.712,00 €	27.257,00 €	

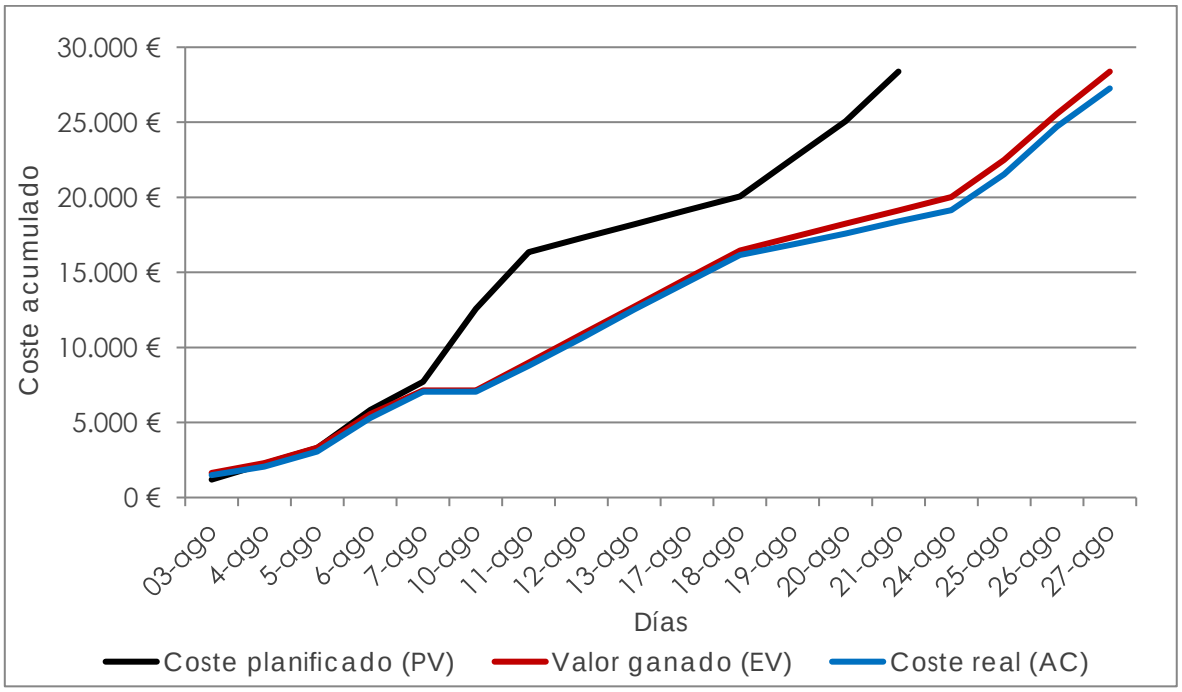
Figura 58. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº1



B.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM

Atendiendo a los valores acumulados que adquieren PV, EV y AC a lo largo de los períodos de control de la obra de análisis (calculados en los puntos "*B.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*", "*B.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" y "*B.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*", respectivamente) se obtienen las curvas "S" del proyecto, tal y como se muestra en la Figura 59:

Figura 59. Curvas S de la obra nº1



A partir de estos valores, que para el caso que nos ocupa son iguales para los distintos métodos de dimensionamiento de buffers, se procede de inmediato a la determinación de las variaciones de coste y tiempo, los indicadores de rendimiento y las estimaciones o proyecciones a la finalización. Las fórmulas para la obtención de estos parámetros son las expuestas en los apartados "*3.2.4. Indicadores más comunes del EVM*" y "*3.2.5. Proyecciones*" del presente trabajo.

Debido a la envergadura de los cálculos realizados, éstos se encuentran recogidos en la Ficha 20 y en la Ficha 21 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo de Figura 60 a la Figura 69 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 60. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto de la obra nº1

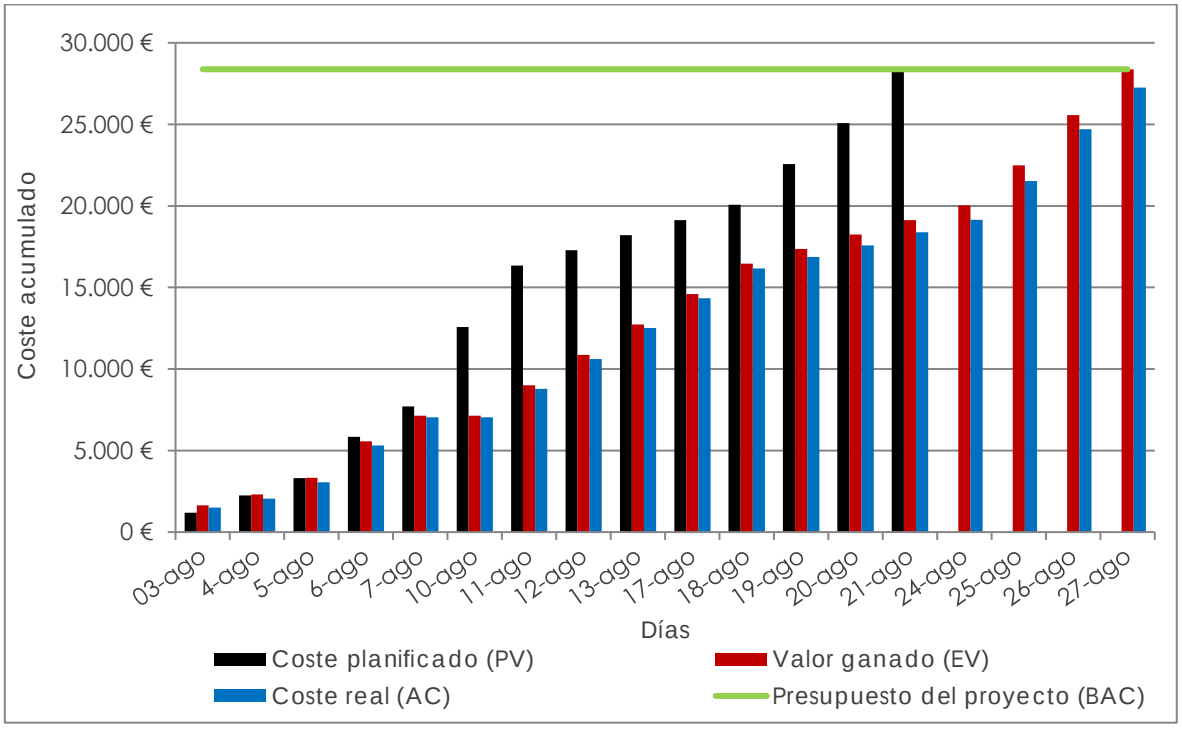


Figura 61. Desviaciones en costes y plazo acumuladas. Obra nº1

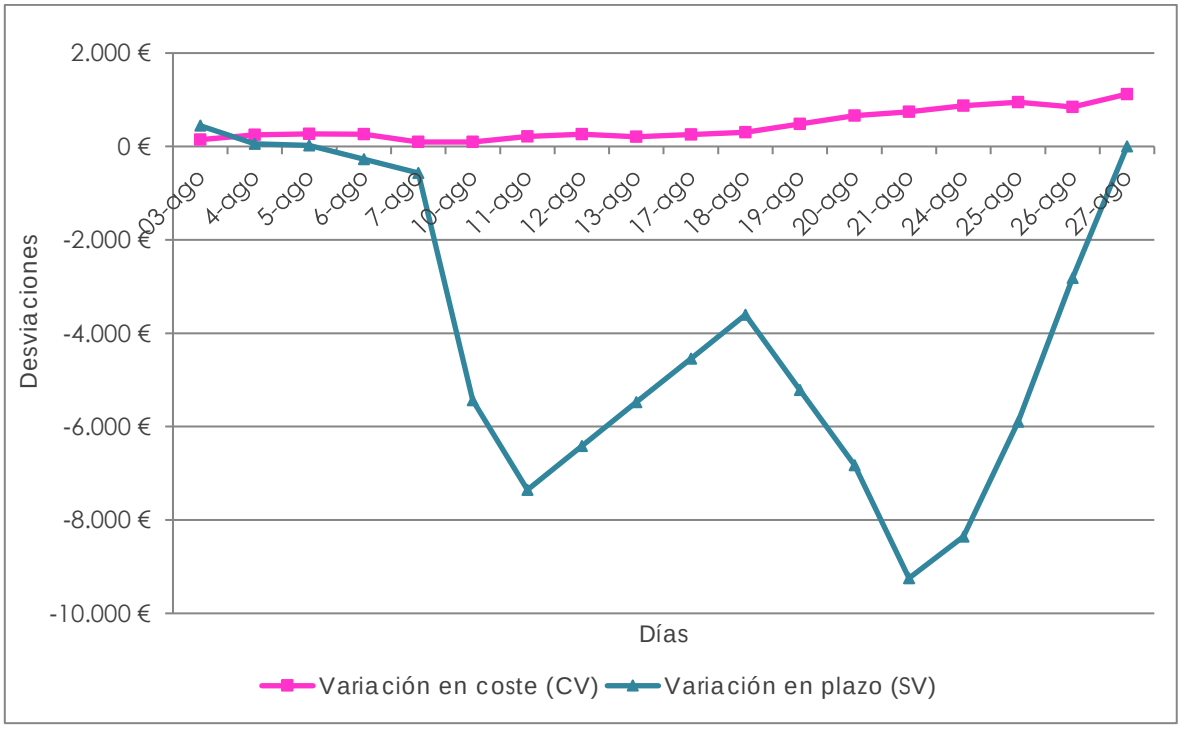


Figura 62. Evolución de las desviaciones en coste y programación. Obra nº1

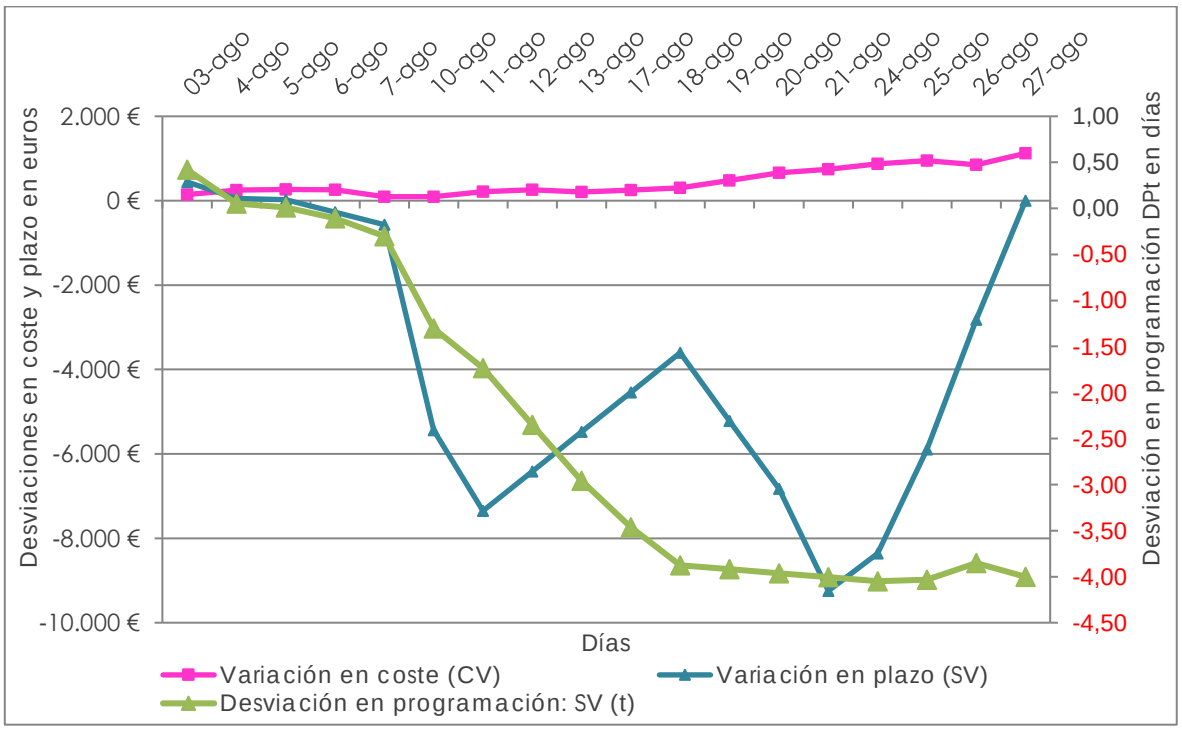


Figura 63. Evolución de los índices de eficiencia. Obra nº1

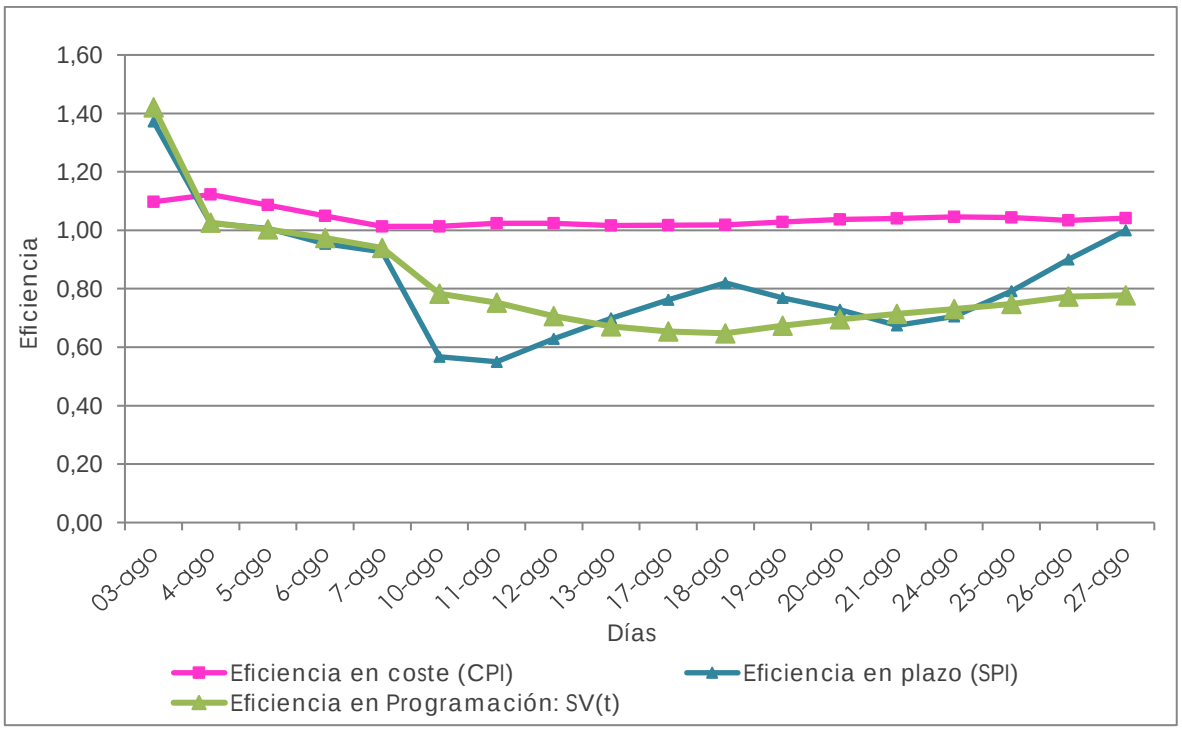


Figura 64. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº1

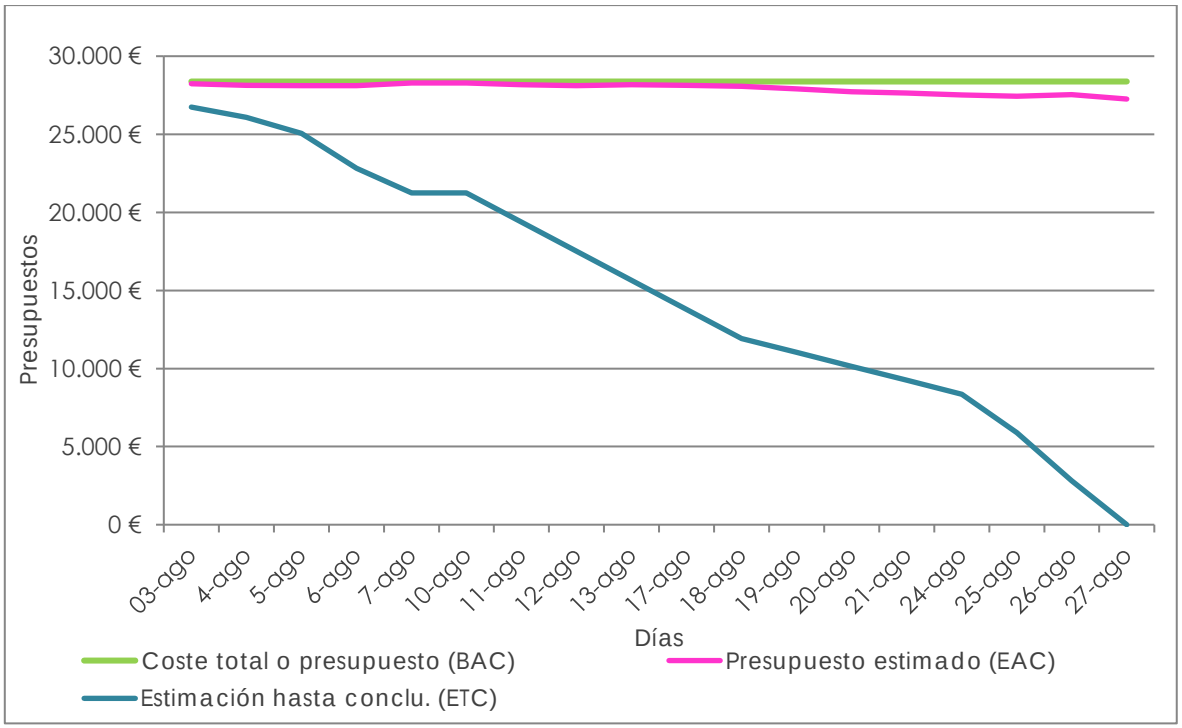


Figura 65. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº1

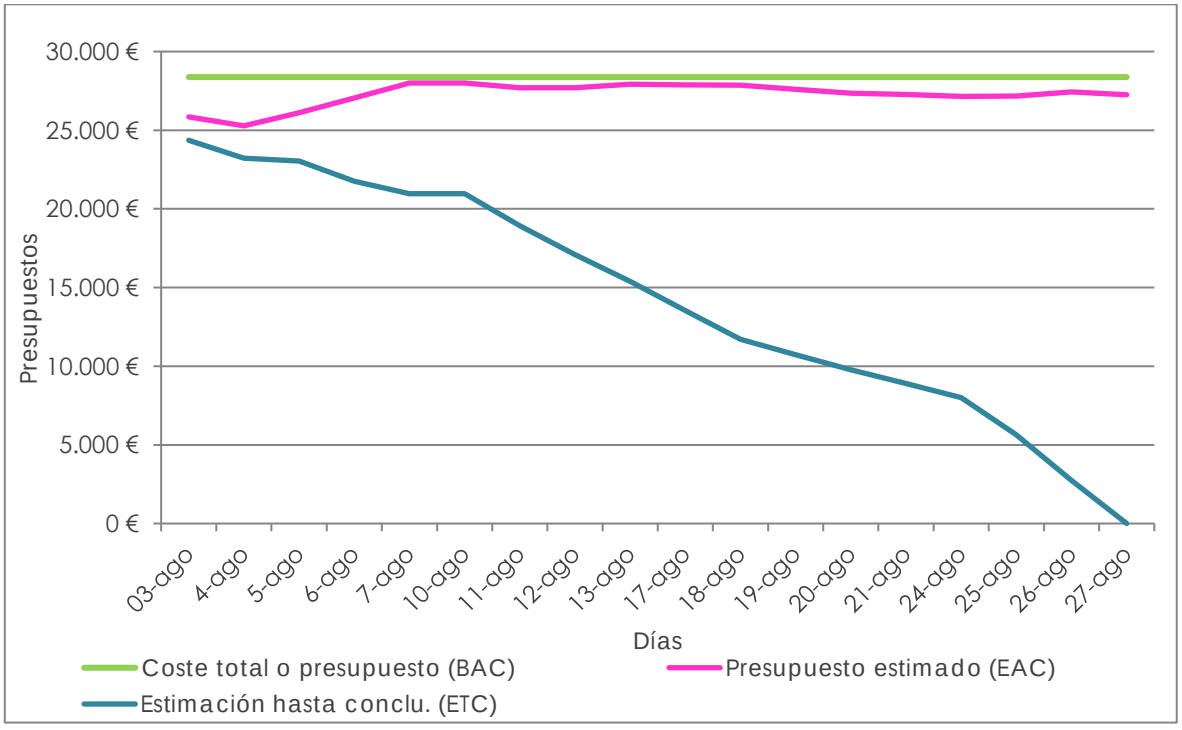


Figura 66. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº1

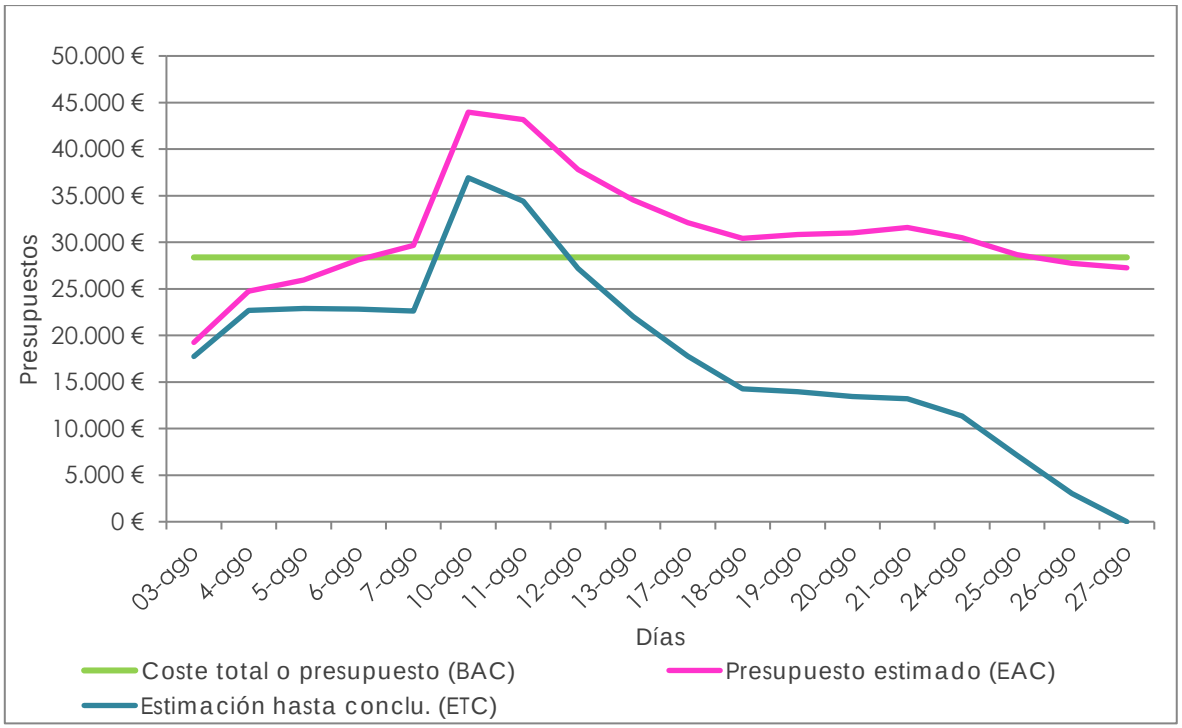


Figura 67. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión. Obra nº1

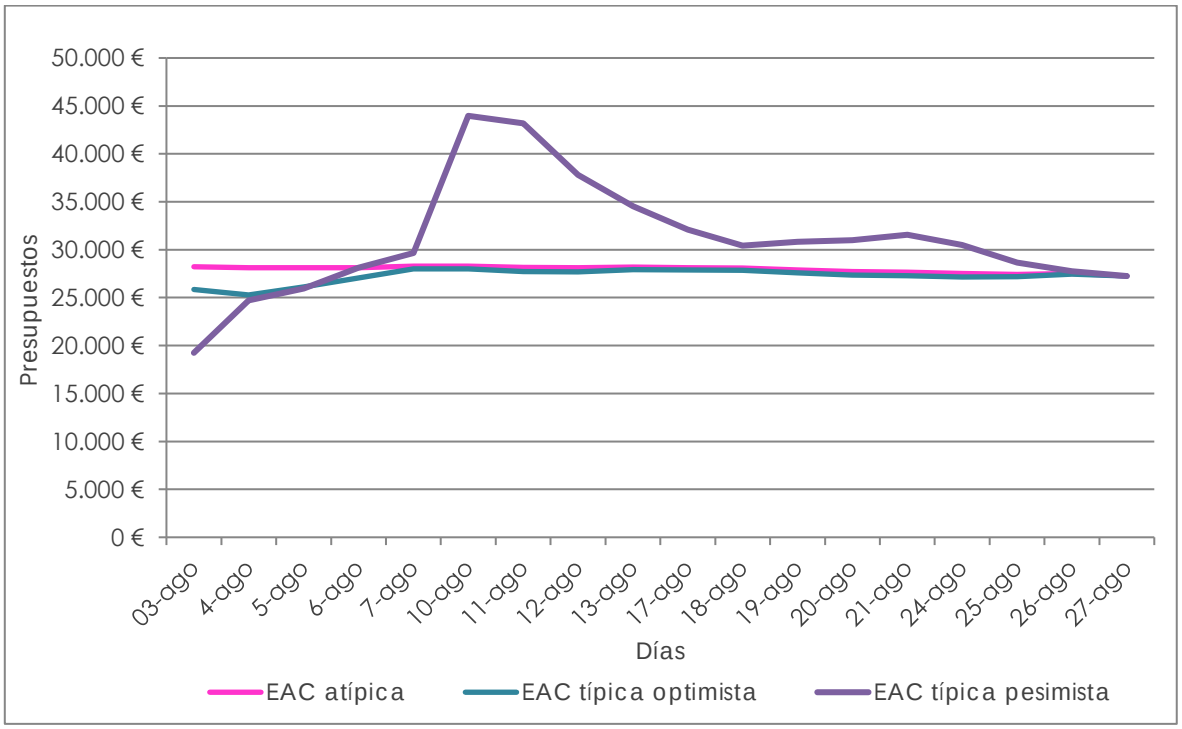


Figura 68. Variación a la conclusión. Obra nº1

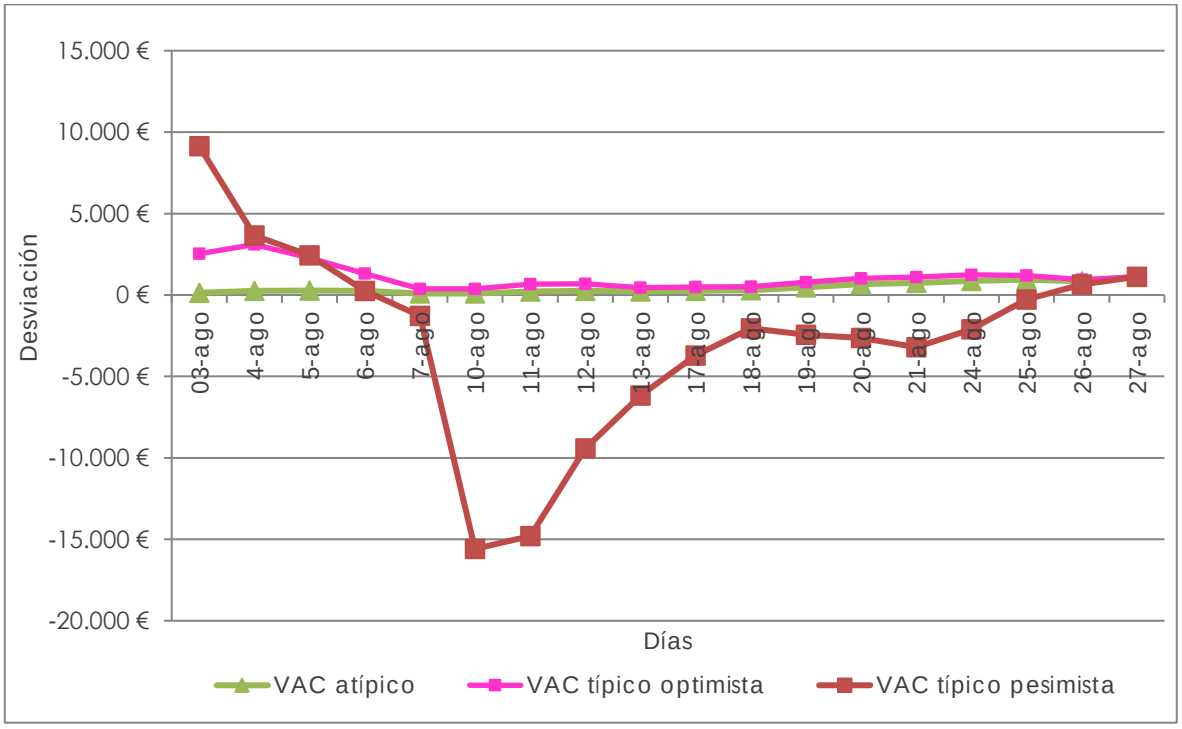
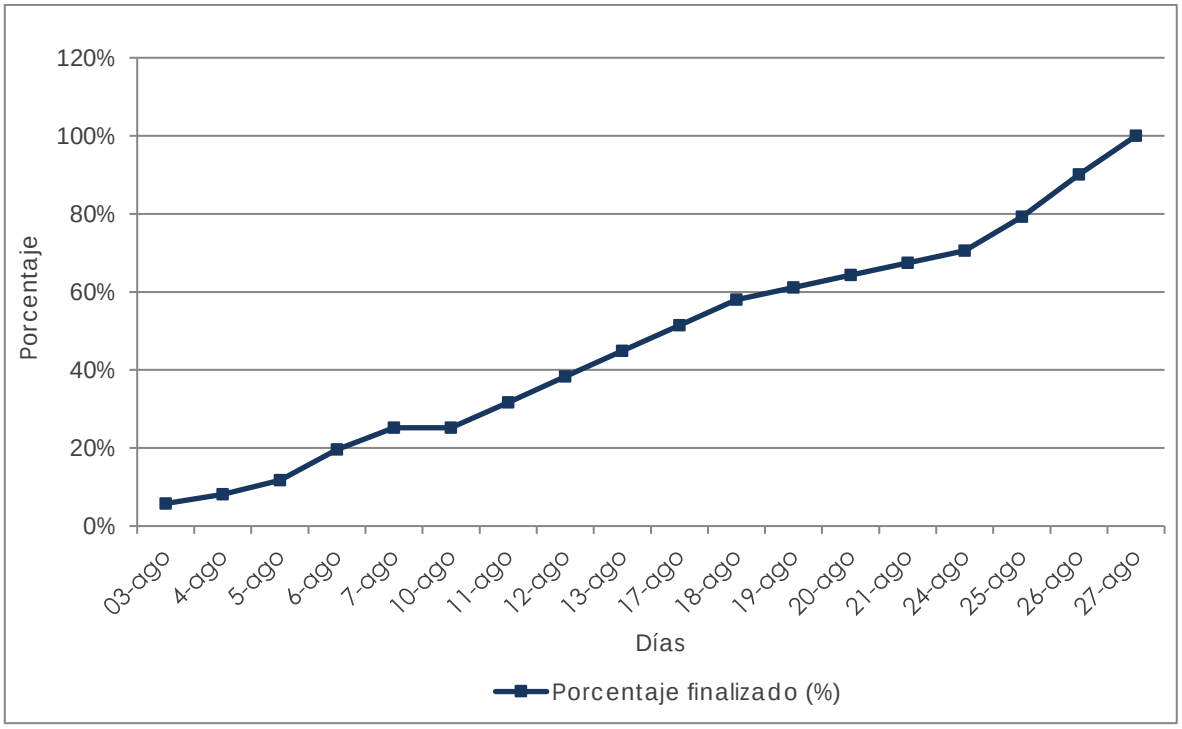


Figura 69. Porcentaje finalizado (%). Obra nº1



B.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM

Siguiendo el modelo propuesto para el seguimiento y control de proyectos, el análisis del porcentaje de buffer consumido para cada una de las fechas de control se realiza mediante la integración de las metodologías del valor ganado y de la cadena crítica gracias al empleo de la Ecuación 27, de elaboración propia, que permite calcular el valor exacto de dichos amortiguadores de forma matemática.

Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido

$$\%\ buffer\ consumido\ (\%CB) = -\left(\frac{ES - t_C}{t_{PB}}\right) \cdot 100 = -\left(\frac{SV(t)}{t_{PB}}\right) \cdot 100$$

donde:

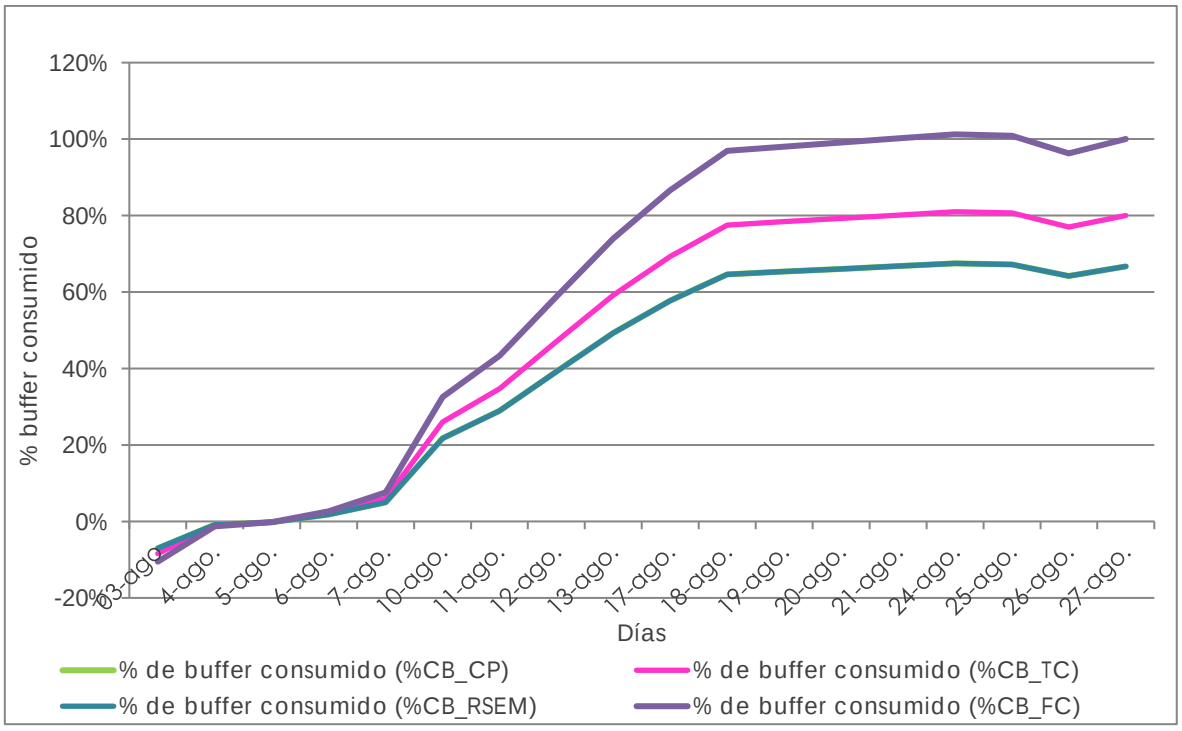
- ES : programación ganada (valor determinado en el punto "*B.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*").
- t_C : tiempo de control.
- $SV(t)$: desviación en programación → $SV(t) = ES - t_C$
- t_{PB} : duración del buffer de proyecto calculados según las metodologías de dimensionamiento de buffers (valores obtenidos en el apartado "*B.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*"):
  - (1) t_{PB_CP} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de "Cortar y Pegar" (CP)
  - (2) t_{PB_TC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método del Tercio Crítico (TC)
  - (3) t_{PB_RSEM} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)
  - (4) t_{PB_FC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Fracción Crítica (FC)

En función del método de dimensionamiento de buffers y la implementación de la Ecuación 27 se ha calculado el %CB, cuyos resultados se encuentran recogidos en la Ficha 22 del *Apéndice 1* de este Anejo, así como en la representación gráfica de la Figura 70. Para el caso que nos ocupa, es preciso destacar que:

- La desviación en programación (SV_t) es común para todas las planificaciones de la obra, independientemente del método de dimensionamiento de buffers empleado, ya que la línea base de proyecto (PV) es la misma en todos los cronogramas.

- Puesto que la duración calculada para el amortiguador de proyecto con el método CP y RSEM es coincidente, el porcentaje de buffer consumido en dichas planificaciones será idéntica.

Figura 70. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº1



B.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart

El empleo de las técnicas de la Cadena Crítica para el seguimiento de los proyectos es una de sus principales fortalezas de dicha metodología, al permitir monitorizar los buffers mediante un proceso sencillo a través de la realización de los denominados Fever Chart. Estas hojas de control posibilitan conocer el grado de consumo de los buffers y el grado de avance de las cadenas que amortiguan gracias a una rápida visual.

Dentro de la Tabla 124 se resumen los datos necesarios para la elaboración de las Fever Chart, los cuales han sido obtenidos en apartados anteriores de la presente tesis ("*B.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*" y "*B.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*").

Tabla 124. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº1

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
% de proyecto finalizado		5,77%	8,12%	11,73%	19,60%	25,15%
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	-7,02%	-0,86%	-0,15%	1,79%	5,04%
	% CB_{PB_TC}	-8,42%	-1,03%	-0,18%	2,15%	6,04%
	% CB_{PB_FC}	-10,53%	-1,29%	-0,23%	2,68%	7,56%

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
% de proyecto finalizado		25,15%	31,70%	38,27%	44,85%	
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	21,70%	28,91%	39,19%	49,31%	
	% CB_{PB_TC}	26,04%	34,69%	47,03%	59,18%	
	% CB_{PB_FC}	32,56%	43,37%	58,78%	73,97%	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
% de proyecto finalizado		51,43%	58,01%	61,15%	64,28%	67,42%
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	57,74%	64,60%	65,32%	66,05%	66,77%
	% CB_{PB_TC}	69,28%	77,52%	78,39%	79,26%	80,12%
	% CB_{PB_FC}	86,60%	96,90%	97,99%	99,07%	100,15%

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
% de proyecto finalizado		70,55%	79,22%	90,07%	100,00%	
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	67,49%	67,24%	64,20%	66,67%	
	% CB_{PB_TC}	80,99%	80,69%	77,03%	80,00%	
	% CB_{PB_FC}	101,24%	100,86%	96,29%	100,00%	

A partir de los valores presentados en la Tabla 124, y en función del número de programaciones realizadas con los métodos de dimensionamiento de buffers empleados, se han elaborado las hojas de control Fever Chart representadas de la Figura 71 a la Figura 73.

Figura 71. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP y/o RSEM

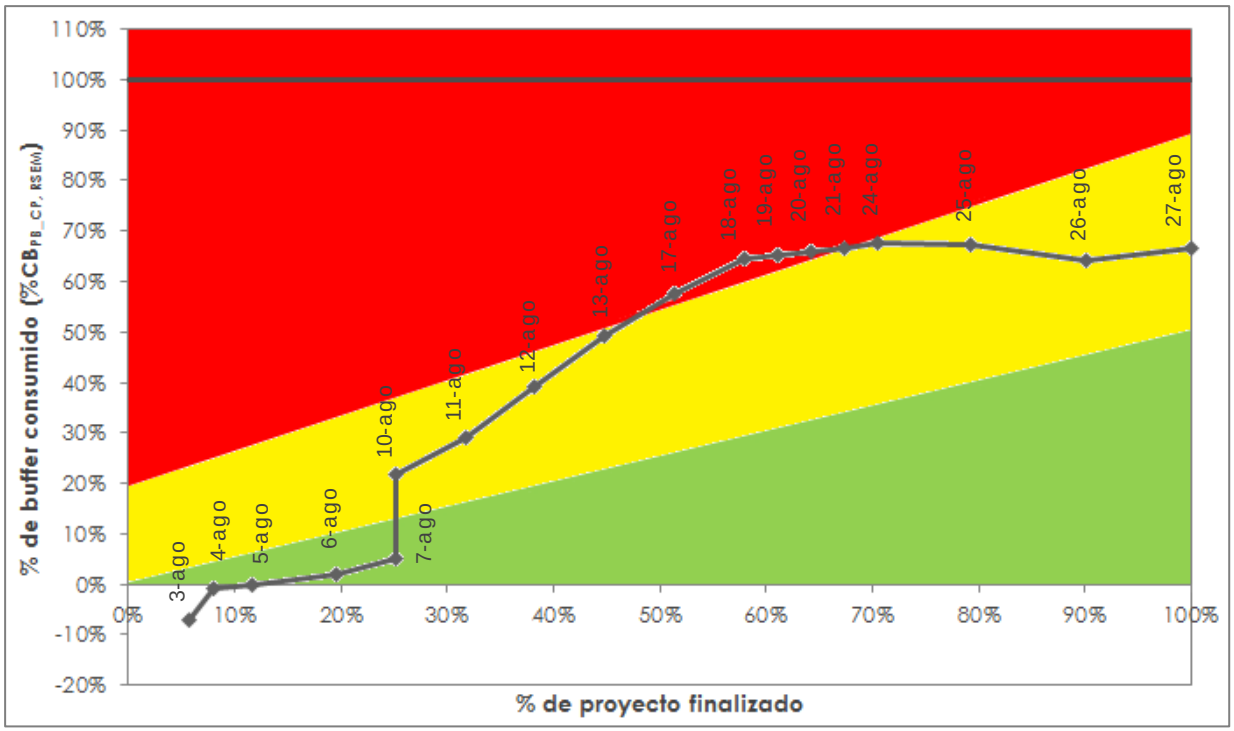


Figura 72. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC

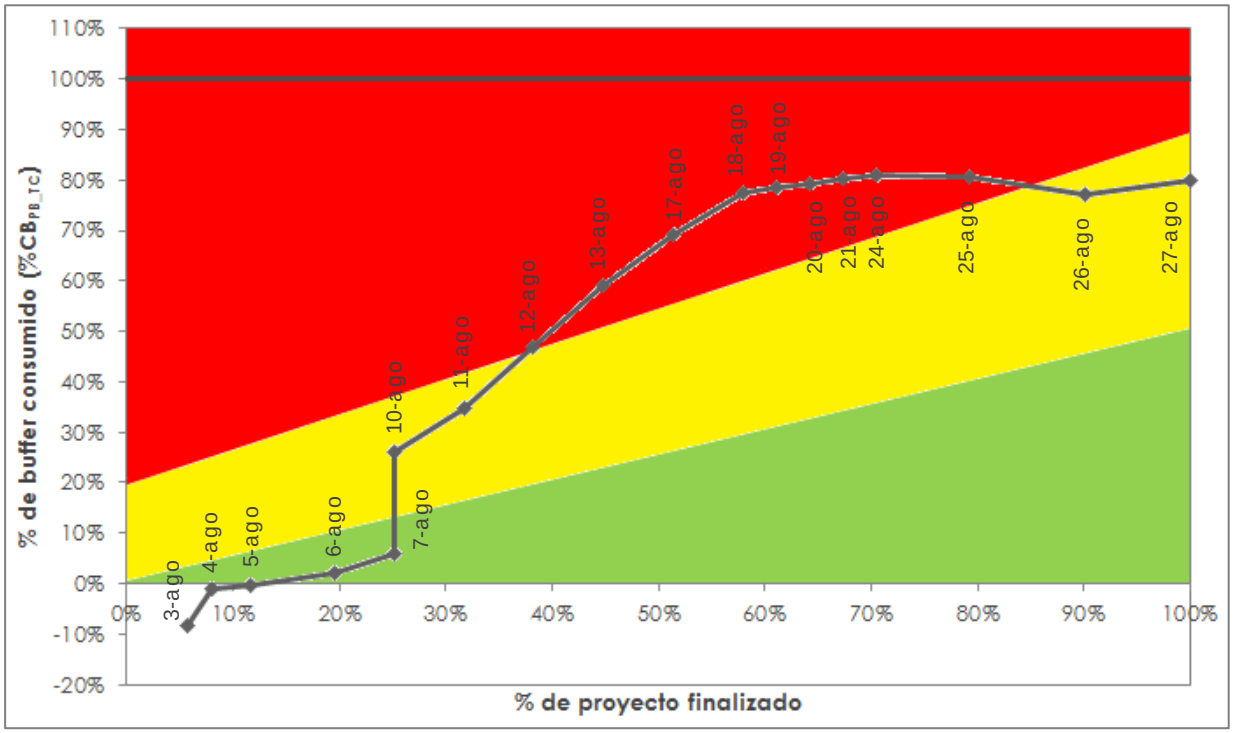
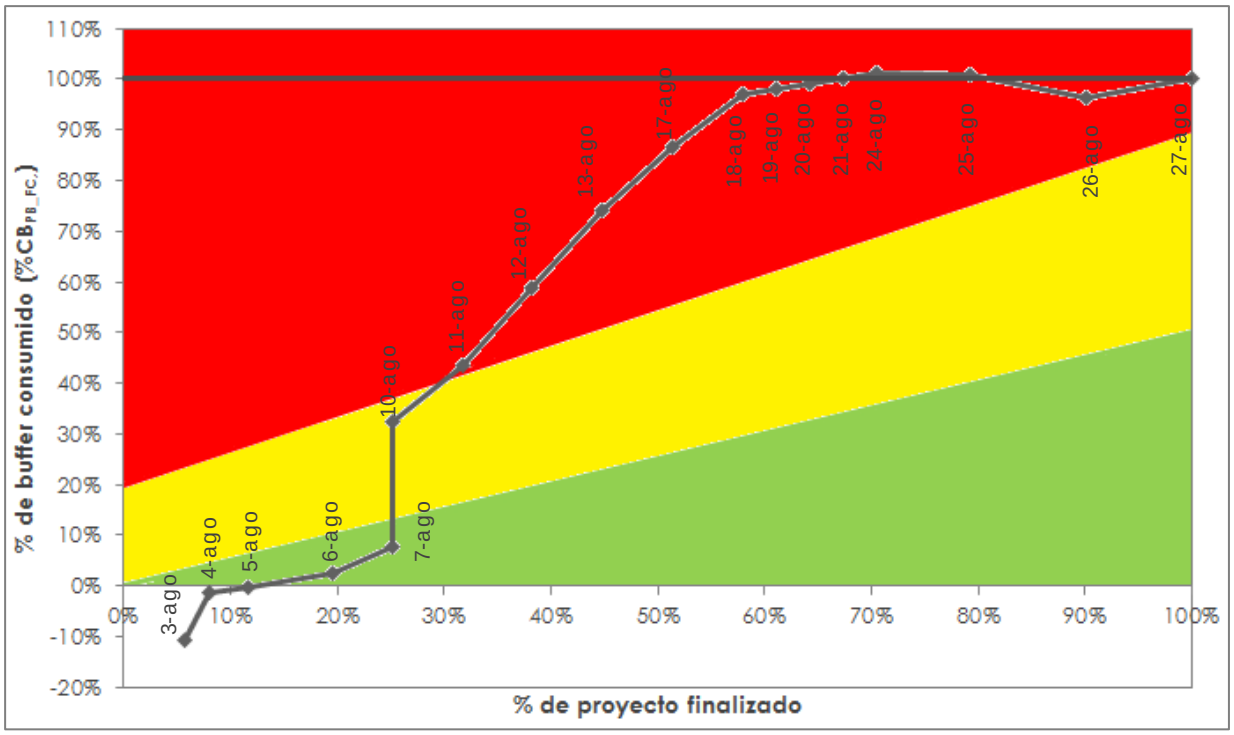


Figura 73. Fever Chart de la obra nº1 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC



Es preciso destacar que, para el caso que nos ocupa, las líneas delimitadoras de las diferentes zonas de las gráficas Fever Chart se han dispuesto de forma que exista un mayor control de la obra tanto al inicio como al final de la misma.

B.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones

El seguimiento y control de la obra de estudio mediante el procedimiento de gestión de proyectos desarrollado por la presente investigación fue realizado desde la perspectiva del contratista, por lo que la toma de decisiones durante la ejecución de los trabajos correspondió al director de obra de dicha empresa.

B.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

De forma experimental, y una vez finalizada la ejecución de la obra de Piñor, se ha aplicado el procedimiento propuesto para el seguimiento de proyectos ("*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*") únicamente a las actividades pertenecientes a la cadena crítica del caso práctico nº1, con objeto de conocer el comportamiento de dicho análisis simplificado.

B.5.1. Etapa de planificación

Realizada la programación general de la obra de estudio ("*B.3. Procedimiento de Planificación de la Obra de Estudio Nº1*"), la planificación simplificada del caso práctico nº1 (Ficha 12 del *Apéndice 1* de este Anejo) supone un extracto de los cronogramas obtenidos con anterioridad (ver de la Ficha 10 a la Ficha 15 del *Apéndice 1* de este Anejo), al centrarse exclusivamente en las actividades de la cadena crítica (definidas en la Tabla 107 del punto "*B.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos*").

De la planificación simplificada se puede deducir la línea base de la cadena crítica cuyos valores se encuentran recogidos dentro de la Tabla 125.

Tabla 125. PV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
PV	DIARIO	1.015,88 €	1.015,88 €	877,50 €	877,50 €	877,50 €
	A ORIGEN	1.015,88 €	2.031,75 €	2.909,25 €	3.786,75 €	4.664,25 €

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
PV	DIARIO	3.734,00 €	3.734,00 €	890,01 €	890,01 €	
	A ORIGEN	8.398,25 €	12.132,25 €	13.022,26 €	13.912,27 €	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
PV	DIARIO	890,01 €	890,01 €	2.459,85 €	2.459,85 €	2.652,30 €
	A ORIGEN	14.802,28 €	15.692,29 €	18.152,14 €	20.611,99 €	23.264,29 €

B.5.2. Etapa de seguimiento

El modelo simplificado propuesto para la dirección de las actividades de la cadena crítica durante la ejecución de la obra sólo es de aplicación para el control de los tiempos, no siendo práctico para la gestión de los costes dónde es preciso tener en cuenta la totalidad de las actividades del proyecto. Por este motivo, para la realización del seguimiento de la obra limitado a las actividades de la CC sólo se aplican aquellas fases del procedimiento de control desarrollado en la presente investigación con carácter general ("*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*") necesarias para llevar a cabo la gestión de los plazos.

B.5.2.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado de la cadena crítica

Los valores del EV de las actividades de la obra pertenecientes a la cadena crítica (expuestos en la Ficha 24 del *Apéndice 1* de este Anejo y resumidos en la Tabla 126 y en la Tabla 127), se obtienen de los resultados calculados para este parámetro tras la realización del seguimiento completo de la obra (Ficha 16 y Ficha 17 del *Apéndice 1* de este Anejo).

Tabla 126. EV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1. Fecha: del 03/08/2015 al 14/08/2015

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
EV	% AVANCE	5,87%	8,73%	11,56%	14,39%	17,22%
	DIARIO	1.365,88 €	665,88 €	658,13 €	658,13 €	658,13 €
	A ORIGEN	1.365,88 €	2.031,75 €	2.689,88 €	3.348,00 €	4.006,13 €

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
EV	% AVANCE	17,22%	20,05%	28,07%	36,10%	
	DIARIO	0,00 €	658,13 €	1.867,00 €	1.867,00 €	
	A ORIGEN	4.006,13 €	4.664,25 €	6.531,25 €	8.398,25 €	

Tabla 127. EV diario y acumulado de la cadena crítica de la obra nº1. Fecha: del 17/08/2015 al 28/08/2015

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
EV	% AVANCE	44,12%	52,15%	55,98%	59,80%	63,63%
	DIARIO	1.867,00 €	1.867,00 €	890,01 €	890,01 €	890,01 €
	A ORIGEN	10.265,25 €	12.132,25 €	13.022,26 €	13.912,27 €	14.802,28 €

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
EV	% AVANCE	67,45%	78,03%	88,60%	100,00%	
	DIARIO	890,01 €	2.459,85 €	2.459,85 €	2.652,30 €	
	A ORIGEN	15.692,29 €	18.152,14 €	20.611,99 €	23.264,29 €	

B.5.2.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la cadena crítica

Puesto que el modelo simplificado de gestión de proyectos carece de interés para el control de los presupuestos al no resultar útil, no es necesario identificar los costes reales de la cadena crítica de la obra de análisis.

B.5.2.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM sobre la cadena crítica

A partir de los valores acumulados "críticos" que adquieren PV y EV a lo largo de los períodos de control de la obra de análisis, y que son iguales para los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers, se obtienen las curvas "S" de la cadena crítica del proyecto, tal y como se muestra en la Figura 74. A partir de estos valores, en la Ficha 25 del *Apéndice 1* de este Anejo se presenta los indicadores y parámetros de tiempo, propios del método del valor ganado, que han sido calculados para la realización del seguimiento focalizado de la obra, en conjunción con las representaciones gráficas (ver de la Figura 75 a la Figura 78) elaboradas en base a dichos factores.

Figura 74. Curvas S críticas. Obra nº1

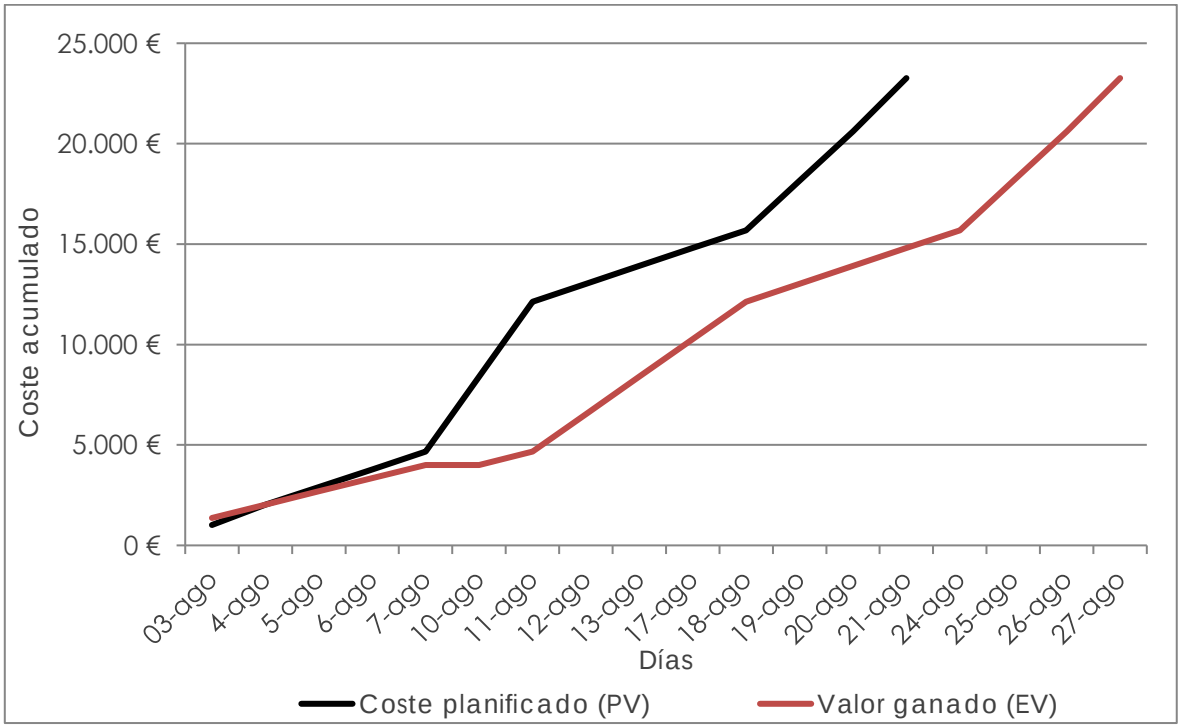


Figura 75. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto de la Cadena Crítica de la obra nº1

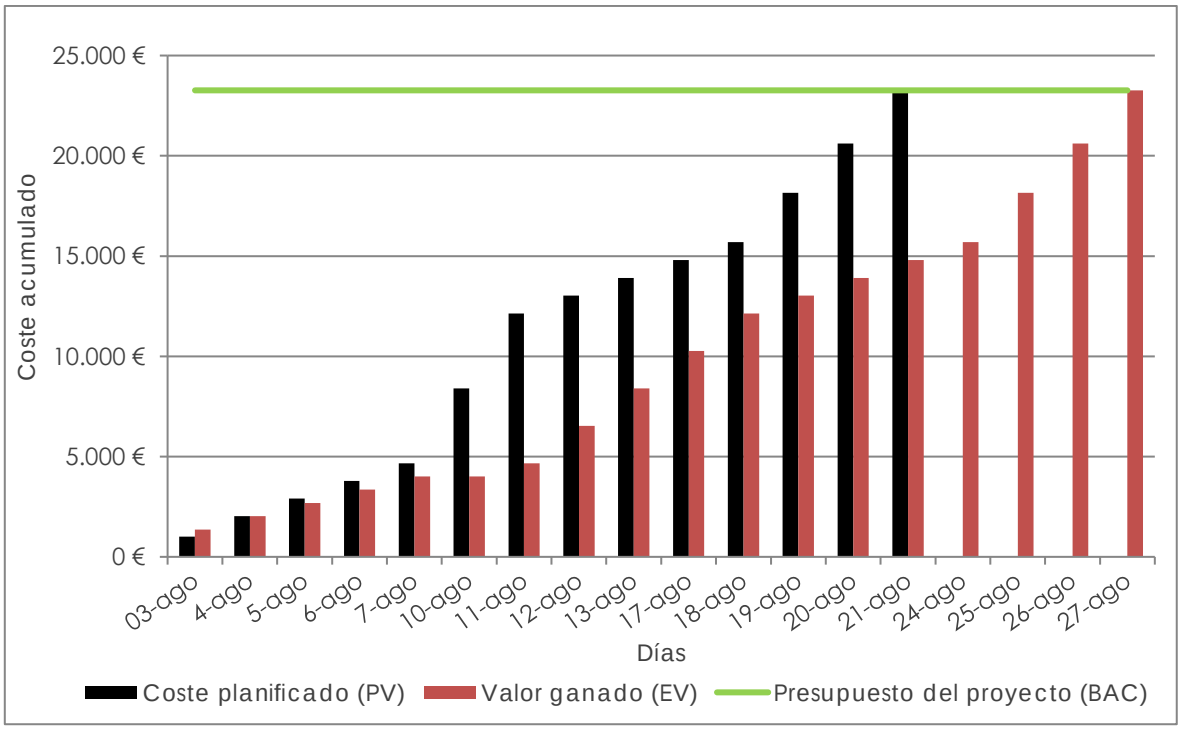


Figura 76. Evolución de las desviaciones en programación. Cadena Crítica de la obra nº1

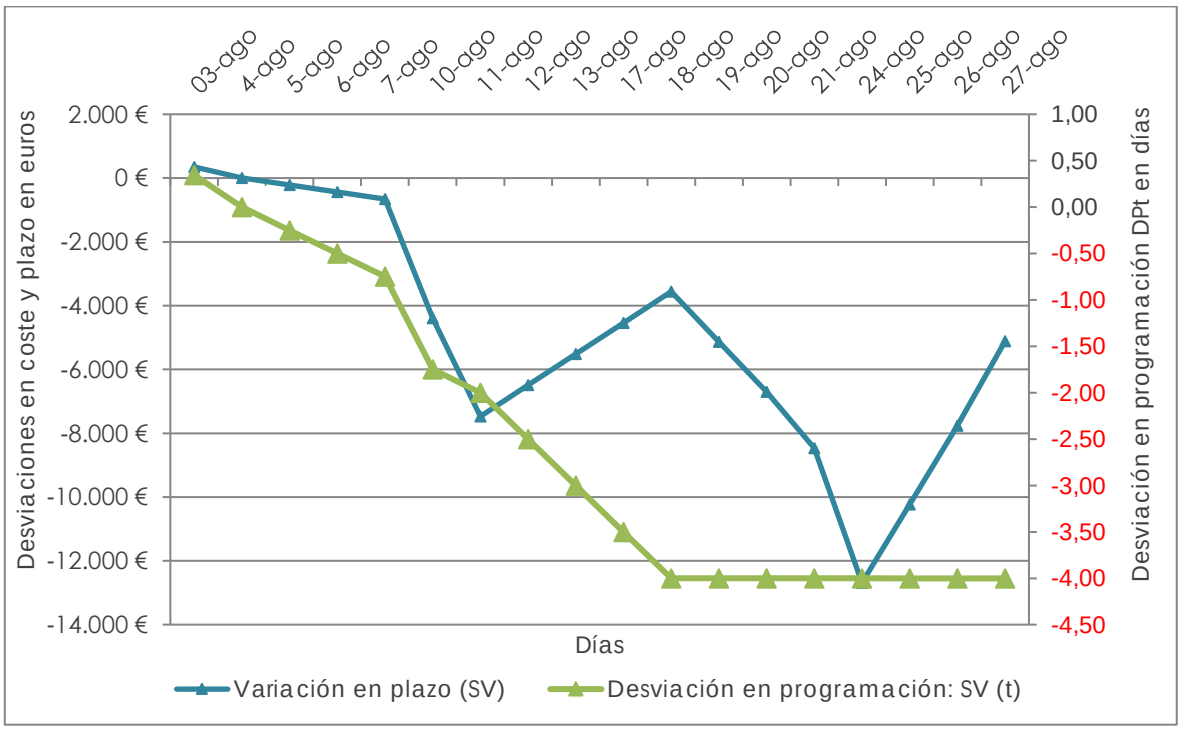


Figura 77. Evolución de los índices de eficiencia. Cadena Crítica de la obra nº1

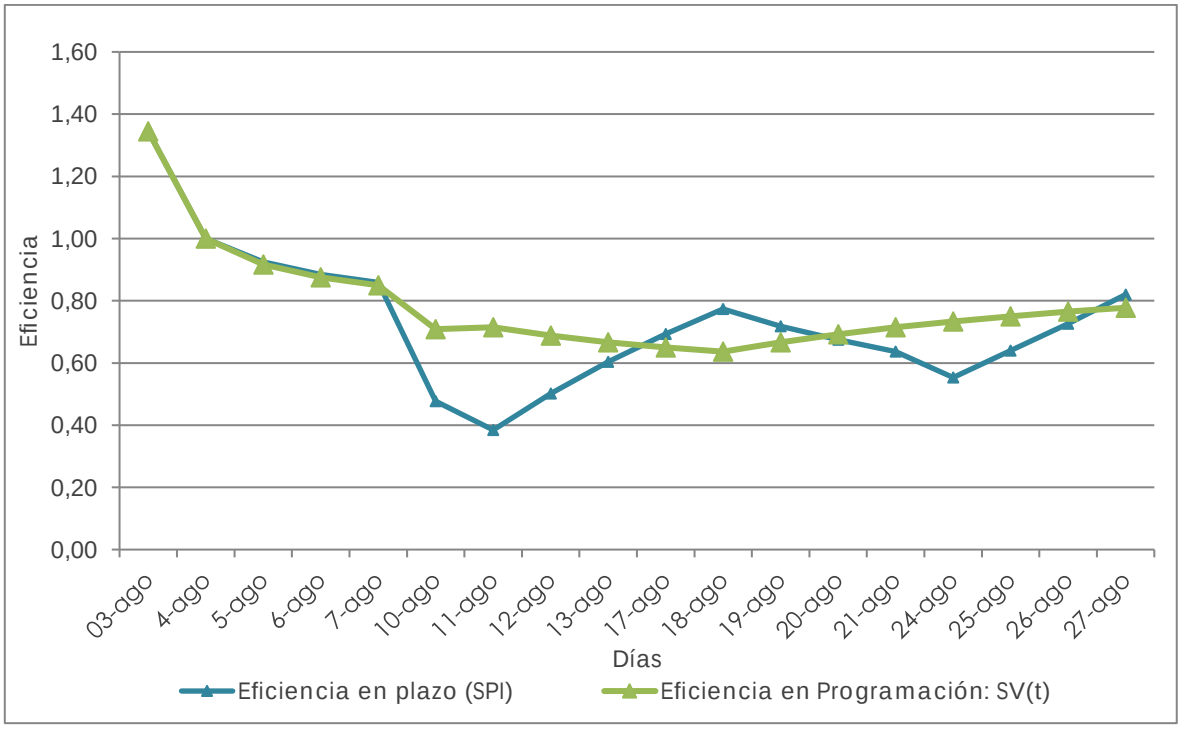
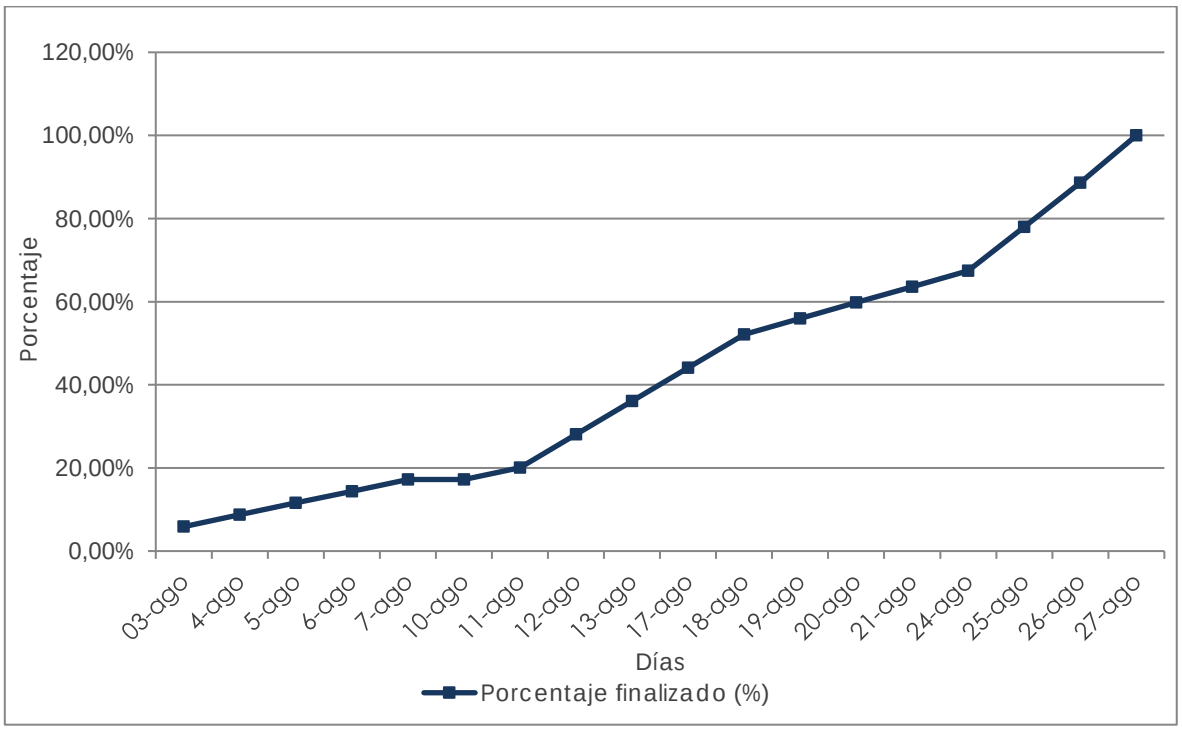


Figura 78. Porcentaje de Cadena Crítica finalizada (%). Obra nº1



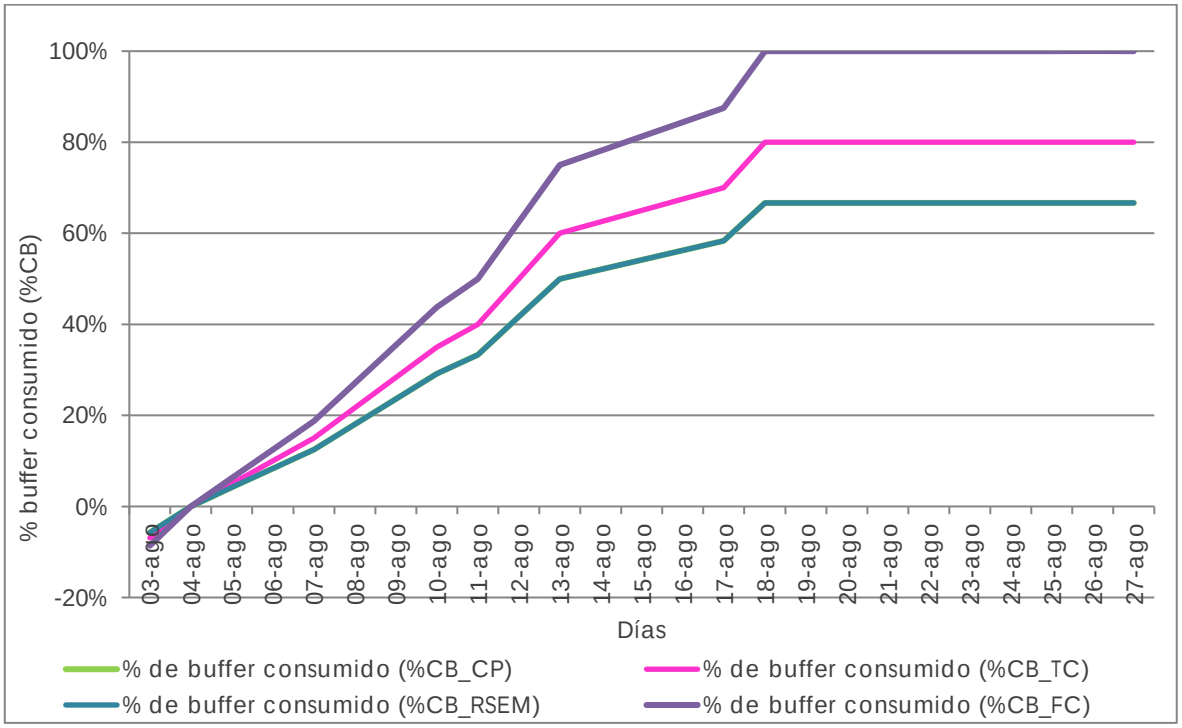
B.5.2.4. Fase 4: Análisis del Consumo del Buffer de Proyecto mediante la Aplicación de EVM a la CC de la obra

Al igual que el punto "*B.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*" de la presente tesis, la fórmula matemática (Ecuación 27) ideada para el cálculo del porcentaje de CB en cada fecha de control de la obra (explicada con detalle en el apartado "*4.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*"), permite determinar el valor exacto del avance del buffer de proyecto.

Conocidas las duraciones calculadas para el PB mediante los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers (iguales a las indicadas en el punto B.*3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*") y los valores resultantes tras la aplicación del método del valor ganado a la cadena crítica de la obra ("*B.5.2.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado de la cadena crítica*"), se ha calculado el porcentaje del consumo de los buffers de proyecto mediante la utilización de la fórmula desarrollada (Ecuación 27). Los resultados obtenidos se encuentran

detallados en la Ficha 26 del *Apéndice 1* de este Anejo, así como representados en la Figura 79.

Figura 79. %CB aplicando EVM a la Cadena Crítica del proyecto. Obra nº1



Al igual que durante la aplicación de la presente fase a la ejecución global de la obra, es preciso destacar que:

- Al ser la línea base de proyecto (PV) igual en todos los cronogramas desarrollados con los diferentes métodos empleados de dimensionamiento de buffers, la desviación en programación (SV_t) es común para todas las planificaciones de la obra.

- Los CB calculados para las planificaciones elaboradas con el método CP y RSEM son iguales, ya que las duraciones del PB, determinadas con dichos procedimientos, son coincidentes.

B.5.2.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart "críticas"

En la Tabla 128 se resumen los datos obtenidos con anterioridad ("*B.5.2.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM sobre la cadena crítica*" y "*B.5.2.4. Fase 4: Análisis del Consumo del Buffer de Proyecto mediante la Aplicación de EVM a la CC de la obra*") para la realización de las hojas de control propias de la metodología CCPM, siendo, para el presente caso, denominadas Fever Chart "críticas".

Tabla 128. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart críticas de la obra nº1

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
% de proyecto finalizado		5,87%	8,73%	11,56%	14,39%	17,22%
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	-5,74%	0,00%	4,17%	8,33%	12,50%
	% CB_{PB_TC}	-6,89%	0,00%	5,00%	10,00%	15,00%
	% CB_{PB_FC}	-8,61%	0,00%	6,25%	12,50%	18,75%

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
% de proyecto finalizado		17,22%	20,05%	28,07%	36,10%	
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	29,17%	33,33%	41,67%	50,00%	
	% CB_{PB_TC}	35,00%	40,00%	50,00%	60,00%	
	% CB_{PB_FC}	43,75%	50,00%	62,50%	75,00%	

DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
% de proyecto finalizado		44,12%	52,15%	55,98%	59,80%	63,63%
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	58,33%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%
	% CB_{PB_TC}	70,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
	% CB_{PB_FC}	87,50%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
% de proyecto finalizado		67,45%	78,03%	88,60%	100,00%	
% de buffer consumido	% $CB_{PB_CP,\ RSEM}$	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	
	% CB_{PB_TC}	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	
	% CB_{PB_FC}	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	

Al igual que en las Fever Chart creadas para el análisis completo de la obra, las líneas que delimitan las diferentes regiones de los nuevos gráficos desarrollados (ver de la Figura 80

a la Figura 82) se han dispuesto para un mayor control de la cadena crítica de la obra, tanto al inicio como al final de la misma.

Figura 80. Fever Chart crítica de la obra nº1 programada mediante el método CP y/o RSEM de dimensionamiento de buffers

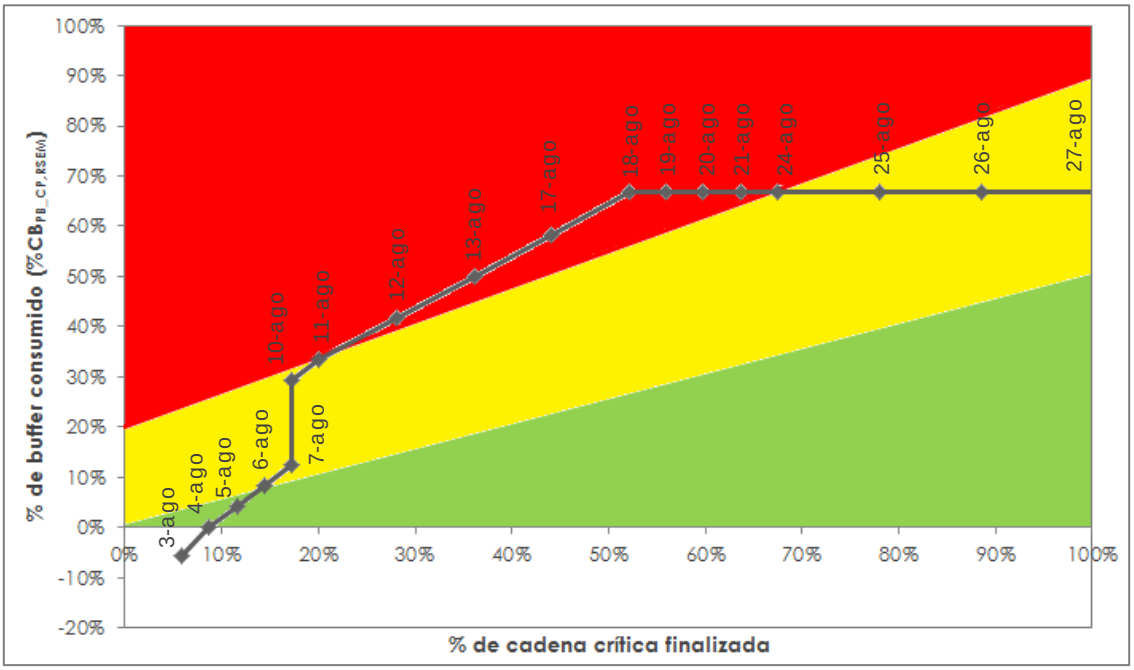


Figura 81. Fever Chart. Dimensionamiento del buffer mediante el método TC. Control de la Cadena Crítica de la obra de Piñor

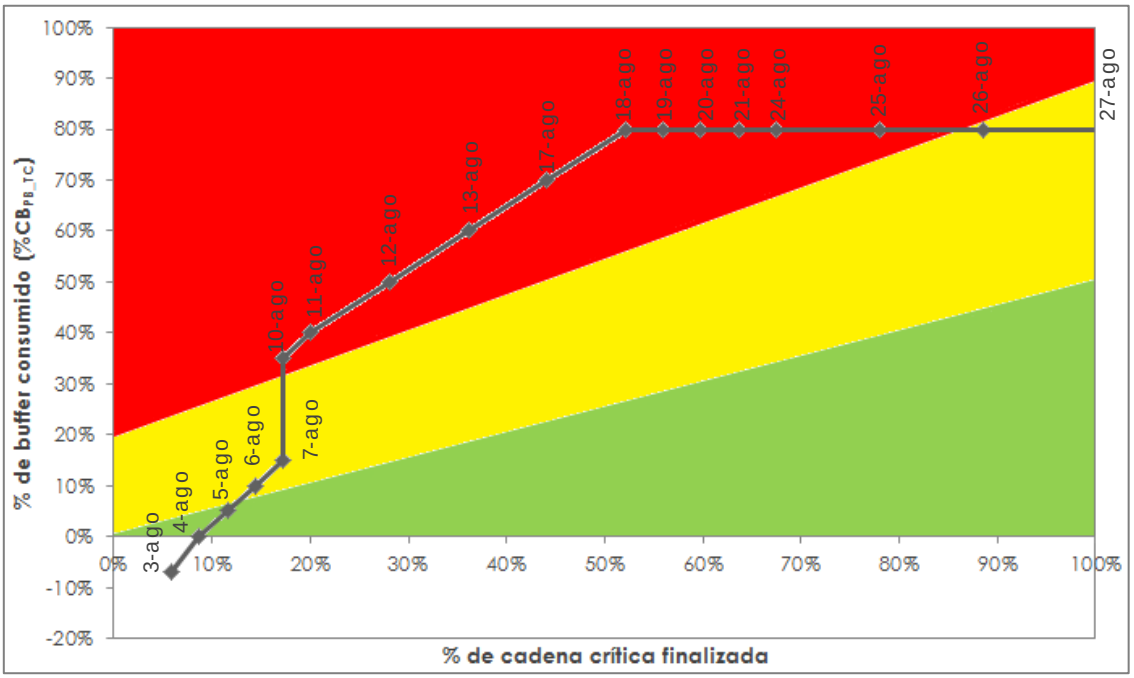
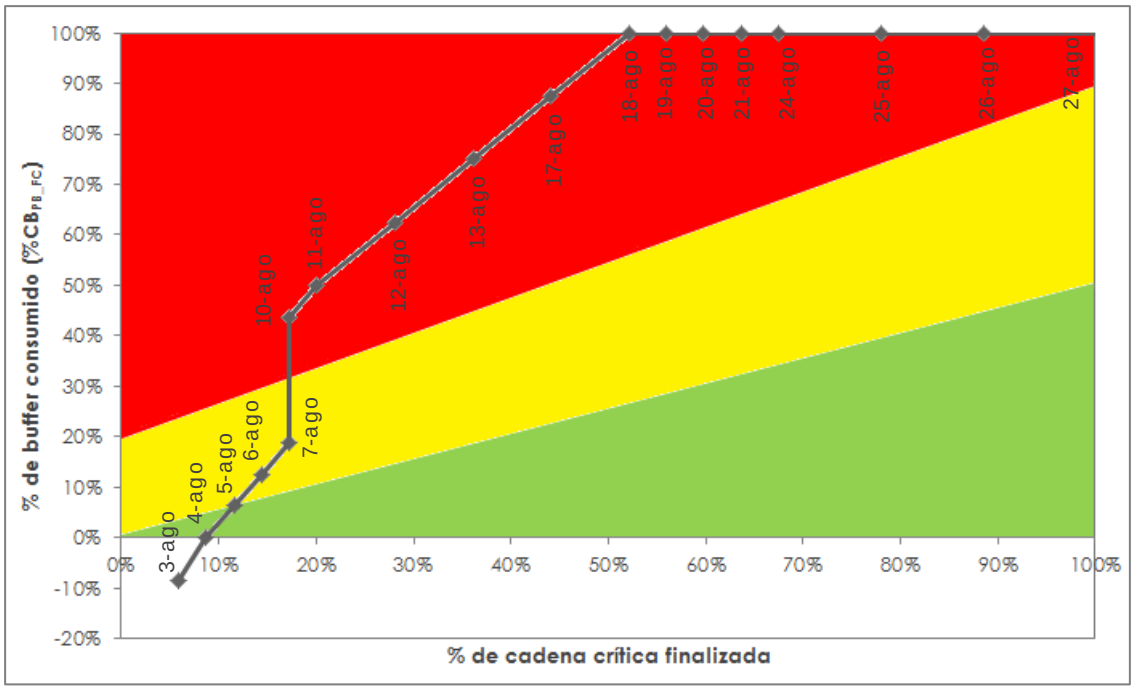


Figura 82. Fever Chart. Dimensionamiento del buffer mediante el método FC. Control de la Cadena Crítica de la obra de Piñor



De las gráficas Fever Chart se puede deducir que la obra finalizó el 27 de agosto de 2015, reduciendo la duración de la misma con respecto al cronograma original del proyecto en un 25% y consumiendo:

- 4 de los 6 días destinados al buffer de proyecto mediante el método CP y/o RSEM.
- 4 de los 5 días calculados para el PB con el método de dimensionamiento de buffers TC.
- Los 4 días destinados al PB y calculados con el método FC.

B.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM

Finalizada la obra de estudio, tras la implementación del procedimiento basado en la cadena crítica, desarrollado para la planificación y el control de proyectos, se ha analizado el caso práctico nº1 mediante la aplicación, de forma exclusiva, del método tradicional EVM, con objeto de analizar las diferencias existentes entre ambos procedimientos.

B.6.1. Variables del EVM

Empleando los datos disponibles del proyecto, así como los obtenidos durante la ejecución del mismo, se procede al cálculo de los parámetros e índices del valor ganado.

B.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T)

En el Diagrama de Gantt expuesto en la Ficha 1 del *Apéndice 1* de este Anejo, se encuentra reflejada la planificación original del proyecto, presentado en el momento de la licitación de la obra, la cual está diseñada según los criterios de los métodos tradicionales de dirección de proyectos.

Siguiendo lo estipulado en el EVM, se distribuye en el tiempo asignado a cada una de las actividades que conforman la EDT de la obra el importe de las mismas (ver Ficha 27 del *Apéndice 1* de este Anejo), de forma que se puede obtener, para el caso de estudio, los costes totales presupuestados del trabajo programado de manera tradicional (PV_T), con carácter diario y acumulado (ver Tabla 129 y Tabla 130), así como la representación gráfica de dichos valores (Figura 83).

Tabla 129. PV_T diario y acumulado de la obra nº1. Fecha: del 03/08/2015 al 21/08/2015

DÍAS (1ª semana)		03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015
PV	DIARIO	706,52 €	706,52 €	706,52 €	1.350,94 €	1.350,94 €
	A ORIGEN	706,52 €	1.413,04 €	2.119,56 €	3.470,50 €	4.821,45 €

DÍAS (2ª semana)		10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015
PV	DIARIO	1.429,97 €	1.711,74 €	615,02 €	615,02 €	
	A ORIGEN	6.251,42 €	7.963,16 €	8.578,18 €	9.193,21 €	

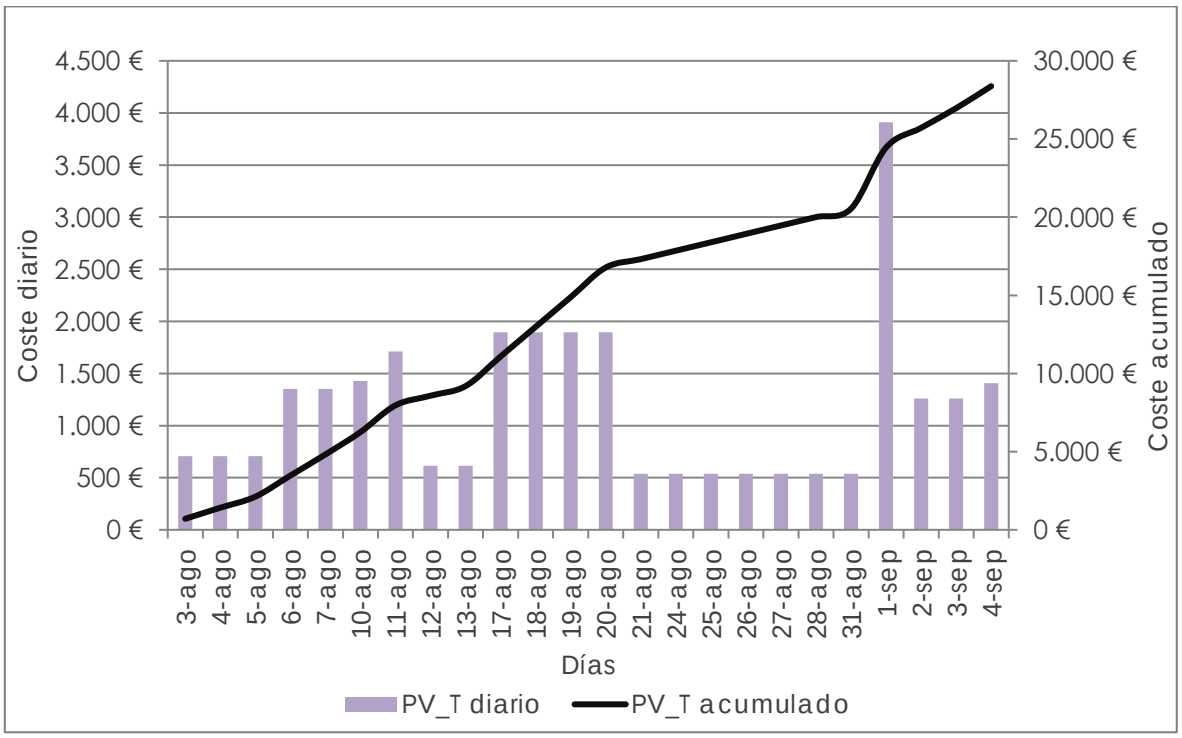
DÍAS (3ª semana)		17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015
PV	DIARIO	1.896,27 €	1.896,27 €	1.896,27 €	1.896,27 €	537,85 €
	A ORIGEN	11.089,48€	12.985,75 €	14.882,02 €	16.778,29 €	17.316,14 €

Tabla 130. PV_T diario y acumulado de la obra nº1. Fecha: del 24/08/2015 al 04/09/2015

DÍAS (4ª semana)		24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015
PV	DIARIO	537,85 €	537,85 €	537,85 €	537,85 €	537,85 €
	A ORIGEN	17.853,99 €	18.391,83 €	18.929,68 €	19.467,53 €	20.005,38 €

DÍAS (5ª semana)		31/08/2015	01/09/2015	02/09/2015	03/09/2015	04/09/2015
PV	DIARIO	537,85 €	3.911,50 €	1.259,20 €	1.259,20 €	1.406,20 €
	A ORIGEN	20.543,23 €	24.454,72 €	25.713,92 €	26.973,11 €	28.379,31 €

Figura 83. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº1



B.6.1.2. Valor Ganado (EV)

El coste presupuestado del trabajo realizado, para cada uno de los momentos de control del proyecto (diario para el caso de estudio), es un factor que depende del avance

de la obra durante la ejecución de la misma, por lo que son exactamente coincidentes con los indicados en el punto "*B.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" de la presente tesis.

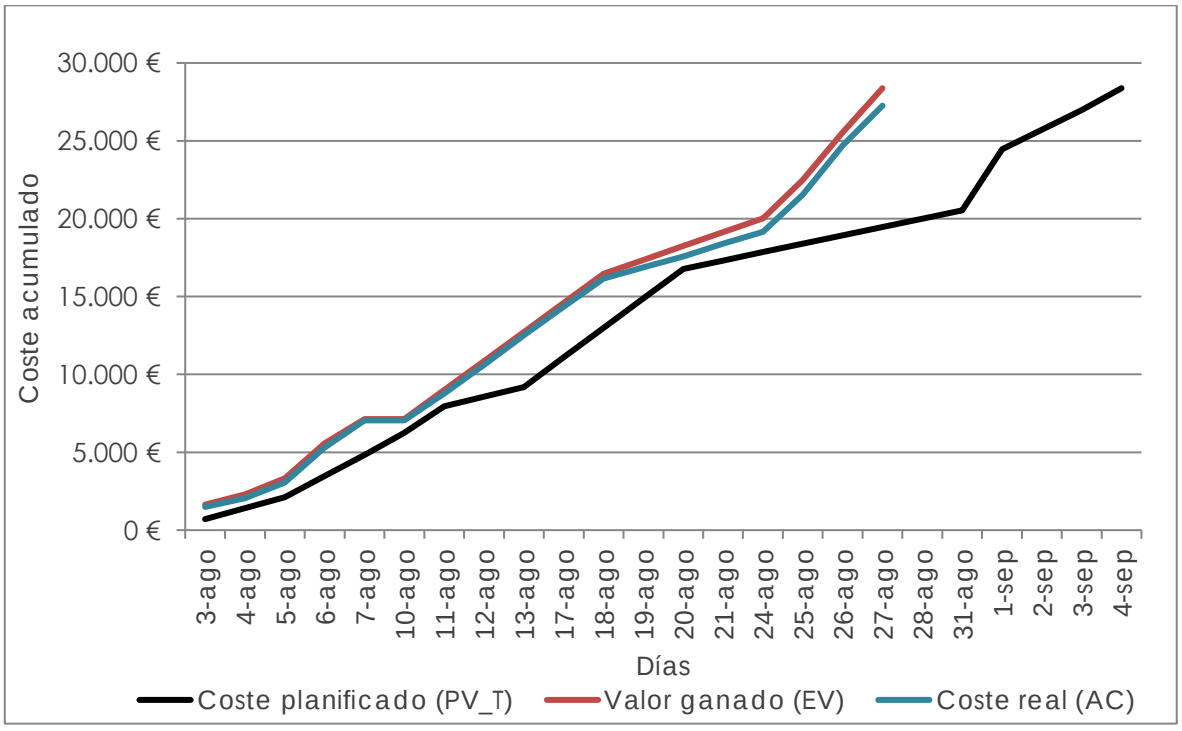
B.6.1.3. Coste Real (AC)

Los valores del coste real del trabajo ejecutado, para cada uno de los días de control, son iguales a los presentados en el punto "*B.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*" al ser un dato dependiente de la ejecución de la obra y no de la planificación o seguimiento de la misma.

B.6.2. Tratamiento de los Datos

A partir de los resultados acumulados obtenidos del PV, EV y AC (descritos en el punto "*B.6.1. Variables del EVM*") se obtienen las curvas "S" del proyecto planificado de forma tradicional (ver Figura 84).

Figura 84. Curvas S de la obra nº1 planificada de forma tradicional



Estas variables (PV, EV y AC) han sido empleadas para el cálculo de las parámetros e indicadores propios del EVM, cuyos valores se encuentran recogidos en la Ficha 28 y en la Ficha 29 del *Apéndice 1* de este Anejo y han sido representados gráficamente de la Figura 85 a la Figura 89.

Es preciso destacar que, el cálculo y la representación de las estimaciones o proyecciones a la finalización atípicas y típicas optimistas, así como del porcentaje finalizado, no se exponen en el presente punto, al no depender del valor planificado (PV) ni influir en ellos el componente de plazo. Estos resultados se pueden consultar en el punto "B.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM" de esta tesis.

Figura 85. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº1. Seguimiento tradicional

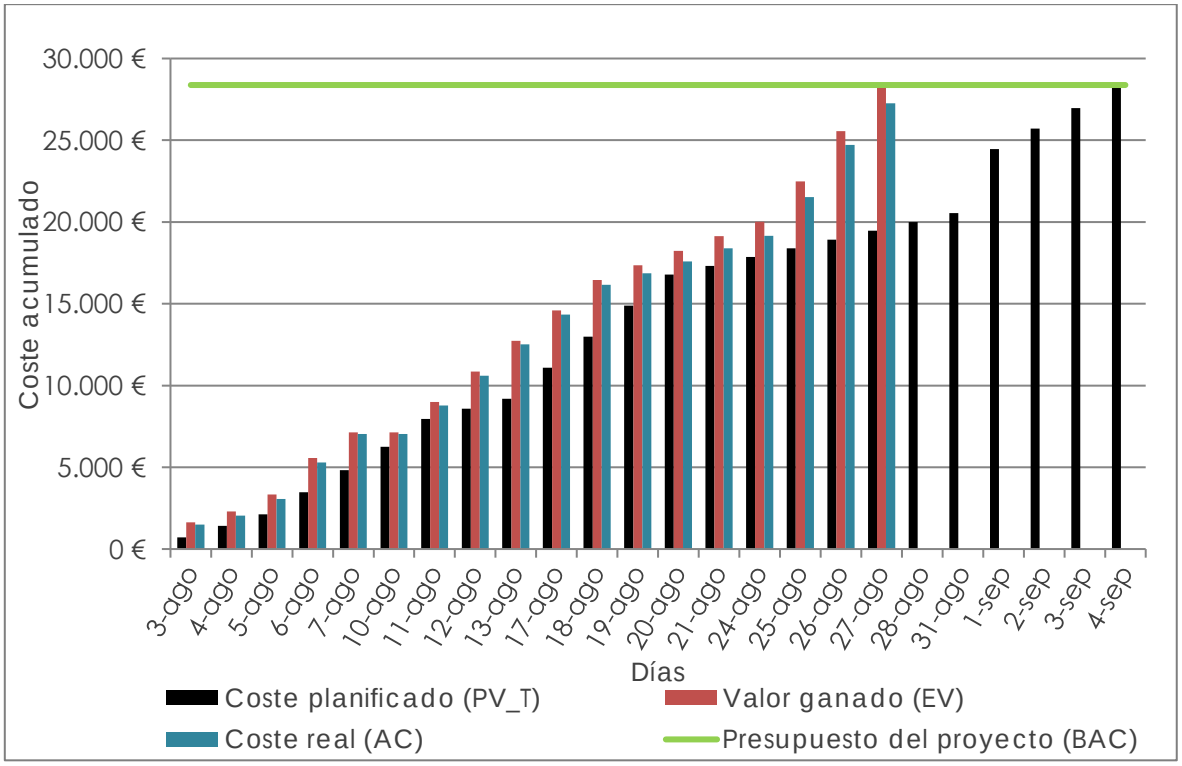


Figura 86. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº1. Seguimiento tradicional

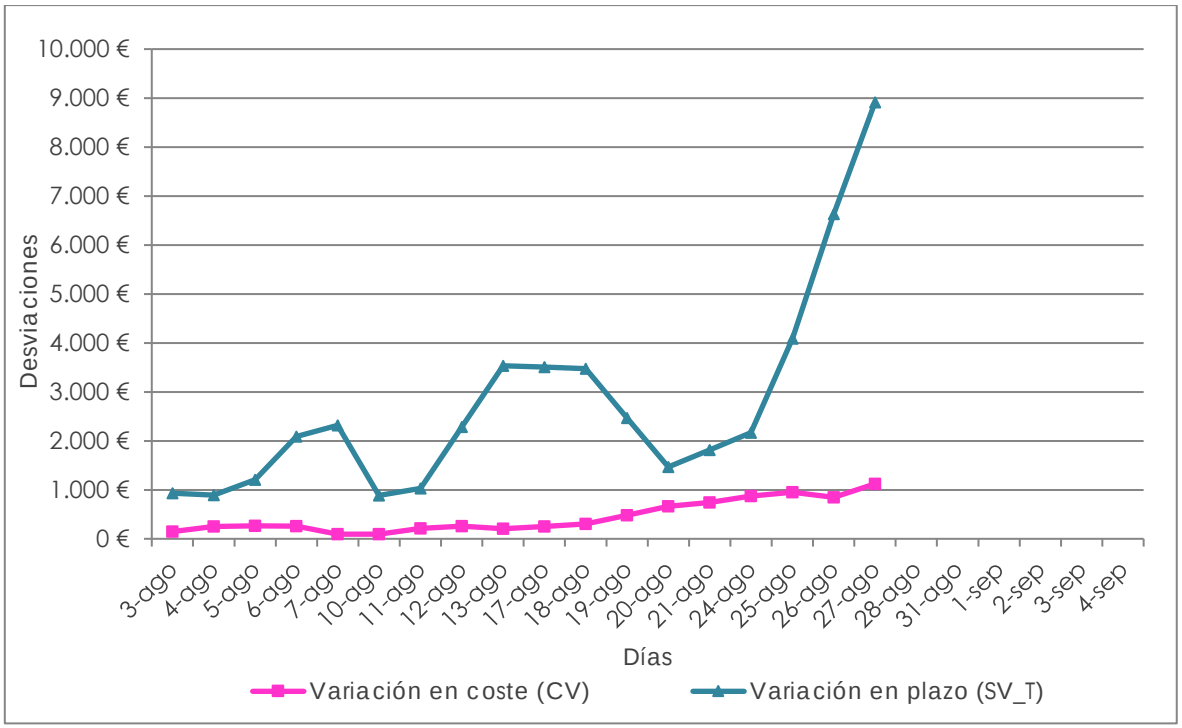


Figura 87. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº1. Seguimiento tradicional

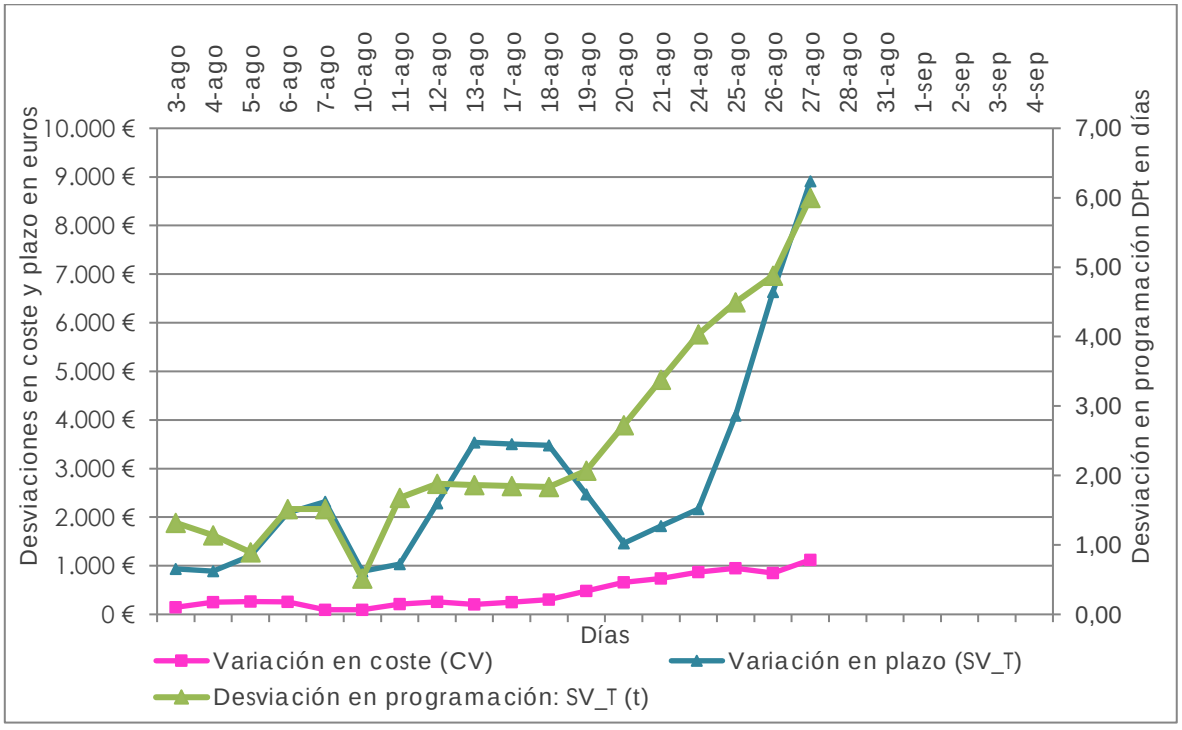


Figura 88. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº1. Seguimiento tradicional

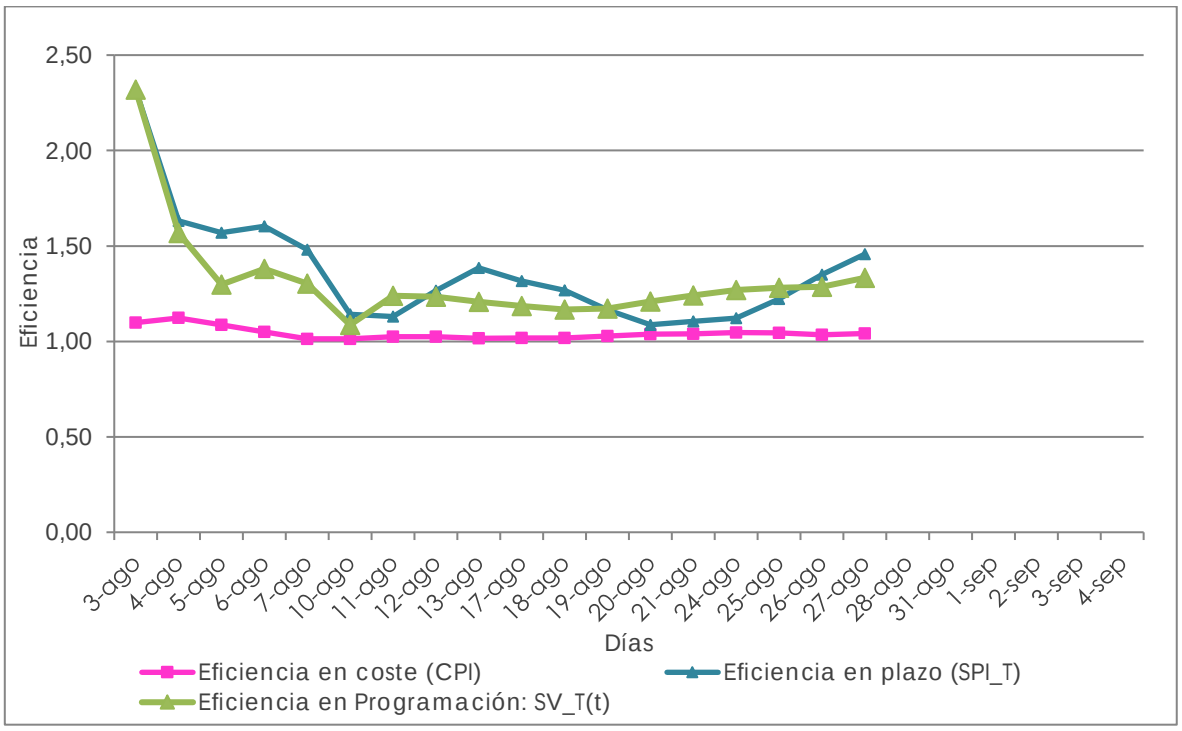
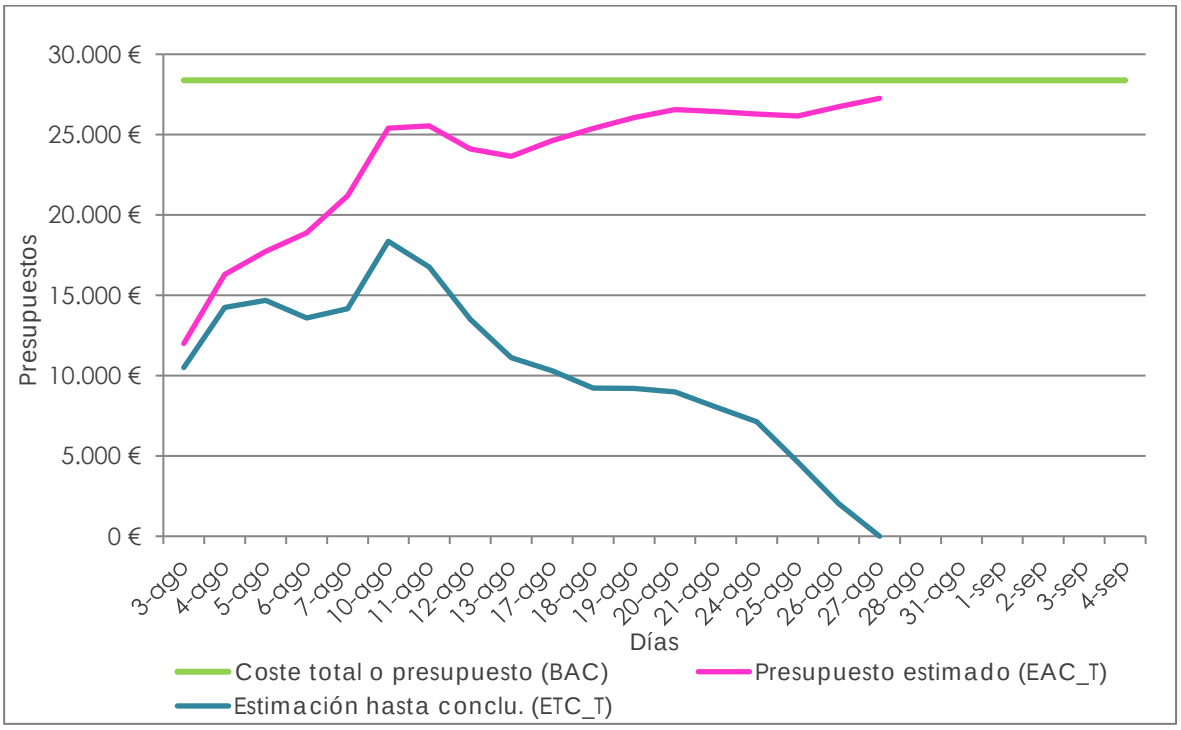


Figura 89. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº1



De los valores obtenidos tras el tratamiento de las variables propias del EVM, se puede deducir que:

- Al planificarse y ejecutarse las obras, realmente, bajo la filosofía de la cadena crítica, el seguimiento realizado bajo los patrones, únicamente, del método del valor ganado, muestra una programación ganada o desviación ganada positiva, es decir, que el desempeño de las actividades siempre fue por delante de la línea base de proyecto inicial (PV_T).

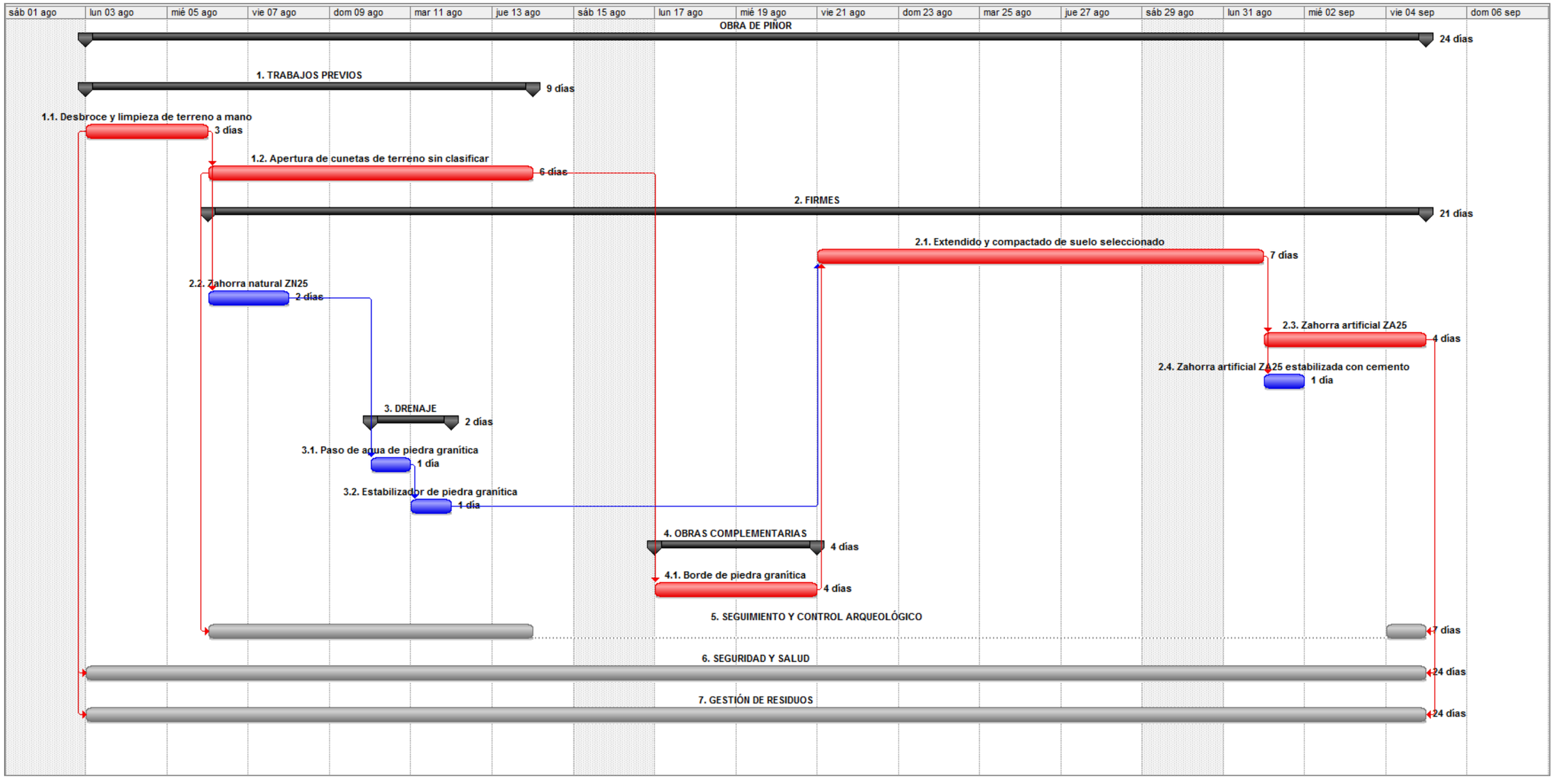
- La finalización de los trabajos antes de lo previsto, según la programación original realizada mediante los métodos tradicionales, evidencia la existencia innecesaria y desproporcionada de los colchones de seguridad incluidos en la estimación de la duración de cada una de las tareas.

- El desarrollo de la obra en un menor plazo del inicialmente planificado es posible mediante: una buena planificación, donde se tenga especial atención a la disponibilidad de los recursos y a la distribución adecuada de las protecciones del proyecto ante los imprevistos que puedan surgir, y la implementación, durante la fase de ejecución, de la ideología de trabajo del CCPM.

APÉNDICE 1

FICHAS DE LA OBRA Nº1

Ficha 1. Diagrama de Gantt del proyecto de licitación de la obra nº1 (Datos originales del proyecto)



Ficha 2. Cronograma previo de la obra nº1 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1																
1.2																
2.1																
2.2																
2.3																
2.4																
3.1																
3.2																
4.1																
5																
6																
7																

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1																
2.2																
2.3																
2.4																
3.1																
3.2																
4.1																
5																
6																
7																

* La actividad 5 se realizará en momentos puntuales del proyecto por personal externo a la empresa adjudicataria. Las actividades 6 y 7 se planifican para su ejecución durante toda la duración de la obra.

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 3. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº1 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD	CA+TO												
1.2					CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA									
2.1												MI+RA	MI+RA			
2.2					CA+TO+JA											
2.3																
2.4																
3.1						CA+TO+OD										
3.2							CA+OD									
4.1										TO+OD	CA+TO+OD					
5																
6																
7																

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA	MI+RA														
2.2																
2.3			CA+JA+MI	CA+JA+MI												
2.4			CA+JA+MI													
3.1																
3.2																
4.1																
5				AR												
6																
7																

* Recursos sobreasignados (actividades 1.2 y 2.2 ; 1.2 y 3.1 ; 1.2 y 3.2 ; 2.3 y 2.4) y grandes holguras entre el final de las subcadenas (subcadena '2.2, 3.1, 3.2') y las actividades críticas a las que alimentan (2.1)

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 4. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº1 (Fase 4 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD	CA+TO												
1.2					CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA									
2.1												MI+RA	MI+RA			
2.2						CA+TO+JA										
2.3																
2.4																
3.1							CA+TO+OD									
3.2										CA+OD*						
4.1										TO+OD*	CA+TO+OD					
5					AR	AR	AR									
6																
7																

* El recurso OD es necesario para el transporte de la piedra de la actividad 3.2 y 4.1, pudiéndolas realizar simultáneamente.

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA	MI+RA														
2.2																
2.3			CA+JA+MI	CA+JA+MI												
2.4					CA+JA+MI											
3.1																
3.2																
4.1																
5					AR											
6																
7																

* Las actividades 5, 6 y 7, dependen de la finalización de la obra, extendiéndose hasta la fecha de conclusión de la misma siempre que se modifique la duración del proyecto.

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente | Holgura

Ficha 5. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación de los métodos CP y/o RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD	CA+TO												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA	MI+RA			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD									
3.2										CA+OD*	$FB_{CP,RSEM}$					
4.1										TO+OD*	CA+TO+OD					
5			RB_{AR}		AR	AR	AR									
6																
7																

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA	MI+RA														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI												
2.4					CA+JA+MI			$PB_{CP,RSEM}$							$PB_{CP,RSEM}$	
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR											
6																
7																

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

* El recurso OD es necesario para el transporte de la piedra de la actividad 3.2 y 4.1, pudiéndolas realizar simultáneamente.

Ficha 6. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD	CA+TO												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA	MI+RA			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD									
3.2										CA+OD*	FB_{TC}					
4.1										TO+OD*	CA+TO+OD					
5			RB_{AR}		AR	AR	AR									
6																
7																

* El recurso OD es necesario para el transporte de la piedra de la actividad 3.2 y 4.1, pudiéndolas realizar simultáneamente.

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA	MI+RA														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI												
2.4					CA+JA+MI			PB_{TC}								
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR											
6																
7																

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 7. Cronograma de la obra nº1 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación)

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD	CA+TO												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI	MI+RA	MI+RA									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA	MI+RA			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD									
3.2										CA+OD*	FB_{FC}					
4.1										TO+OD*	CA+TO+OD					
5			RB_{AR}		AR	AR	AR									
6																
7																

* El recurso OD es necesario para el transporte de la piedra de la actividad 3.2 y 4.1, pudiéndolas realizar simultáneamente.

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA	MI+RA														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI												
2.4					CA+JA+MI			PB_{FC}								
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR											
6																
7																

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 8. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº1 teniendo en cuenta las programaciones basadas en el CCPM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD 1.015,88 €	CA+TO 1.015,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 877,50 €	MI+RA 877,50 €	MI+RA 877,50 €									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01€	MI+RA 890,01 €			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.471,84 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 814,95 €									
3.2										CA+OD* 1.096,72 €	$FB_{CP,RSEM}$; FB_{TC} ; FB_{FC}					
4.1										TO+OD* 3.734,00 €	CA+TO+OD 3.734,00 €					
5			RB_{AR}		AR 137,20 €	AR 137,20 €	AR 137,20 €									
6			156,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			
7			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			

PV																
DIARIO			1.194,20 €	1.056,20 €	1.055,02 €	2.526,86 €	1.869,97 €			4.871,04 €	3.774,32 €	930,33 €	930,33 €			
A ORIGEN			1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €			12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €			

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 9. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº1 teniendo en cuenta las programaciones basadas en el CCPM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 2.459,85 €	CA+JA+MI 2.459,85 €												
2.4					CA+JA+MI 2.652,30 €			PB							PB	
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR 617,41 €											
6	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €											
7	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €											

PV											Fin PB_{FC}	Fin PB_{TC}			Fin $PB_{CP,RSEM}$	
DIARIO	930,33 €	930,33 €	2.500,17 €	2.500,17 €	3.310,03 €											
A ORIGEN	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	**28.379,31 €**											

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 10. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP y/o RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD 1.015,88 €	CA+TO 1.015,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 877,50 €	MI+RA 877,50 €	MI+RA 877,50 €									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01€	MI+RA 890,01 €			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.471,84 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 814,95 €									
3.2										CA+OD* 1.096,72 €	$FB_{CP,RSEM}$					
4.1										TO+OD* 3.734,00 €	CA+TO+OD 3.734,00 €					
5			RB_{AR}		AR 137,20 €	AR 137,20 €	AR 137,20 €									
6			156,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			
7			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			

PV			HITO 1									HITO 2				
DIARIO			1.194,20 €	1.056,20 €	1.055,02 €	2.526,86 €	1.869,97 €			4.871,04 €	3.774,32 €	930,33 €	930,33 €			
A ORIGEN			1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €			12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €			

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 11. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP y/o RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 2.459,85 €	CA+JA+MI 2.459,85 €												
2.4					CA+JA+MI 2.652,30 €			$PB_{CP,RSEM}$							$PB_{CP,RSEM}$	
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR 617,41 €											
6	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €											
7	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €											

PV																
DIARIO	930,33 €	930,33 €	2.500,17 €	2.500,17 €	3.310,03 €											
A ORIGEN	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	**28.379,31 €**											

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 12. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD 1.015,88 €	CA+TO 1.015,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 877,50 €	MI+RA 877,50 €	MI+RA 877,50 €									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01€	MI+RA 890,01 €			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.471,84 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 814,95 €									
3.2										CA+OD* 1.096,72 €	FB_{TC}					
4.1										TO+OD* 3.734,00 €	CA+TO+OD 3.734,00 €					
5			RB_{AR}		AR 137,20 €	AR 137,20 €	AR 137,20 €									
6			156,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			
7			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			

PV			HITO 1									HITO 2				
DIARIO			1.194,20 €	1.056,20 €	1.055,02 €	2.526,86 €	1.869,97 €			4.871,04 €	3.774,32 €	930,33 €	930,33 €			
A ORIGEN			1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €			12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €			

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 13. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 2.459,85 €	CA+JA+MI 2.459,85 €												
2.4					CA+JA+MI 2.652,30 €			PB_{TC}								
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR 617,41 €											
6	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €											
7	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €											

PV																
DIARIO	930,33 €	930,33 €	2.500,17 €	2.500,17 €	3.310,03 €											
A ORIGEN	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	**28.379,31 €**											

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 14. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD 1.015,88 €	CA+TO 1.015,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 877,50 €	MI+RA 877,50 €	MI+RA 877,50 €									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01€	MI+RA 890,01 €			
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.471,84 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 814,95 €									
3.2										CA+OD* 1.096,72 €	FB_{FC}					
4.1										TO+OD* 3.734,00 €	CA+TO+OD 3.734,00 €					
5			RB_{AR}		AR 137,20 €	AR 137,20 €	AR 137,20 €									
6			156,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €			
7			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €			

PV	HITO 1							HITO 2						
DIARIO			1.194,20 €	1.056,20 €	1.055,02 €	2.526,86 €	1.869,97 €			4.871,04 €	3.774,32 €	930,33 €	930,33 €			
A ORIGEN			1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €			12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €			

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 15. Cronograma final de la obra nº1 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €														
2.2																
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 2.459,85 €	CA+JA+MI 2.459,85 €												
2.4					CA+JA+MI 2.652,30 €			PB_{FC}								
3.1																
3.2																
4.1																
5	RB_{AR}			RB_{AR}	AR 617,41 €											
6	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €											
7	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €	22,32 €											

PV																
DIARIO	930,33 €	930,33 €	2.500,17 €	2.500,17 €	3.310,03 €											
A ORIGEN	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	**28.379,31 €**											

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 16. Valor ganado (EV) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+RA 1.365,88 €	CA+TO 665,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 658,13 €	MI+RA 658,13 €	MI+RA 658,13 €				MI+RA 658,13 €					
2.1																
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.471,84 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 814,95 €									
3.2											CA+TO+OD 1.096,72 €	$FB_{CP,TC,RSEM}$ FB_{FC}				
4.1												CA+TO+OD 1.867,00 €	CA+TO+OD 1.867,00 €			
5			RB_{AR}		AR 102,90 €	AR 102,90 €	AR 102,90 €				AR 102,90 €					
6			273,00 €													
7					OD 262,50 €											

EV																
DIARIO			1.638,88 €	665,88 €	1.023,53 €	2.232,86 €	1.575,98 €			0,00 €	1.857,74 €	1.867,00 €	1.867,00 €			
A ORIGEN			1.638,88 €	2.304,75 €	3.328,28 €	5.561,14 €	7.137,12 €			7.137,12 €	8.994,86 €	10.861,86 €	12.728,86 €			

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 17. Valor ganado (EV) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1		RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €			MI+RA 890,01 €								
2.2																
2.3								$RB_{CA+TO+JA}$	CA+TO+ +JA+MI 2.459,85 €	CA+TO+ +JA+MI 2.459,85 €						
2.4											CA+JA+MI 2.652,30 €	$PB_{CP,TC,RSEM}$			$PB_{CP,RSEM}$	
3.1																
3.2																
4.1	CA+TO+OD 1.867,00 €	CA+TO+OD 1.867,00 €														
5					RB_{AR}					AR 617,41 €						
6											117,00 €					
7											OD 50,00 €					

EV											Fin PB_{FC}	Fin PB_{TC}			Fin $PB_{CP,RSEM}$	
DIARIO	1.867,00 €	1.867,00 €	890,01 €	890,01 €	890,01 €			890,01 €	2.459,85 €	3.077,26 €	2.819,30 €					
A ORIGEN	14.595,86 €	16.462,86 €	17.352,87 €	18.242,88 €	19.132,89 €			20.022,90 €	22.482,75 €	25.560,01 €	**28.379,31 €**					

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 18. Coste real (AC) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+RA 1.220,00 €	CA+TO 560,00 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 720,00 €	MI+RA 740,00 €	MI+RA 790,00 €				MI+RA 740,00 €					
2.1																
2.2					RB_{JA}	CA+TO+JA 1.400,00 €										
2.3																
2.4																
3.1						RB_{OD}	CA+TO+OD 850,00 €									
3.2											CA+TO+OD 900,00 €	$FB_{CP,TC,RSEM}$ FB_{FC}				
4.1												CA+TO+OD 1.820,00 €	CA+TO+OD 1.920,00 €			
5			RB_{AR}		AR 100,00 €	AR 100,00 €	AR 100,00 €				AR 100,00 €					
6			273,00 €													
7					OD 189,00 €											

AC																
DIARIO			1.493,00 €	560,00 €	1.009,00 €	2.240,00 €	1.740,00 €			0,00 €	1.740,00 €	1.820,00 €	1.920,00 €			
A ORIGEN			1.493,00 €	2.053,00 €	3.062,00 €	5.302,00 €	7.042,00 €			7.042,00 €	8.782,00 €	10.602,00 €	12.522,00 €			

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 19. Coste real (AC) de la obra nº1 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 01/09/2015

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1		RB_{MI+RA}	MI+RA 710,00 €	MI+RA 710,00 €	MI+RA 810,00 €			MI+RA 760,00 €								
2.2																
2.3								$RB_{CA+TO+JA}$	CA+TO+ +JA+MI 2.380,00 €	CA+TO+ +JA+MI 2.380,00						
2.4											CA+JA+MI 2.395,00 €	$PB_{CP,TC,RSEM}$ PB_{FC}			$PB_{CP,TC,RSEM}$	
3.1																
3.2																
4.1	CA+TO+OD 1.820,00 €	CA+TO+OD 1.820,00 €														
5					RB_{AR}					AR 800,00 €						
6											117,00 €					
7											OD 33,00 €					

AC											Fin PB_{FC}	Fin PB_{TC}			Fin $PB_{CP,RSEM}$	
DIARIO	1.820,00 €	1.820,00 €	710,00 €	710,00 €	810,00 €			760,00 €	2.380,00 €	3.180,00 €	2.545,00 €					
A ORIGEN	14.342,00 €	16.162,00 €	16.872,00 €	17.582,00 €	18.392,00 €			19.152,00 €	21.532,00 €	24.712,00 €	**27.257,00 €**					

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 20. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 01/08/2015 al 13/08/2015

Día	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BAC	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €
Coste planificado (PV)	1.194,20 €	2.250,39 €	3.305,42 €	5.832,28 €	7.702,25 €	12.573,29 €	16.347,61 €	17.277,95 €	18.208,28 €
Valor ganado (EV)	1.638,88 €	2.304,75 €	3.328,28 €	5.561,14 €	7.137,12 €	7.137,12 €	8.994,86 €	10.861,86 €	12.728,86 €
Coste real (AC)	1.493,00 €	2.053,00 €	3.062,00 €	5.302,00 €	7.042,00 €	7.042,00 €	8.782,00 €	10.602,00 €	12.522,00 €
Programación ganada (ES)	1,42	2,05	3,01	3,89	4,70	4,70	5,27	5,65	6,04
Variación en coste (CV)	145,88 €	251,75 €	266,28 €	259,14 €	95,12 €	95,12 €	212,86 €	259,86 €	206,86 €
Variación en plazo (SV)	444,68 €	54,36 €	22,86 €	-271,14 €	-565,14 €	-5.436,18 €	-7.352,76 €	-6.416,09 €	-5.479,42 €
Desviación en programación: SV (t)	0,42	0,05	0,01	-0,11	-0,30	-1,30	-1,73	-2,35	-2,96
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,12	1,09	1,05	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
Eficiencia en plazo (SPI)	1,37	1,02	1,01	0,95	0,93	0,57	0,55	0,63	0,70
Eficiencia en Programación: SV(t)	1,42	1,03	1,00	0,97	0,94	0,78	0,75	0,71	0,67
Eficiencia en coste - plazo (CSI)	1,51	1,15	1,09	1,00	0,94	0,58	0,56	0,64	0,71
DESVIACIONES ATÍPICAS									
Presupuesto estimado (EAC)	28.233,44 €	28.127,56 €	28.113,03 €	28.120,17 €	28.284,19 €	28.284,19 €	28.166,45 €	28.119,45 €	28.172,45 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	26.740,44 €	26.074,56 €	25.051,03 €	22.818,17 €	21.242,19 €	21.242,19 €	19.384,45 €	17.517,45 €	15.650,45 €
Variación a conclusión (VAC)	145,88 €	251,75 €	266,28 €	259,14 €	95,12 €	95,12 €	212,86 €	259,86 €	206,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS									
Presupuesto estimado (EAC)	25.853,29 €	25.279,41 €	26.108,85 €	27.056,88 €	28.001,10 €	28.001,10 €	27.707,74 €	27.700,37 €	27.918,12 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	24.360,29 €	23.226,41 €	23.046,85 €	21.754,88 €	20.959,10 €	20.959,10 €	18.925,74 €	17.098,37 €	15.396,12 €
Variación a conclusión (VAC)	2.526,02 €	3.099,90 €	2.270,46 €	1.322,43 €	378,21 €	378,21 €	671,57 €	678,94 €	461,19 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS									
Presupuesto estimado (EAC)	19.243,57 €	24.731,62 €	25.950,55 €	28.117,56 €	29.660,70 €	43.965,17 €	43.178,39 €	37.800,36 €	34.545,72 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	17.750,57 €	22.678,62 €	22.888,55 €	22.815,56 €	22.618,70 €	36.923,17 €	34.396,39 €	27.198,36 €	22.023,72 €
Variación a conclusión (VAC)	9.135,74 €	3.647,69 €	2.428,76 €	261,75 €	-1.281,39 €	-15.585,86 €	-14.799,08 €	-9.421,05 €	-6.166,41 €
Porcentaje finalizado (%)	5,77%	8,12%	11,73%	19,60%	25,15%	25,15%	31,70%	38,27%	44,85%

Ficha 21. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/08/2015 al 27/08/2015

Día	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015
Número de día de trabajo	10	11	12	13	14	15	16	17	18
BAC	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €
Coste planificado (PV)	19.138,61 €	20.068,94 €	22.569,11 €	25.069,28 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €
Valor ganado (EV)	14.595,86 €	16.462,86 €	17.352,87 €	18.242,88 €	19.132,89 €	20.022,90 €	22.482,75 €	25.560,01 €	28.379,31 €
Coste real (AC)	14.342,00 €	16.162,00 €	16.872,00 €	17.582,00 €	18.392,00 €	19.152,00 €	21.532,00 €	24.712,00 €	27.257,00 €
Programación ganada (ES)	6,54	7,12	8,08	9,04	9,99	10,95	11,97	13,15	14,00
Variación en coste (CV)	253,86 €	300,86 €	480,87 €	660,88 €	740,89 €	870,90 €	950,75 €	848,01 €	1.122,31 €
Variación en plazo (SV)	-4.542,75 €	-3.606,08 €	-5.216,24 €	-6.826,41 €	-9.246,42 €	-8.356,41 €	-5.896,56 €	-2.819,30 €	-0,00 €
Desviación en programación: SV (t)	-3,46	-3,88	-3,92	-3,96	-4,01	-4,05	-4,03	-3,85	-4,00
Eficiencia en coste (CPI)	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,04	1,03	1,04
Eficiencia en plazo (SPI)	0,76	0,82	0,77	0,73	0,67	0,71	0,79	0,90	1,00
Eficiencia en Programación: SV(t)	0,65	0,65	0,67	0,70	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78
Eficiencia en coste - plazo (CSI)	0,78	0,84	0,79	0,76	0,70	0,74	0,83	0,93	1,04
DESVIACIONES ATÍPICAS									
Presupuesto estimado (EAC)	28.125,45 €	28.078,45 €	27.898,44 €	27.718,43 €	27.638,42 €	27.508,41 €	27.428,56 €	27.531,30 €	27.257,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.783,45 €	11.916,45 €	11.026,44 €	10.136,43 €	9.246,42 €	8.356,41 €	5.896,56 €	2.819,30 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	253,86 €	300,86 €	480,87 €	660,88 €	740,89 €	870,90 €	950,75 €	848,01 €	1.122,31 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS									
Presupuesto estimado (EAC)	27.885,73 €	27.860,68 €	27.592,89 €	27.351,23 €	27.280,37 €	27.144,95 €	27.179,21 €	27.437,77 €	27.257,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.543,73 €	11.698,68 €	10.720,89 €	9.769,23 €	8.888,37 €	7.992,95 €	5.647,21 €	2.725,77 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	493,58 €	518,63 €	786,42 €	1.028,08 €	1.098,94 €	1.234,36 €	1.200,10 €	941,54 €	1.122,31 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS									
Presupuesto estimado (EAC)	32.101,02 €	30.423,20 €	30.815,57 €	31.006,83 €	31.575,89 €	30.480,75 €	28.660,31 €	27.738,42 €	27.257,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	17.759,02 €	14.261,20 €	13.943,57 €	13.424,83 €	13.183,89 €	11.328,75 €	7.128,31 €	3.026,42 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-3.721,71 €	-2.043,89 €	-2.436,26 €	-2.627,52 €	-3.196,58 €	-2.101,44 €	-281,00 €	640,89 €	1.122,31 €
Porcentaje finalizado (%)	51,43%	58,01%	61,15%	64,28%	67,42%	70,55%	79,22%	90,07%	100,00%

Ficha 22. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº1. (Fase 4 del modelo de seguimiento)

Día	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015
Desviación en programación: SV (t)	0,42	0,05	0,01	-0,11	-0,30	-1,30	-1,73	-2,35	-2,96
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_CP})	-7,02%	-0,86%	-0,15%	1,79%	5,04%	21,70%	28,91%	39,19%	49,31%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_TC})	-8,42%	-1,03%	-0,18%	2,15%	6,04%	26,04%	34,69%	47,03%	59,18%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_RSEM})	-7,02%	-0,86%	-0,15%	1,79%	5,04%	21,70%	28,91%	39,19%	49,31%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FRACCIÓN CRÍTICA									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	-10,53%	-1,29%	-0,23%	2,68%	7,56%	32,56%	43,37%	58,78%	73,97%

Día	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015
Desviación en programación: SV (t)	-3,46	-3,88	-3,92	-3,96	-4,01	-4,05	-4,03	-3,85	-4,00
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_CP})	57,74%	64,60%	65,32%	66,05%	66,77%	67,49%	67,24%	64,20%	66,67%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_TC})	69,28%	77,52%	78,39%	79,26%	80,12%	80,99%	80,69%	77,03%	80,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_RSEM})	57,74%	64,60%	65,32%	66,05%	66,77%	67,49%	67,24%	64,20%	66,67%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FRACCIÓN CRÍTICA									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	86,60%	96,90%	97,99%	99,07%	100,15%	101,24%	100,86%	96,29%	100,00%

Ficha 23. Cronograma simplificado de la cadena crítica de la obra nº1 integrando CCPM y EVM

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+OD 1.015,88 €	CA+TO 1.015,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 877,50 €	MI+RA 877,50 €	MI+RA 877,50 €									
2.1											RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01€	MI+RA 890,01 €			
2.3																
2.4																
4.1										TO+OD* 3.734,00 €	CA+TO+OD 3.734,00 €					

PV																
							HITO 1 ◆				◆ HITO 2					
DIARIO			1.015,88 €	1.015,88 €	877,50 €	877,50 €	877,50 €			3.734,00 €	3.734,00 €	890,01 €	890,01 €			
A ORIGEN			1.015,88 €	2.031,75 €	2.909,25 €	3.786,75 €	4.664,25 €			8.398,25 €	12.132,25 €	13.022,26 €	13.912,27 €			

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €														
2.3		RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 2.459,85 €	CA+JA+MI 2.459,85 €												
2.4					CA+JA+MI 2.652,30 €			$PB_{CP,RSEM}$; PB_{TC} ; PB_{FC}				$PB_{CP,RSEM}$ PB_{TC}			$PB_{CP,RSEM}$	
4.1																

PV											Fin PB_{FC}	Fin PB_{TC}			Fin $PB_{CP,RSEM}$	
DIARIO	890,01 €	890,01 €	2.459,85 €	2.459,85 €	2.652,30 €											
A ORIGEN	14.802,28 €	15.692,29 €	18.152,14 €	20.611,99 €	**23.264,29 €**											

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x

Ficha 24. Valor ganado (EV) de la cadena crítica de la obra nº1 integrando CCPM y EVM

ACTIVIDAD	01/08/2015	02/08/2015	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	08/08/2015	09/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	14/08/2015	15/08/2015	16/08/2015
1.1			CA+TO+RA 1.365,88 €	CA+TO 665,88 €												
1.2				RB_{MI+RA}	CA+TO+MI 658,13 €	MI+RA 658,13 €	MI+RA 658,13 €				MI+RA 658,13 €					
2.1																
2.3																
2.4																
4.1												CA+TO+OD 1.867,00 €	CA+TO+OD 1.867,00 €			

EV																
DIARIO			1.365,88 €	665,88 €	658,13 €	658,13 €	658,13 €			0,00 €	658,13 €	1.867,00 €	1.867,00 €			
A ORIGEN			1.365,88 €	2.031,76 €	2.689,89 €	3.348,02 €	4.006,15 €			4.006,15 €	4.664,28 €	6.531,28 €	8.398,28 €			

ACTIVIDAD	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	22/08/2015	23/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	29/08/2015	30/08/2015	31/08/2015	01/09/2015
1.1																
1.2																
2.1		RB_{MI+RA}	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €	MI+RA 890,01 €			MI+RA 890,01 €								
2.3								$RB_{CA+TO+JA}$	CA+TO+ +JA+MI 2.459,85 €	CA+TO+ +JA+MI 2.459,85 €						
2.4											CA+JA+MI 2.652,30 €	$PB_{CP,TC,RSEM}$			$PB_{CP,RSEM}$	
4.1	CA+TO+OD 1.867,00 €	CA+TO+OD 1.867,00 €														

EV											Fin PB_{FC}	Fin PB_{TC}			Fin $PB_{CP,RSEM}$	
DIARIO	1.867,00 €	1.867,00 €	890,01 €	890,01 €	890,01 €			890,01 €	2.459,85 €	2.459,85 €	2.652,30 €					
A ORIGEN	10.265,28 €	12.132,28 €	13.022,29 €	13.912,30 €	14.802,31 €			15.692,32 €	18.152,17 €	20.612,02 €	**23.264,32 €**					

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x

Ficha 25. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la Cadena Crítica de la obra nº1

Día	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BAC	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €
Coste planificado (PV)	1.015,88 €	2.031,75 €	2.909,25 €	3.786,75 €	4.664,25 €	8.398,25 €	12.132,25 €	13.022,26 €	13.912,27 €
Valor ganado (EV)	1.365,88 €	2.031,75 €	2.689,88 €	3.348,00 €	4.006,13 €	4.006,13 €	4.664,25 €	6.531,25 €	8.398,25 €
Programación ganada (ES)	1,34	2,00	2,75	3,50	4,25	4,25	5,00	5,50	6,00
Variación en plazo (SV)	350,00 €	0,00 €	-219,38 €	-438,75 €	-658,13 €	-4.392,13 €	-7.468,00 €	-6.491,01 €	-5.514,02 €
Desviación en programación: SV (t)	0,34	0,00	-0,25	-0,50	-0,75	-1,75	-2,00	-2,50	-3,00
Eficiencia en plazo (SPI)	1,34	1,00	0,92	0,88	0,86	0,48	0,38	0,50	0,60
Eficiencia en Programación: SV(t)	1,34	1,00	0,92	0,88	0,85	0,71	0,71	0,69	0,67
Porcentaje finalizado (%)	5,87%	8,73%	11,56%	14,39%	17,22%	17,22%	20,05%	28,07%	36,10%

Día	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015
Número de día de trabajo	10	11	12	13	14	15	16	17	18
BAC	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €	23.264,29 €
Coste planificado (PV)	14.802,28 €	15.692,29 €	18.152,14 €	20.611,99 €	23.264,29 €				
Valor ganado (EV)	10.265,25 €	12.132,25 €	13.022,26 €	13.912,27 €	14.802,28 €	15.692,29 €	18.152,14 €	20.611,99 €	23.264,29 €
Programación ganada (ES)	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00
Variación en plazo (SV)	-4.537,03 €	-3.560,04 €	-5.129,88 €	-6.699,72 €	-8.462,01 €	-12.687,02 €	-10.227,17 €	-7.767,32 €	-5.115,02 €
Desviación en programación: SV (t)	-3,50	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00
Eficiencia en plazo (SPI)	0,69	0,77	0,72	0,67	0,64	0,55	0,64	0,73	0,82
Eficiencia en Programación: SV(t)	0,65	0,64	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78
Porcentaje finalizado (%)	44,12%	52,15%	55,98%	59,80%	63,63%	67,45%	78,03%	88,60%	100,00%

Ficha 26. Consumo del buffer de proyecto mediante la aplicación del procedimiento propuesto de gestión de proyectos a la Cadena Crítica de la obra nº1

Día	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015
Desviación en programación: SV (t)	0,34	0,00	-0,25	-0,50	-0,75	-1,75	-2,00	-2,50	-3,00
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_CP})	-5,74%	0,00%	4,17%	8,33%	12,50%	29,17%	33,33%	41,67%	50,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_TC})	-6,89%	0,00%	5,00%	10,00%	15,00%	35,00%	40,00%	50,00%	60,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_RSEM})	-5,74%	0,00%	4,17%	8,33%	12,50%	29,17%	33,33%	41,67%	50,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FRACCIÓN CRÍTICA									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	-8,61%	0,00%	6,25%	12,50%	18,75%	43,75%	50,00%	62,50%	75,00%

Día	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015	20/08/2015	21/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015
Desviación en programación: SV (t)	-3,50	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00	-4,00
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_CP})	58,33%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_TC})	70,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_RSEM})	58,33%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%	66,67%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FRACCIÓN CRÍTICA									
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	87,50%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ficha 27. Programación tradicional en proyecto de la obra nº1

ACTIVIDAD	1-ago	2-ago	3-ago	4-ago	5-ago	6-ago	7-ago	8-ago	9-ago	10-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	15-ago	16-ago	17-ago	18-ago
1.1			677,25 €	677,25 €	677,25 €													
1.2						438,75 €	438,75 €			438,75 €	438,75 €	438,75 €	438,75 €					
2.1																		
2.2						735,92 €	735,92 €											
2.3																		
2.4																		
3.1										814,95 €								
3.2											1.096,72 €							
4.1																	1.867,00 €	1.867,00 €
5						147,00 €	147,00 €			147,00 €	147,00 €	147,00 €	147,00 €					
6			16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €			16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €				16,25 €	16,25 €
7			13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €			13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €				13,02 €	13,02 €
PV_T																		
DIARIO			706,52 €	706,52 €	706,52 €	1.350,94 €	1.350,94 €			1.429,97 €	1.711,74 €	615,02 €	615,02 €				1.896,27 €	1.896,27 €
A ORIGEN			706,52 €	1.413,04 €	2.119,56 €	3.470,50 €	4.821,45 €			6.251,42 €	7.963,16 €	8.578,18 €	9.193,21 €				11.089,48€	12.985,75 €

ACTIVIDAD	19-ago	20-ago	21-ago	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	30-ago	31-ago	1-sep	2-sep	3-sep	4-sep	5-sep
1.1																		
1.2																		
2.1			508,58 €			508,58 €	508,58 €	508,58 €	508,58 €	508,58 €			508,58 €					
2.2																		
2.3														1.229,93 €	1.229,93 €	1.229,93 €	1.229,93 €	
2.4														2.652,30 €				
3.1																		
3.2																		
4.1	1.867,00 €	1.867,00 €																
5																	147,00 €	
6	16,25 €	16,25 €	16,25 €			16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €			16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €	16,25 €	
7	13,02 €	13,02 €	13,02 €			13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €			13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €	13,02 €	
PV_T																		
DIARIO	1.896,27 €	1.896,27 €	537,85 €			537,85 €	537,85 €	537,85 €	537,85 €	537,85 €			537,85 €	3.911,50 €	1.259,20 €	1.259,20 €	1.406,20 €	
A ORIGEN	14.882,02 €	16.778,29 €	17.316,14 €			17.853,99 €	18.391,83 €	18.929,68 €	19.467,53 €	20.005,38 €			20.543,23 €	24.454,72 €	25.713,92 €	26.973,11 €	**28.379,31 €**	

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 28. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1 planificada de forma tradicional. Fecha: del 03/08/2015 al 19/08/2015

Día	03/08/2015	04/08/2015	05/08/2015	06/08/2015	07/08/2015	10/08/2015	11/08/2015	12/08/2015	13/08/2015	17/08/2015	18/08/2015	19/08/2015
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BAC	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €
Coste planificado (PV_T)	706,52 €	1.413,04 €	2.119,56 €	3.470,50 €	4.821,45 €	6.251,42 €	7.963,16 €	8.578,18 €	9.193,21 €	11.089,48 €	12.985,75 €	14.882,02 €
Valor ganado (EV)	1.638,88 €	2.304,75 €	3.328,28 €	5.561,14 €	7.137,12 €	7.137,12 €	8.994,86 €	10.861,86 €	12.728,86 €	14.595,86 €	16.462,86 €	17.352,87 €
Coste real (AC)	1.493,00 €	2.053,00 €	3.062,00 €	5.302,00 €	7.042,00 €	7.042,00 €	8.782,00 €	10.602,00 €	12.522,00 €	14.342,00 €	16.162,00 €	16.872,00 €
Programación ganada (ES_T)	2,32	3,14	3,89	5,52	6,52	6,52	8,68	9,88	10,86	11,85	12,83	14,07
Variación en coste (CV)	145,88 €	251,75 €	266,28 €	259,14 €	95,12 €	95,12 €	212,86 €	259,86 €	206,86 €	253,86 €	300,86 €	480,87 €
Variación en plazo (SV_T)	932,35 €	891,71 €	1.208,71 €	2.090,63 €	2.315,67 €	885,70 €	1.031,69 €	2.283,67 €	3.535,65 €	3.506,38 €	3.477,11 €	2.470,85 €
Desviación en programación: SV_T (t)	1,32	1,14	0,89	1,52	1,52	0,52	1,68	1,88	1,86	1,85	1,83	2,07
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,12	1,09	1,05	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03
Eficiencia en plazo (SPI_T)	2,32	1,63	1,57	1,60	1,48	1,14	1,13	1,27	1,38	1,32	1,27	1,17
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	2,32	1,57	1,30	1,38	1,30	1,09	1,24	1,23	1,21	1,18	1,17	1,17
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	2,55	1,83	1,71	1,68	1,50	1,16	1,16	1,30	1,41	1,34	1,29	1,20
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_T)	11.994,75 €	16.293,11 €	17.739,04 €	18.878,43 €	21.200,83 €	25.400,14 €	25.536,98 €	24.105,49 €	23.641,59 €	24.632,10 €	25.389,81 €	26.066,36 €
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	10.501,75 €	14.240,11 €	14.677,04 €	13.576,43 €	14.158,83 €	18.358,14 €	16.754,98 €	13.503,49 €	11.119,59 €	10.290,10 €	9.227,81 €	9.194,36 €
Variación a conclusión (VAC_T)	16.384,56 €	12.086,20 €	10.640,27 €	9.500,88 €	7.178,48 €	2.979,17 €	2.842,33 €	4.273,82 €	4.737,72 €	3.747,21 €	2.989,50 €	2.312,95 €

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

Ficha 29. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº1 planificada de forma tradicional. Fecha: del 20/08/2015 al 04/09/2015

Día	20/08/2015	21/08/2015	24/08/2015	25/08/2015	26/08/2015	27/08/2015	28/08/2015	31/08/2015	01/09/2015	02/09/2015	03/09/2015	04/09/2015
Número de día de trabajo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
BAC	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €	28.379,31 €
Coste planificado (PV_T)	16.778,29 €	17.316,14 €	17.853,99 €	18.391,83 €	18.929,68 €	19.467,53 €	20.005,38 €	20.543,23 €	24.454,72 €	25.713,92 €	26.973,11 €	28.379,31 €
Valor ganado (EV)	18.242,88 €	19.132,89 €	20.022,90 €	22.482,75 €	25.560,01 €	28.379,31 €						
Coste real (AC)	17.582,00 €	18.392,00 €	19.152,00 €	21.532,00 €	24.712,00 €	27.257,00 €						
Programación ganada (ES_T)	15,72	17,38	19,03	20,50	21,88	24,00						
Variación en coste (CV)	660,88 €	740,89 €	870,90 €	950,75 €	848,01 €	1.122,31 €						
Variación en plazo (SV_T)	1.464,59 €	1.816,75 €	2.168,91 €	4.090,91 €	6.630,32 €	8.911,78 €						
Desviación en programación: SV_T (t)	2,72	3,38	4,03	4,50	4,88	6,00						
Eficiencia en coste (CPI)	1,04	1,04	1,05	1,04	1,03	1,04						
Eficiencia en plazo (SPI_T)	1,09	1,10	1,12	1,22	1,35	1,46						
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	1,21	1,24	1,27	1,28	1,29	1,33						
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	1,13	1,15	1,17	1,28	1,40	1,52						
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_T)	26.566,93 €	26.436,38 €	26.279,14 €	26.151,65 €	26.730,70 €	27.257,00 €						
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	8.984,93 €	8.044,38 €	7.127,14 €	4.619,65 €	2.018,70 €	0,00 €						
Variación a conclusión (VAC_T)	1.812,38 €	1.942,93 €	2.100,17 €	2.227,66 €	1.648,61 €	1.122,31 €						

Valor no dependiente del factor plazo Valor dependiente del factor plazo

APÉNDICE 2

PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº1

Presupuesto y mediciones

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 TRABAJOS PREVIOS				
T01	m Desbroce y limpieza del terreno a mano Desbroce y limpieza superficial del camino (incluyendo zonas enlosadas o adoquinadas), márgenes (2 metros por cada margen) y muros por medios manuales, tala de árboles, previa autorización, que invada el camino o sean causa de inseguridad en el tránsito peatonal, retirada de piedras sueltas en el camino con retirada y/o colocación en cierres, muros, laterales, i/carga, transporte y descarga de escombros y material inadecuado a vertedero autorizado o lugar de empleo y con p.p. de medios auxiliares.	675,00	3,01	2.031,75
T02	m Apertura de cunetas terreno sin clasificar Ml. Apertura de cunetas por medios manuales o mecánicos en los casos necesarios, en todo tipo de terreno, incluso roca, por ambas márgenes, incluyendo aporte de tierras si fuese necesario y perfilado manual de pendiente, con retirada de sobrantes a vertedero y p.p. de limpieza o retirada de tajeas o salvagabias, badenes o acequias, i/carga, transporte y descarga de material sobrante a vertedero autorizado o lugar indicado por la Dirección Facultativa.	675,00	3,90	2.632,50
	TOTAL CAPÍTULO 01 TRABAJOS PREVIOS.....			4.664,25
CAPÍTULO 02 FIRMES				
F02	m3 Ext. y comp. de suelo seleccionado M3. de extendido y compactado de suelo seleccionado en subbase, procedente de préstamos, incluyendo extendido, humectación y compactación hasta el 95% P.M. empleando rodillo vibratorio, formación de bombeo, totalmente ejecutado.	279,00	12,76	3.560,04

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE

F03 m3 Zahorra natural ZN25

M3. Suministro de subbase granular de zahorra natural, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación igual o superior al 95% de la máxima obtenida en el proctor modificado, rastreado y rasanteado, formación de bombeo, rematado.

78,75 18,69 1.471,84

F04 m3 Zahorra artificial ZA25

M3. Suministro de subbase granular de zahorra artificial ZA-25, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación, formación de bombeo, rastreado y rasanteo terminado.

209,26 23,51 4.919,70

F04.1 m3 Zahorra artificial ZA25 estabilizada cemento

M3. Suministro de subbase granular de zahorra artificial ZA-25 con selección de árido según el entorno, estabilizada con cemento con una dosificación en peso de hasta el 6%, según indicaciones de la Dirección Facultativa, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación, formación de bombeo, rastreado y rasanteo terminado.

78,75 33,68 2.652,30

TOTAL CAPÍTULO 02 FIRMES 12.603,88

CAPÍTULO 03 DRENAJE

D01 m Paso de agua de piedra granítica

Paso de agua en "V" revestido con dos piedras graníticas (0,5x0,12 cada una) con una altura entre 10 y 12 cm, colocadas en zonas de cruce de agua, asentadas sobre hormigón en masa (HM-20) y material seleccionado compactado, incluso preparación del firme natural a mano o máquina en todo tipo de terreno, incluso roca, apertura de caja, limpieza y ejecución de juntas rehundidas de mortero de cemento, totalmente colocados y funcionando.

9,00 90,55 814,95

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D02	m Estabilizador de piedra granítica Estabilizador de piedra granítica de 20cm de espesor y 30cm de ancho, colocadas transversalmente para estabilización del firme, asentadas sobre 15cm de hormigón en masa HM-20, incluso excavación manual o mecánica en cualquier tipo de terreno, incluso roca, totalmente colocados y funcionando.	21,50	51,01	1.096,72
	TOTAL CAPÍTULO 03 DRENAJE			1.911,67
	CAPÍTULO 04 OBRAS COMPLEMENTARIAS			
C01	m Borde de piedra granítica Borde de piedras graníticas de 20 cm de espesor y 40/45 cm de ancho (longitud máx. 1.50m), colocadas en límite de firme para encauzamiento natural del agua de la cuneta y, así mismo, de protección del paquete de firme, asentadas sobre 15cm de hormigón en masa HM-20, incluso excavación manual o mecánica en cualquier tipo de terreno, incluso roca, totalmente colocadas con borde a cordel y funcionando.	80,00	93,35	7.468,00
	TOTAL CAPÍTULO 04 OBRAS OCMPLEMENTARIAS.....			7.468,00
	CAPÍTULO 05 SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO			
SA01	PA Seguimiento y control arqueológico Seguimiento y control arqueológico durante la ejecución de las obras realizado por técnicos competentes, incluyendo: - proyecto de control y seguimiento, - trabajos de control arqueológico, - informes especiales, - informe final, - inspecciones sistemáticas de las zonas objeto de las intervenciones, - memoria técnica final, - informes, dietas, tramitaciones y permisos necesarios, - estudios de detalle del entorno afectado en los casos necesarios.	1,00	1.029,01	1.029,01
	TOTAL CAPÍTULO 05 SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO.....			1.029,01

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 SEGURIDAD Y SALUD				
SS01	PA Seguridad y salud			
	Seguridad y salud.			
		1,00	390,00	390,00
	TOTAL CAPÍTULO 06 SEGURIDAD Y SALUD.....			390,00
CAPÍTULO 07 GESTIÓN DE RESIDUOS				
GR01	PA Gestión de residuos			
	Gestión de residuos derivados de las obras de acondicionamiento.			
		1,00	312,50	312,50
	TOTAL CAPÍTULO 07 GESTIÓN DE RESIDUOS.....			312,50
	TOTAL.....			28.379,31

Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	TRABAJOS PREVIOS	4.664,25	16,44
02	FIRMES.....	12.603,88	44,41
03	DRENAJE	1.911,67	6,74
04	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	7.468,00	26,31
05	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO.....	1.029,01	3,63
06	SEGURIDAD Y SALUD	390,00	1,37
07	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	312,50	1,10
	TOTAL PRESUPUESTO PROGRAMADO /	28.379,31	
	TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE ADJUDICACIÓN /		
	PRESUPUESTO HASTA LA CONCLUSIÓN (BAC) /		
	VALOR PLANIFICADO ACUMULADO (PV) /		

Asciende el presupuesto programado a la expresada cantidad de VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS.

ANEJO C

ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº2

C.1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto exponer de forma completamente detallada los datos utilizados y calculados para el caso de estudio nº2, correspondiente a la obra de "Acondicionamiento de diversos tramos de la Vía de la Plata en la Provincia de Ourense. Tramo: Desvío en OU-679 – Vilavella. Concello de A Mezquita", siguiendo cada uno de los pasos del método de gestión de proyectos desarrollado en los apartados "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" y "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*" de esta tesis, desde la perspectiva del contratista.

C.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº2

En este apartado se muestra la información técnica, temporal y económica de la obra de análisis, extraída del proyecto original.

C.2.1. Datos Técnicos

La obra del caso práctico nº2 ha sido descrita con anterioridad en el punto "*4.1.2.1. Características técnicas de la obra*" de la presente investigación, donde se hace referencia a los datos técnicos del proyecto de estudio.

C.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto

Tal y como queda reflejado en el esquema de barras incluido en la Ficha 30 del *Apéndice 1* de este Anejo, dentro del proyecto base para la licitación de la obra del caso práctico nº2, se estimó un plazo de ejecución de nueve (10) semanas, señalando el 6 de noviembre de 2015 como la fecha prevista para la conclusión de los trabajos programados.

Los tiempos determinados en proyecto para cada una de las actividades de la obra de A Mezquita, recogidos dentro de la Tabla 131, han sido considerados como las duraciones con protección de cada una de las tareas que componen la EDT del proyecto.

Tabla 131. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº2

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
1	TRABAJOS PREVIOS	21
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	7
1.2	Apertura de cunetas de terreno sin clasificar	14
2	FIRMES	42
2.1	Reposición suelo inadecuado con terraplén	4
2.2	Extendido y compactado de suelo seleccionado	6
2.3	Zahorra natural ZN25	7
2.4	Zahorra artificial ZA25	5
2.5	ZA25 estabilizada con cemento	4
2.6	ZA25 estabilizada con cemento de difícil acceso	6
3	DRENAJE	15
3.1	Paso de agua de piedra granítica	5
3.2	Estabilizador de piedra granítica	3
3.3	Tajea o Salvagabia d=400 con emboquillado	1
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS	49
4.1	Borde de piedra granítica	6
4.2	Varios	49
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	15
6	SEGURIDAD Y SALUD	49
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	49

C.2.3. Datos Económicos

En el *Apéndice 2* de este Anejo, se exponen los principales datos económicos de adjudicación de la obra de A Mezquita, basados en el Documento de Presupuesto del proyecto original, con independencia de los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA.

C.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº2

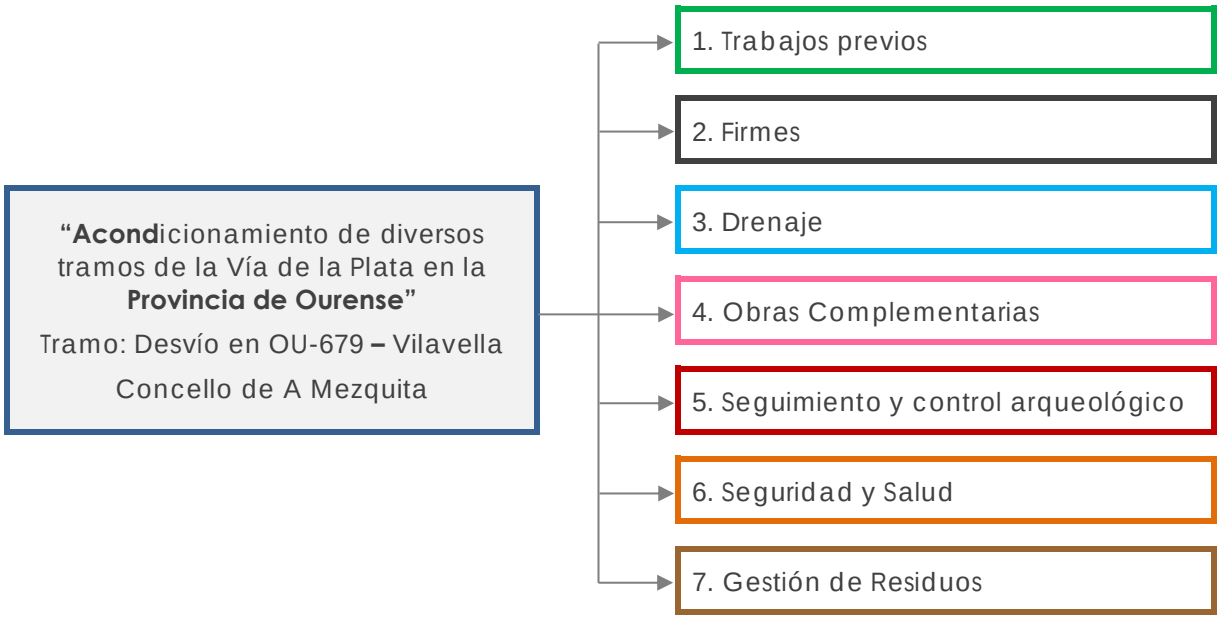
En el presente punto se muestran y exponen todos los pasos y cálculos llevados a cabo para la definición de la programación de la obra del caso práctico nº2 mediante la realización de cada una de las fases establecidas en el modelo de planificación de proyectos propuesto en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" de esta tesis.

C.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto

C.3.1.1. Identificación de las actividades

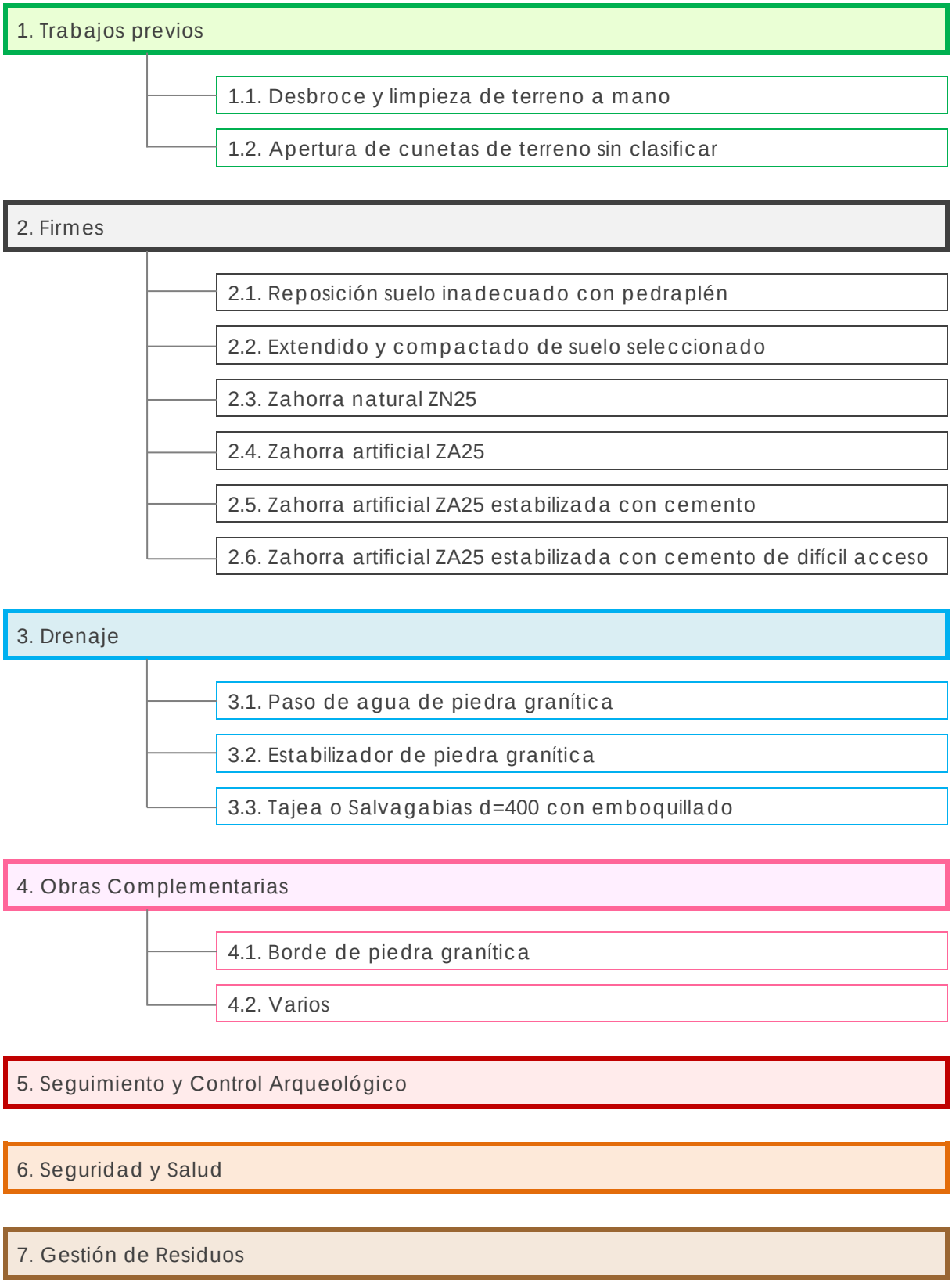
Tomando como base el presupuesto oficial de adjudicación del proyecto de A Mezquita, se ha obtenido la Estructura de Desglose de Trabajo del mismo.

Figura 90. Primer nivel de la EDT de la obra nº2



Aunque el uso de la primera escala de la EDT podría ser suficiente (ver Figura 90), con objeto de facilitar la aplicación de las técnicas CCPM y EVM se ha definido una EDT pormenorizada de forma que se describa con mayor exactitud el alcance de la obra de análisis (ver Figura 91).

Figura 91. Descomposición de la EDT principal de la obra nº2



C.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra

Siguiendo lo indicado en el punto "*4.3.1.2. Dependencia de tareas*" de la presente investigación, en la Tabla 132 se definen con detalle el tipo de relación existente entre las diferentes tareas que componen la obra del caso práctico nº2.

Tabla 132. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº2

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
1	TRABAJOS PREVIOS		
1.1	Desbroce y limpieza terreno a mano	-	-
1.2	Apertura cunetas terreno sin clasificar	1.1	FS
2	FIRMES		
2.1	Reposición suelo inadecuado con terraplén	1.1	FS
2.2	Extendido y compactado de suelo seleccionado	1.2, 2.1	FS
2.3	Zahorra natural ZN25	2.2	FS
2.4	Zahorra artificial ZA25	2.3	FS
2.5	ZA25 estabilizada con cemento	2.6	FS
2.5	ZA25 estabilizada con cemento de difícil acceso	2.4, 3.2	FS
3	DRENAJE		
3.1	Paso de agua de piedra granítica	4.1	FS
3.2	Estabilizador de piedra granítica	3.1	FS
3.3	Tajea d=400 con emboquillado	1.1	FS
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS		
4.1	Borde de piedra granítica	3.3	FS
4.2	Varios	1.1 Todas las actividades	SS FF
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	1.2 Todas las actividades	SS FF
6	SEGURIDAD Y SALUD	1.1 Todas las actividades	SS FF
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	1.1 Todas las actividades	SS FF

C.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras

En la Tabla 133 se detallan los recursos necesarios para el desarrollo de la obra nº2, los cuales son coincidentes con los del caso práctico nº1 (Tabla 87) ya que:

- La empresa colaboradora encargada de la ejecución de ambas obras es la misma.
- En el momento de adjudicación de la obra de A Mequita, el contratista cuenta con el mismo personal que en al de Piñor.
- Cada trabajador tiene definidas y asignadas las funciones a desempeñar y la maquinaria a utilizar, según sus cualificaciones y capacidades.

Tabla 133. Recursos disponibles en la empresa para la ejecución de la obra nº2

TIPO DE RECURSO	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	FUNCIONES ASIGNADAS
Humano	Carlos	CA	Trabajos de campo y con maquinaria no pesada
Humano	Tomás	TO	
Humano	Odilo	OD	Maquinaria de carga
Humano	Miguel	MI	Maquinaria de movimiento de tierras
Humano	Ramón	RA	
Humano	José Antonio	JA	Maquinaria de firmes
Humano	José Carballo	CB	Trabajos meticulosos en piedra y otros.
Humano	Manuel	MA	
Humano	Arqueóloga	AR	Arqueóloga externa

C.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades

C.3.3.1. Estimación desde origen de la duración sin protección de las actividades

Siguiendo lo establecido en el punto "*4.3.3.1.1. Planificación desde el origen de la duración sin protección de las actividades*" para la estimación de la duración real de cada una de las actividades del proyecto, se ha realizado un estudio con datos reales de la empresa adjudicataria de la obra del caso práctico nº2.

El análisis desarrollado se basa en la determinación del rendimiento más elevado por parte de los trabajadores de la constructora para cada una de las actividades de la EDT, tomado como referencia diferentes obras terminadas en tiempo y/o ejecutadas con carácter urgente.

Es preciso destacar que se han empleado parte de los resultados obtenidos durante la estimación de las duraciones reales de las actividades de la obra de estudio nº1 para aquellos trabajos comunes con las obras del presente caso práctico, debido a la similitud de algunas tareas del proyecto y su ejecución por parte de la misma empresa constructora.

C.3.3.1.1. Estimación del rendimiento de la actividad 1.1

En la Tabla 134 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 1.1 de "Desbroce y limpieza de terreno a mano", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.1. Estimación del rendimiento de la actividad 1.1*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 134. Análisis de datos de la Actividad 1.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	399,65
Error típico	4,38
Mediana	402,67
Moda	-
Desviación estándar	10,72
Varianza de la muestra	114,88
Rango	28,75
Mínimo	381,25
Máximo	410,00
Suma	2.397,92
Cuenta	6,00
Rendimiento medio escogido	400 m/día

C.3.3.1.2. Estimación del rendimiento de la actividad 1.2

En la Tabla 135 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 1.2 de "Apertura de cunetas de terreno sin clasificar", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.2. Estimación del rendimiento de la actividad 1.2*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 135. Análisis de datos de la Actividad 1.2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	199,92
Error típico	2,31
Mediana	202,50
Moda	-
Desviación estándar	5,16
Varianza de la muestra	26,60
Rango	11,25
Mínimo	193,75
Máximo	205,00
Suma	999,58
Cuenta	5,00
Rendimiento medio escogido	200 m/día

C.3.3.1.3. Estimación del rendimiento de la actividad 2.1

En la Tabla 136 y en la Figura 92 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 137, correspondiente a la actividad 2.1 de "Reposición del suelo inadecuado con pedraplén".

Tabla 136. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.1

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63318	30,00	2,00	15,00
PP63372	48,00	3,00	16,00
PP64143	70,00	5,00	14,00
PP64519	25,00	2,00	12,50
PP64549	18,00	1,00	18,00

Figura 92. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.1

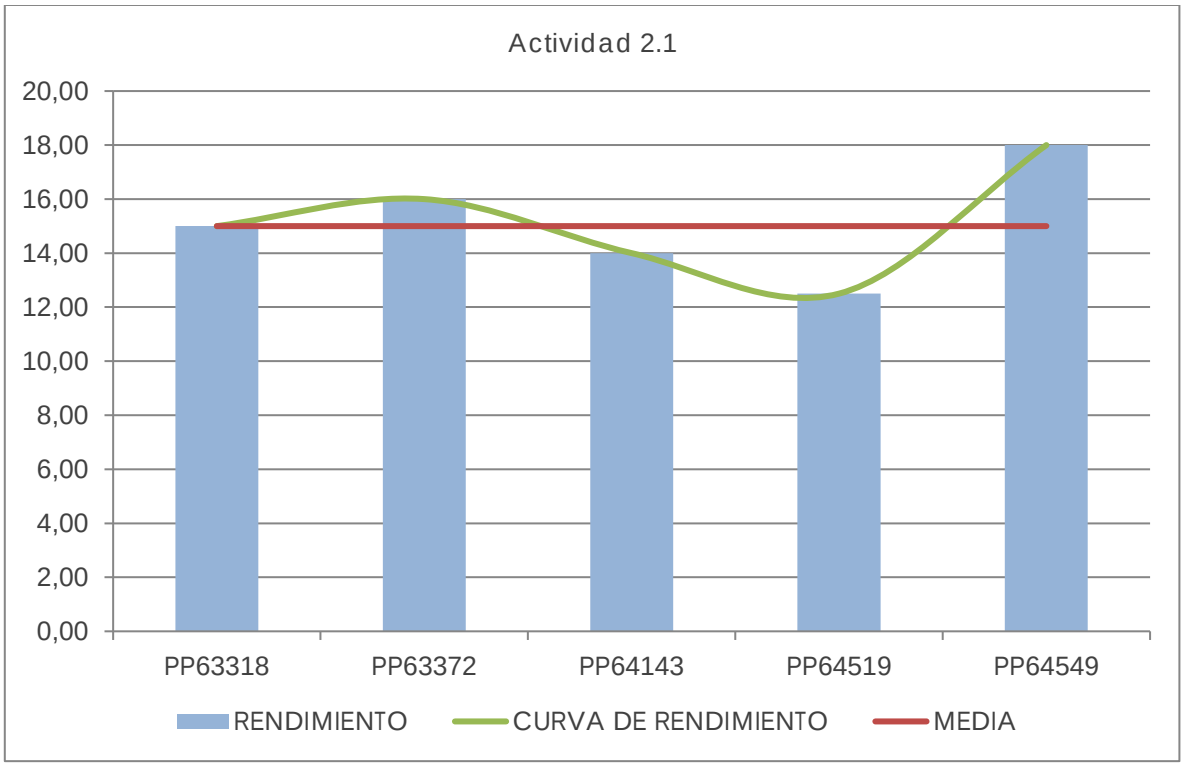


Tabla 137. Análisis de datos de la Actividad 2.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	15,10
Error típico	0,93
Mediana	15,00
Moda	-
Desviación estándar	2,07
Varianza de la muestra	4,30
Rango	5,50
Mínimo	12,50
Máximo	18,00
Suma	75,50
Cuenta	5,00
Rendimiento medio escogido	15 m^3/día

C.3.3.1.4. Estimación del rendimiento de la actividad 2.2

En la Tabla 138 y en la Tabla 139 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 2.2 de "Extendido y compactado de suelo seleccionado", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "B.3.3.1.3. Estimación del rendimiento de la actividad 2.1" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 138. Análisis de datos de la Actividad 2.2. Parte 1 de 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	78,13
Error típico	1,81
Mediana	77,08
Moda	-
Desviación estándar	3,62
Varianza de la muestra	13,14

Tabla 139. Análisis de datos de la Actividad 2.2. Parte 2 de 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Rango	8,33
Mínimo	75,00
Máximo	83,33
Suma	312,50
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	78 m³/día

C.3.3.1.5. Estimación del rendimiento de la actividad 2.3

En la Tabla 140 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 2.3 de "Zahorra natural ZN25", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.4. Estimación del rendimiento de la actividad 2.2*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 140. Análisis de datos de la Actividad 2.3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	95,07
Error típico	2,08
Mediana	93,33
Moda	100,00
Desviación estándar	4,66
Varianza de la muestra	21,69
Rango	10,00
Mínimo	90,00
Máximo	100,00
Suma	475,33
Cuenta	5,00
Rendimiento medio escogido	95 m³/día

C.3.3.1.6. Estimación del rendimiento de la actividad 2.4

En la Tabla 141 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 2.4 de "Zahorra artificial ZA25", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.5. Estimación del rendimiento de la actividad 2.3*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 141. Análisis de datos de la Actividad 2.4

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	90,15
Error típico	1,28
Mediana	90,91
Moda	-
Desviación estándar	3,39
Varianza de la muestra	11,53
Rango	9,75
Mínimo	84,00
Máximo	93,75
Suma	631,02
Cuenta	7,00
Rendimiento medio escogido	90 m^3/día

C.3.3.1.7. Estimación del rendimiento de la actividad 2.5

En la Tabla 142 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 2.5 de "Zahorra natural ZN25 estabilizada con cemento", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.6. Estimación del rendimiento de la actividad 2.4*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 142. Análisis de datos de la Actividad 2.5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	85,18
Error típico	2,05
Mediana	85,36
Moda	-
Desviación estándar	4,10
Varianza de la muestra	16,79
Rango	10,00
Mínimo	80,00
Máximo	90,00
Suma	340,71
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	85 m^3/día

C.3.3.1.8. Estimación del rendimiento de la actividad 2.6

En la Tabla 143 y en la Figura 93 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 144, correspondiente a la actividad 2.6 de "Zahorra natural ZN25 estabilizada con cemento de difícil acceso".

Tabla 143. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 2.6

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63246	52,00	2,00	26,00
PP63301	120,00	5,00	24,00
PP64145	130,00	5,50	23,64
PP64547	80,00	3,00	26,67

Figura 93. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 2.6

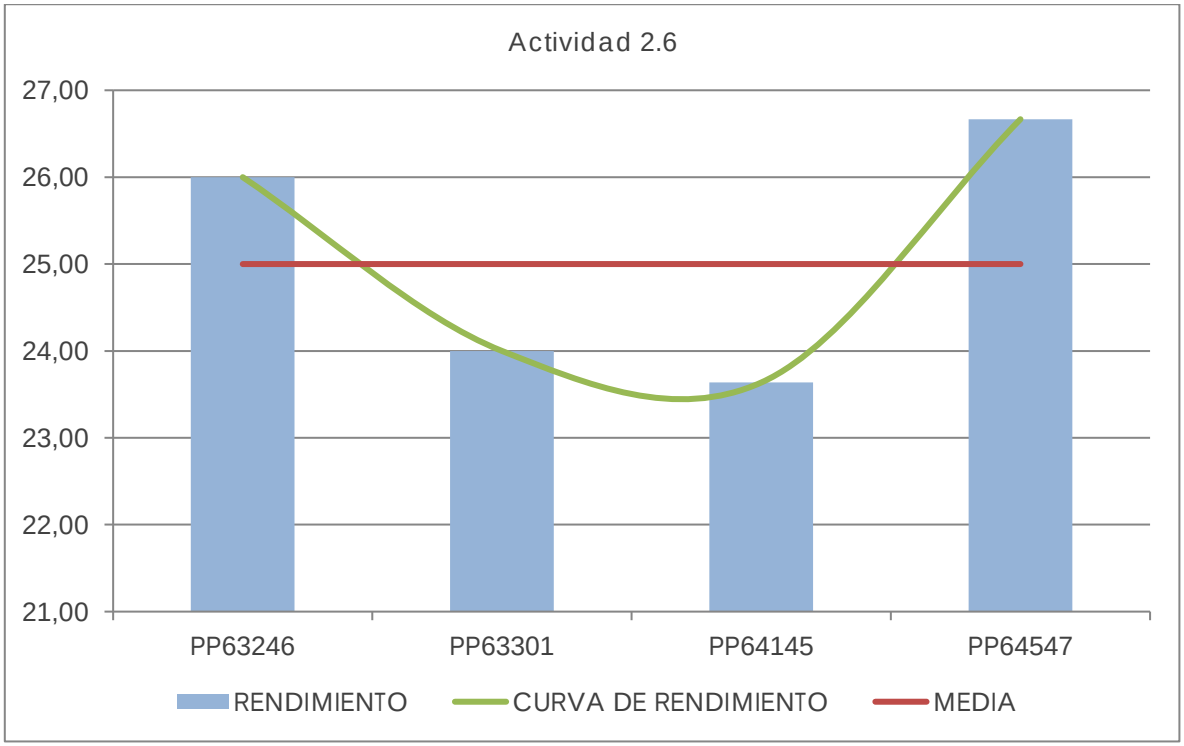


Tabla 144. Análisis de datos de la Actividad 2.6

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	25,08
Error típico	0,74
Mediana	25,00
Moda	-
Desviación estándar	1,48
Varianza de la muestra	2,20
Rango	3,03
Mínimo	23,64
Máximo	26,67
Suma	100,30
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	25 m³/día

C.3.3.1.9. Estimación del rendimiento de la actividad 3.1

En la Tabla 145 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 3.1 de "Paso de agua de piedra granítica", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.7. Estimación del rendimiento de la actividad 3.1*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 145. Análisis de datos de la Actividad 3.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	14,89
Error típico	1,46
Mediana	16,00
Moda	-
Desviación estándar	2,52
Varianza de la muestra	6,37
Rango	4,67
Mínimo	12,00
Máximo	16,67
Suma	44,67
Cuenta	3,00
Rendimiento medio escogido	15 m/día

C.3.3.1.10. Estimación del rendimiento de la actividad 3.2

En la Tabla 146 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 3.2 de "Estabilizador de piedra granítica", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.8. Estimación del rendimiento de la actividad 3.2*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 146. Análisis de datos de la Actividad 3.2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	32,17
Error típico	2,83
Mediana	32,17
Moda	-
Desviación estándar	4,01
Varianza de la muestra	16,06
Rango	5,67
Mínimo	29,33
Máximo	35,00
Suma	64,33
Cuenta	2,00
Rendimiento medio escogido	32 m/día

C.3.3.1.11. Estimación del rendimiento de la actividad 3.3

En la Tabla 147 y en la Figura 94 se muestran los datos escogidos y empleados para la realización del análisis de rendimientos expuesto en la Tabla 148, correspondiente a la actividad 3.3 de "Tajea o salvagabias de diámetro 400 con emboquillado".

Tabla 147. Estimación del rendimiento correspondiente a la Actividad 3.3

CÓDIGO DE OBRA	MEDICIÓN	DURACIÓN	RENDIMIENTO
PP63455	10,00	2,00	5,00
PP64093	9,00	2,00	4,50
PP64245	6,50	1,00	6,50

Figura 94. Rendimientos estimados correspondientes a la Actividad 3.3

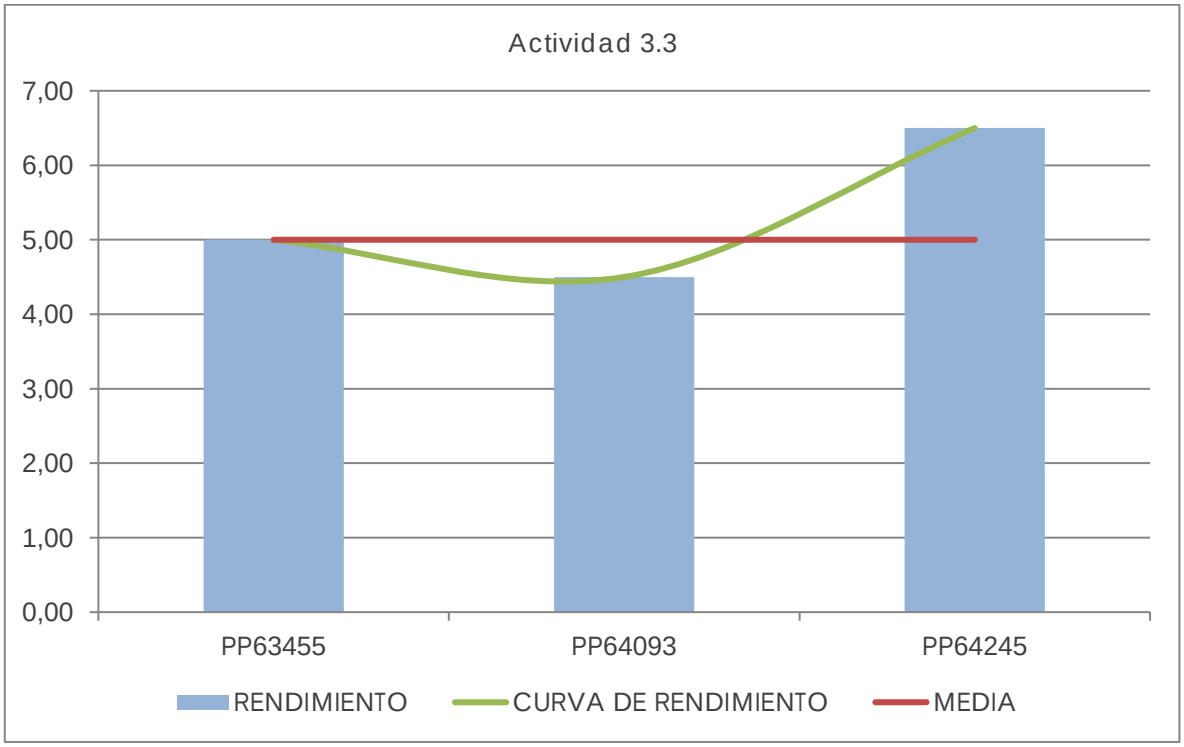


Tabla 148. Análisis de datos de la Actividad 3.3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	5,33
Error típico	0,60
Mediana	5,00
Moda	-
Desviación estándar	1,04
Varianza de la muestra	1,08
Rango	2,00
Mínimo	4,50
Máximo	6,50
Suma	16,00
Cuenta	3,00
Rendimiento medio escogido	5 m/día

C.3.3.1.12. Estimación del rendimiento de la actividad 4.1

En la Tabla 149 se muestran los datos obtenidos tras la estimación de rendimientos de la actividad 4.1 de "Borde de piedra granítica", correspondiente al análisis realizado anteriormente para dicha actuación en el apartado "*B.3.3.1.9. Estimación del rendimiento de la actividad 4.1*" del estudio elaborado para la obra del caso práctico nº1.

Tabla 149. Análisis de datos de la Actividad 4.1

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE LA MUESTRA	
Media	39,83
Error típico	0,96
Mediana	40,00
Moda	40,00
Desviación estándar	1,91
Varianza de la muestra	3,67
Rango	4,67
Mínimo	37,33
Máximo	42,00
Suma	159,33
Cuenta	4,00
Rendimiento medio escogido	40 m^3/día

C.3.3.1.13. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio

Los resultados obtenidos, tras el análisis de las diferentes obras donde los equipos de trabajo han aplicado el máximo esfuerzo para la realización de las mismas actividades que componen la obra de estudio, permiten determinar el valor medio de productividad para cada una de las tareas examinadas. A partir de estos datos se ha calculado el tiempo estimado de duración mínima, sin ningún tipo de protección frente la incertidumbre, de cada una de las actividades que componen la EDT de proyecto, cuyos valores se muestran en la Tabla 150.

Tabla 150. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº2

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	MEDICIÓN OBRA	RENDIMIENTO	DURACIÓN CALCULADA SIN PROTECCIÓN (dsP_i)*
1	TRABAJOS PREVIOS			
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	2.030,00 m	400,00 m/día	5 días
1.2	Apertura de cunetas terreno sin clasificar	2.030,00 m	200,00 m/día	10 días
2	FIRMES			
2.1	Repos. suelo inadec. con terraplén	26,25 m³	15,00 m³/día	2 días
2.2	Ext. y compact. de suelo seleccionado	332,50 m³	78,00 m³/día	4 días
2.3	ZN25	340,50 m³	95,00 m³/día	4 días
2.4	ZA25	236,25 m³	90,00 m³/día	3 días
2.5	ZA25 estabilizada con cemento	234,75 m³	85,00 m³/día	3 días
2.6	ZA25 estabilizada con cemento dif. acceso	120,00 m³	25,00 m³/día	5 días
3	DRENAJE			
3.1	Paso de agua de piedra granítica	65,00 m	15,00 m/día	4 días
3.2	Estabilizador de piedra granítica	52,50 m	32,00 m/día	2 días
3.3	Tajea o salvagabias ø400 con emboquill.	4,00 m	5,00 m/día	1 días
4	OBRAS COMPLEMENT.			
4.1	Borde de piedra granítica	165,00 m	40,00 m/día	4 días
4.2	Varios	1,00 PA	Se ejecutará a lo largo de todo el proyecto.	
5**	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	1,00 PA	Se subcontratará a un arqueólogo externo para que esté presente en los momentos clave de la obra.	
6**	SEGURIDAD Y SALUD	1,00 PA	Se ejecutará a lo largo de todo el proyecto.	
7**	GESTIÓN DE RESIDUOS	1,00 PA	Se ejecutará a lo largo de todo el proyecto.	

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

** Actividad dependiente. Su duración está subordinada a la ejecución parcial o total del proyecto

C.3.3.2. Cronograma previo de las obras

A partir de los tiempos estimados en la Tabla 150, donde se muestran las duraciones sin protección de cada una de las actividades del proyecto, se ha desarrollado el cronograma previo de la obra, tal y como se encuentra recogido en la Ficha 31 y en la Ficha 32 del *Apéndice 1* de este Anejo.

C.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas y Nivelación de los Recursos

Con objeto de dar cumplimiento al modelo de planificación propuesto, basado en las técnicas de la cadena crítica, en la Ficha 33 y en la Ficha 34 del *Apéndice 1* de este Anejo se presenta el cronograma previo de las obras con la incorporación de los recursos identificados con anterioridad en el punto "*C.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras*".

La programación obtenida muestra la existencia de recursos sobreasignados (actividades 1.2 y 2.1), además de la existencia de grandes holguras entre el final de las subcadenas (subcadena 1: '2.1'; subcadena 2: '3.3, 4.1, 3.1, 3.2') y las actividades críticas a las que alimentan ('2.2' y '2.6' respectivamente).

Con objeto de conseguir una aplicación correcta del CCPM se planifica evitando la multitarea y la programación ASAP, obteniendo la nivelación previa de la Ficha 35 y de la Ficha 36 del *Apéndice 1* de este Anejo.

Tras la realización de las fases 1, 2, 3 y 4 del procedimiento de planificación definido en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*", se han identificado las actividades pertenecientes a la cadena crítica (ver Tabla 151) y a las subcadenas existentes (ver Tabla 152), así como las características propias de las mismas.

Tabla 151. Características de la cadena crítica de la obra nº2

CADENA CRÍTICA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)
CC	1.1	5
	1.2	10
	2.2	4
	2.3	4
	2.4	3
	2.6	5
	2.5	3

Tabla 152. Características de las subcadenas de la obra nº2

SUBCADENA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)	HOLGURA GENERADA CON dsP_i	ACTIVIDAD CRÍTICA A LA QUE ALIMENTA
SC_1	2.1	2	8	2.2
SC_2	3.3	1	10	2.6
	4.1	4		
	3.1	4		
	3.2	2		

C.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre

El método de la cadena crítica no pretende la eliminación de la incertidumbre de las actividades, si no gestionarla de una forma correcta mediante la inclusión de los llamados buffers que permiten proteger los proyectos de manera global.

Al igual que en el caso de estudio anterior ("*Anejo B. Estudio del Caso Práctico Nº1*"), se ha calculado el tamaño de los amortiguadores de proyecto y de alimentación mediante las metodologías indicadas en el apartado "*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*". También se han dispuesto los buffers de recurso necesarios para el inicio a tiempo de las tareas pertenecientes a la cadena crítica.

C.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers

C.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP)

Fórmula de cálculo (Ecuación 17)

$$Buffer = 0{,}5 \sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)$$

donde:

- n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.
- i : actividad.
- dcP_i : duración de la actividad i con protección (datos de la Tabla 131).
- dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 150).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 153)

Tabla 153. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	34	PB_{CP}	7,5	49	8

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 154)

Tabla 154. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	2	$FB_{1,CP}$	1	8	1
SC_2	11	$FB_{2,CP}$	2	10	2

C.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 18)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/3$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 150).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 155)

Tabla 155. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	34	PB_{TC}	11,33	49	12

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 156)

Tabla 156. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	2	$FB_{1,TC}$	0,66	8	1
SC_2	11	$FB_{2,TC}$	3,67	10	4

C.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

Fórmula de cálculo (Ecuación 19)

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)^2}$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección o duración de bajo riesgo de la actividad i (datos de la Tabla 131).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección o duración de alto riesgo de la actividad i (valores de la Tabla 150).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 157)

Tabla 157. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	34	PB_{RSEM}	6,24	49	7

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 158)

Tabla 158. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	2	$FB_{1,RSEM}$	2	8	2
SC_2	11	$FB_{2,RSEM}$	2,45	10	3

C.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 26)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/4$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 150).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 159)

Tabla 159. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	34	PB_{FC}	8,50	49	9

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 160)

Tabla 160. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	2	$FB_{1,FC}$	0,5	8	1
SC_2	11	$FB_{2,FC}$	2,75	10	3

C.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers

En la Tabla 161 y en la Tabla 162 se presenta un resumen de las duraciones de los amortiguadores de proyecto y de alimentación respectivamente, calculados mediante las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers, indicadas en el punto "*C.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*".

Tabla 161. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Cadena crítica	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
CC	PB	8	12	7	9

Tabla 162. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Subcadena	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
SC_1	FB_1	1	1	2	1
SC_2	FB_2	2	4	3	3

C.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica

Calculadas las duraciones reales de las actividades de la EDT ("*C.3.3.1.13. Estimación de la duración de cada una de las actividades de la EDT en el caso de estudio*") y puesto que los valores obtenidos del tamaño de los amortiguadores son diferentes para cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers empleados ("*C.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers*"), se han diseñado los cuatro cronogramas de la obra presentados de la Ficha 37 a la Ficha 44 del *Apéndice 1* de este Anejo. De estas representaciones gráficas se deducen los datos indicados en la Tabla 163 que:

1) El cronograma resultante tras la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers (Ficha 37 y Ficha 38) prevé que el 28 de octubre de 2015 sea la fecha de

conclusión de los trabajos planificados, reduciendo en un 14,29% la duración total proyectada de los mismos.

2) El cronograma obtenido tras la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers (Ficha 39 y Ficha 40) señala el 3 de noviembre de 2015 como la fecha de finalización de la obra de A Mezquita, acortando la duración prevista de la misma en un 6,12%.

3) El cronograma resultante tras la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers (Ficha 41 y Ficha 42) estima el 27 de octubre de 2015 como la fecha de terminación de la obra del caso práctico nº2, disminuyendo la duración prevista de la misma en un 16,32%.

4) El cronograma determinado tras la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers (Ficha 43 y Ficha 44) considera el 29 de octubre de 2015 la fecha de entrega de la obra de análisis nº2, lo que supone una reducción del 12,24% de la duración programada para la misma.

Tabla 163. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº2

Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo
Original	49	31/08/2015	06/11/2015	-
CP	42	31/08/2015	28/10/2015	14,29%
TC	46	31/08/2015	03/11/2015	6,12%
RSEM	41	31/08/2015	27/10/2015	16,32%
FC	43	31/08/2015	29/10/2015	12,24%

C.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto

Partiendo de los datos económicos disponibles del proyecto de estudio, detallados en el *Apéndice 2* del presente Anejo, en la Tabla 164 se desglosan los importes del Presupuesto

de Ejecución Material de Adjudicación de todas las actividades en las que el proyecto se ha estructurado.

Tabla 164. Características temporales y económicas de la obra nº2

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO (€)
1	TRABAJOS PREVIOS		
1.1	Desbroce y limpieza de terreno a mano	5	6.110,30
1.2	Apertura de cunetas terreno sin clasificar	10	7.917,00
2	FIRMES		
2.1	Reposición suelo inadecuado con pedraplén	2	533,14
2.2	Ext. y compact. de suelo seleccionado	4	4.242,70
2.3	ZN25	4	6.363,95
2.4	ZA25	3	5.554,24
2.5	ZA25 estabilizada con cemento	3	7.906,38
2.6	ZA25 estabilizada con cemento difícil acceso	5	4.681,20
3	DRENAJE		
3.1	Paso de agua de piedra granítica	4	5.885,75
3.2	Estabilizador de piedra granítica	2	2.678,03
3.3	Tajea o Salvagabias ø400 con emboquillado	1	421,20
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS		
4.1	Borde de piedra granítica	4	15.402,75
4.2	Varios	34	1.800,00
5	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO	11	3.071,90
6	SEGURIDAD Y SALUD	34	1.170,00
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	34	937,50
COSTE TOTAL ESTIMADO (BAC)			74.676,04

Para la definición de las líneas base de la obra de estudio (presentadas de la Ficha 45 a la Ficha 60 del *Apéndice 1* de este Anejo) se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

- Se elaboran cuatro líneas base ya que el tamaño de todos los FB calculados anteriormente tras la aplicación de los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers son diferentes (Tabla 162).

- Los importes previstos para cada una de las actividades que conforman la EDT de la obra se han distribuido a lo largo del tiempo programado para la ejecución de los trabajos mediante un reparto ponderado de dichos costes.

- Las cifras presentadas dentro de las líneas bases han sido expresadas en euros (€).

La suma de los importes fijados, para cada una de las actividades de la EDT del proyecto de análisis, permite determinar los costes totales presupuestados del trabajo programado (PV) con carácter diario y acumulado, definiendo de este modo la línea base del presupuesto.

Puesto que tras la programación del proyecto de A Mezquita se han desarrollado cuatro cronogramas diferentes en función de la metodología de dimensionamiento de buffers empleada, de la Tabla 165 a la Tabla 167 se presentan los valores de las cuatro líneas base del presupuesto, obtenidas a partir de las cantidades acumuladas del valor planificado, así como las representaciones gráficas correspondientes (ver de la Figura 95 a la Figura 102):

Tabla 165. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 04/09/2015

DÍAS (1ª semana)		31/08/2015	01/09/2015	02/09/2015	03/09/2015	04/09/2015
PV_{CP}	DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €
	A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €
PV_{TC}	DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €
	A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €
PV_{RSEM}	DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €
	A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €
PV_{FC}	DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €
	A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €

Tabla 166. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 07/09/2015 – 25/09/2015

DÍAS (2ª semana)		07/09/2015	08/09/2015	09/09/2015	10/09/2015	11/09/2015
PV_{CP}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €
	A ORIGEN	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €
PV_{TC}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €
	A ORIGEN	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €
PV_{RSEM}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €
	A ORIGEN	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €
PV_{FC}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €
	A ORIGEN	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €

DÍAS (3ª semana)		14/09/2015	15/09/2015	16/09/2015	17/09/2015	18/09/2015
PV_{CP}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.288,81 €	1.710,01 €	4.872,92 €
	A ORIGEN	13.403,36 €	14.425,59 €	15.714,40 €	17.424,41 €	22.297,33 €
PV_{TC}	DIARIO	1.022,24 €	1.443,44 €	5.139,49 €	5.139,49 €	4.872,92 €
	A ORIGEN	13.403,36 €	14.846,79 €	19.986,29 €	25.125,78 €	29.998,71 €
PV_{RSEM}	DIARIO	1.022,24 €	1.288,81 €	1.710,01 €	4.872,92 €	4.872,92 €
	A ORIGEN	13.403,36 €	14.692,16 €	16.402,17 €	21.275,09 €	26.148,02 €
PV_{FC}	DIARIO	1.022,24 €	1.022,24 €	1.710,01 €	5.139,49 €	4.872,92 €
	A ORIGEN	13.403,36 €	14.425,59 €	16.135,60 €	21.275,09 €	26.148,02 €

DÍAS (4ª semana)		21/09/2015	22/09/2015	23/09/2015	24/09/2015	25/09/2015
PV_{CP}	DIARIO	5.071,70 €	5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	3.222,76 €
	A ORIGEN	27.369,03 €	32.440,73 €	37.512,43 €	40.204,88 €	43.427,64 €
PV_{TC}	DIARIO	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €
	A ORIGEN	35.070,41 €	37.762,85 €	40.455,30 €	43.147,75 €	46.370,51 €
PV_{RSEM}	DIARIO	5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €
	A ORIGEN	31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €
PV_{FC}	DIARIO	5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €
	A ORIGEN	31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €

Tabla 167. PV diarios y acumulados de la obra nº2. Fecha: 28/09/2015 – 16/10/2015

DÍAS (5ª semana)		28/09/2015	29/09/2015	30/09/2015	01/10/2015	02/10/2015
PV_{CP}	DIARIO	3.222,76 €	3.222,76 €	3.090,34 €	3.350,76 €	2.011,75 €
	A ORIGEN	46.650,40 €	49.873,16 €	52.963,50 €	56.314,27 €	58.326,02 €
PV_{TC}	DIARIO	3.090,34 €	3.090,34 €	1.751,32 €	2.011,75 €	2.011,75 €
	A ORIGEN	49.460,85 €	52.551,19 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €
PV_{RSEM}	DIARIO	3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €
	A ORIGEN	48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €
PV_{FC}	DIARIO	3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €
	A ORIGEN	48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €

DÍAS (6ª semana)		05/10/2015	06/10/2015	07/10/2015	08/10/2015	09/10/2015
PV_{CP}	DIARIO	2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €
	A ORIGEN	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €
PV_{TC}	DIARIO	2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €
	A ORIGEN	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €
PV_{RSEM}	DIARIO	2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €
	A ORIGEN	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €
PV_{FC}	DIARIO	2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €
	A ORIGEN	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €

DÍAS (7ª semana)		12/10/2015	13/10/2015	14/10/2015	15/10/2015	16/10/2015
PV_{CP}	DIARIO		1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €
	A ORIGEN		65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €
PV_{TC}	DIARIO		1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €
	A ORIGEN		65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €
PV_{RSEM}	DIARIO		1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €
	A ORIGEN		65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €
PV_{FC}	DIARIO		1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €
	A ORIGEN		65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €

Figura 95. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{CP}). Obra nº2

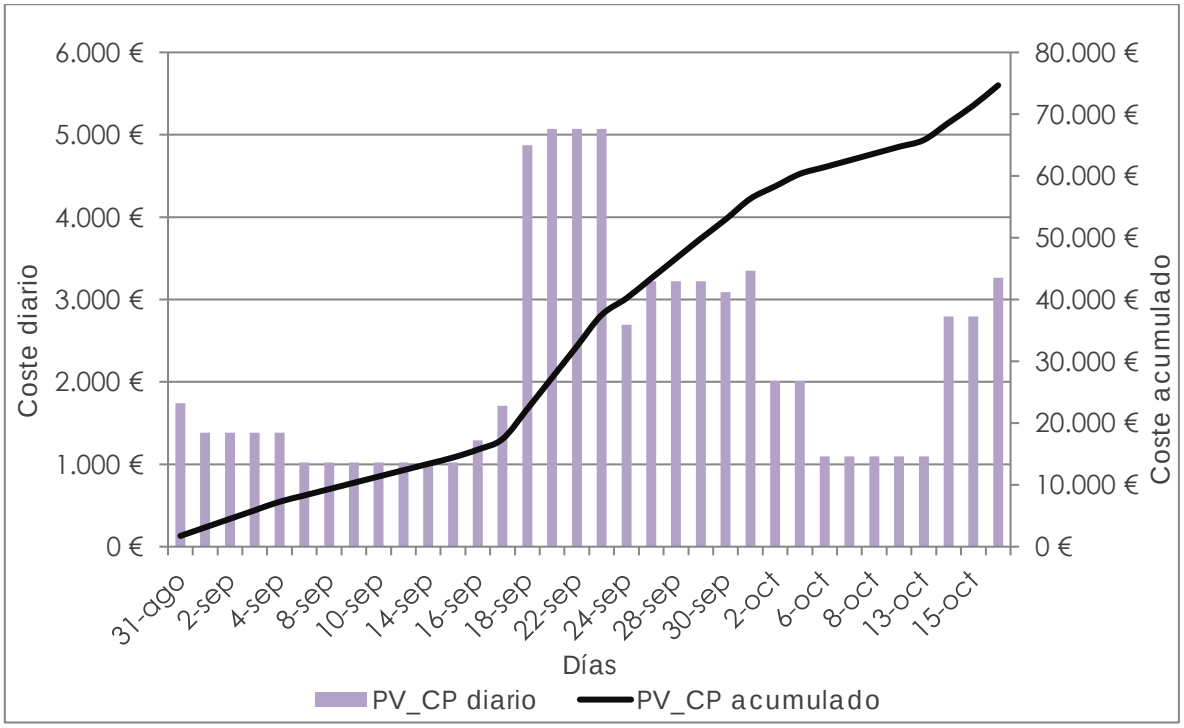


Figura 96. Línea base del proyecto (PV_{CP}) de la obra nº2

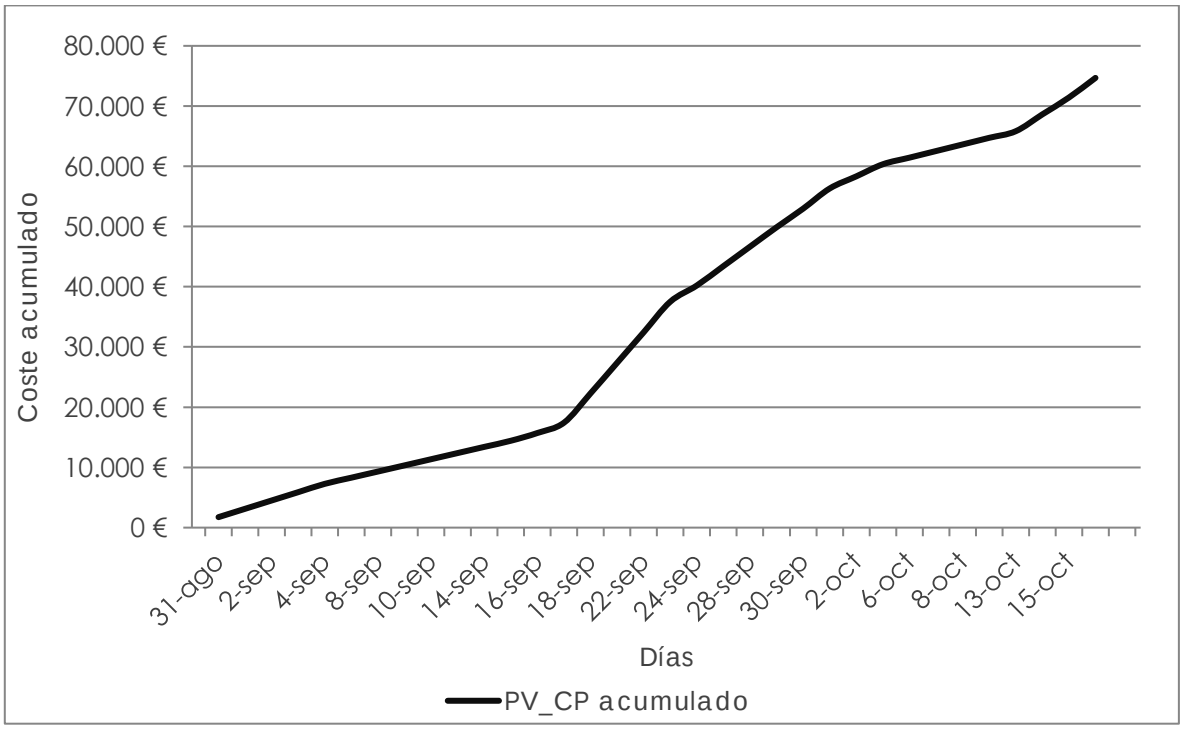


Figura 97. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{TC}). Obra nº2

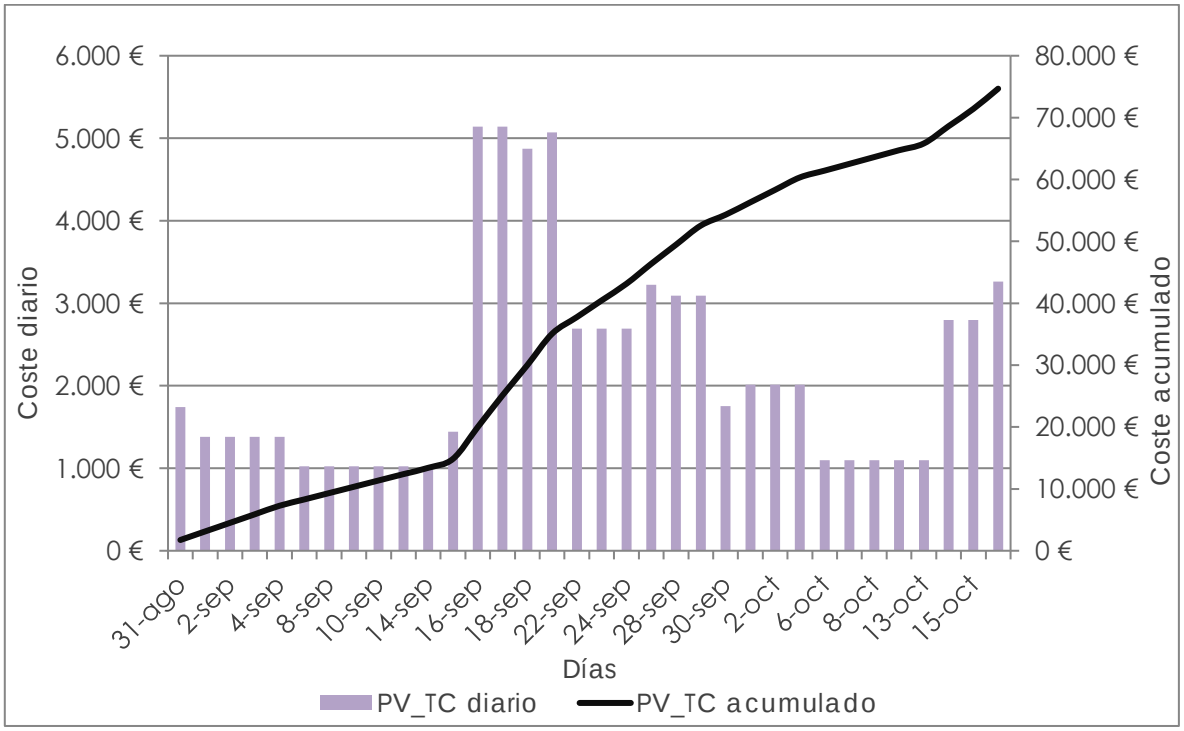


Figura 98. Línea base del proyecto (PV_{TC}) de la obra nº2

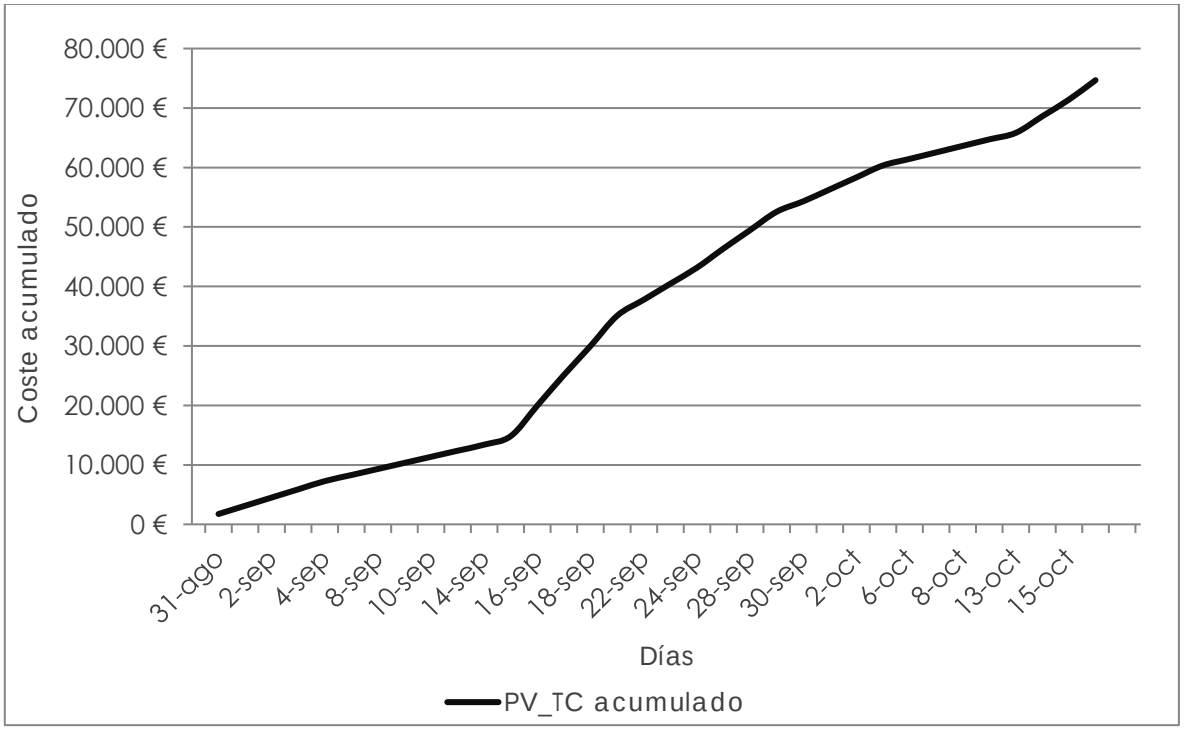


Figura 99. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{RSEM}). Obra nº2

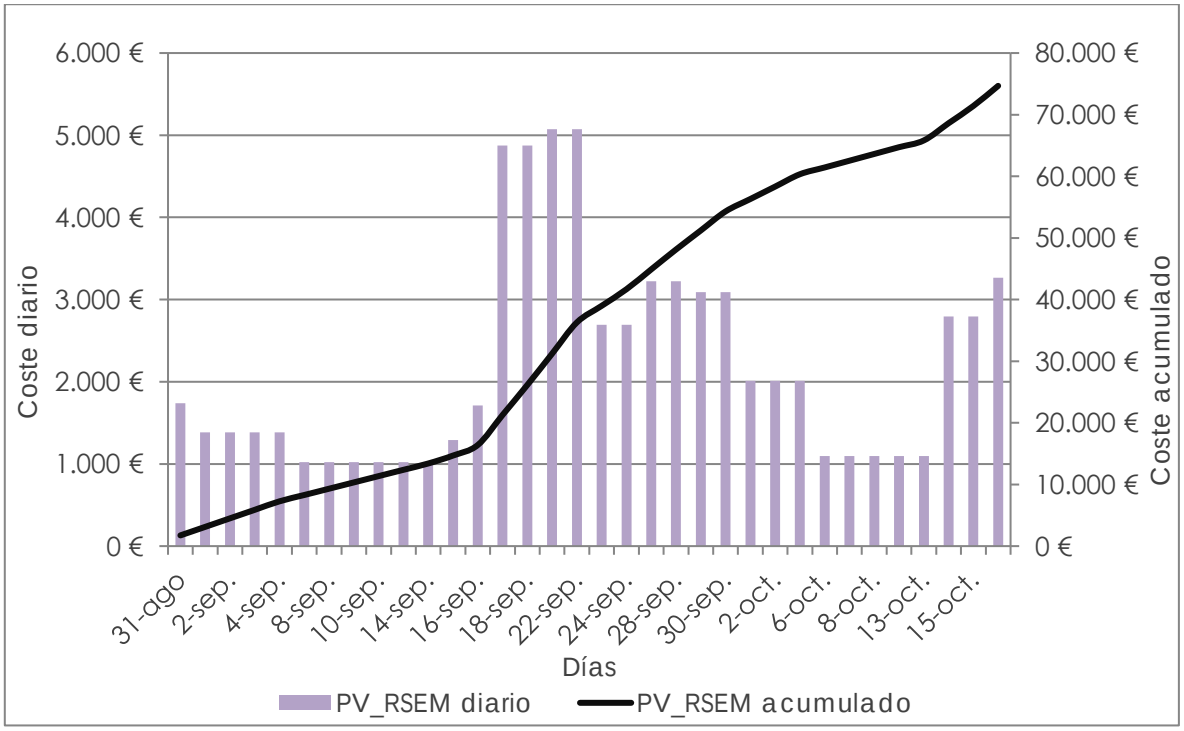


Figura 100. Línea base del proyecto (PV_{RSEM}) de la obra nº2

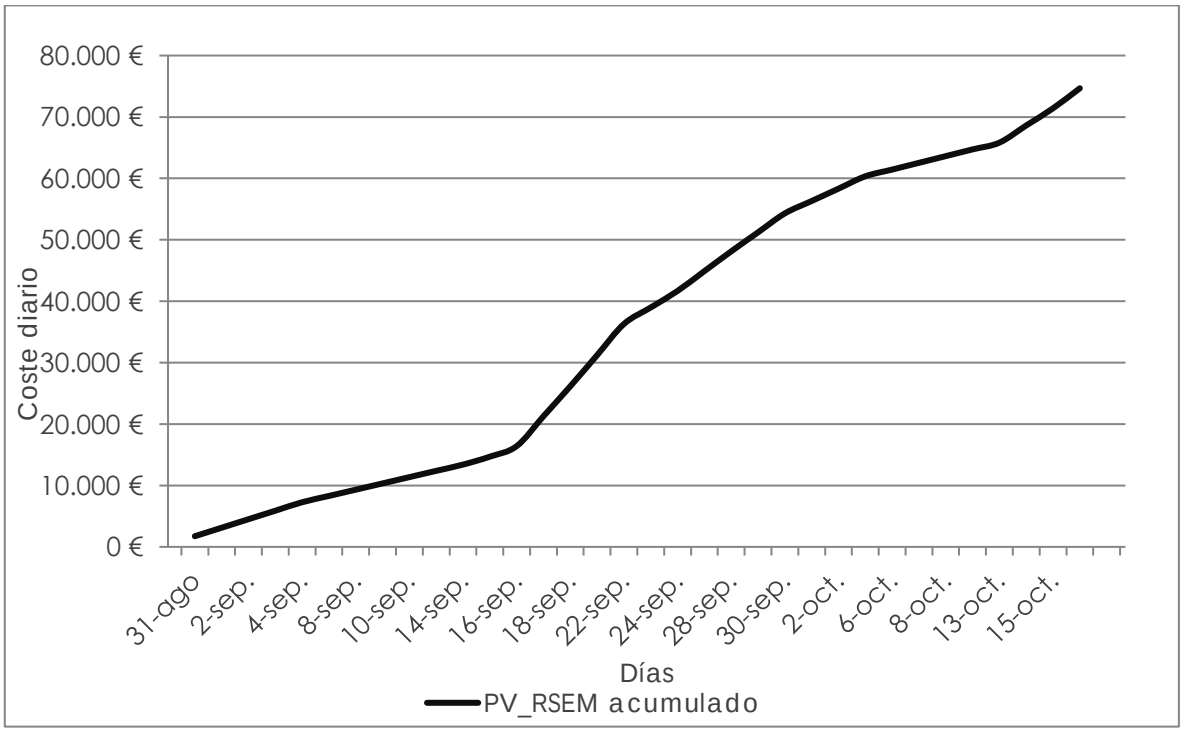


Figura 101. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{FC}). Obra nº2

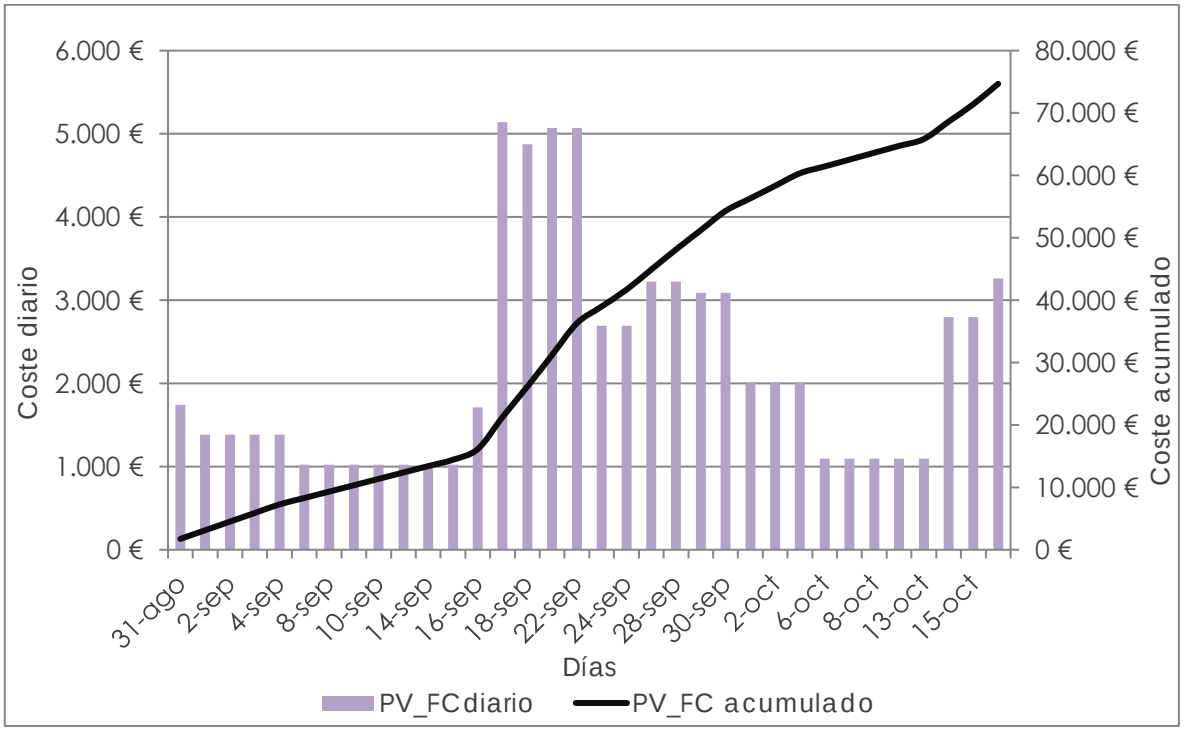
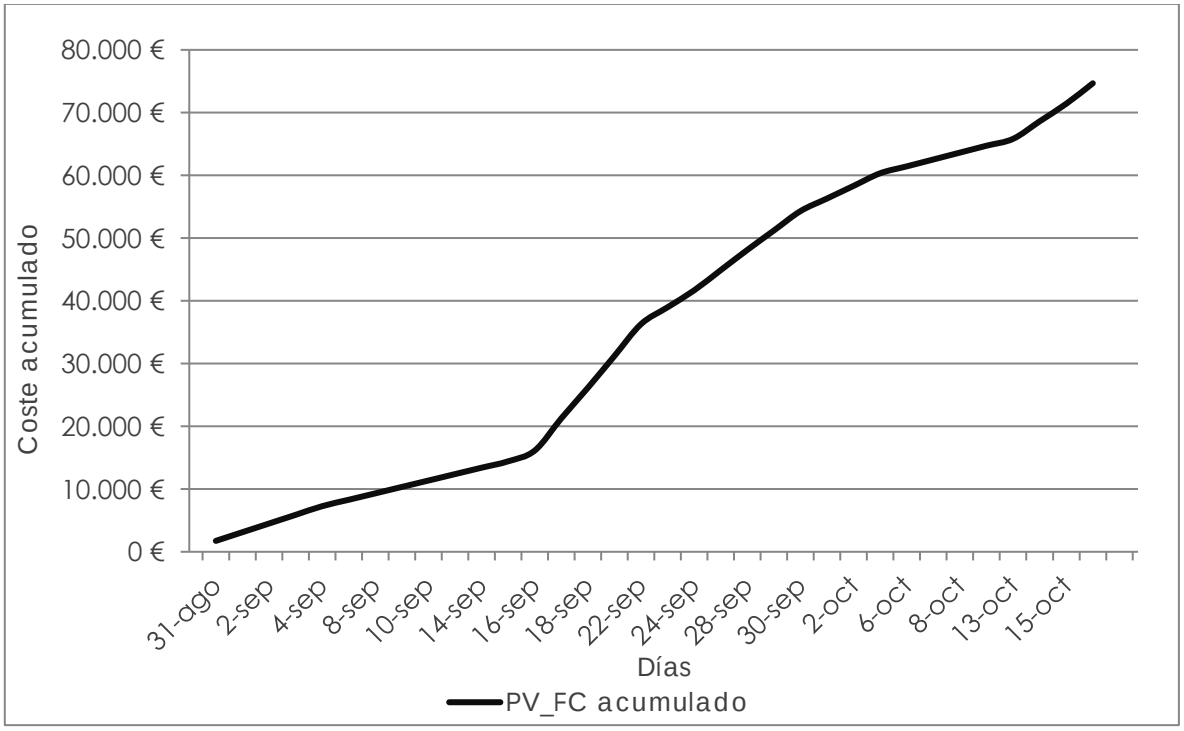


Figura 102. Línea base del proyecto (PV_{FC}) de la obra nº2



C.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto

Siguiendo lo establecido en el apartado "*4.3.8. Fase 8: Definición de los Hitos del Proyecto*" del modelo de planificación propuesto, se han definido los siguientes hitos dentro del cronograma de la obra de estudio con objeto de identificar los momentos clave del proyecto y facilitar la medición del desempeño del mismo, durante la fase de seguimiento, al utilizarlos como puntos de control:

- HITO 1

  Este hito permite identificar la finalización de los trabajos de apertura de cunetas perteneciente al apartado de "Trabajos previos", suponiendo la conclusión de dicho capítulo correspondiente al 19 % de la ejecución total de la obra. Además, en este punto, la subcadena 1 formada por la tarea de "Reposición de suelo inadecuado con pedraplén" debe de estar completamente rematada y el "Seguimiento y control arqueológico" se encontrará terminado en un 60 % del total de dicha actividad.

- HITO 2

  Debido al importante peso económico de los trabajos de colocación de "Borde de piedra granítica", actividad que supone casi el 21 % del presupuesto total de la obra, el presente punto de control registra el final de dicha tarea.

- HITO 3

  Cuando se inicien los trabajos de "Zahorra artificial ZA25 estabilizada con cemento de difícil acceso" la subcadena 2 deberá estar terminada, lo que se traduce en que los capítulos de "Drenaje" y "Obras complementarias", que suponen el 12 % y el 25 % del presupuesto total de la obra respectivamente, deberán estar terminados por completo. En este punto la obra debe estar ejecutada en un 82 %.

De la Ficha 61 a la Ficha 76 (recogidas dentro del *Apéndice 1* de este Anejo) se muestra la localización y distribución de los puntos de control definidos dentro de los cronogramas obtenidos tras la integración del CCPM y el EVM, correspondientes con la programación final del método propuesto.

C.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº2

Utilizando los datos obtenidos durante la etapa de planificación del proyecto de A Mezquita ("*C.3. Procedimiento de Planificación de la Obra de Estudio Nº2*"), en el presente punto se muestran y exponen, de forma detallada, los pasos seguidos para el cálculo de los parámetros, índices y valores propios de las metodologías de CCPM y EVM mediante la realización de cada una de las fases establecidas en el modelo de seguimiento de proyectos propuesto en el apartado "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*" de esta tesis.

Debido a la tipología y el dimensionamiento de la obra y de la empresa, la dirección y el control de proyecto se ha realizado de forma diaria.

C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado

La determinación del valor ganado se lleva a cabo mediante la valoración del director de la obra, por parte de la empresa contratista, y el empleo de los hitos distribuidos en la planificación como puntos de control ("*C.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto*") que facilitan la exactitud y la objetividad de dichas estimaciones.

De la Ficha 77 a la Ficha 80 del *Apéndice 1* de este Anejo se recoge la ejecución real de la obra del caso práctico nº2, quedando reflejados la utilización final de los recursos de los que se disponían y los valores del EV de cada una de las actividades de la EDT, cuya suma total es la que proporciona el valor ganado de proyecto según la fecha seleccionada con carácter diario y a origen, tal y como se muestra resumido de la Tabla 168 a la Tabla 170. A partir de los datos acumulativos por día del valor ganado se construye la curva del comportamiento y tendencia de EV a través del tiempo, expuesta en la Figura 103:

Tabla 168. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 04/09/2015

DÍAS (1ª semana)		31/08/2015	01/09/2015	02/09/2015	03/09/2015	04/09/2015
EV	% AVANCE	3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%
	DIARIO	2.377,61 €	758,61 €	758,61 €	758,61 €	1.489,86 €
	A ORIGEN	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €

Tabla 169. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 07/09/2015 – 16/10/2015

DÍAS (2ª semana)		07/09/2015	08/09/2015	09/09/2015	10/09/2015	11/09/2015
EV	% AVANCE	9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%
	DIARIO	758,61 €	758,61 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €
	A ORIGEN	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €

DÍAS (3ª semana)		14/09/2015	15/09/2015	16/09/2015	17/09/2015	18/09/2015
EV	% AVANCE	14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%
	DIARIO	1.829,15 €	1.829,15 €	1.829,15 €	1.829,15 €	1.829,15 €
	A ORIGEN	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €

DÍAS (4ª semana)		21/09/2015	22/09/2015	23/09/2015	24/09/2015	25/09/2015
EV	% AVANCE	24,91%	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%
	DIARIO	598,91 €	3.258,26 €	3.258,26 €	5.455,22 €	5.455,22 €
	A ORIGEN	18.605,22 €	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €

DÍAS (5ª semana)		28/09/2015	29/09/2015	30/09/2015	01/10/2015	02/10/2015
EV	% AVANCE	50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%
	DIARIO	1.540,69 €	4.032,81 €	2.598,82 €	874,42 €	2.400,87 €
	A ORIGEN	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €

DÍAS (6ª semana)		05/10/2015	06/10/2015	07/10/2015	08/10/2015	09/10/2015
EV	% AVANCE	66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%
	DIARIO	2.400,87 €	2.010,32 €	1.972,82 €	2.082,84 €	2.082,84 €
	A ORIGEN	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €

DÍAS (7ª semana)		12/10/2015	13/10/2015	14/10/2015	15/10/2015	16/10/2015
EV	% AVANCE		79,57%	80,61%	81,92%	83,22%
	DIARIO		1.388,56 €	780,20 €	975,25 €	975,25 €
	A ORIGEN		59.418,07 €	60.198,27 €	61.173,52 €	62.148,77 €

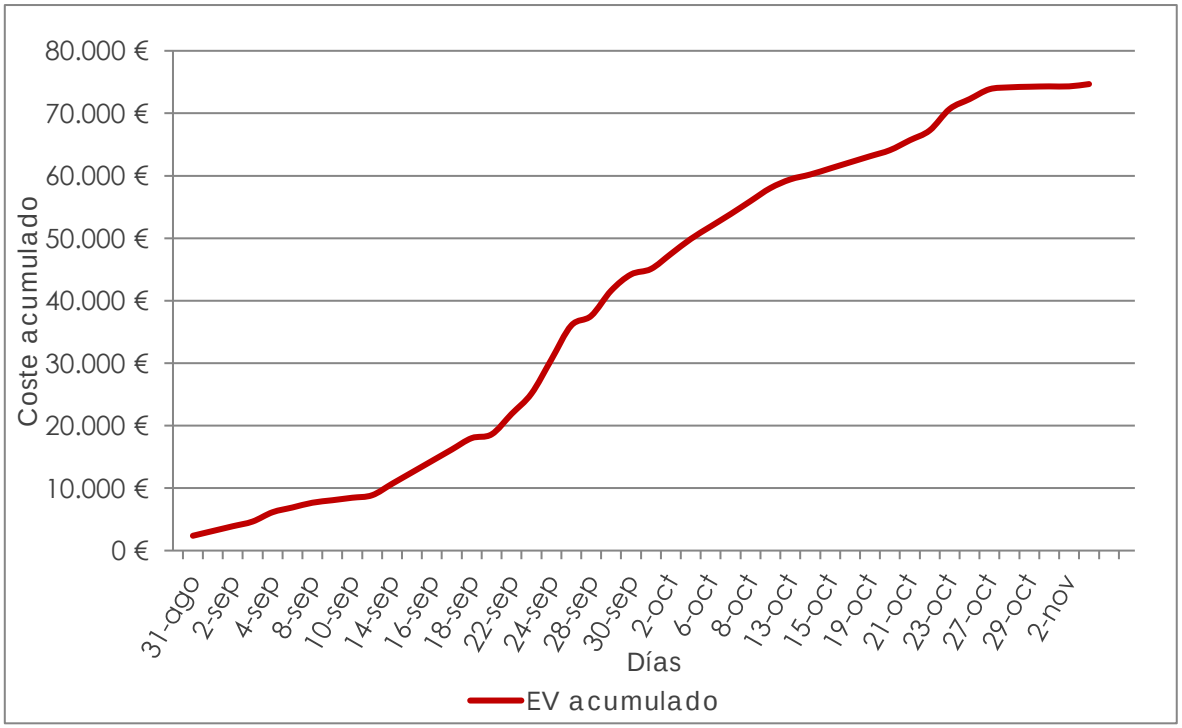
Tabla 170. EV diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 19/10/2015 – 06/11/2015

DÍAS (8ª semana)		19/10/2015	20/10/2015	21/10/2015	22/10/2015	23/10/2015
EV	% AVANCE	84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%
	DIARIO	975,25 €	975,25 €	1.581,28 €	1.581,28 €	3.424,42 €
	A ORIGEN	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €

DÍAS (9ª semana)		26/10/2015	27/10/2015	28/10/2015	29/10/2015	30/10/2015
EV	% AVANCE	96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%
	DIARIO	1.581,28 €	1.581,28 €	300,00 €	100,00 €	58,50 €
	A ORIGEN	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €

DÍAS (10ª semana)		02/11/2015	03/11/2015	04/11/2015	05/11/2015	06/11/2015
EV	% AVANCE	99,51%	100,00%			
	DIARIO	0,00 €	368,75 €			
	A ORIGEN	74.307,29 €	74.676,04 €			

Figura 103. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº2



De los resultados calculados se puede deducir que:

- El inicio de las obras se produce según los plazos fijados en la programación.
- Aunque la actividad 1.2 comienza con retraso debido a la realización de una serie de trabajos puntuales propios de la tarea 4.2, que emplea ciertos recursos necesarios para la ejecución de "Apertura de cunetas de terreno sin clasificar", esta actividad finaliza en la fecha prevista en la planificación.
- La actividad 2.1, perteneciente a la subcadena 1, consume todo el buffer de alimentación de la misma sin que se inicie, por lo que se convierte en una actividad crítica al modificarse la CC de proyecto.
- Las tareas 2.2 y 2.5 necesitan más días de los calculados en las líneas base de proyecto para su completa ejecución.
- Los trabajos 2.3, 2.4 y 2.6 se realizan de acuerdo con la duración fijada en el proyecto.
- La subcadena 2, formada por las actividades "3.3, 4.1, 3.1 y 3.2", se finaliza con mucha holgura debido a los retrasos en la cadena crítica y el consiguiente aplazamiento de la tarea 2.6 a la cual alimentaba.
- En el punto programado para terminar el proyecto de A Mezquita, con independencia de la protección añadida con los diferentes métodos, la obra se encontraba finalizada en un 83 %.
- La cadena crítica originalmente proyectada sufrió ciertas modificaciones, pudiéndose determinar la secuencia de tareas "1.1, 4.2, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3 , 2.4, 2.6, 2.5, 4.2" como la cadena crítica final de la ejecución, si se tiene en cuenta la actividad dependiente de Varios que se realiza en momentos alternos de la obra, o la secuencia formada por "1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3 , 2.4, 2.6, 2.5" si se considera la actividad 4.2 como una tarea especial al tratarse de trabajos puntuales que pueden surgir durante la ejecución de toda la obra.
- La conclusión de la última actividad perteneciente a la cadena crítica programada en proyecto ('2.5') corresponde con un avance de la obra de casi el 99 %, quedando pendientes ciertos trabajos puntuales de la actividad 4.2 que no

estaban previstos dentro del proyecto de licitación. En dicho punto se había consumido 7 días de buffer de proyecto de los 8, 12, 7 y 9 calculados con los métodos de "Cortar y Pegar", "Tercio Crítico", "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados" y "Fracción Crítica", respectivamente.

- Los buffers de recurso empleados como alertas para comunicar con tiempo a la arqueóloga subcontratada de la necesidad de su presencia en obra y de la entrega del informe pertinente resultaron útiles, consiguiendo toda la documentación necesaria antes de la finalización de la obra.

- Siguiendo lo estipulado en la programación calculada tras la aplicación del método de dimensionamiento de buffers "Cortar y Pegar", la obra finalizó por completo empleando cuatro (4) días más de lo previsto en la planificación.

- Atendiendo al cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores con el método del "Tercio Crítico", el proyecto concluyó según la fecha prevista, consumiendo todo el buffer de proyecto.

- Según la programación obtenida tras el dimensionamiento de los buffers mediante la aplicación del método "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", el proyecto necesitó para su entrega final cinco (5) días más de lo calculado con la protección.

- Del análisis realizado sobre el plan de obra previsto mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", el proyecto consumió tres (3) días más de los que originalmente estaban calculados.

- La obra de A Mezquita se concluye el 3 de noviembre de 2015, lo que supone una reducción de su duración con respecto al cronograma original del proyecto del 6,12%.

C.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra

Los valores del coste real del trabajo ejecutado para la fecha analizada de cada una de las actividades del proyecto (mostradas de la Ficha 81 a la Ficha 84 del *Apéndice 1* de este Anejo) se han obtenido de los partes diarios de control presentados durante la realización de la obra de estudio, de cuyos resultados se puede analizar que:

- Las actividades 2.1, 2.4, 2.5, 2.6, 3.2, 3.3 y 4.2, terminaron por encima del precio establecido en proyecto, mientras que el resto de las tareas presentaron un coste de ejecución inferior al previsto.
- Las tareas 1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 3.1, 4.1, 5, 6 y 7 presentaron un coste de ejecución inferior al previsto.
- El balance económico global de la obra, frente a la programación realizada, es positivo, al haber gastado para la ejecución de los trabajos un importe inferior al estipulado.

En la Tabla 171 y en la Tabla 172 se resumen los costes reales, diarios y a origen, del caso práctico nº2, para cada una de las fechas de control marcadas durante la ejecución de la obra.

Tabla 171. AC diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 25/09/2015

DÍAS (1ª semana)		31/08/2015	01/09/2015	02/09/2015	03/09/2015	04/09/2015
AC	DIARIO	2.139,00 €	610,00 €	610,00 €	610,00 €	1.277,00 €
	A ORIGEN	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €

DÍAS (2ª semana)		07/09/2015	08/09/2015	09/09/2015	10/09/2015	11/09/2015
AC	DIARIO	610,00 €	710,00 €	560,00 €	560,00 €	560,00 €
	A ORIGEN	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €

DÍAS (3ª semana)		14/09/2015	15/09/2015	16/09/2015	17/09/2015	18/09/2015
AC	DIARIO	1.610,00 €	1.610,00 €	1.610,00 €	1.610,00 €	1.710,00 €
	A ORIGEN	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €

DÍAS (4ª semana)		21/09/2015	22/09/2015	23/09/2015	24/09/2015	25/09/2015
AC	DIARIO	860,00 €	2.640,00 €	2.640,00 €	3.090,00 €	4.690,00 €
	A ORIGEN	17.256,00 €	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €

Tabla 172. AC diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: 28/09/2015 – 06/11/2015

DÍAS (5ª semana)		28/09/2015	29/09/2015	30/09/2015	01/10/2015	02/10/2015
AC	DIARIO	2.180,00 €	2.180,00 €	2.472,50 €	1.580,00 €	2.590,00 €
	A ORIGEN	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €

DÍAS (6ª semana)		05/10/2015	06/10/2015	07/10/2015	08/10/2015	09/10/2015
AC	DIARIO	2.490,00 €	1.653,00 €	1.210,00 €	2.020,00 €	1.720,00 €
	A ORIGEN	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €

DÍAS (7ª semana)		12/10/2015	13/10/2015	14/10/2015	15/10/2015	16/10/2015
AC	DIARIO		1.860,00 €	1.020,00 €	1.020,00 €	1.120,00 €
	A ORIGEN		52.271,50 €	53.291,50 €	54.311,50 €	55.431,50 €

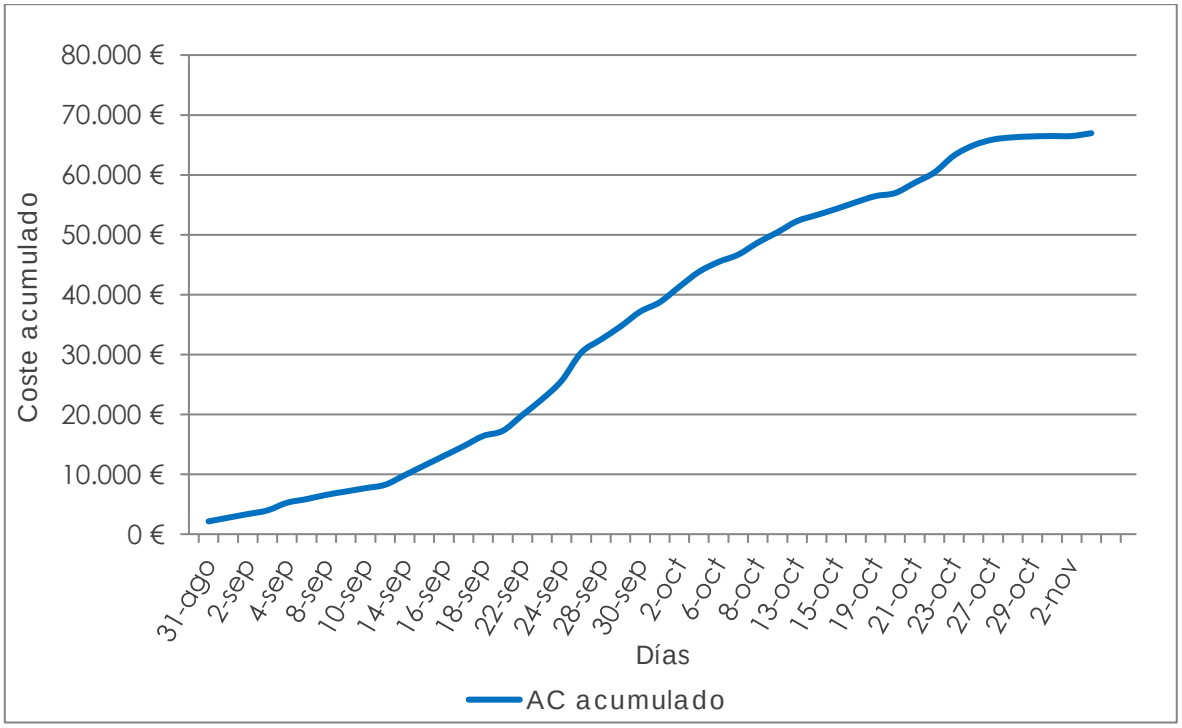
DÍAS (8ª semana)		19/10/2015	20/10/2015	21/10/2015	22/10/2015	23/10/2015
AC	DIARIO	1.020,00 €	510,00 €	1.720,00 €	1.720,00 €	2.820,00 €
	A ORIGEN	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €

DÍAS (9ª semana)		26/10/2015	27/10/2015	28/10/2015	29/10/2015	30/10/2015
AC	DIARIO	1.720,00 €	960,00 €	360,00 €	160,00 €	58,50 €
	A ORIGEN	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €

DÍAS (10ª semana)		02/11/2015	03/11/2015	04/11/2015	05/11/2015	06/11/2015
AC	DIARIO	0,00 €	472,00 €			
	A ORIGEN	66.480,00 €	66.952,00 €			

A partir de los datos acumulativos por día de AC se construye la curva de comportamiento y tendencia del coste real a través del tiempo, expuesta en la Figura 104.

Figura 104. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº2



C.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM

Atendiendo a los valores acumulados que adquieren a lo largo de los distintos períodos de control de la obra de análisis los parámetros PV, EV y AC (calculados anteriormente en los apartados "*C.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*", "*C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" y "*C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*"), para el caso nº2 se obtienen cuatro curvas "S" (ver de la Figura 105 a la Figura 108) al haber determinado cuatro líneas base distintas tras el empleo de los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers utilizados durante la fase de programación.

Figura 105. Curvas S_{CP} de la obra nº2

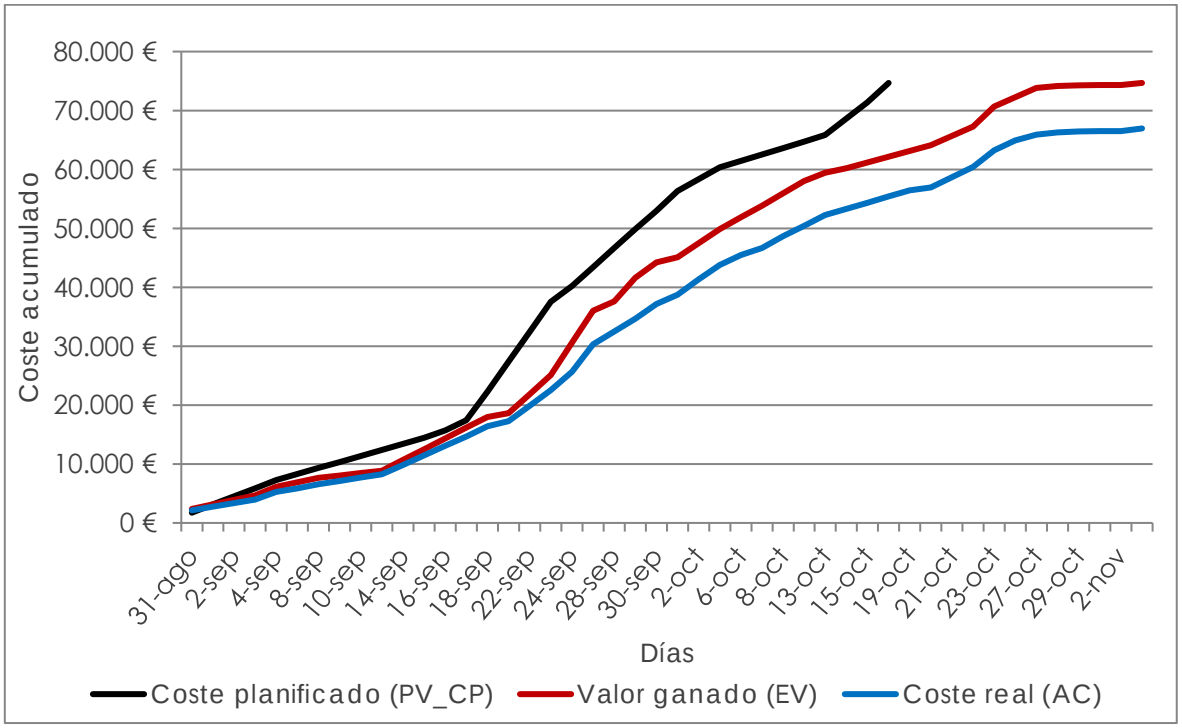


Figura 106. Curvas S_{TC} de la obra nº2

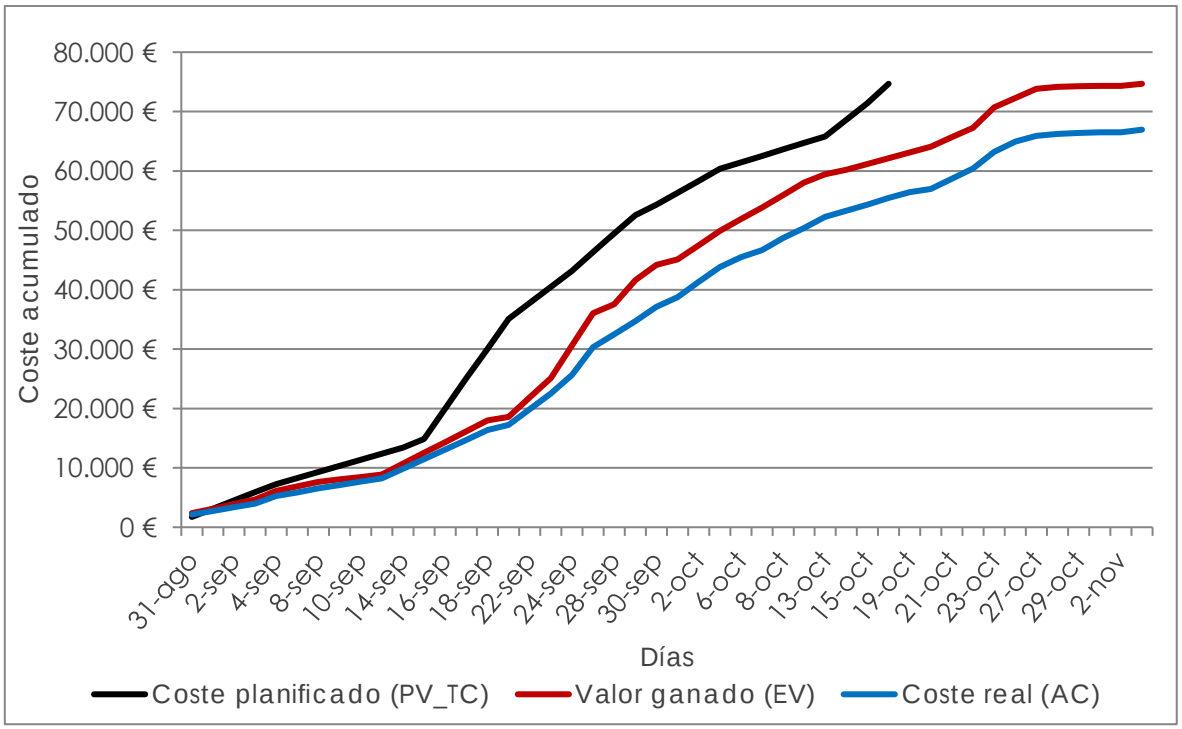


Figura 107. Curvas S_{RSEM} de la obra nº2

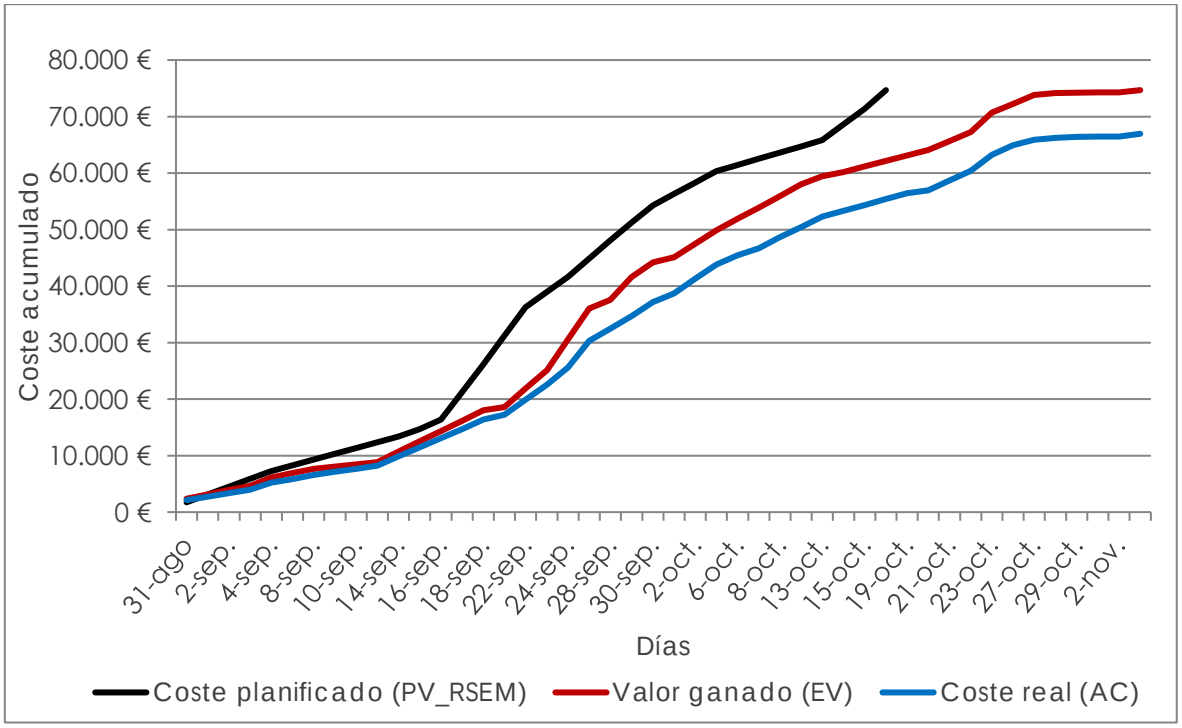
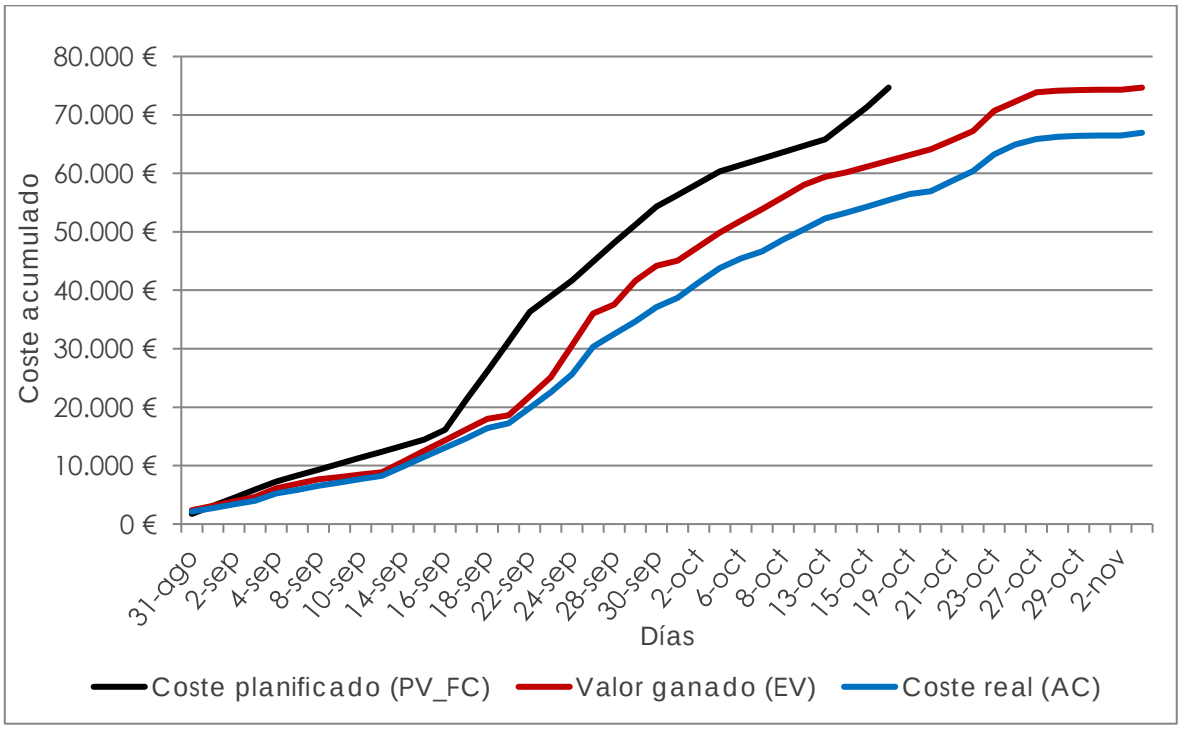


Figura 108. Curvas S_{FC} de la obra nº2



A partir de estos valores, se procede a la determinación de las variaciones de coste y tiempo, los indicadores de rendimiento y las estimaciones o proyecciones a la finalización mediante la aplicación de las fórmulas expuestas en los apartados "*3.2.4. Indicadores más comunes del EVM*" y "*3.2.5. Proyecciones*" del presente trabajo.

Dado que se ha realizado la programación del proyecto atendiendo a los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers, durante la etapa de seguimiento de la obra se han desarrollado cálculos de control para cada una de las líneas bases realizadas anteriormente.

C.4.3.1. Aplicación de EVM al PV_{CP} de la obra del caso práctico nº2

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra de A Mezquita, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers de "Cortar y Pegar", se exponen, de la Ficha 85 a la Ficha 87 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo de la Figura 109 a la Figura 118 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 109. Análisis de flujos de caja acumulados (CP) y presupuesto de la obra nº2

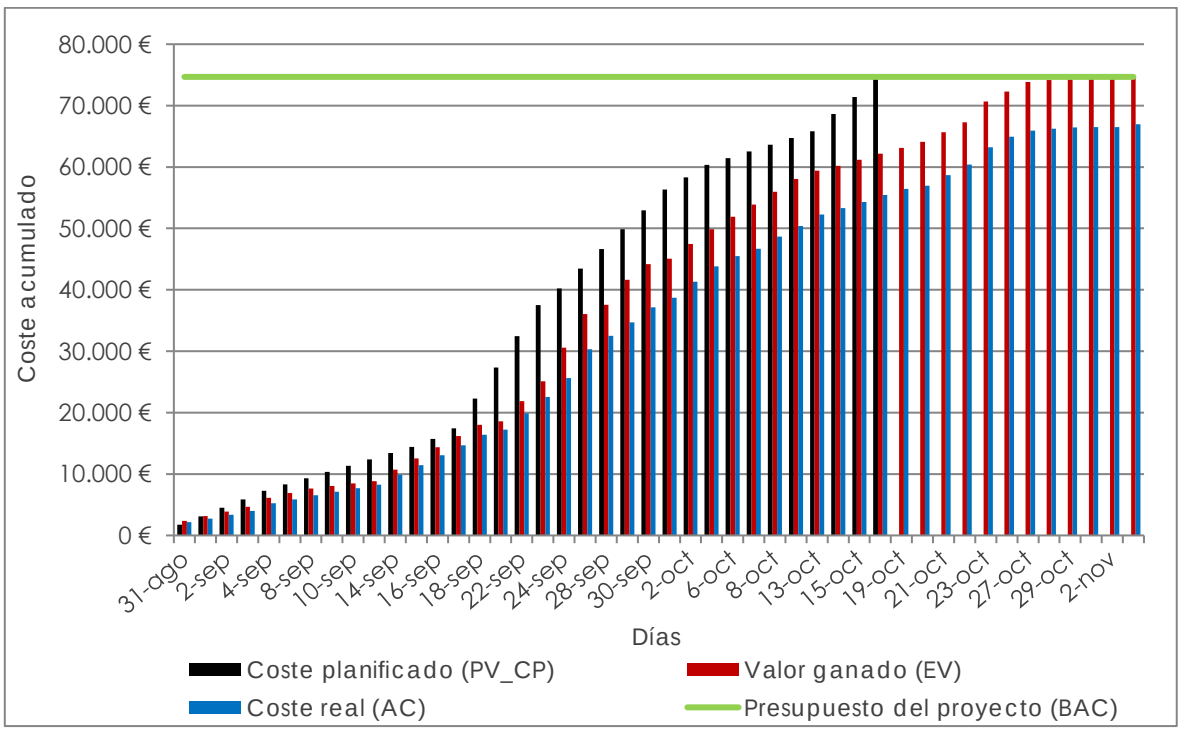


Figura 110. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (CP). Obra nº2

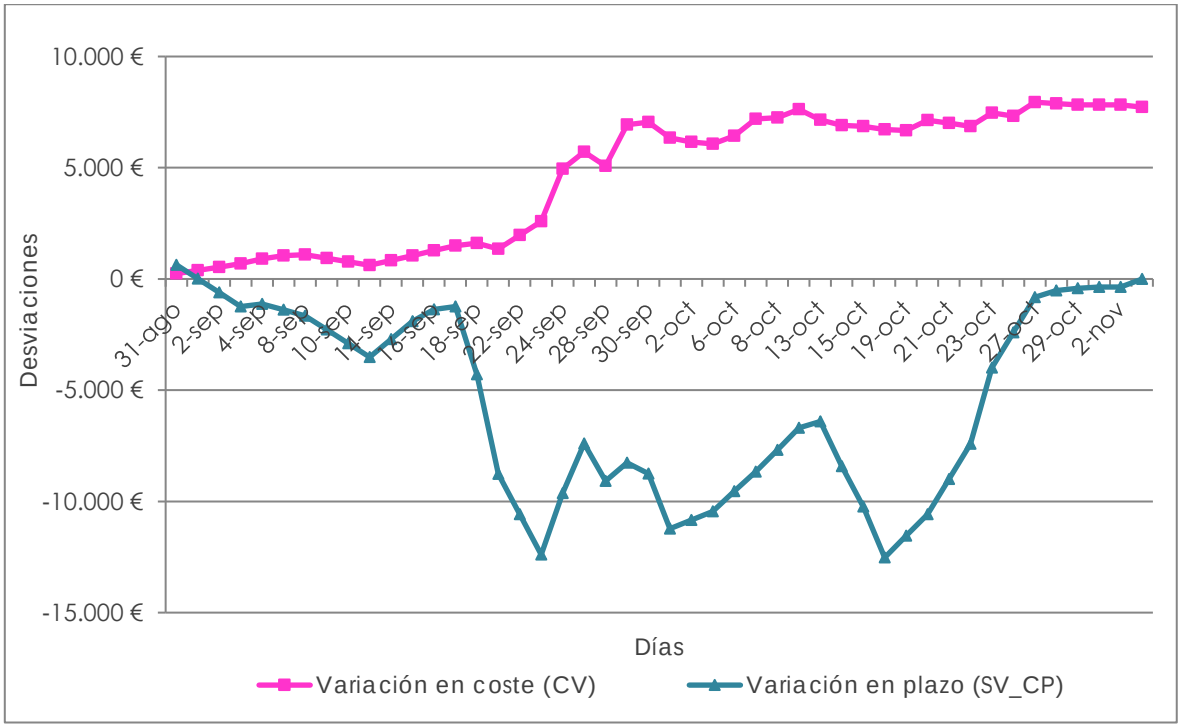


Figura 111. Evolución de las desviaciones en coste y programación (CP). Obra nº2

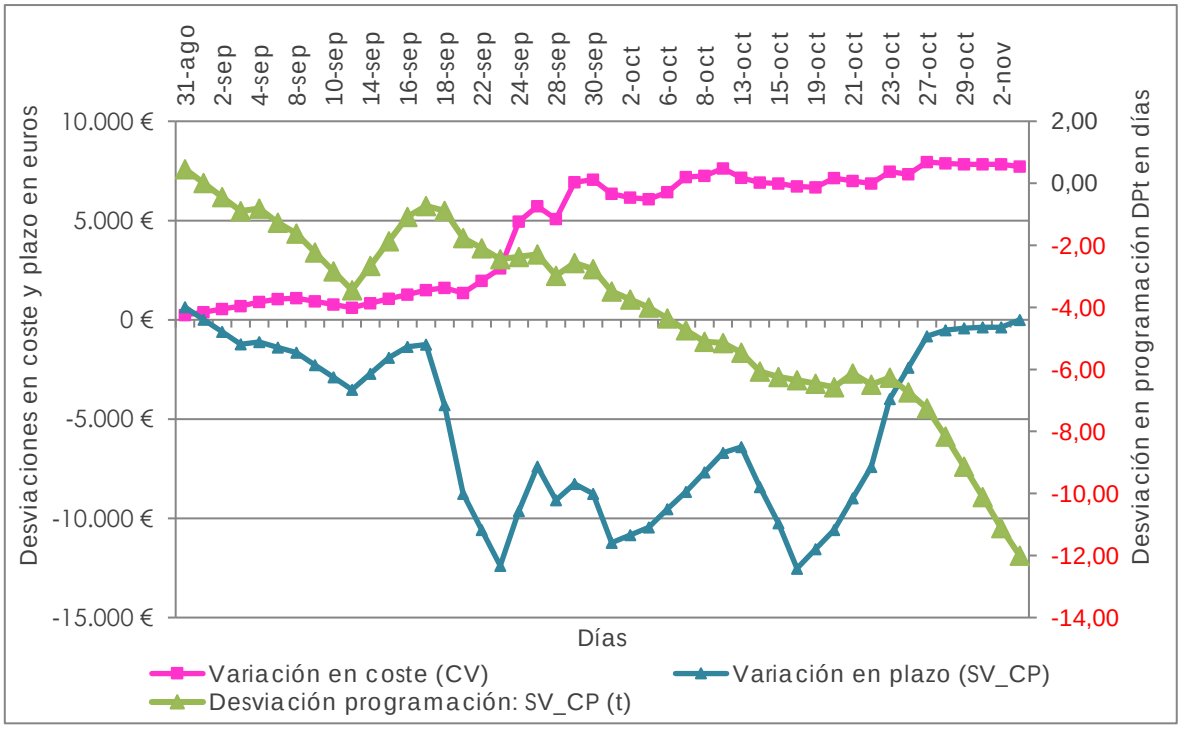


Figura 112. Evolución de los índices de eficiencia (CP). Obra nº2

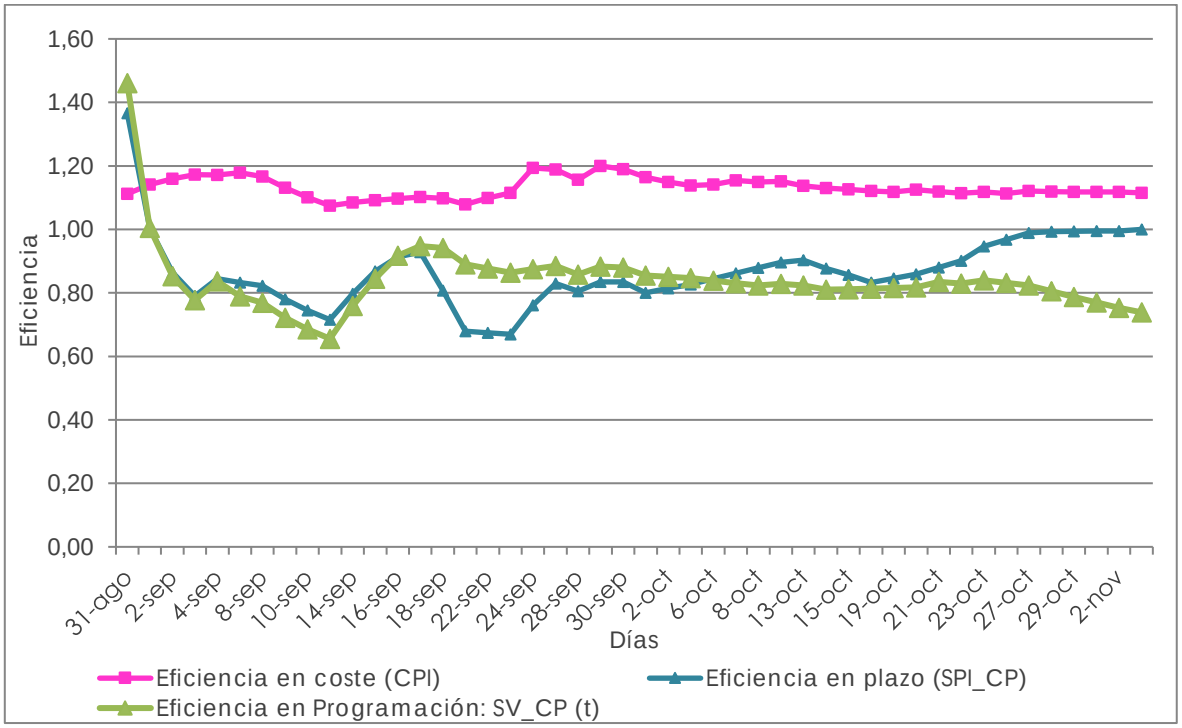


Figura 113. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº2

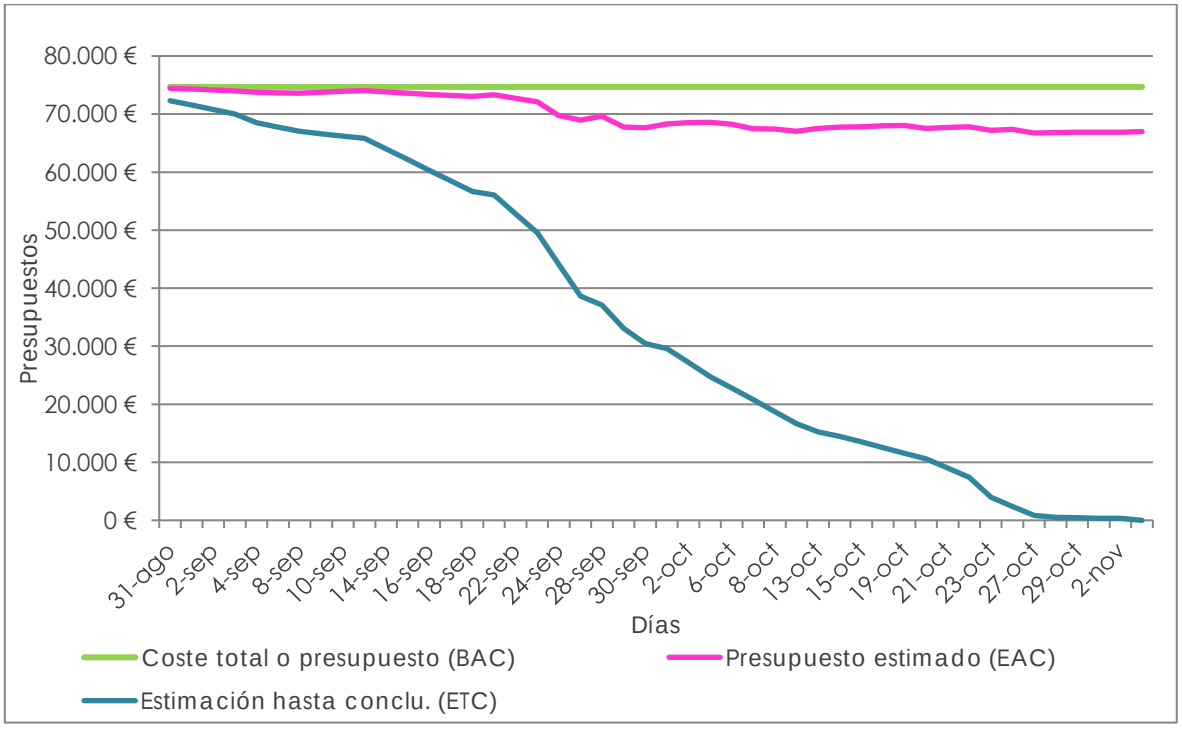


Figura 114. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº2

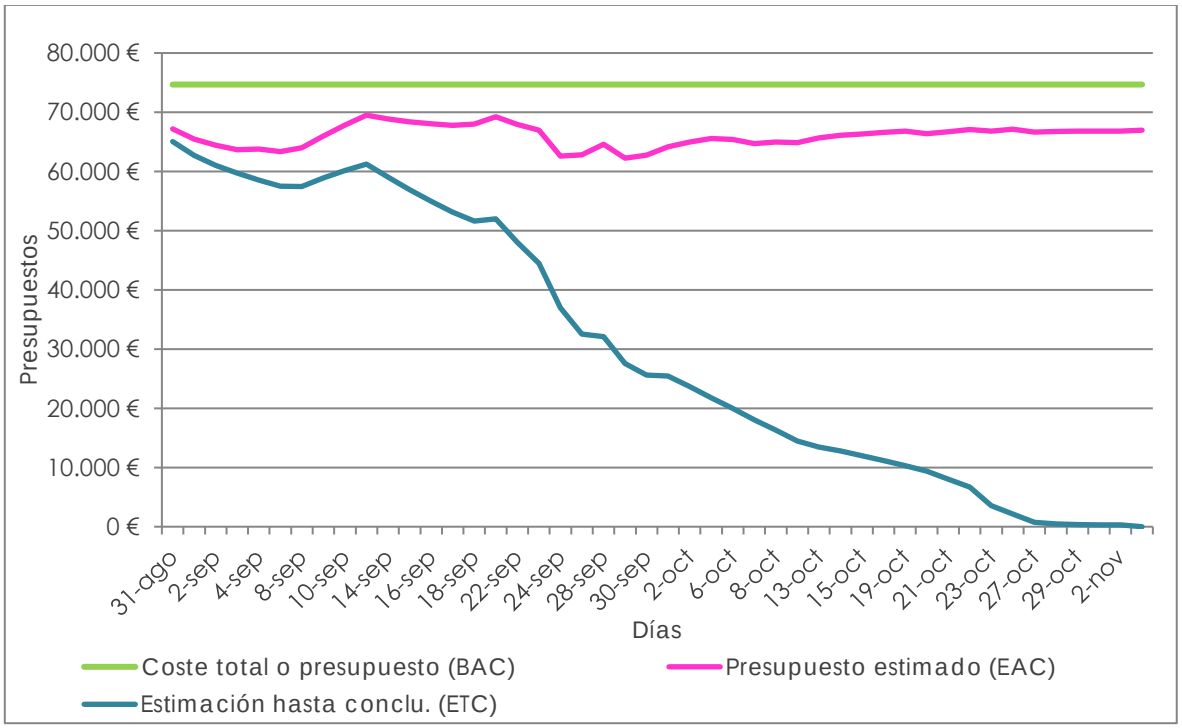


Figura 115. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (CP). Obra nº2

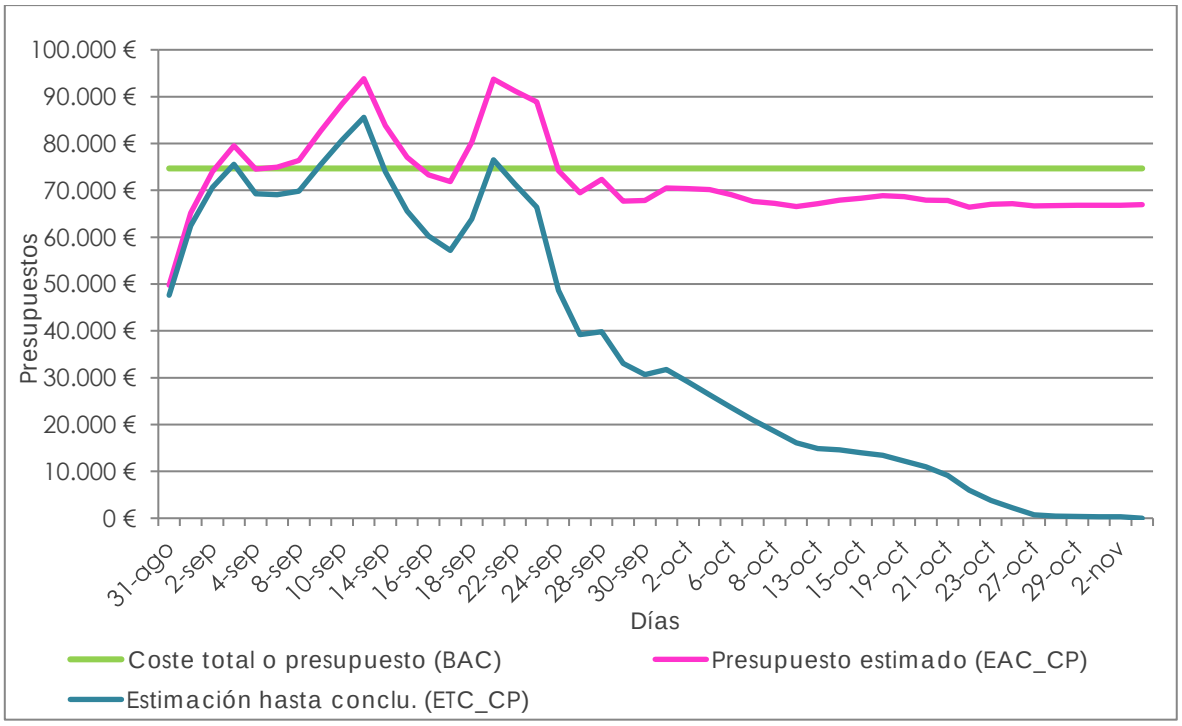


Figura 116. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{CP}). Obra nº2

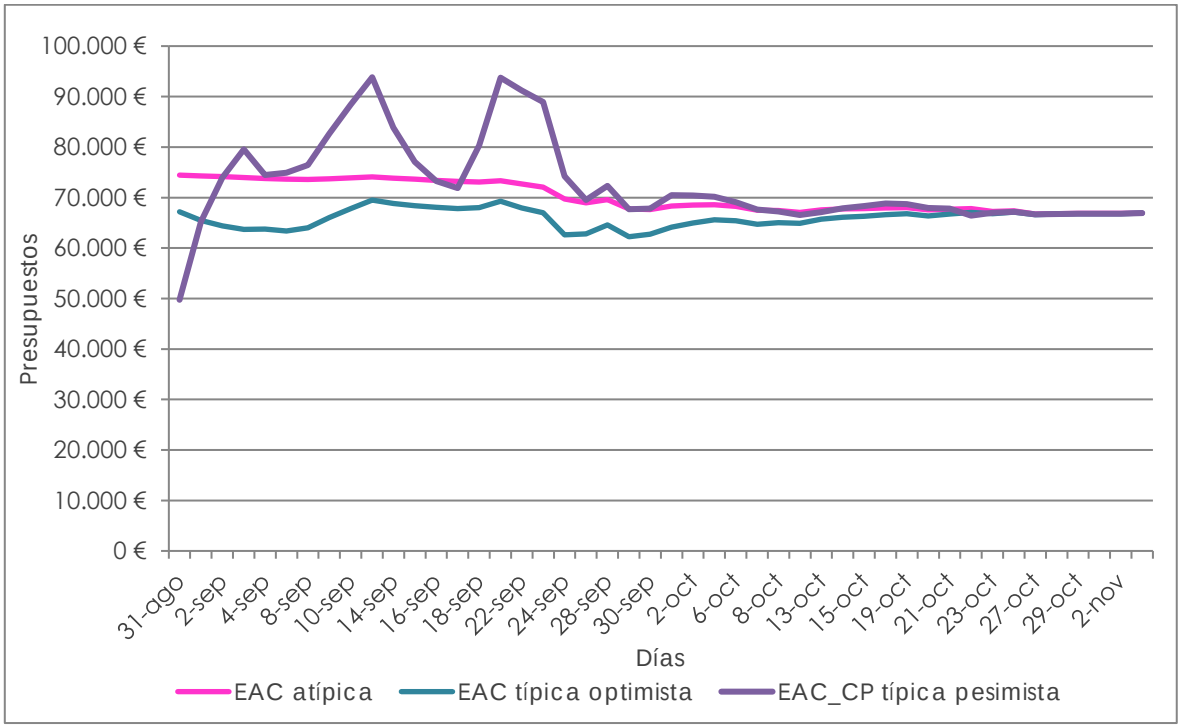


Figura 117. Variación a la conclusión (VAC_{CP}). Obra nº2

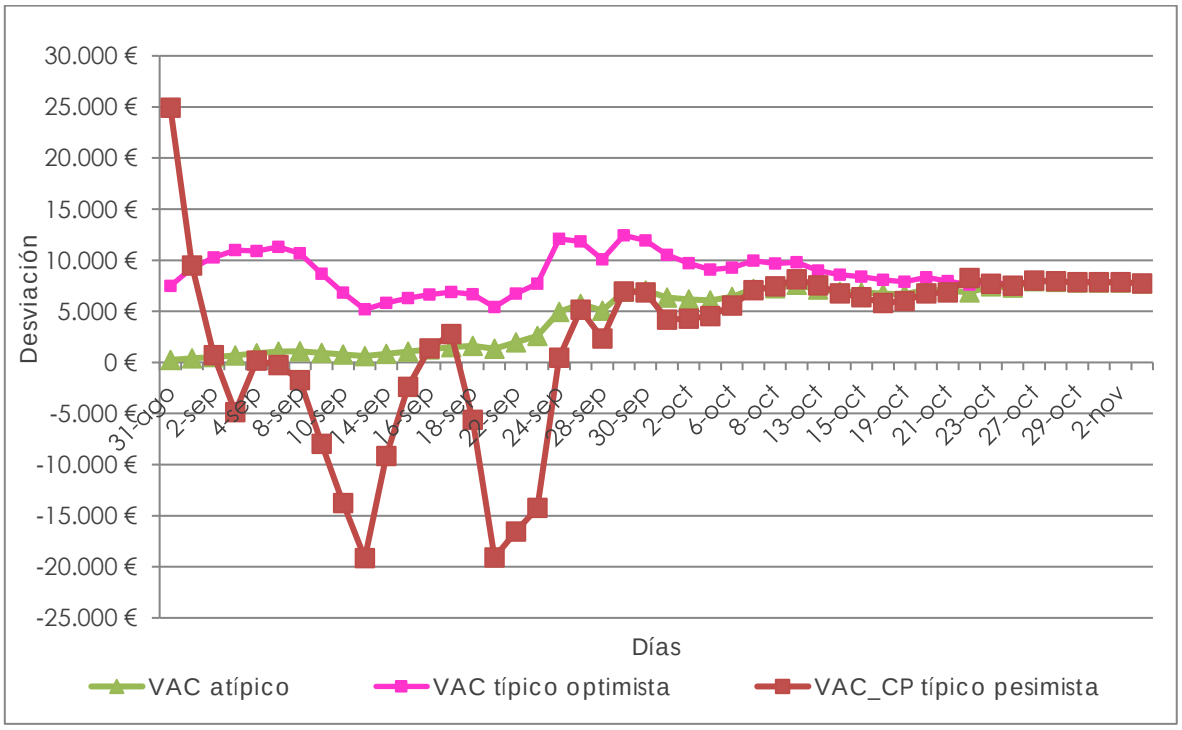
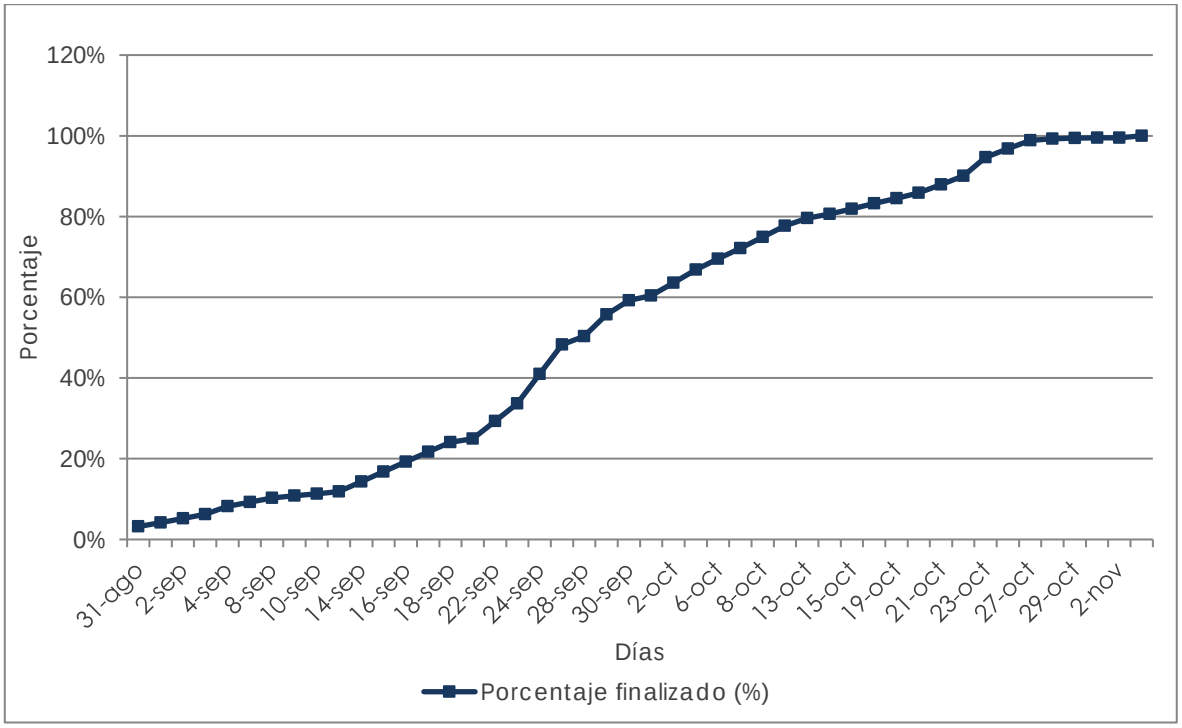


Figura 118. Porcentaje finalizado (%). Obra nº2



C.4.3.2. Aplicación de EVM al PV_{TC} de la obra del caso práctico nº2

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº2, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers del "Tercio Crítico", se exponen, de la Ficha 88 a la Ficha 90 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo de la Figura 119 a la Figura 125 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 119. Análisis de flujos de caja acumulados (TC) y presupuesto de la obra nº2

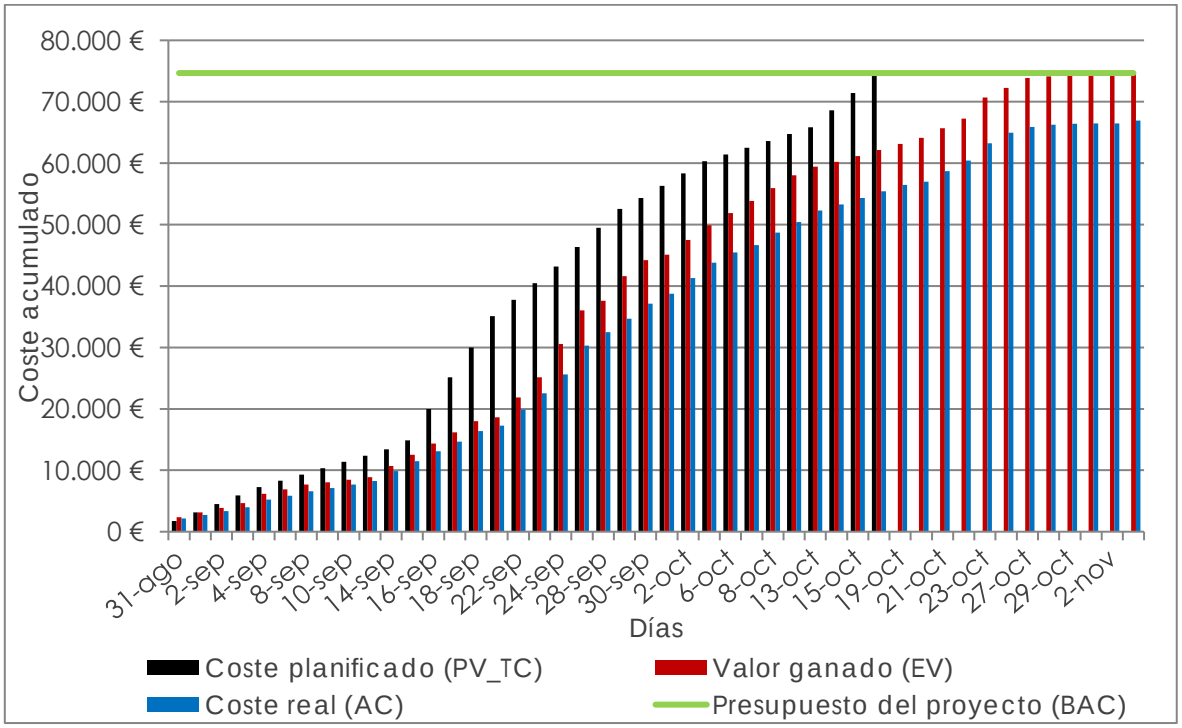


Figura 120. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (TC). Obra nº2

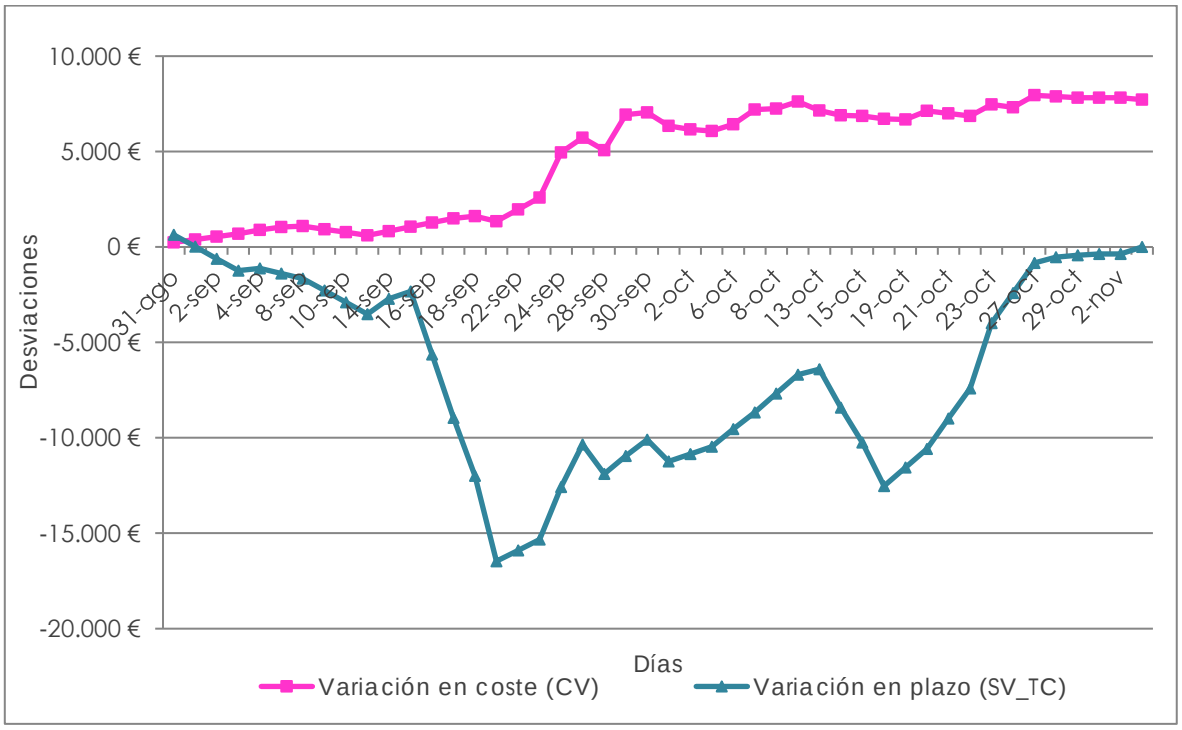


Figura 121. Evolución de las desviaciones en coste y programación (TC). Obra nº2

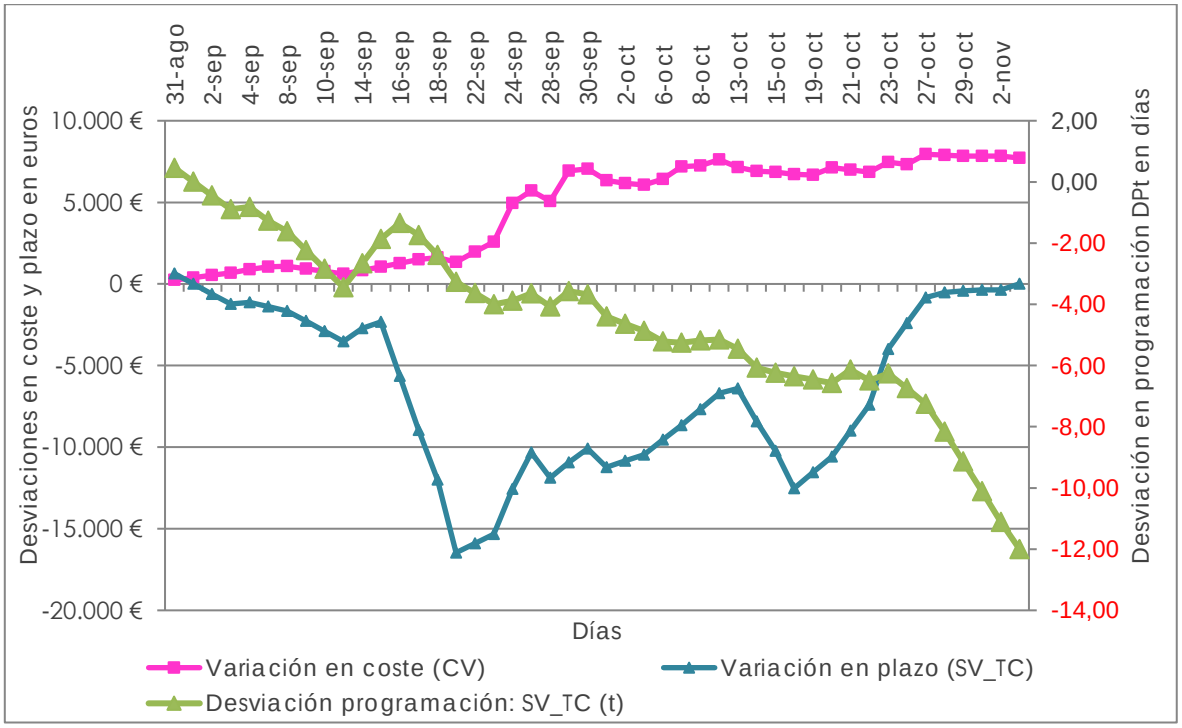


Figura 122. Evolución de los índices de eficiencia (TC). Obra nº2

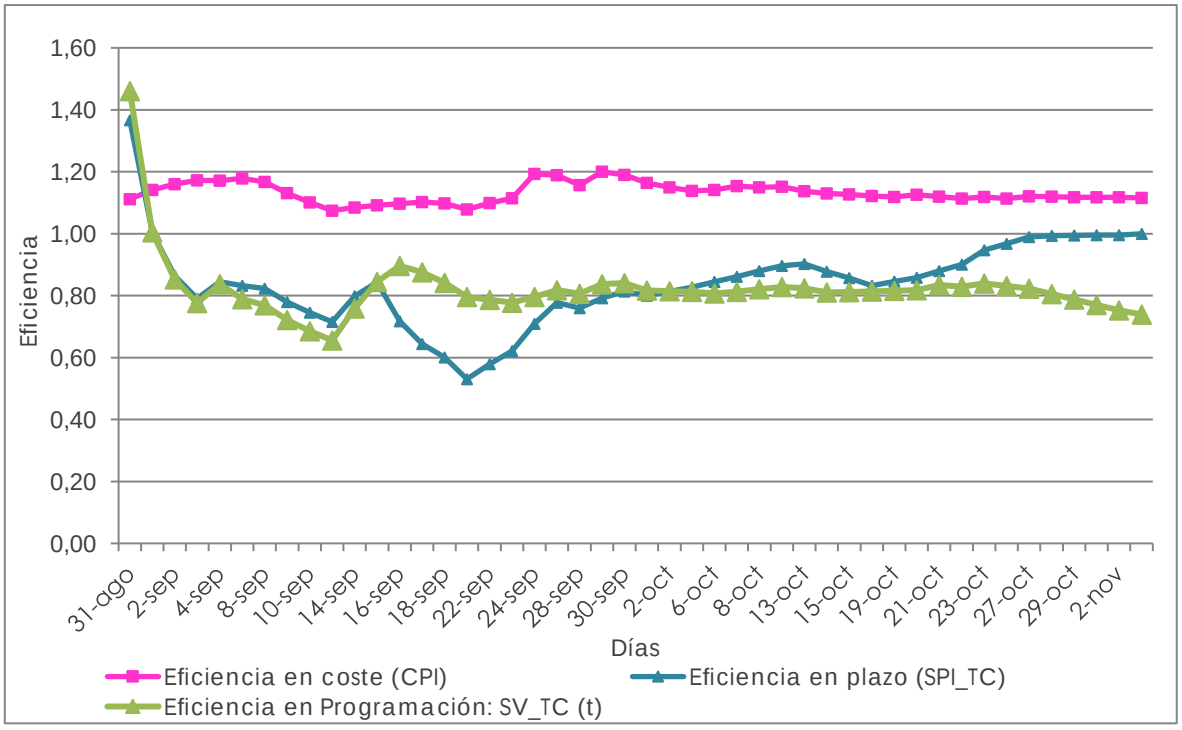


Figura 123. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (TC). Obra nº2

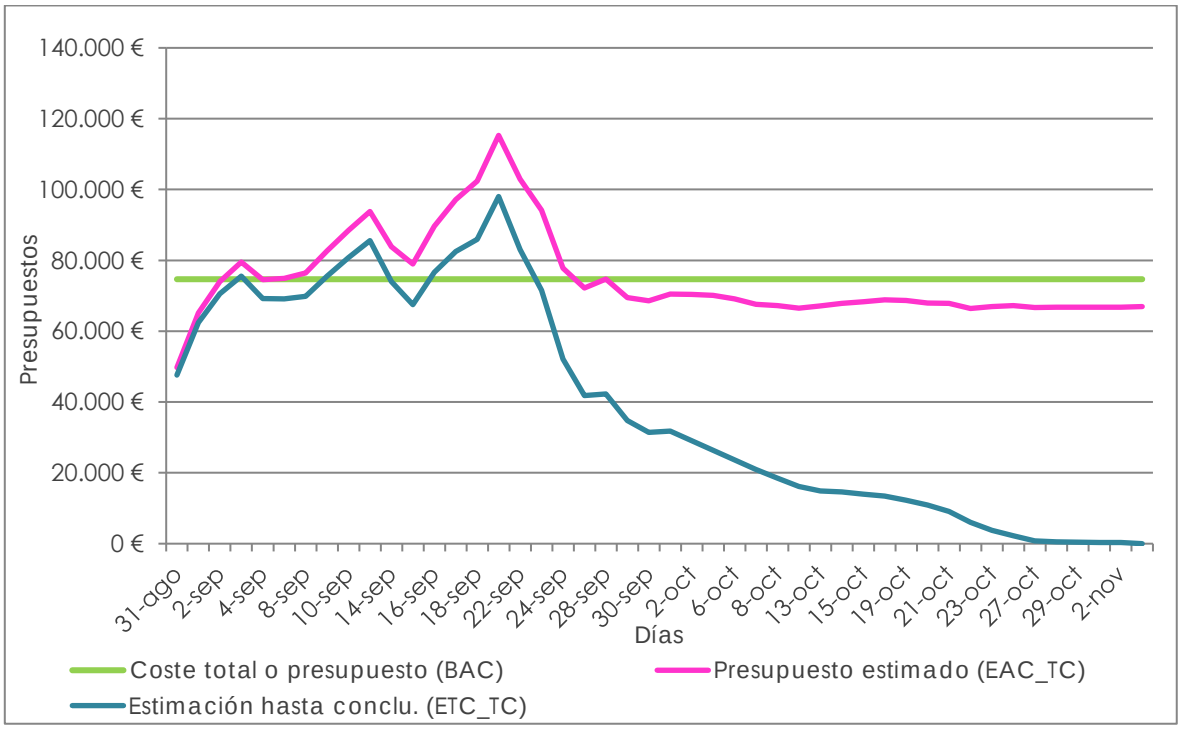


Figura 124. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{TC}). Obra nº2

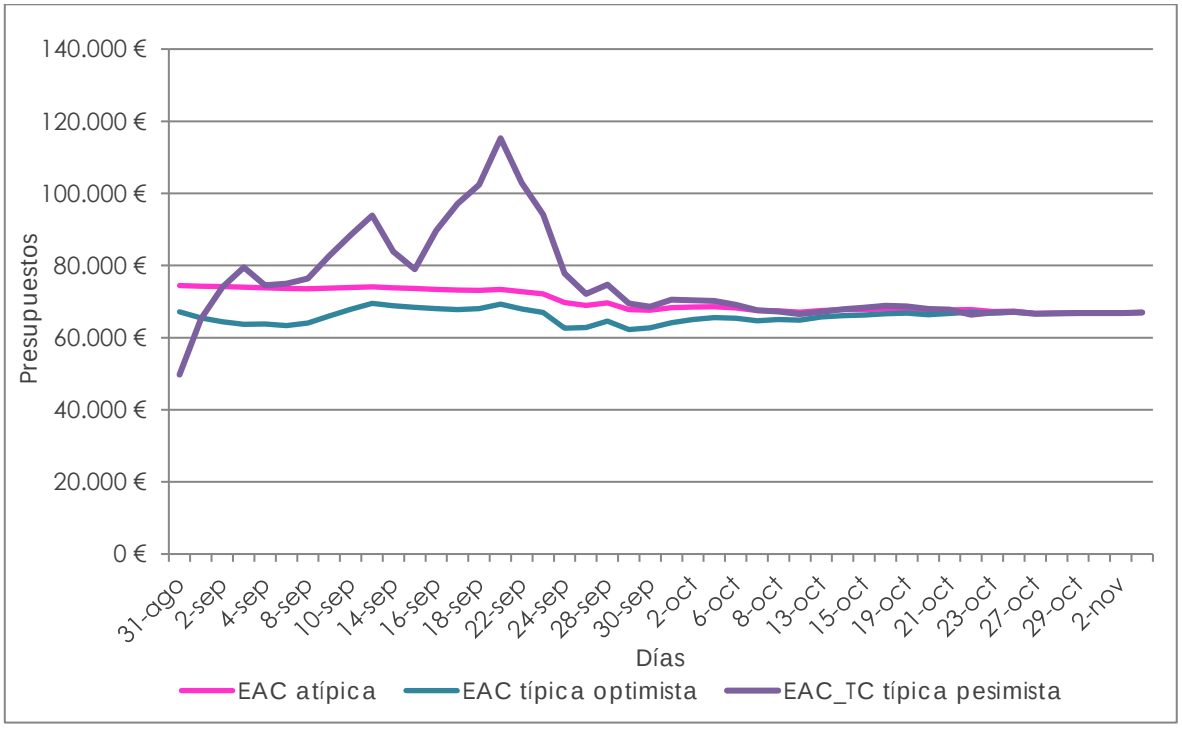
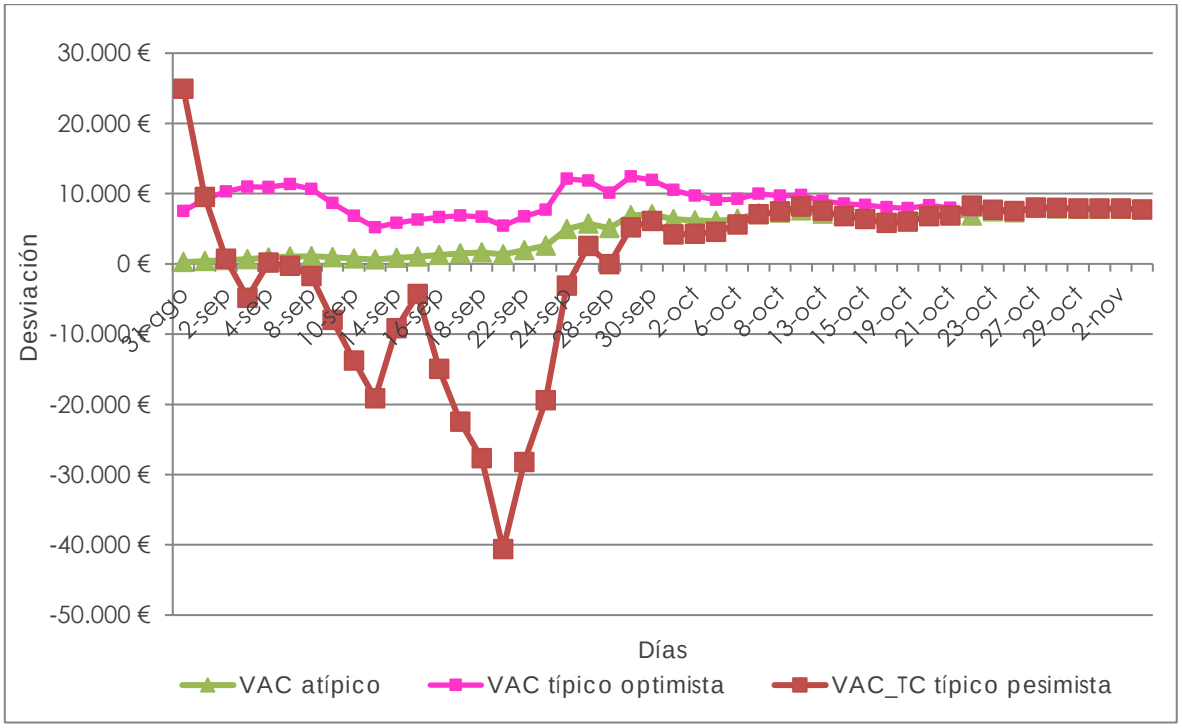


Figura 125. Variación a la conclusión (VAC_{TC}). Obra nº2



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers del Tercio Crítico, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores (Figura 113, Figura 114 y Figura 118, respectivamente) al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

C.4.3.3. Aplicación de EVM al PV_{RSEM} de la obra del caso práctico nº2

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº2, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", se exponen, de la Ficha 91 a la Ficha 93 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo de la Figura 126 a la Figura 132 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 126. Análisis de flujos de caja acumulados (RSEM) y presupuesto de la obra nº2

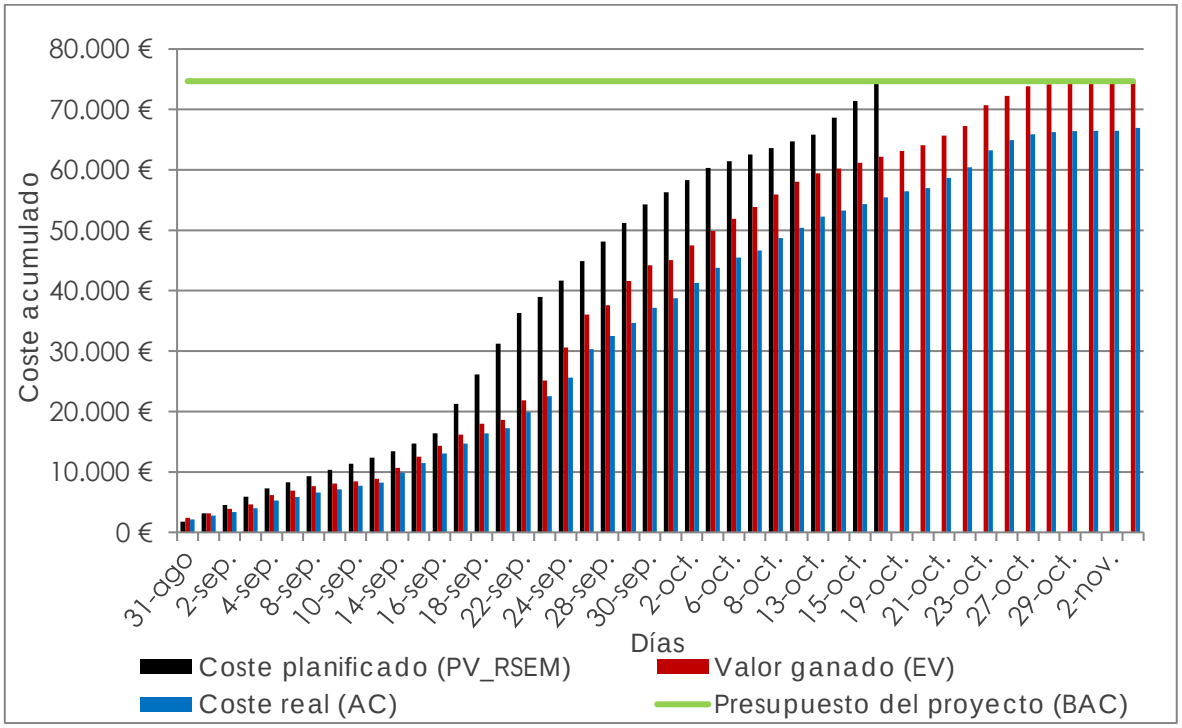


Figura 127. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (RSEM). Obra nº2

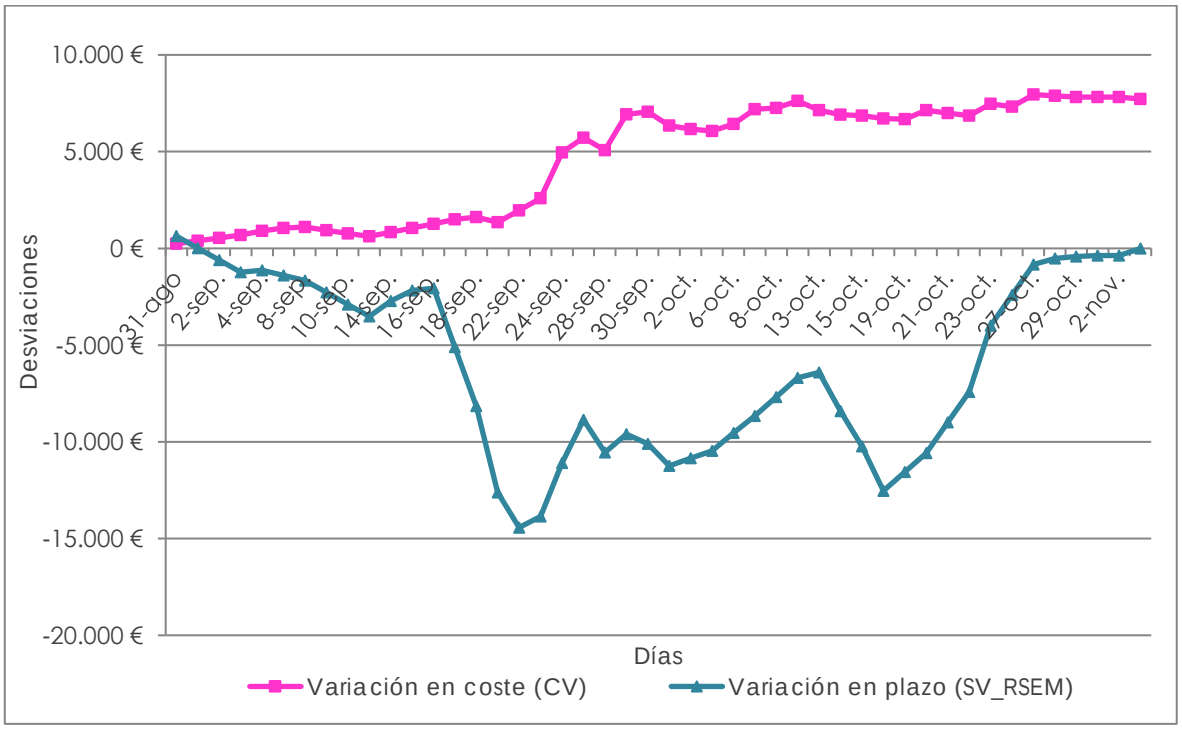


Figura 128. Evolución de las desviaciones en coste y programación (RSEM). Obra nº2

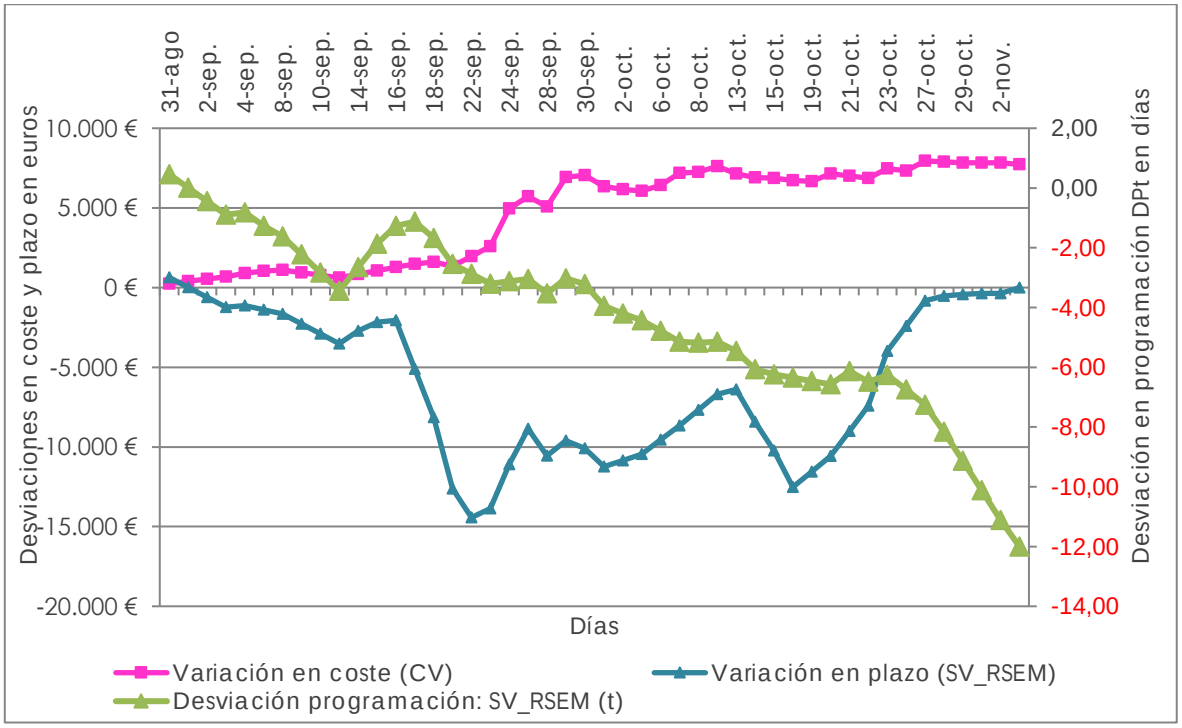


Figura 129. Evolución de los índices de eficiencia (RSEM). Obra nº2

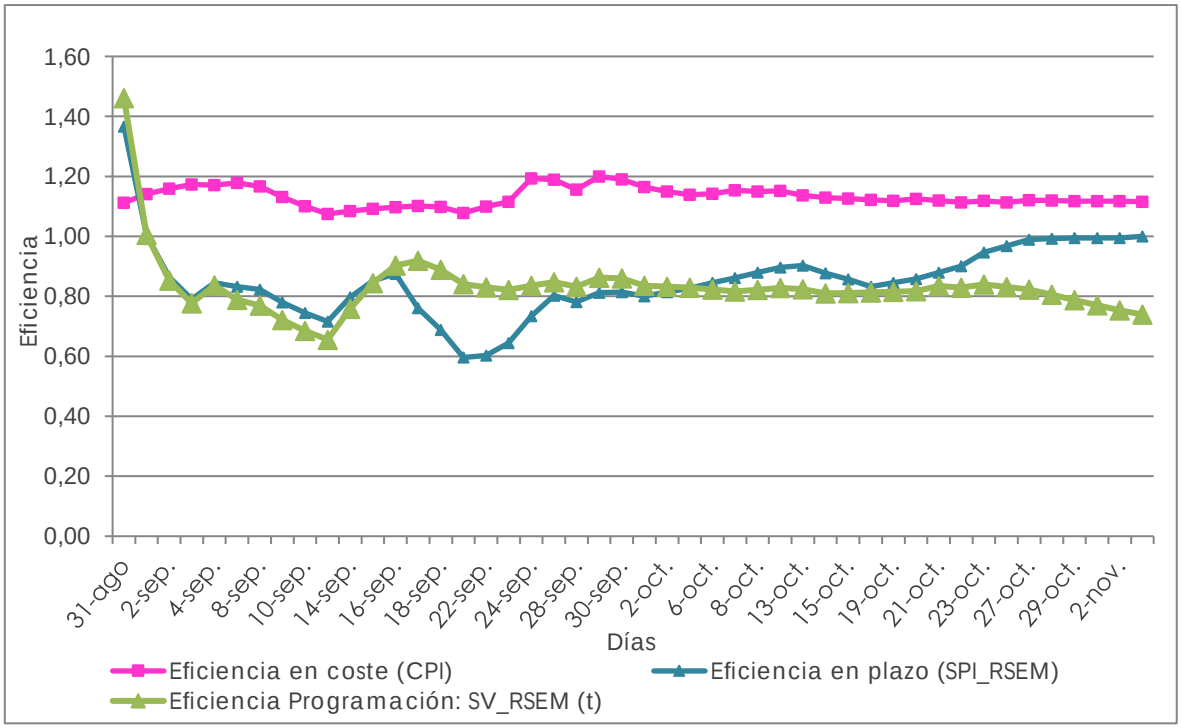


Figura 130. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (RSEM). Obra nº2

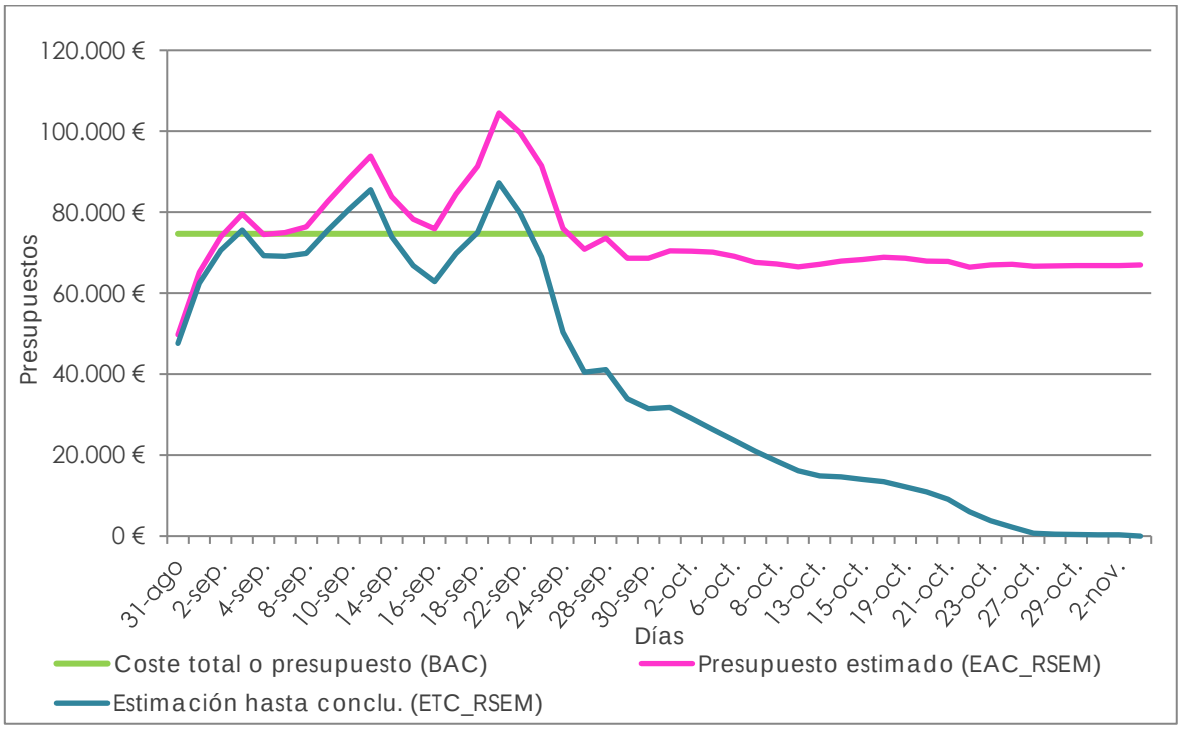


Figura 131. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{RSEM}). Obra nº2

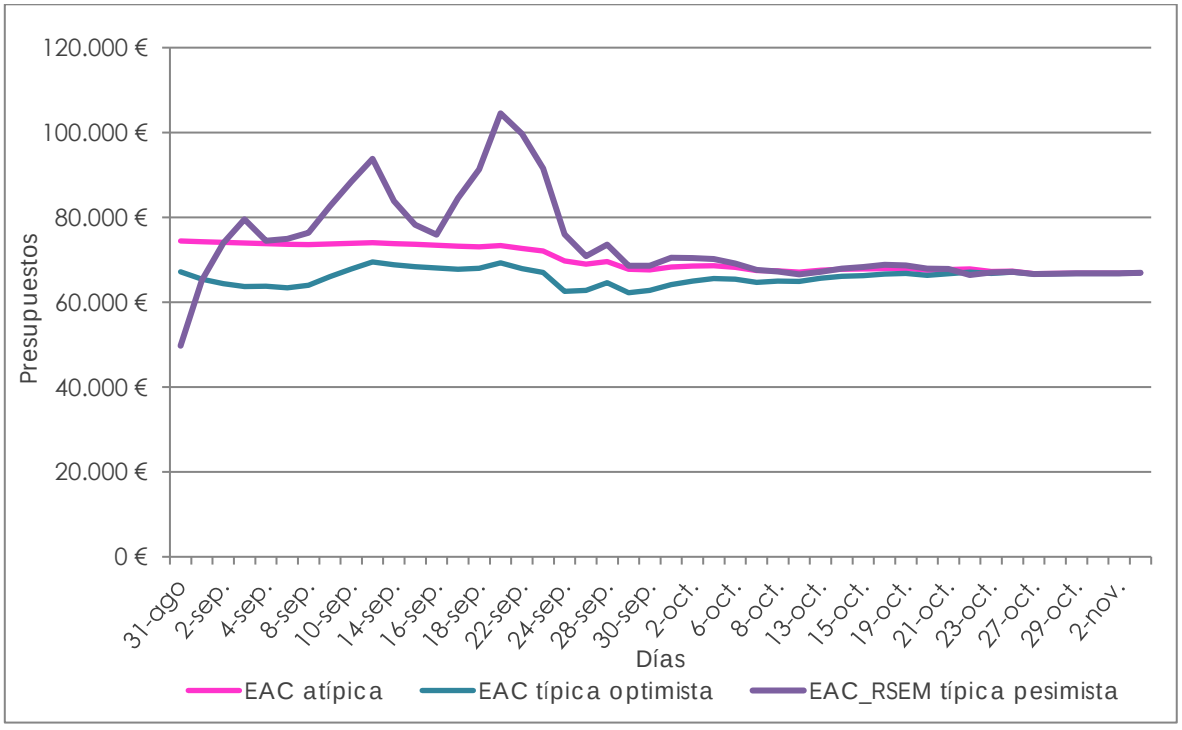
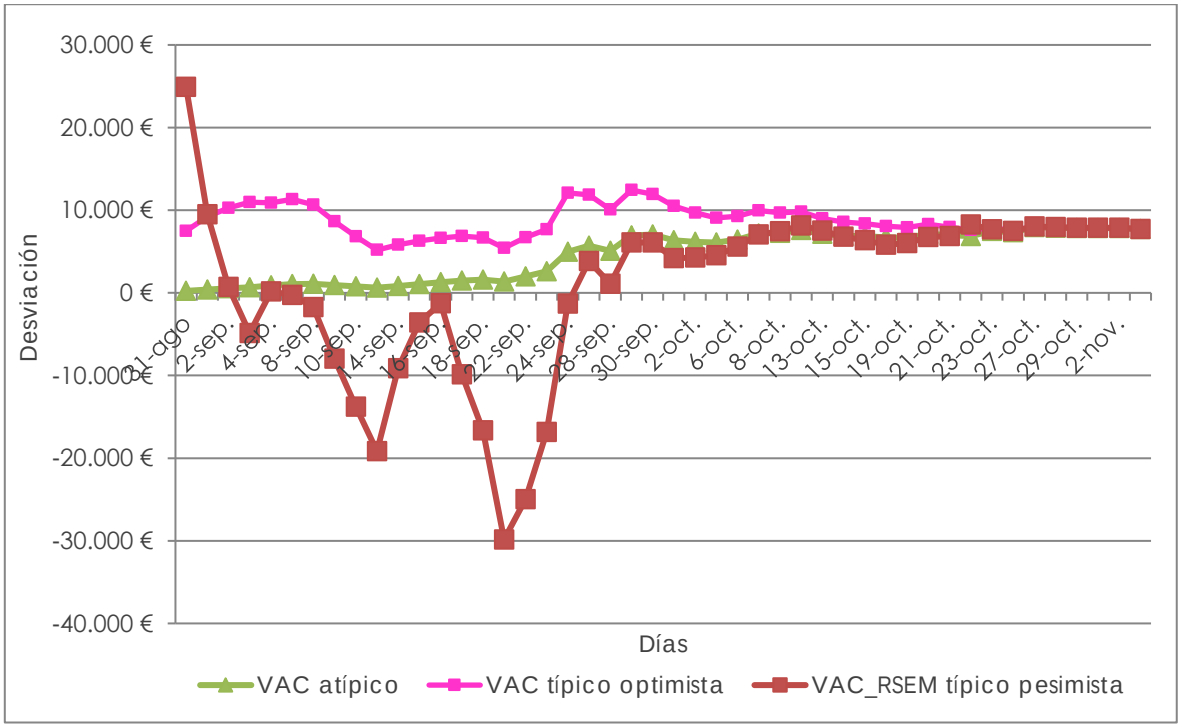


Figura 132. Variación a la conclusión (VAC_{RSEM}). Obra nº2



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores (Figura 113, Figura 114 y Figura 118, respectivamente) al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

C.4.3.4. Aplicación de EVM al PV_{FC} de la obra del caso práctico nº2

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº2, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", se exponen, de la Ficha 94 a la Ficha 96 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo de la Figura 133 a la Figura 139 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 133. Análisis de flujos de caja acumulados (FC) y presupuesto de la obra nº2

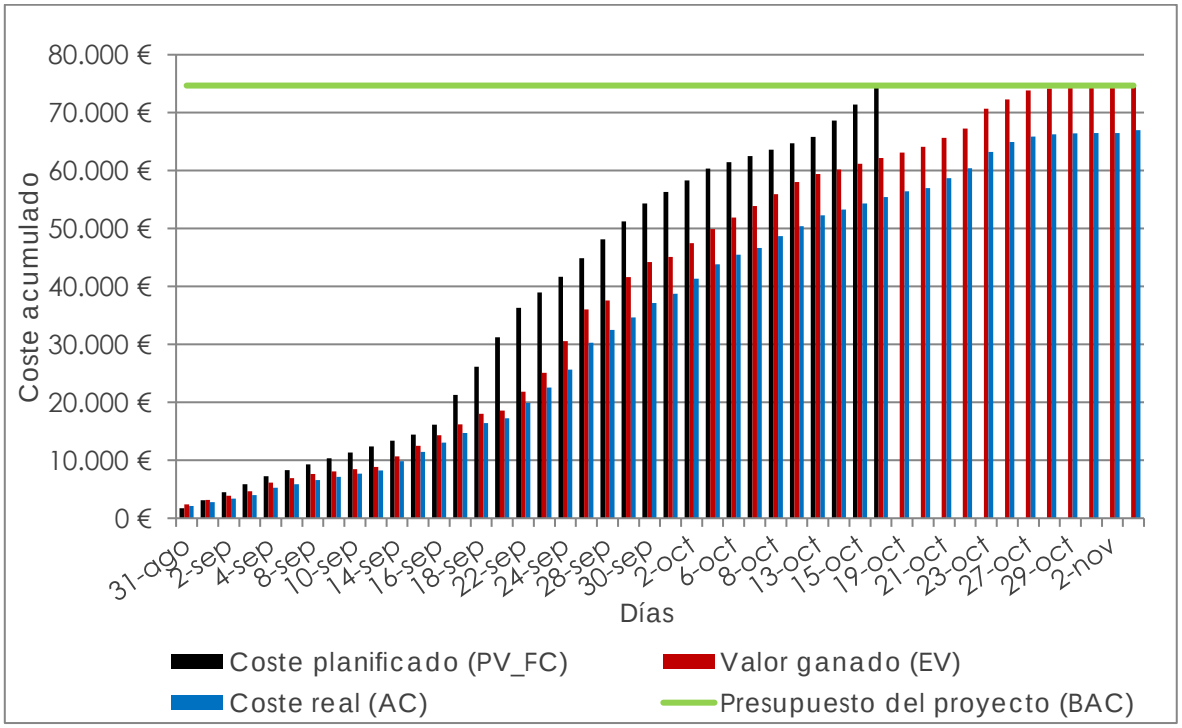


Figura 134. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (FC). Obra nº2

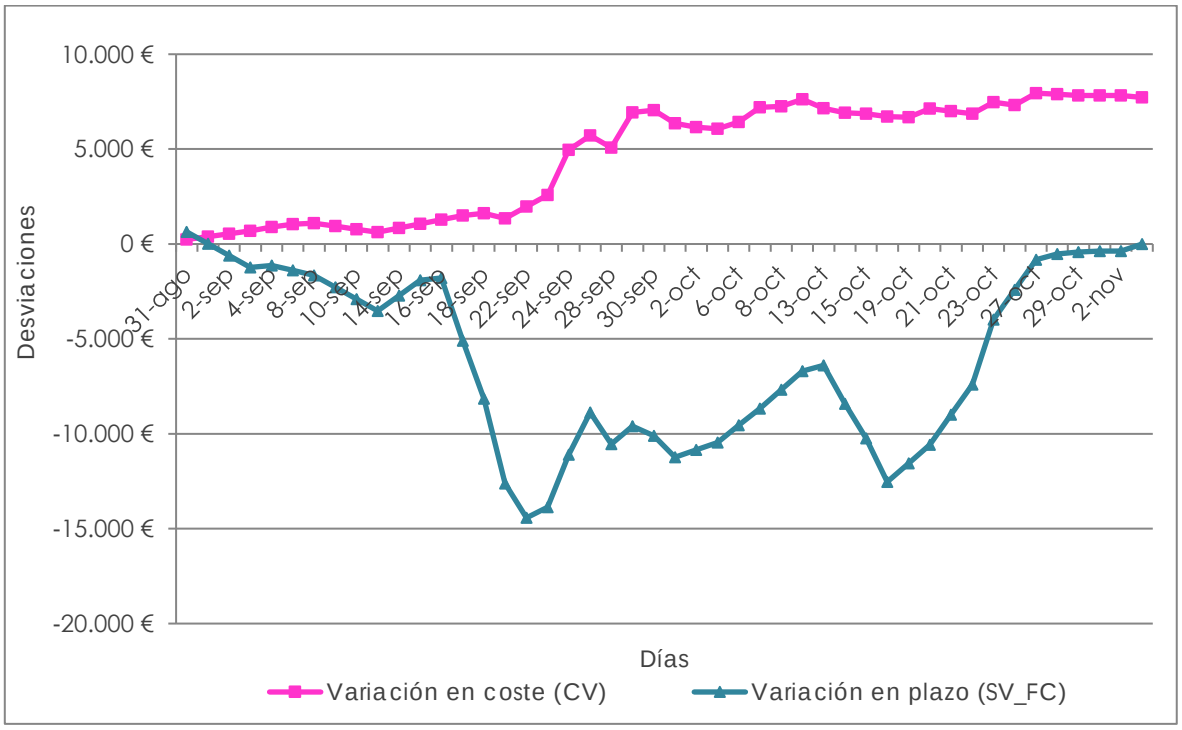


Figura 135. Evolución de las desviaciones en coste y programación (FC). Obra nº2

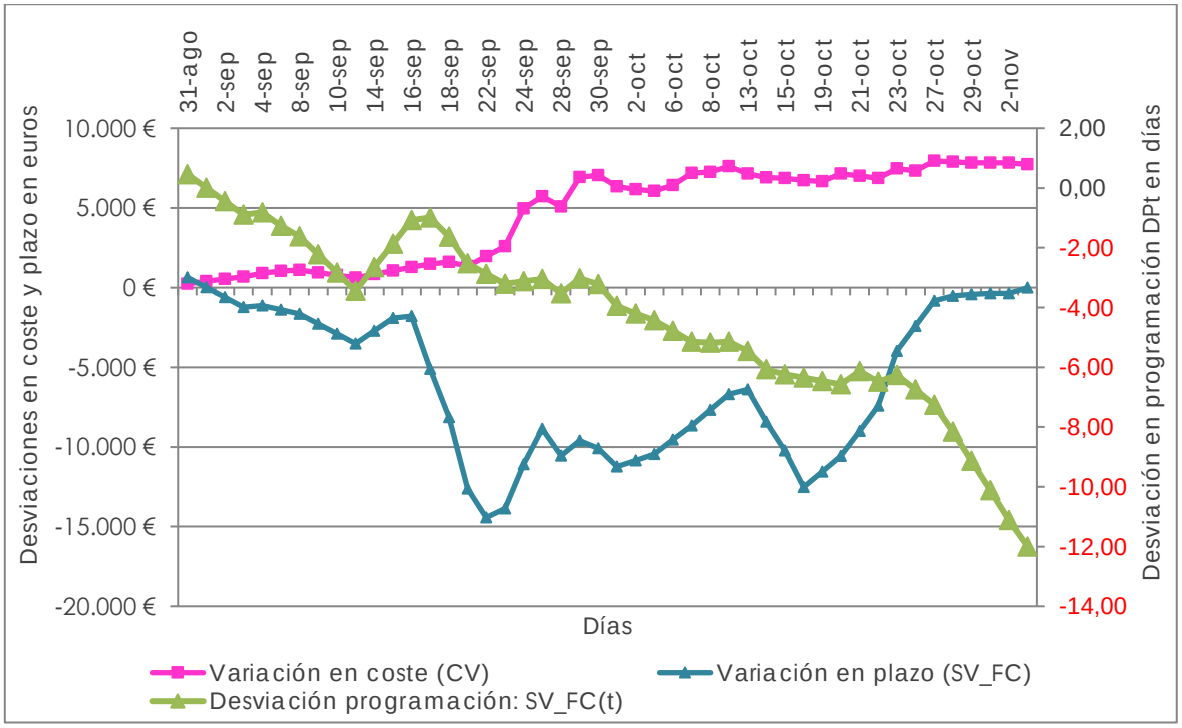


Figura 136. Evolución de los índices de eficiencia (FC). Obra nº2

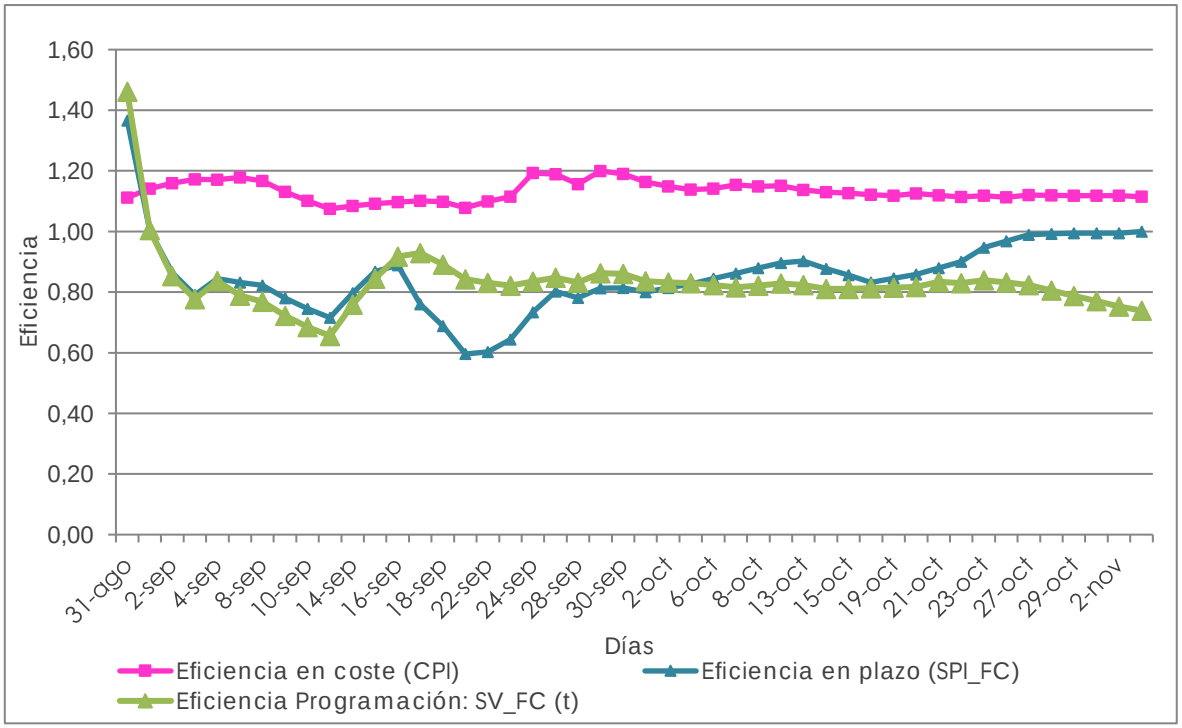


Figura 137. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (FC). Obra nº2

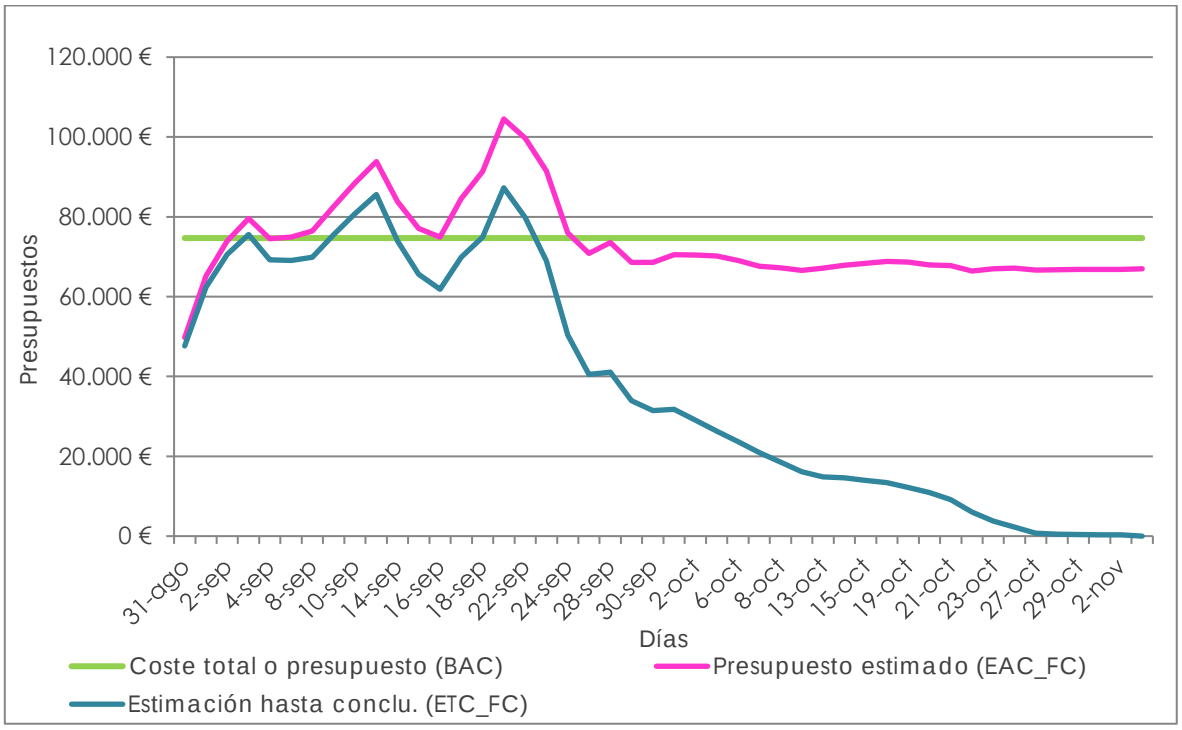


Figura 138. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{FC}). Obra nº2

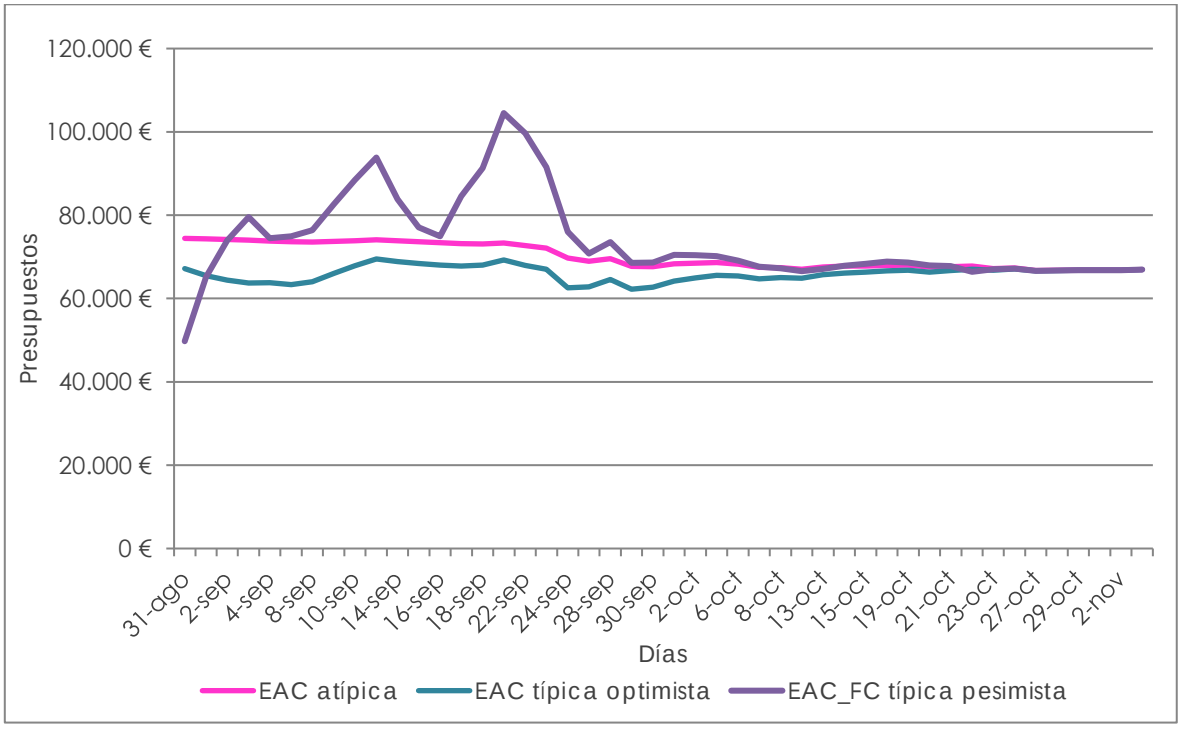
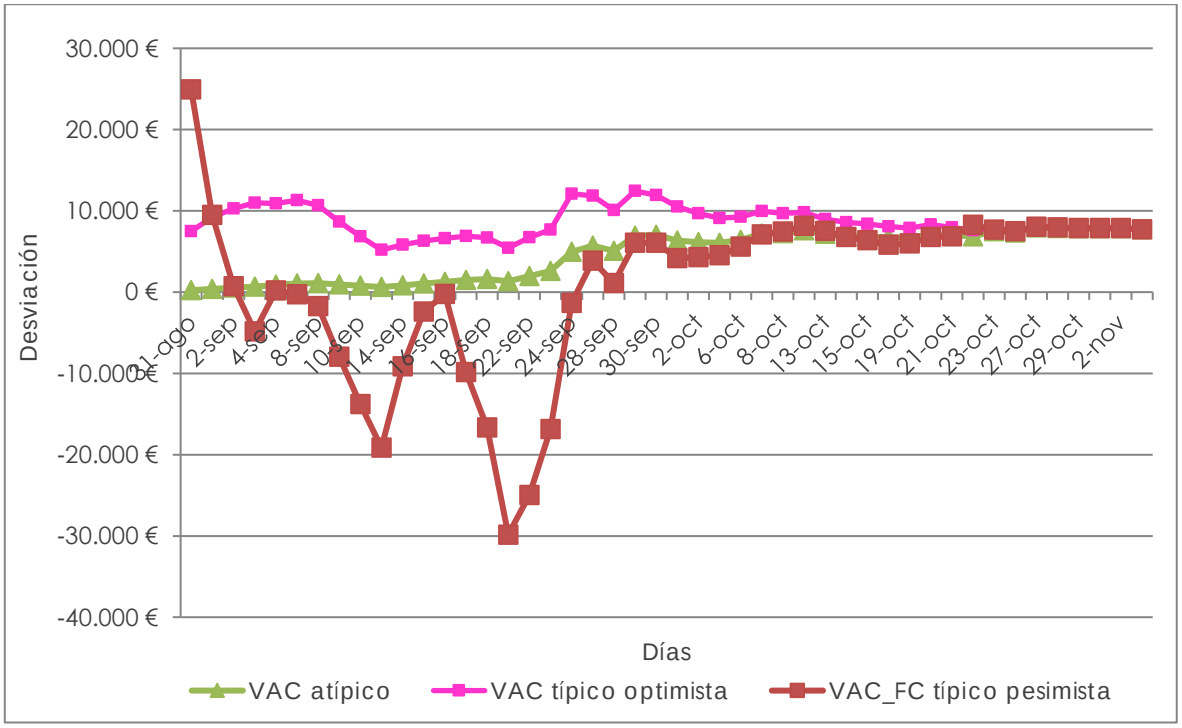


Figura 139. Variación a la conclusión (VAC_{FC}). Obra nº2



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers de la Fracción Crítica, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores (Figura 113, Figura 114 y Figura 118, respectivamente) al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

C.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM

El procedimiento de análisis del porcentaje de buffers consumido para cada una de las fechas de control, diseñado dentro del modelo propuesto para el seguimiento y control de proyectos, se basa en la integración de las metodologías del valor ganado y de la cadena crítica mediante el empleo de la Ecuación 27, de elaboración propia, que permite calcular el valor exacto de dichos amortiguadores de forma matemática.

Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido

$$\%\ buffer\ consumido\ (\%CB) = -\left(\frac{ES - t_C}{t_{PB}}\right) \cdot 100 = -\left(\frac{SV(t)}{t_{PB}}\right) \cdot 100$$

donde:

ES : programación ganada (valor determinado en el punto "*C.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*").

t_C : tiempo de control.

$SV(t)$: desviación en programación → $SV(t) = ES - t_C$

t_{PB} : duración del buffer de proyecto calculados según las metodologías de dimensionamiento de buffers (valores obtenidos en el apartado "*C.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*"):

(5) t_{PB_CP} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de "Cortar y Pegar" (CP)

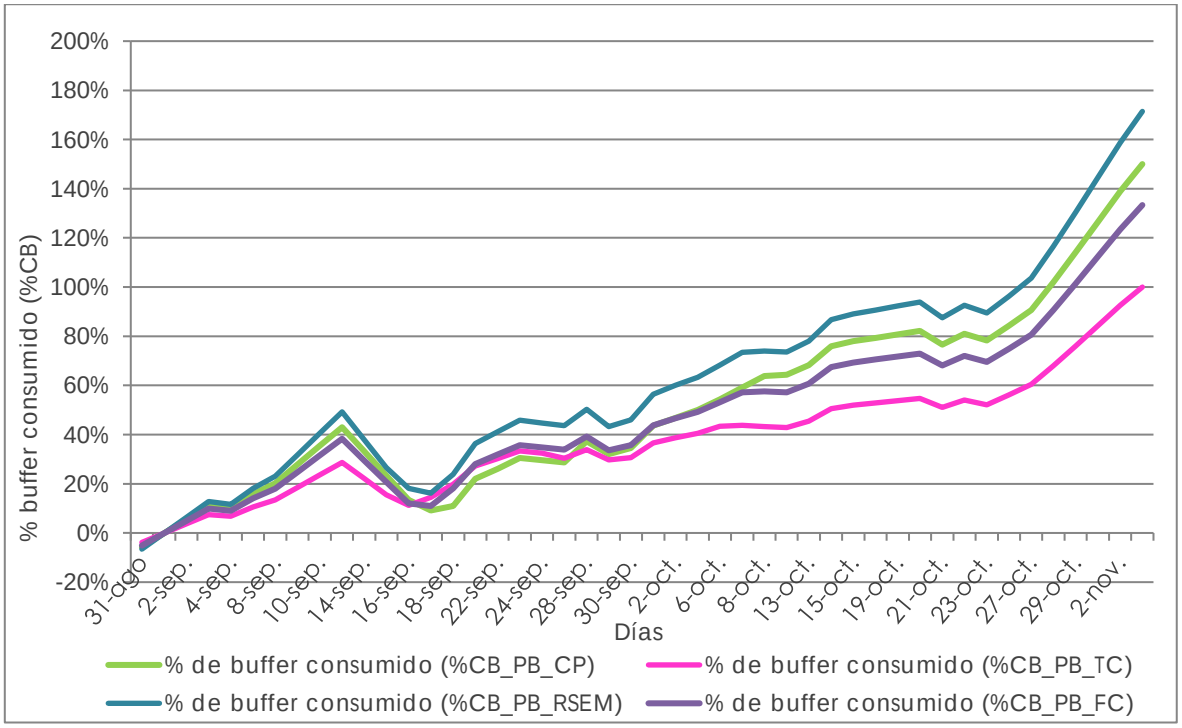
(6) t_{PB_TC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método del Tercio Crítico (TC)

(7) t_{PB_RSEM} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

(8) t_{PB_FC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Fracción Crítica (FC)

Los resultados obtenidos tras la implementación de la Ecuación 27 para cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers utilizados se encuentran recogidos de la Ficha 97 a la Ficha 98 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo la Figura 140 la representación gráfica de los valores resultantes.

Figura 140. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº2



C.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart

Una de las principales ventajas de la aplicación del método de la cadena crítica es la sencillez con la que se realiza el control del progreso del proyecto, ya que no se mide ni la consecución a tiempo de las actividades ni el uso de los recursos, sino el porcentaje de amortiguadores consumido.

En la Tabla 173 y en la Tabla 174 se resumen los datos obtenidos en apartados anteriores de la presente tesis ("*C.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*" y "*C.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*"), necesarios para la elaboración de las Fever Chart del proyecto de estudio (ver de la Figura 141 a la Figura 144).

Tabla 173. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº2. Fecha: 31/08/2015 – 02/10/2015

DÍAS (1ª semana)		31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15
% de proyecto finalizado		3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	-5,76%	-0,12%	5,52%	11,16%	10,19%
	% CB_{PB_TC}	-3,84%	-0,08%	3,68%	7,44%	6,79%
	% CB_{PB_RSEM}	-6,59%	-0,14%	6,31%	12,75%	11,64%
	% CB_{PB_FC}	-5,12%	-0,11%	4,91%	9,92%	9,06%

DÍAS (2ª semana)		07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15
% de proyecto finalizado		9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	15,83%	20,22%	27,83%	35,44%	43,05%
	% CB_{PB_TC}	10,55%	13,48%	18,55%	23,63%	28,70%
	% CB_{PB_RSEM}	18,09%	23,11%	31,81%	40,50%	49,20%
	% CB_{PB_FC}	14,07%	17,98%	24,74%	31,50%	38,27%

DÍAS (3ª semana)		14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15
% de proyecto finalizado		14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	33,18%	23,32%	13,45%	9,12%	11,01%
	% CB_{PB_TC}	22,12%	15,54%	11,21%	14,51%	19,88%
	% CB_{PB_RSEM}	37,92%	26,65%	18,10%	16,17%	23,87%
	% CB_{PB_FC}	29,50%	20,73%	11,95%	11,02%	18,18%

DÍAS (4ª semana)		21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15
% de proyecto finalizado		24,91%	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	21,97%	26,11%	30,54%	29,59%	28,65%
	% CB_{PB_TC}	27,24%	30,29%	33,34%	32,38%	30,36%
	% CB_{PB_RSEM}	36,40%	41,13%	45,87%	44,67%	43,59%
	% CB_{PB_FC}	27,99%	31,99%	35,67%	34,74%	33,90%

DÍAS (5ª semana)		28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15
% de proyecto finalizado		50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	37,22%	32,07%	34,49%	43,60%	46,78%
	% CB_{PB_TC}	33,92%	29,77%	30,60%	36,67%	38,68%
	% CB_{PB_RSEM}	50,34%	43,23%	45,94%	56,35%	59,99%
	% CB_{PB_FC}	39,16%	33,62%	35,73%	43,82%	46,66%

Tabla 174. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº2. Fecha: 05/10/2015 – 06/11/2015

DÍAS (6ª semana)		05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15
% de proyecto finalizado		66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	49,97%	54,34%	59,14%	63,87%	64,34%
	% CB_{PB_TC}	40,53%	43,45%	43,75%	43,19%	42,89%
	% CB_{PB_RSEM}	63,30%	68,29%	73,46%	74,04%	73,53%
	% CB_{PB_FC}	49,23%	53,11%	57,13%	57,59%	57,19%

DÍAS (7ª semana)		12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15
% de proyecto finalizado			79,57%	80,61%	81,92%	83,22%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}		68,21%	75,87%	77,97%	79,36%
	% CB_{PB_TC}		45,48%	50,58%	51,98%	52,90%
	% CB_{PB_RSEM}		77,96%	86,70%	89,11%	90,69%
	% CB_{PB_FC}		60,64%	67,44%	69,31%	70,54%

DÍAS (8ª semana)		19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15
% de proyecto finalizado		84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	80,74%	82,12%	76,60%	81,06%	78,25%
	% CB_{PB_TC}	53,83%	54,75%	51,06%	54,04%	52,16%
	% CB_{PB_RSEM}	92,27%	93,85%	87,54%	92,64%	89,42%
	% CB_{PB_FC}	71,77%	73,00%	68,09%	72,05%	69,55%

DÍAS (9ª semana)		26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15
% de proyecto finalizado		96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	84,22%	90,67%	102,02%	114,14%	126,41%
	% CB_{PB_TC}	56,15%	60,45%	68,01%	76,09%	84,27%
	% CB_{PB_RSEM}	96,26%	103,62%	116,59%	130,44%	144,47%
	% CB_{PB_FC}	74,87%	80,59%	90,68%	101,45%	112,37%

DÍAS (10ª semana)		02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
% de proyecto finalizado		99,51%	100,00%			
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	138,91%	150,00%			
	% CB_{PB_TC}	92,61%	100,00%			
	% CB_{PB_RSEM}	158,76%	171,43%			
	% CB_{PB_FC}	123,48%	133,33%			

Figura 141. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP

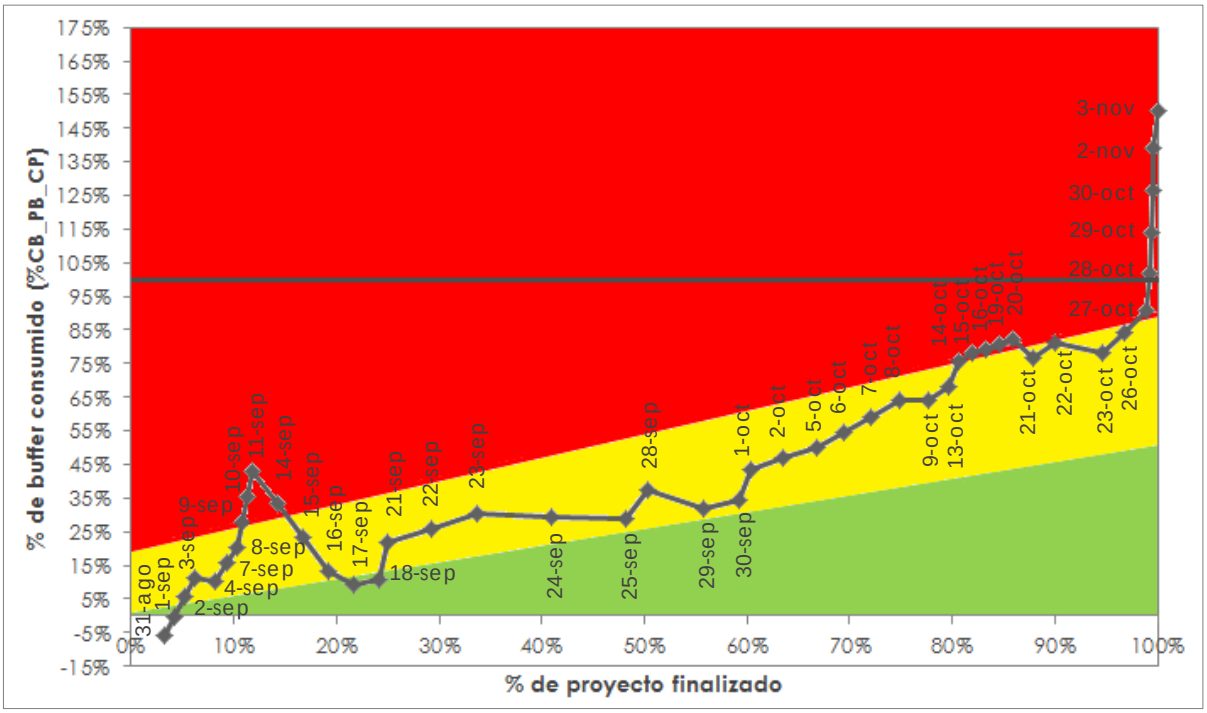


Figura 142. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC

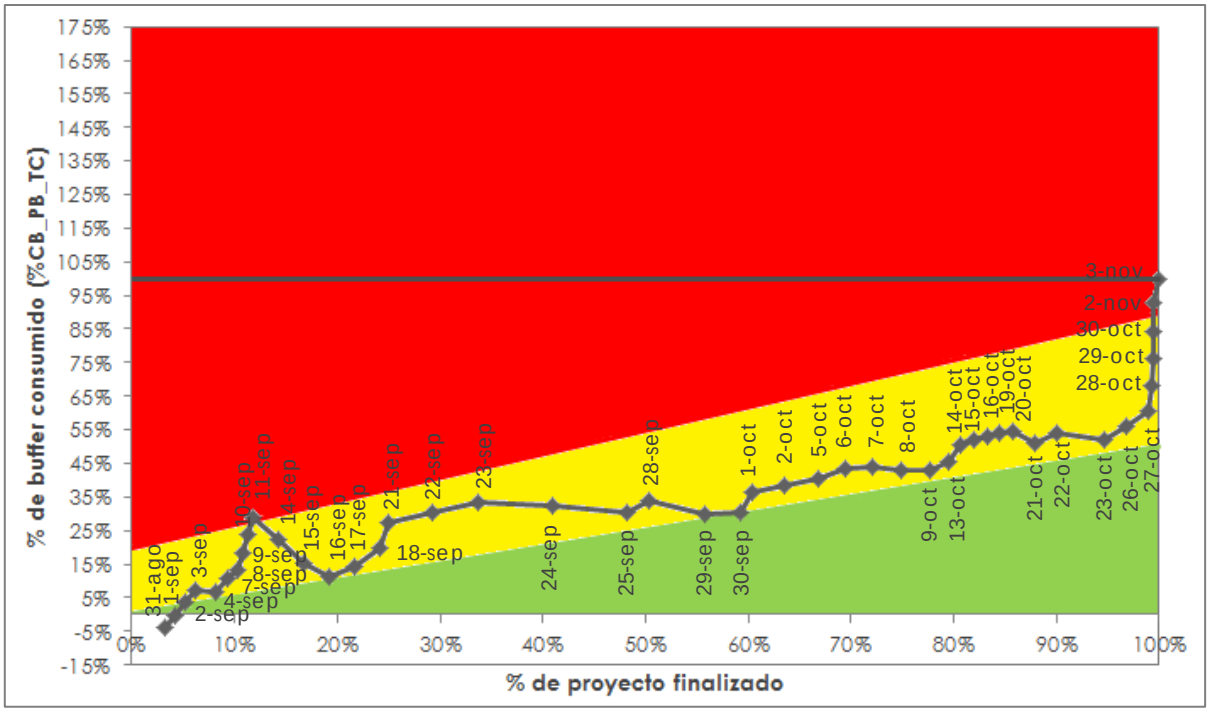


Figura 143. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers RSEM

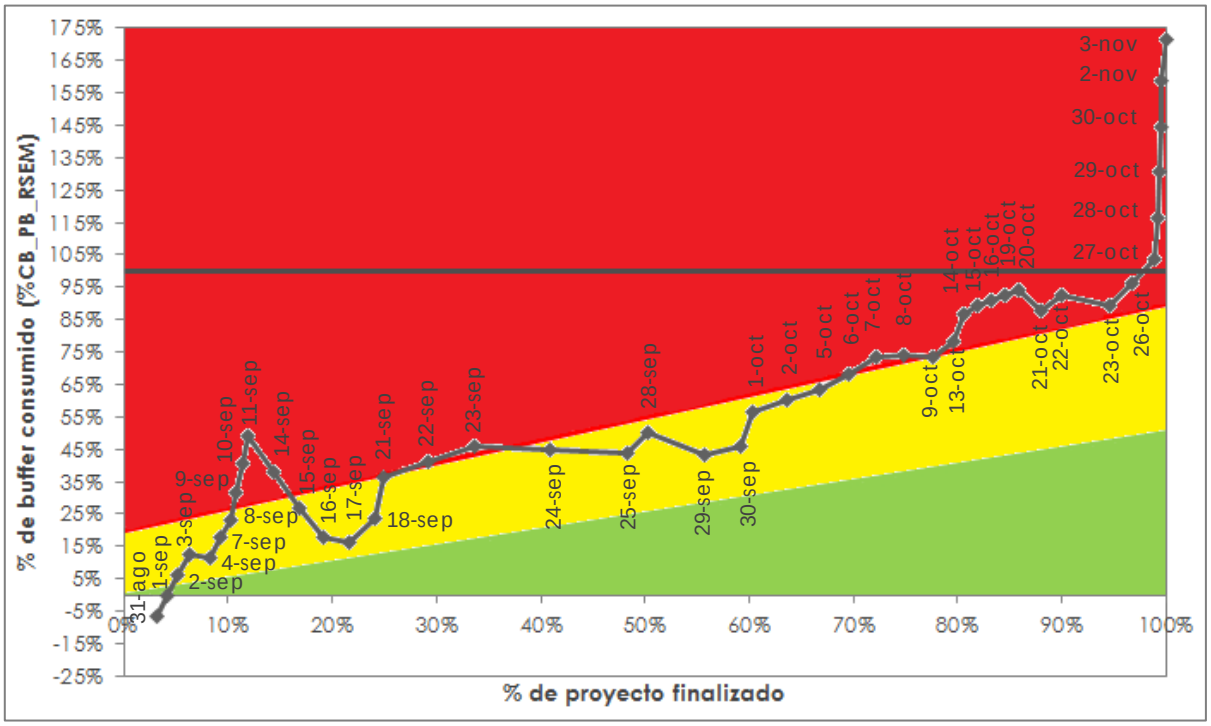
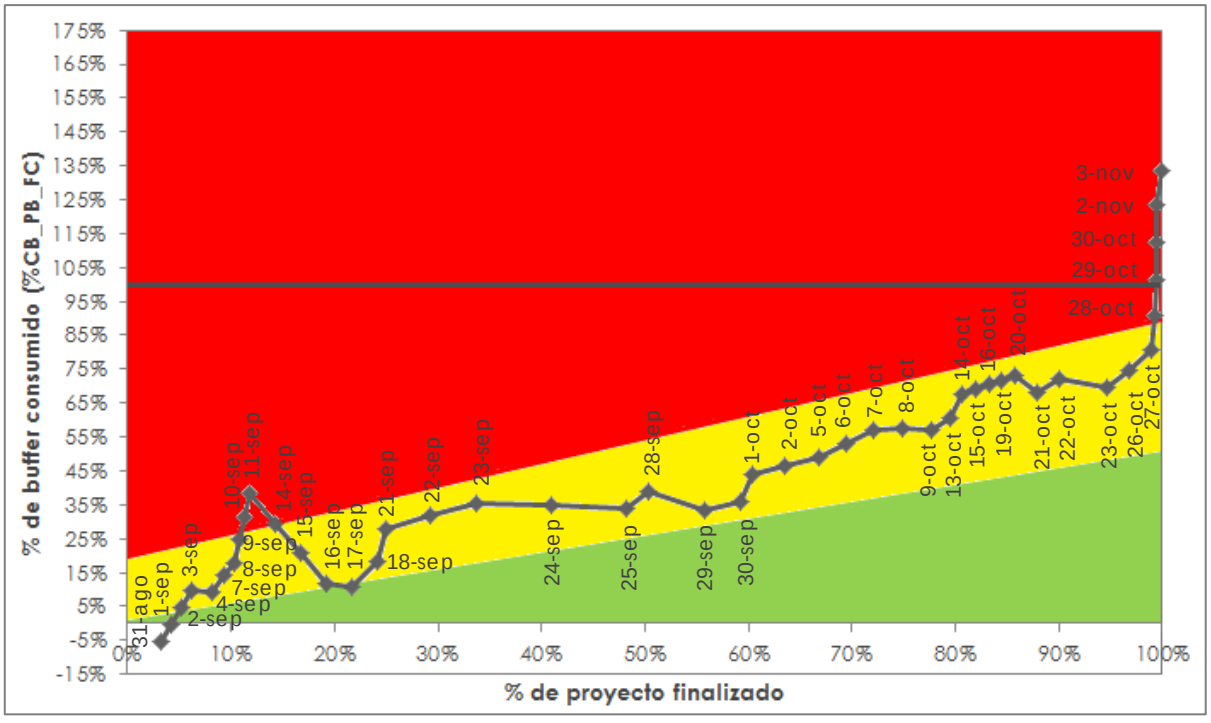


Figura 144. Fever Chart de la obra nº2 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC



Al igual que para el caso práctico nº1, para la obra de A Mezquita las líneas delimitadoras de las diferentes zonas de las gráficas Fever Chart se diseñaron para un mayor control de la obra tanto al inicio como al final de ésta.

C.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones

El seguimiento y control de la obra de estudio mediante la aplicación del procedimiento de gestión de proyectos desarrollado por la presente investigación fue realizado desde la perspectiva del contratista, por lo que la toma de decisiones durante la ejecución de los trabajos correspondió al director de obra de dicha empresa.

C.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Como ya se ha observado en apartados anteriores ("*C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*"), la cadena crítica definida durante la etapa de programación de la obra de A Mezquita sufrió ciertas modificaciones, variando la secuencia de actividades pertenecientes a la CC y dependiendo el final de la misma de una tarea que inicialmente no estaba incluida en ella.

Los cambios producidos impiden la obtención de datos fiables y reales del consumo de buffers y del avance del proyecto atendiendo únicamente a la cadena crítica de origen, por lo que la aplicación del modelo simplificado del procedimiento propuesto para el seguimiento de proyectos carece de interés, resultando efectivo el control ya realizado a la totalidad de la obra en el punto "*C.4. Procedimiento de Seguimiento y Control de la Obra de Estudio Nº2*" de la presente tesis.

C.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM

Con objeto de analizar las diferencias existentes entre la metodología basada en la cadena crítica y las técnicas tradicionales de planificación y seguimiento de proyectos, con posterioridad a la conclusión de la obra de estudio nº2, se ha evaluado este caso práctico exclusivamente bajo el procedimiento de EVM.

C.6.1. Variables del EVM

Los parámetros e índices propios del valor ganado se calculan a partir de los datos disponibles del proyecto y los obtenidos durante la ejecución del mismo.

C.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T)

El Diagrama de Gantt expuesto en la Ficha 30 del Apéndice 1 de este Anejo, diseñado siguiendo los criterios de los métodos tradicionales de gestión de proyectos, fue utilizado como base para la realización de la programación presentada en el momento de la licitación de la obra (ver Ficha 99 y Ficha 100 del *Apéndice 1* de este Anejo) mediante la incorporación de los costes de cada una de las actividades que conforman la EDT del caso práctico nº2 a lo largo de tiempo asignado a cada una de ellas.

A partir de los datos originales del proyecto, se han obtenido los costes totales presupuestados del trabajo programado de manera tradicional (PV_T), con carácter diario y acumulado (ver Tabla 175 y Tabla 176), así como la representación gráfica de dichos valores (Figura 145).

Tabla 175. PV_T diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: del 03/08/2015 al 21/08/2015

DÍAS (1ª semana)		31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15
PV_T	DIARIO	991,46 €	991,46 €	991,46 €	991,46 €	991,46 €
	A ORIGEN	991,46 €	1.982,92 €	2.974,38 €	3.965,84 €	4.957,30 €

DÍAS (2ª semana)		07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15
PV_T	DIARIO	991,46 €	991,46 €	1.316,54 €	3.462,47 €	3.462,47 €
	A ORIGEN	5.948,76 €	6.940,21 €	8.256,76 €	11.719,23 €	15.181,70 €

DÍAS (3ª semana)		14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15
PV_T	DIARIO	3.462,47 €	3.329,18 €	3.329,18 €	3.329,18 €	1.939,21 €
	A ORIGEN	18.644,17 €	21.973,35 €	25.302,53 €	28.631,72 €	30.570,93 €

Tabla 176. PV_T diario y acumulado de la obra nº2. Fecha: del 21/09/2015 al 06/11/2015

DÍAS (4ª semana)		21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15
PV_T	DIARIO	1.939,21 €	1.939,21 €	1.939,21 €	1.939,21 €	1.654,74 €
	A ORIGEN	32.510,14 €	34.449,35 €	36.388,56 €	38.327,76 €	39.982,50 €

DÍAS (5ª semana)		28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15
PV_T	DIARIO	1.654,74 €	1.718,35 €	825,68 €	825,68 €	825,68 €
	A ORIGEN	41.637,24 €	43.355,59 €	44.181,26 €	45.006,94 €	45.832,62 €

DÍAS (6ª semana)		05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15
PV_T	DIARIO	825,68 €	825,68 €	1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €
	A ORIGEN	46.658,29 €	47.483,97 €	48.511,66 €	49.539,36 €	50.567,05 €

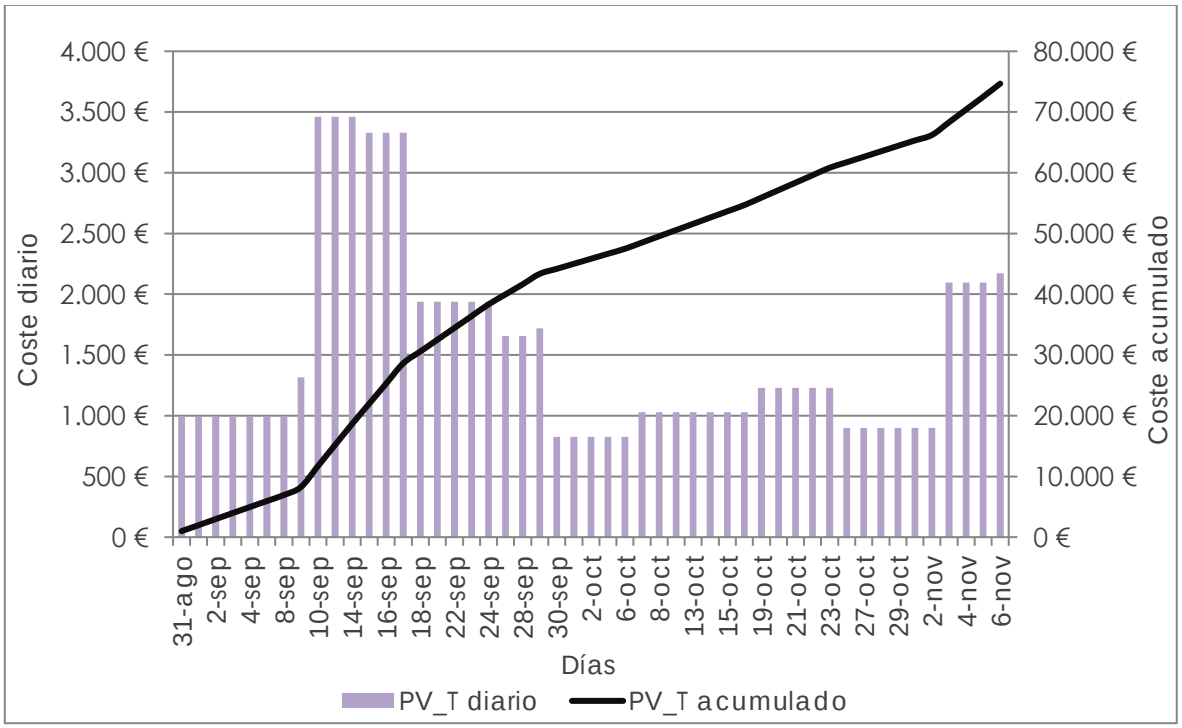
DÍAS (7ª semana)		12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15
PV_T	DIARIO		1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €
	A ORIGEN		51.594,75 €	52.622,44 €	53.650,14 €	54.677,83 €

DÍAS (8ª semana)		19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15
PV_T	DIARIO	1.229,41 €	1.229,41 €	1.229,41 €	1.229,41 €	1.229,41 €
	A ORIGEN	55.907,24 €	57.136,65 €	58.366,05 €	59.595,46 €	60.824,87 €

DÍAS (9ª semana)		26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15
PV_T	DIARIO	898,76 €	898,76 €	898,76 €	898,76 €	898,76 €
	A ORIGEN	61.723,63 €	62.622,39 €	63.521,15 €	64.419,90 €	65.318,66 €

DÍAS (10ª semana)		02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
PV_T	DIARIO	898,76 €	2.095,15 €	2.095,15 €	2.095,15 €	2.173,15 €
	A ORIGEN	66.217,42 €	68.312,58 €	70.407,73 €	72.502,89 €	74.676,04 €

Figura 145. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº2



C.6.1.2. Valor Ganado (EV)

Los importes del coste presupuestado del trabajo realizado, para cada uno de los tiempos de control del proyecto (diario para el caso de estudio), es un factor que depende del avance de la obra durante la ejecución de la misma, por lo que los resultados son los indicados en el punto "*C.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" de la presente tesis.

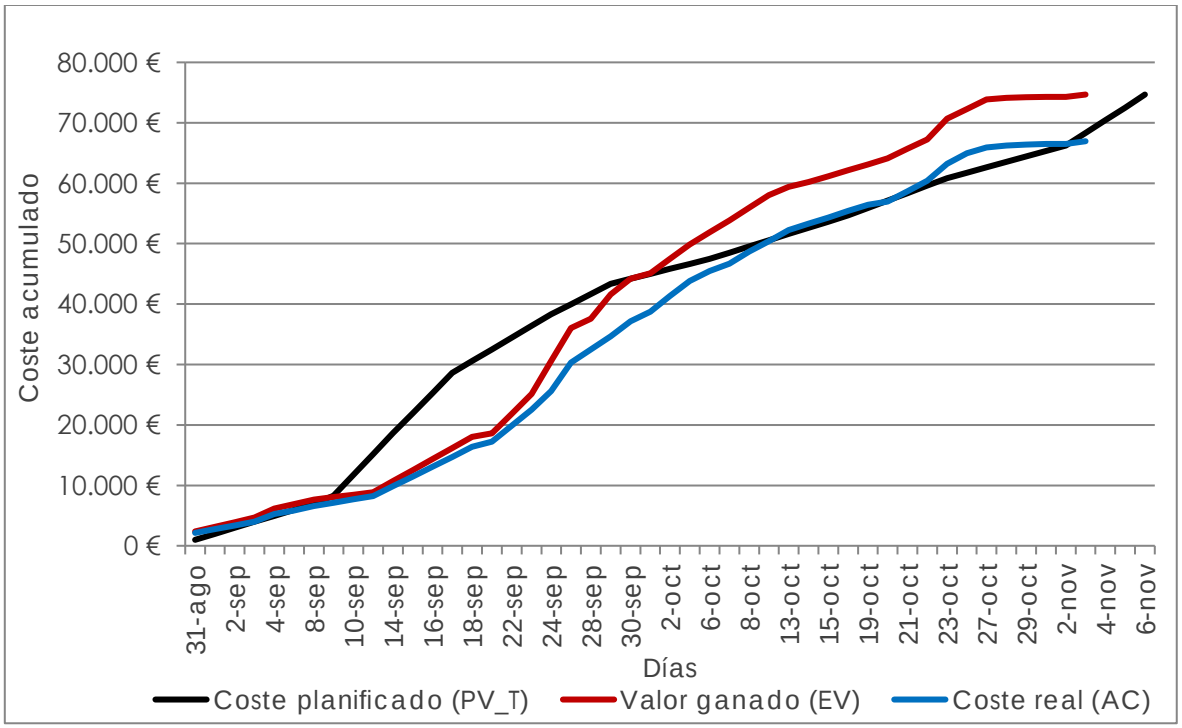
C.6.1.3. Coste Real (AC)

Los valores del coste real del trabajo ejecutado, para cada uno de los días de control, son iguales a los presentados en el punto "*C.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*" al ser un dato dependiente de la ejecución de la obra y no de la planificación o seguimiento de la misma.

C.6.2. Tratamiento de los Datos

Con los resultados acumulados indicados el apartado "*C.6.1. Variables del EVM*" se obtienen las curvas "S" del proyecto planificado de forma tradicional (ver Figura 146).

Figura 146. Curvas S de la obra nº2 planificada de forma tradicional



Los valores de PV, EV y AC se han empleado para el para el cálculo de los parámetros e indicadores propios del EVM, cuyos valores se encuentran recogidos de la Ficha 101 a la Ficha 103 del *Apéndice 1* de este Anejo y han sido representados gráficamente de la Figura 147 a la Figura 151.

Es preciso destacar que, el cálculo y la representación de las estimaciones o proyecciones a la finalización atípicas y típicas optimistas, así como del porcentaje finalizado, no se exponen en el presente punto, al no depender del valor planificado (PV) ni influir en ellos el componente de plazo. Estos resultados se pueden consultar en el punto "*C.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*" de esta tesis.

Figura 147. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº2. Seguimiento tradicional

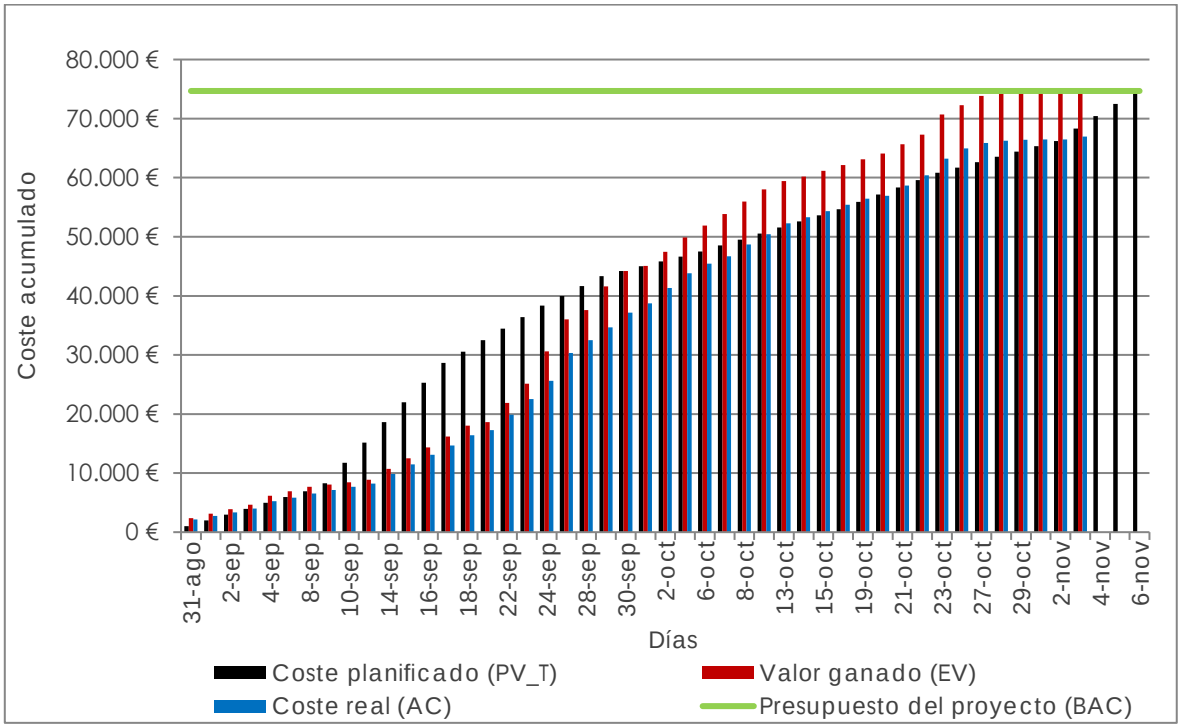


Figura 148. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº2. Seguimiento tradicional

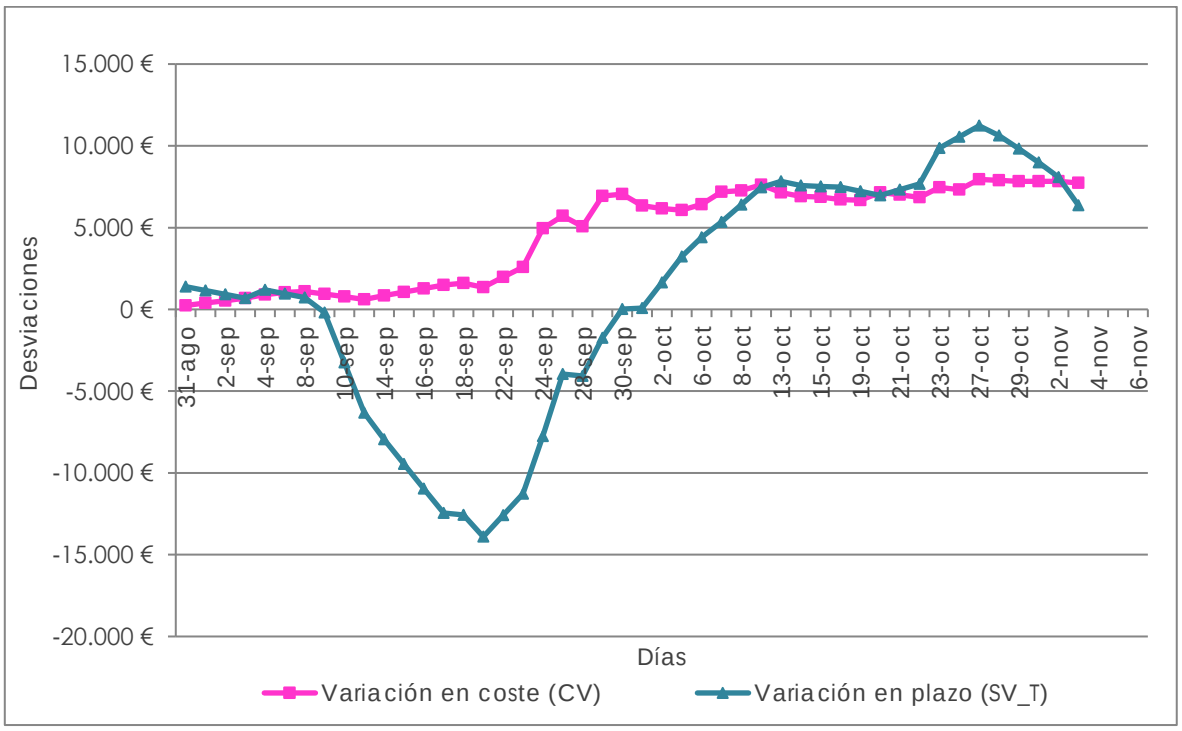


Figura 149. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº2. Seguimiento tradicional

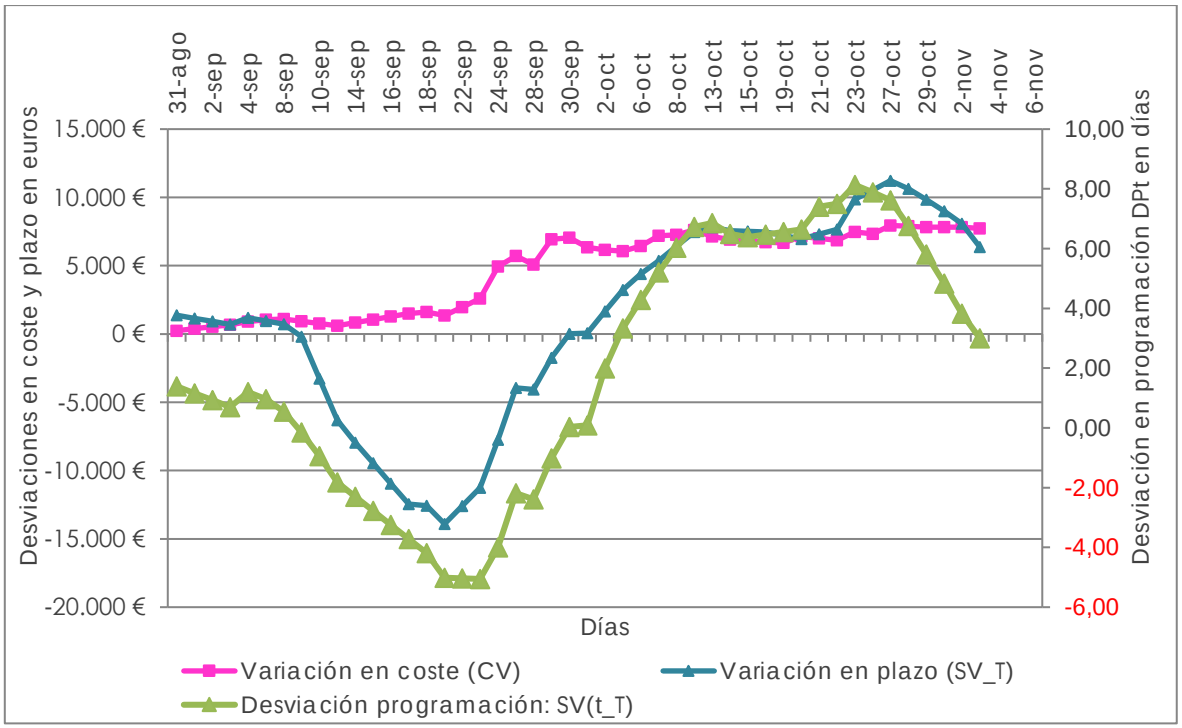


Figura 150. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº2. Seguimiento tradicional

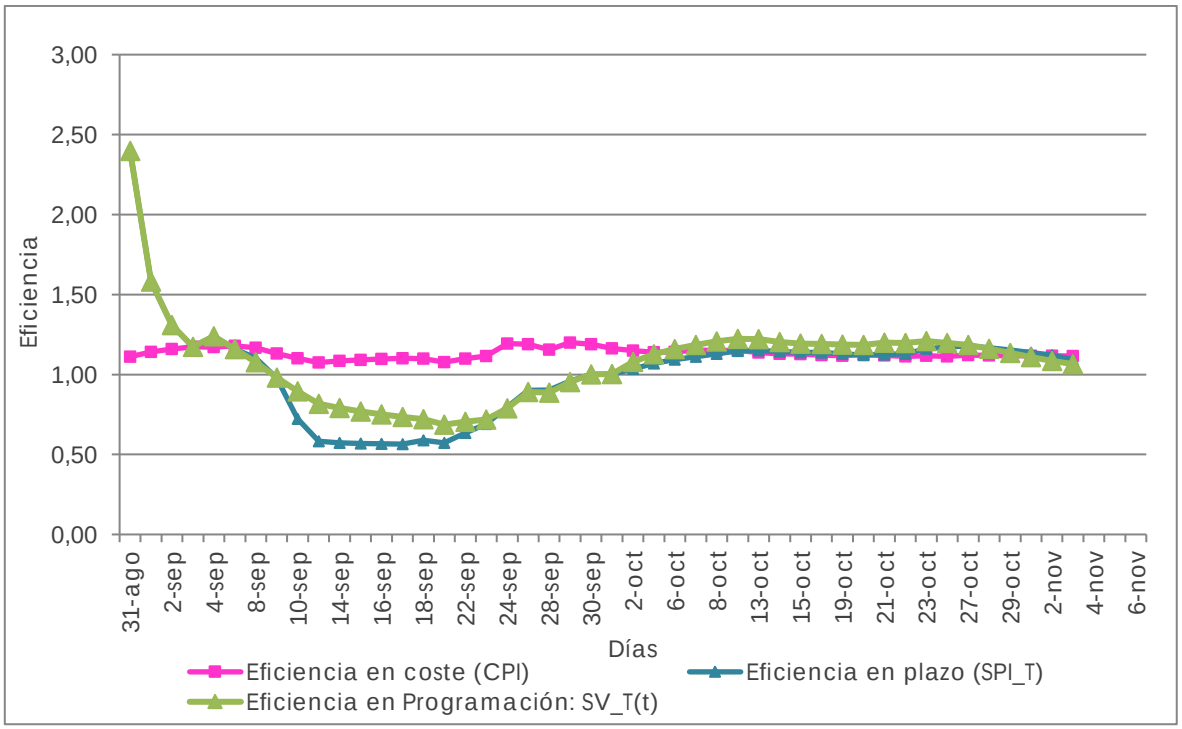
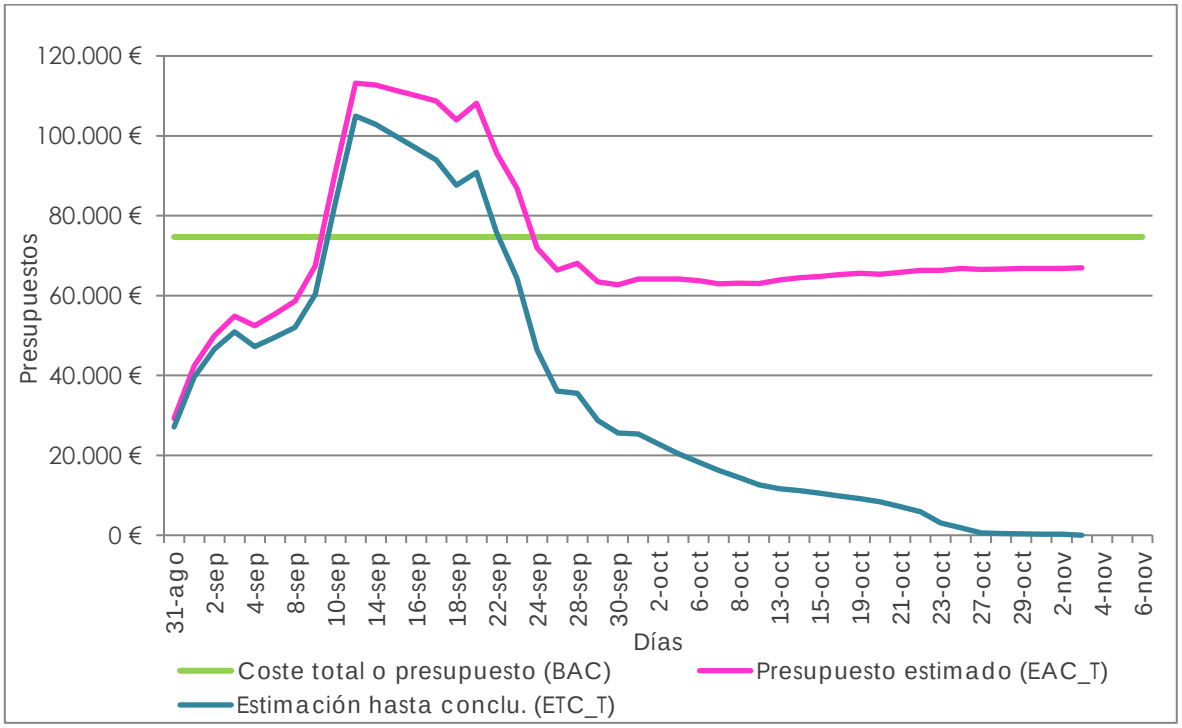


Figura 151. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº2



De los valores obtenidos tras el tratamiento de las variables propias del EVM, se puede deducir que:

- La obra del caso práctico nº2, realmente planificada y ejecutada bajo la filosofía de la cadena crítica, finaliza tres días antes de lo programado en el cronograma diseñado conforme los métodos tradicionales (PV_T).

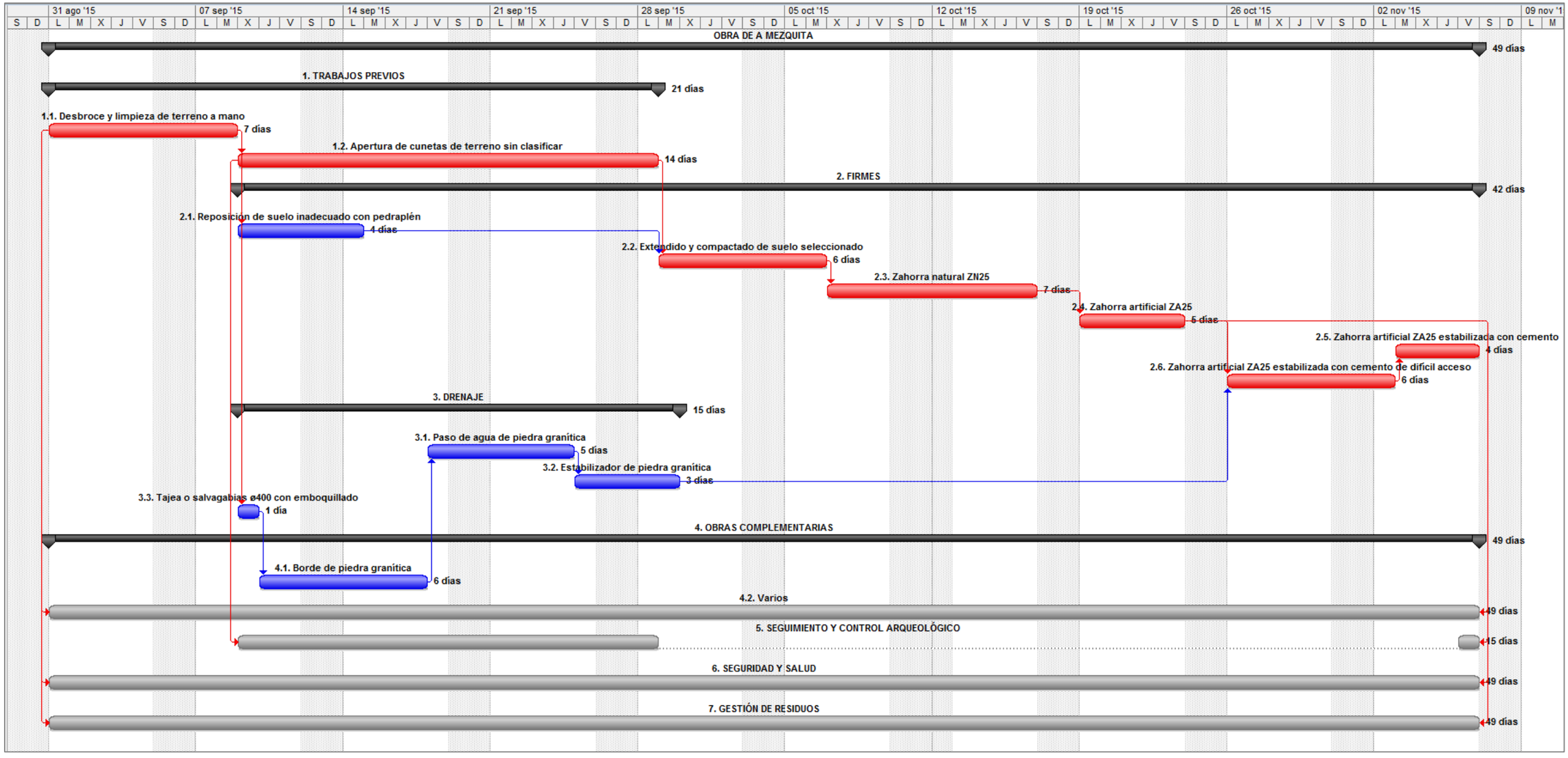
- La terminación prematura de los trabajos, según la programación original realizada mediante los métodos tradicionales, refleja la presencia de colchones de seguridad dentro de la duración de las actividades que forman parte de la obra.

- Se puede determinar que la implementación correcta del CCPM, mediante el desarrollo de planificaciones adecuadas en función de la disponibilidad de los recursos y la incorporación de protecciones globales, en vez de individuales, facilita la reducción del plazo inicialmente planificado para la ejecución de la obra.

APÉNDICE 1

FICHAS DE LA OBRA Nº2

Ficha 30. Diagrama de Gantt del proyecto de licitación de la obra nº2 (Datos originales del proyecto)



Camino crítico Subcamino Camino dependiente Dependencia Resumen

Ficha 31. Cronograma previo de la obra nº2 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

* La actividad 5 se realizará en momentos puntuales del proyecto por personal externo a la empresa adjudicataria. Las actividades 4.2, 6 y 7 se planificarán para ejecutarse durante toda la duración de la obra.

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

* La actividad 5 se realizará en momentos puntuales del proyecto por personal externo a la empresa adjudicataria. Las actividades 4.2, 6 y 7 se planificarán para ejecutarse durante toda la duración de la obra.

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 32. Cronograma previo de la obra nº2 aplicando los rendimientos calculados (Fase 3 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

* La actividad 5 se realizará en momentos puntuales del proyecto por personal externo a la empresa adjudicataria. Las actividades 4.2, 6 y 7 se planificarán para ejecutarse durante toda la duración de la obra.

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 33. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº2 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2								CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1								TO+RA	TO+RA								
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1															TO+OD	TO+OD	TO+OD
3.2																	
3.3								OD+CB									
4.1									OD+CB	OD+CB	OD+CB	OD+CB					
4.2																	
5								AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1																	
2.2					MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3									CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4															CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1	TO+OD																
3.2		TO+OD			TO+OD												
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

* Recursos sobreasignados (actividades 1.2 y 2.1) y grandes holguras entre el final de las subcadenas (subcadena 1: '2.1'; subcadena 2: '3.3, 4.1, 3.1, 3.2') y las actividades críticas a las que alimentan ('2.2' y '2.6' respectivamente)

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 34. Incursión de los recursos dentro del cronograma previo de la obra nº2 respetando los equipos de trabajo (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5											CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI				
2.6			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5													AR				
6																	
7																	

* Recursos sobreasignados (actividades 1.2 y 2.1) y grandes holguras entre el final de las subcadenas (subcadena 1: '2.1'; subcadena 2: '3.3, 4.1, 3.1, 3.2') y las actividades críticas a las que alimentan ('2.2' y '2.6' respectivamente)

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 35. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº2 (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2								CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5								AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1	TO+RA	TO+RA															
2.2					MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3									CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4															CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1												TO+OD	TO+OD	TO+OD	TO+OD		
3.2																TO+OD	
3.3					OD +CB												
4.1						OD+CB	OD+CB	OD+CB	OD+CB								
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

Fin de semana Festivo Cadena Crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 36. Nivelación de recursos y sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº2 (Fase 4 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5											CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI				
2.6			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2		TO+OD															
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5													AR				
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

Ficha 37. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	RB_{OD+CB}
4.1																	
4.2																	
5					RB_{AR}			AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1	TO+RA	FB_{1_CP}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1							RB_{TO}	TO+OD	TO+OD			TO+OD	TO+OD				
3.2														TO+OD	TO+OD	FB_{2_CP}	
3.3	OD +CB																
4.1		OD+CB			OD+CB	OD+CB	OD+CB										
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 38. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			PB_{CP}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2		FB_{2_CP}															
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR				
6																	
7																	

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{CP}					PB_{CP}											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 39. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3															RB_{OD+CB}	OD+CB	
4.1																	OD+CB
4.2																	
5					RB_{AR}			AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1	TO+RA	FB_{1_TC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1					RB_{TO}	TO+OD	TO+OD	TO+OD	TO+OD								
3.2												TO+OD	TO+OD	FB_{2_TC}			
3.3																	
4.1	OD+CB	OD+CB			OD+CB												
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 40. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			PB_{TC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2		FB_{2_TC}															
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR				
6																	
7																	

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{TC}					PB_{TC}							PB_{TC}				
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 41. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1															RB_{TO+RA}	TO+RA	TO+RA
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB
4.1																	
4.2																	
5					RB_{AR}			AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1	FB_{1_RSEM}																
2.2		RB_{RA}			MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD	TO+OD	TO+OD			TO+OD					
3.2													TO+OD	TO+OD	FB_{2_RSEM}		
3.3																	
4.1	OD+CB	OD+CB			OD+CB	OD+CB											
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB Buffer de proyecto | FB Buffer de alimentación | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 42. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			PB_{RSEM}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2		FB_{2_RSEM}															
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR				
6																	
7																	

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{RSEM}					PB_{RSEM}											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 43. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD	CA+TO	CA+TO	CA+TO	CA+TO												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI	CA+MI			CA+MI	CA+MI	CA+MI
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB
4.1																	
4.2																	
5					RB_{AR}			AR	AR	AR	AR	AR			AR	AR	AR
6																	
7																	

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI	CA+MI															
2.1	TO+RA	FB_{1_FC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA	MI+RA	MI+RA	MI+RA									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI			CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD	TO+OD	TO+OD			TO+OD					
3.2													TO+OD	TO+OD	FB_{2_FC}		
3.3																	
4.1	OD+CB	OD+CB			OD+CB	OD+CB											
4.2																	
5	AR	AR															
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB Buffer de proyecto | FB Buffer de alimentación | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 44. Cronograma de la obra nº2 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+MI			PB_{FC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI	CA+JA+MI				CA+MI							
3.1																	
3.2		FB_{2_FC}															
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR				
6																	
7																	

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{FC}					PB_{FC}											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 45. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	RB_{OD+CB}
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{CP}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.288,81 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.425,59 €	15.714,40 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 46. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_CP}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1							RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €				
3.2														TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_CP}	
3.3	OD +CB 421,20 €																
4.1		OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €										
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{CP}																	
DIARIO	1.710,01 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.222,76 €	3.090,34 €	3.350,76 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	17.424,41 €	22.297,33 €			27.369,03 €	32.440,73 €	37.512,43 €	40.204,88 €	43.427,64 €			46.650,40 €	49.873,16 €	52.963,50 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 47. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RBJA	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PBCP	
2.6		RBJA	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB2_CP															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RBAR						RBAR	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{CP}																	
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 48. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método CP. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{CP}					PB_{CP}											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV_{CP}																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 49. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3															RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €	
4.1																	OD+CB 3.850,69 €
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{TC}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.443,44 €	5.139,49 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.846,79 €	19.986,29 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 50. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_TC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1					RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €								
3.2												TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_TC}			
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €												
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{TC}																	
DIARIO	5.139,49 €	4.872,92 €			5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.090,34 €	3.090,34 €	1.751,32 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	25.125,78 €	29.998,71 €			35.070,41 €	37.762,85 €	40.455,30 €	43.147,75 €	46.370,51 €			49.460,85 €	52.551,19 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 51. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{TC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_TC}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{TC}																	
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 52. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{TC}					PB_{TC}							PB_{TC}				
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV_{TC}																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 53. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1															RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{RSEM}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.288,81 €	1.710,01 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.692,16 €	16.402,17 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 54. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	FB_{1_RSEM}																
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €					
3.2													TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_RSEM}		
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €											
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{RSEM}																	
DIARIO	4.872,92 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	21.275,09 €	26.148,02 €			31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €			48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 55. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{RSEM}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_RSEM}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{RSEM}																	
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 56. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB$_{RSEM}$					PB$_{RSEM}$											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV$_{RSEM}$																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB$_X$ Buffer de proyecto calculado con el método x
FB$_X$ Buffer de alimentación calculado con el método x
RB$_X$ Buffer de recurso x
RB$_X$ Buffer de recurso externo x

Ficha 57. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{FC}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.710,01 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.425,59 €	16.135,60 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 58. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_FC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €					
3.2													TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_FC}		
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €											
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{FC}																	
DIARIO	5.139,49 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	21.275,09 €	26.148,02 €			31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €			48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 59. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{FC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_FC}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{FC}																	
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 60. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº2 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB$_{FC}$					PB$_{FC}$											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV$_{FC}$																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana Festivo Cadena Crítica Subcadena Cadena dependiente

PB$_X$ Buffer de proyecto calculado con el método x FB$_X$ Buffer de alimentación calculado con el método x RB$_X$ Buffer de recurso x RB$_X$ Buffer de recurso externo x

Ficha 61. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 01/08/2015 al 16/08/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	RB_{OD+CB}
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{CP}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.288,81 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.425,59 €	15.714,40 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 62. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_CP}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1							RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €				
3.2														TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_CP}	
3.3	OD +CB 421,20 €																
4.1		OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €										
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{CP}		HITO 1					HITO 2										
DIARIO	1.710,01 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.222,76 €	3.090,34 €	3.350,76 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	17.424,41 €	22.297,33 €			27.369,03 €	32.440,73 €	37.512,43 €	40.204,88 €	43.427,64 €			46.650,40 €	49.873,16 €	52.963,50 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 63. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RBJA	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PBCP	
2.6		RBJA	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB2_CP															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RBAR						RBAR	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{CP}		HITO 3															
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 64. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{CP}					PB_{CP}											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV_{CP}																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 65. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3															RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €	
4.1																	OD+CB 3.850,69 €
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{TC}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.443,44 €	5.139,49 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.846,79 €	19.986,29 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 66. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_TC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1					RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €								
3.2												TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_TC}			
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €												
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{TC}		HITO 1			HITO 2												
DIARIO	5.139,49 €	4.872,92 €			5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.090,34 €	3.090,34 €	1.751,32 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	25.125,78 €	29.998,71 €			35.070,41 €	37.762,85 €	40.455,30 €	43.147,75 €	46.370,51 €			49.460,85 €	52.551,19 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 67. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{TC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_TC}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{TC}		HITO 3															
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana — Festivo — Cadena Crítica — Subcadena — Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x — FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x — RB_X Buffer de recurso x — RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 68. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB_{TC}					PB_{TC}							PB_{TC}				
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV_{TC}																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 69. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1															RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{RSEM}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.288,81 €	1.710,01 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.692,16 €	16.402,17 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 70. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	FB_{1_RSEM}																
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €					
3.2													TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_RSEM}		
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €											
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{RSEM}		HITO 1				HITO 2											
DIARIO	4.872,92 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	21.275,09 €	26.148,02 €			31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €			48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 71. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{RSEM}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_RSEM}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{RSEM}		HITO 3															
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 72. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB$_{RSEM}$					PB$_{RSEM}$											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV$_{RSEM}$																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB$_X$ Buffer de proyecto calculado con el método x

FB$_X$ Buffer de alimentación calculado con el método x

RB$_X$ Buffer de recurso x

RB$_X$ Buffer de recurso externo x

Ficha 73. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €	CA+TO 1.222,06 €												
1.2					RB_{MI}			CA+TO+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €			CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €
2.1																RB_{TO+RA}	TO+RA 266,57 €
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																RB_{OD+CB}	OD+CB 421,20 €
4.1																	
4.2	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €
5					RB_{AR}			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €			AR 70,20 €	AR 70,20 €	AR 70,20 €
6	375,00 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €
7	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €
PV_{FC}																	
DIARIO	1.740,35 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €	1.382,40 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €	1.022,24 €			1.022,24 €	1.022,24 €	1.710,01 €
A ORIGEN	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €			8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €			13.403,36 €	14.425,59 €	16.135,60 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 74. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+MI 791,70 €	CA+MI 791,70 €															
2.1	TO+RA 266,57 €	FB_{1_FC}															
2.2		RB_{RA}			MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €	MI+RA 1.060,68 €									
2.3								RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.590,99 €			CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+JA+MI 1.590,99 €	CA+MI 1.590,99 €			
2.4														RB_{JA}	CA+JA+MI 1.851,41 €	CA+JA+MI 1.851,41 €	
2.5																	
2.6																	
3.1						RB_{TO}	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €	TO+OD 1.471,44 €			TO+OD 1.471,44 €					
3.2													TO+OD 1.339,02 €	TO+OD 1.339,02 €	FB_{2_FC}		
3.3																	
4.1	OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €			OD+CB 3.850,69 €	OD+CB 3.850,69 €											
4.2	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €			90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	
5	AR 70,20 €	AR 70,20 €															
6	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €			17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	
7	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €			52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	
PV_{FC}		HITO 1				HITO 2											
DIARIO	5.139,49 €	4.872,92 €			5.071,70 €	5.071,70 €	2.692,45 €	2.692,45 €	3.222,76 €			3.222,76 €	3.090,34 €	3.090,34 €	2.011,75 €	2.011,75 €	
A ORIGEN	21.275,09 €	26.148,02 €			31.219,72 €	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €			48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 75. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4		CA+MI 1.851,41 €															
2.5										RB_{JA}	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+JA+MI 2.635,46 €	CA+MI 2.635,46 €			PB_{FC}	
2.6		RB_{JA}	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €	CA+JA+MI 936,24 €				CA+MI 936,24 €							
3.1																	
3.2		FB_{2_FC}															
3.3																	
4.1																	
4.2		90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				90,35 €	90,35 €	90,35 €	90,35 €				
5						RB_{AR}						RB_{AR}	AR 468,00 €				
6		17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				17,05 €	17,05 €	17,05 €	17,05 €				
7		52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				52,94 €	52,94 €	52,94 €	52,94 €				
PV_{FC}		HITO 3															
DIARIO		2.011,75 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €	1.096,58 €				1.096,58 €	2.795,80 €	2.795,80 €	3.263,80 €				
A ORIGEN		60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €				65.820,65 €	68.616,45 €	71.412,24 €	74.676,04 €				

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 76. Cronograma final de la obra nº2 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	PB$_{FC}$					PB$_{FC}$											
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																	
6																	
7																	
PV$_{FC}$																	
DIARIO																	
A ORIGEN																	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB$_X$ Buffer de proyecto calculado con el método x

FB$_X$ Buffer de alimentación calculado con el método x

RB$_X$ Buffer de recurso x

RB$_X$ Buffer de recurso externo x

Ficha 77. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.558,61 €	CA+TO 758,61 €	CA+TO 758,61 €	CA+TO 758,61 €	CA+TO 758,61 €			CA+TO 758,61 €	CA+TO 758,61 €								
1.2												RB_{CA+TO}			CA+TO+ MI+RA 1.583,40 €	CA+TO+ MI+RA 1.583,40 €	CA+TO+ MI+RA 1.583,40 €
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2									RB_{MI+RA}	M+RA 400,00 €	MI+RA 400,00 €	MI+RA 400,00 €					
5								RB_{AR}				RB_{AR}			AR 245,75 €	AR 245,75 €	AR 245,75 €
6	819,00 €																
7				RB_{OD}	OD 731,25 €												
EV																	
DIARIO	2.377,61 €	758,61 €	758,61 €	758,61 €	1.489,86 €			758,61 €	758,61 €	400,00 €	400,00 €	400,00 €			1.829,15 €	1.829,15 €	1.829,15 €
A ORIGEN	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €			6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €			10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 78. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+TO+ MI+RA 1.583,40 €	CA+TO+ MI+RA 1.583,40 €															
2.1					CA+RA 177,71 €	CA+RA 177,71 €	CA+RA 177,71 €										
2.2							RB_{MI}	MI+RA 834,40 €	MI+RA 834,40 €			MI+RA 834,40 €	MI+RA 579,84 €	MI+RA 579,84 €	MI+RA 579,84 €		
2.3															RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.209,15 €	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1												TO+OD 706,29 €	TO+OD 3.452,97 €	TO+OD 1.726,49 €			
3.2															TO+OD 294,58 €	TO+OD 1.191,72 €	
3.3		RB_{OD+CB}			OD+CB 421,20 €												
4.1					RB_{TO}	TO+OD+CB 3.080,50 €	TO+OD+CB 3.080,50 €	CA+TO+ OD+CB 4.620,83 €	CA+TO+ OD+CB 4.620,83 €								
4.2																	
5	AR 245,75 €	AR 245,75 €															
6														292,50 €			
7																	
EV																	
DIARIO	1.829,15 €	1.829,15 €			598,91 €	3.258,26 €	3.258,26 €	5.455,22 €	5.455,22 €			1.540,69 €	4.032,81 €	2.598,82 €	874,42 €	2.400,87 €	
A ORIGEN	16.177,16 €	18.006,31 €			18.605,22 €	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €			37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 79. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3		CA+JA+MI 1.209,15 €	CA+JA+MI 1.972,82 €	CA+MI 1.972,82 €													
2.4				RB_{JA}	CA+JA+MI 2.082,84 €	CA+JA+MI 2.082,84 €				CA+MI 1.388,56 €							
2.5																	
2.6										RB_{JA}	CA+JA+MI 780,20 €	CA+JA+MI 975,25 €	CA+JA+MI 975,25 €			CA+JA+MI 975,25 €	CA+MI 975,25 €
3.1																	
3.2		TO+OD 1.191,72 €	$FB_{CP,TC,RSEM,FC}$							$FB_{CP,TC,RSEM,FC}$							
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																RB_{AR}	
6																	
7		RB_{OD}	OD 37,50 €														
EV																	
DIARIO		2.400,87 €	2.010,32 €	1.972,82 €	2.082,84 €	2.082,84 €				1.388,56 €	780,20 €	975,25 €	975,25 €			975,25 €	975,25 €
A ORIGEN		49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €				59.418,07 €	60.198,27 €	61.173,52 €	62.148,77 €			63.124,02 €	64.099,27 €

Fin de semana
Festivo
Cadena Crítica
Subcadena
Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x
FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x
RB_X Buffer de recurso x
RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 80. Valor ganado (EV) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	226/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	CA+JA+MI 1.581,28 €	CA+JA+MI 1.581,28 €	CA+JA+MI 1.581,28 €			CA+JA+MI 1.581,28 €	CA+MI 1.581,28 €										
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2							RB_{CB+MA}	CB+MA 300,00 €	CB+MA 100,00 €	*			* RB_{CB+MA}	CB+MA 200,00 €			
5		RB_{AR}	AR 1.843,14 €														
6										58,50 €							
7													RB_{OD}	OD 168,75 €			

* Por cuestiones climatológicas no se pudo trabajar los días marcados.

EV							Fin PB_{RSEM}	Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}					Fin PB_{TC}			
DIARIO	1.581,28 €	1.581,28 €	3.424,42 €			1.581,28 €	1.581,28 €	300,00 €	100,00 €	58,50 €			0,00 €	368,75 €			
A ORIGEN	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €			72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €			74.307,29 €	**74.676,04 €**			

Fin de semana

Festivo

Cadena Crítica

Subcadena

Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x

FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x

RB_X Buffer de recurso x

RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 81. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 16/09/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	CA+TO+OD 1.320,00 €	CA+TO 610,00 €	CA+TO 610,00 €	CA+TO 610,00 €	CA+TO 710,00 €			CA+TO 610,00 €	CA+TO 710,00 €								
1.2												RB_{CA+TO}			CA+TO+ MI+RA 1.480,00 €	CA+TO+ MI+RA 1.480,00 €	CA+TO+ MI+RA 1.480,00 €
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2									RB_{MI+RA}	M+RA 560,00 €	MI+RA 560,00 €	MI+RA 560,00 €					
5								RB_{AR}				RB_{AR}			AR 130,00 €	AR 130,00 €	AR 130,00 €
6	819,00 €																
7				RB_{OD}	OD 567,00 €												
AC																	
DIARIO	2.139,00 €	610,00 €	610,00 €	610,00 €	1.277,00 €			610,00 €	710,00 €	560,00 €	560,00 €	560,00 €			1.610,00 €	1.610,00 €	1.610,00 €
A ORIGEN	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €			5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €			9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 82. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 17/09/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	CA+TO+ MI+RA 1.480,00 €	CA+TO+ MI+RA 1.580,00 €															
2.1					CA+RA 420,00 €	CA+RA 420,00 €	CA+RA 420,00 €										
2.2							RB_{MI}	MI+RA 710,00 €	MI+RA 710,00 €			MI+RA 690,00 €	MI+RA 690,00 €	MI+RA 690,00 €	MI+RA 690,00 €		
2.3															RB_{CA+JA}	CA+JA+MI 1.650,00 €	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1												TO+OD 1.490,00 €	TO+OD 1.490,00 €	TO+OD 1.490,00 €			
3.2															TO+OD 890,00 €	TO+OD 940,00 €	
3.3		RB_{OD+CB}			OD+CB 440,00 €												
4.1					RB_{TO}	TO+OD+CB 2.220,00 €	TO+OD+CB 2.220,00 €	CA+TO+ OD+CB 2.380,00 €	CA+TO+ OD+CB 3.980,00 €								
4.2																	
5	AR 130,00 €	AR 130,00 €															
6														292,50 €			
7																	
AC																	
DIARIO	1.610,00 €	1.710,00 €			860,00 €	2.640,00 €	2.640,00 €	3.090,00 €	4.690,00 €			2.180,00 €	2.180,00 €	2.472,50 €	1.580,00 €	2.590,00 €	
A ORIGEN	14.686,00 €	16.396,00 €			17.256,00 €	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €			32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 83. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 04/10/2015 al 20/10/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3		CA+JA+MI 1.600,00 €	CA+JA+MI 1.620,00 €	CA+MI 1.210,00 €													
2.4				RB_{JA}	CA+JA+MI 2.020,00 €	CA+JA+MI 1.720,00 €				CA+MI 1.860,00 €							
2.5																	
2.6										RB_{JA}	CA+JA+MI 1.020,00 €	CA+JA+MI 1.020,00 €	CA+JA+MI 1.120,00 €			CA+JA+MI 1.020,0 €	CA+MI 510,00 €
3.1																	
3.2		TO+OD 890,00 €	$FB_{CP,TC,RSEM,FC}$							$FB_{CP,TC,RSEM,FC}$							
3.3																	
4.1																	
4.2																	
5																RB_{AR}	
6																	
7		RB_{OD}	OD 33,00 €														
AC																	
DIARIO		2.490,00 €	1.653,00 €	1.210,00 €	2.020,00 €	1.720,00 €				1.860,00 €	1.020,00 €	1.020,00 €	1.120,00 €			1.020,00 €	510,00 €
A ORIGEN		43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €				52.271,50 €	53.291,50 €	54.311,50 €	55.431,50 €			56.451,50 €	56.961,50 €

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 84. Coste real (AC) de la obra nº2 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Fecha: del 21/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5	CA+JA+MI 1.720,00 €	CA+JA+MI 1.720,00 €	CA+JA+MI 1.820,00 €			CA+JA+MI 1.720,00 €	CA+MI 960,00 €										
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2							RB_{CB+MA}	CB+MA 360,00 €	CB+MA 160,00 €				RB_{CB+MA}	CB+MA 240,00 €			
5		RB_{AR}	AR 1.000,00 €														
6										58,50 €							
7													RB_{OD}	OD 232,00 €			
AC							Fin PB_{RSEM}	Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}					Fin PB_{TC}			
DIARIO	1.720,00 €	1.720,00 €	2.820,00 €			1.720,00 €	960,00 €	360,00 €	160,00 €	58,50 €			0,00 €	472,00 €			
A ORIGEN	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €			64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €			66.480,00 €	**66.952,00 €**			

Fin de semana | Festivo | Cadena Crítica | Subcadena | Cadena dependiente

PB_X Buffer de proyecto calculado con el método x | FB_X Buffer de alimentación calculado con el método x | RB_X Buffer de recurso x | RB_X Buffer de recurso externo x

Ficha 85. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{CP})	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €	13.403,36 €	14.425,59 €	15.714,40 €	17.424,41 €	22.297,33 €	27.369,03 €
Valor ganado (EV)	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €	18.605,22 €
Coste real (AC)	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €	17.256,00 €
Programación ganada (ES_{CP})	1,46	2,01	2,56	3,11	4,19	4,73	5,38	5,77	6,16	6,56	8,35	10,13	11,92	13,27	14,12	14,24
Variación en coste (CV)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
Variación en plazo (SV_{CP})	637,26 €	13,48 €	-610,30 €	-1.234,08 €	-1.126,62 €	-1.390,23 €	-1.653,86 €	-2.276,10 €	-2.898,33 €	-3.520,57 €	-2.713,66 €	-1.906,74 €	-1.366,39 €	-1.247,25 €	-4.291,02 €	-8.763,81 €
Desviación programación: SV_{CP} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,08	-0,73	-0,88	-1,76
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,14	1,16	1,17	1,17	1,18	1,17	1,13	1,10	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08
Eficiencia en plazo (SPI_{CP})	1,37	1,00	0,86	0,79	0,85	0,83	0,82	0,78	0,74	0,72	0,80	0,87	0,91	0,93	0,81	0,68
Eficiencia en Programación: SV_{CP} (t)	1,46	1,00	0,85	0,78	0,84	0,79	0,77	0,72	0,68	0,66	0,76	0,84	0,92	0,95	0,94	0,89
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{CP})	1,52	1,15	1,00	0,93	0,99	0,98	0,96	0,88	0,82	0,77	0,87	0,95	1,00	1,02	0,89	0,73
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	74.437,43 €	74.288,81 €	74.140,20 €	73.991,58 €	73.778,72 €	73.630,10 €	73.581,49 €	73.741,49 €	73.901,49 €	74.061,49 €	73.842,34 €	73.623,19 €	73.404,03 €	73.184,88 €	73.065,73 €	73.326,82 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	72.298,43 €	71.539,81 €	70.781,20 €	70.022,58 €	68.532,72 €	67.774,10 €	67.015,49 €	66.615,49 €	66.215,49 €	65.815,49 €	63.986,34 €	62.157,19 €	60.328,03 €	58.498,88 €	56.669,73 €	56.070,82 €
Variación a conclusión (VAC)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.181,77 €	65.455,80 €	64.402,34 €	63.692,22 €	63.768,53 €	63.359,42 €	64.006,22 €	66.018,01 €	67.839,57 €	69.496,66 €	68.851,98 €	68.395,70 €	68.055,70 €	67.792,64 €	67.997,74 €	69.260,66 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	65.042,77 €	62.706,80 €	61.043,34 €	59.723,22 €	58.522,53 €	57.503,42 €	57.440,22 €	58.892,01 €	60.153,57 €	61.250,66 €	58.995,98 €	56.929,70 €	54.979,70 €	53.106,64 €	51.601,74 €	52.004,66 €
Variación a conclusión (VAC)	7.494,27 €	9.220,24 €	10.273,70 €	10.983,82 €	10.907,51 €	11.316,62 €	10.669,82 €	8.658,03 €	6.836,47 €	5.179,38 €	5.824,06 €	6.280,34 €	6.620,34 €	6.883,40 €	6.678,30 €	5.415,38 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{CP})	49.748,65 €	65.186,27 €	73.967,50 €	79.530,59 €	74.500,95 €	74.942,10 €	76.407,17 €	82.647,66 €	88.446,37 €	93.833,44 €	83.828,55 €	77.066,63 €	73.291,53 €	71.887,13 €	80.294,77 €	93.756,95 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{CP})	47.609,65 €	62.437,27 €	70.608,50 €	75.561,59 €	69.254,95 €	69.086,10 €	69.841,17 €	75.521,66 €	80.760,37 €	85.587,44 €	73.972,55 €	65.600,63 €	60.215,53 €	57.201,13 €	63.898,77 €	76.500,95 €
Variación a conclusión (VAC_{CP})	24.927,39 €	9.489,77 €	708,54 €	-4.854,55 €	175,09 €	-266,06 €	-1.731,13 €	-7.971,62 €	-13.770,33 €	-19.157,40 €	-9.152,51 €	-2.390,59 €	1.384,51 €	2.788,91 €	-5.618,73 €	-19.080,91 €
Porcentaje finalizado (%)	3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%	9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%	14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%	24,91%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 86. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015

Día	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15
Número de día de trabajo	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{CP})	32.440,73 €	37.512,43 €	40.204,88 €	43.427,64 €	46.650,40 €	49.873,16 €	52.963,50 €	56.314,27 €	58.326,02 €	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €	65.820,65 €	68.616,45 €
Valor ganado (EV)	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €	59.418,07 €	60.198,27 €
Coste real (AC)	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €	52.271,50 €	53.291,50 €
Programación ganada (ES_{CP})	14,91	15,56	16,63	17,71	18,02	19,43	20,24	20,51	21,26	22,00	22,65	23,27	23,89	24,85	25,54	25,93
Variación en coste (CV)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
Variación en plazo (SV_{CP})	-10.577,24 €	-12.390,68 €	-9.627,91 €	-7.395,44 €	-9.077,52 €	-8.267,47 €	-8.758,99 €	-11.235,34 €	-10.846,21 €	-10.457,09 €	-9.543,34 €	-8.667,09 €	-7.680,83 €	-6.694,56 €	-6.402,58 €	-8.418,18 €
Desviación programación: SV_{CP} (t)	-2,09	-2,44	-2,37	-2,29	-2,98	-2,57	-2,76	-3,49	-3,74	-4,00	-4,35	-4,73	-5,11	-5,15	-5,46	-6,07
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,11	1,19	1,19	1,16	1,20	1,19	1,16	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13
Eficiencia en plazo (SPI_{CP})	0,67	0,67	0,76	0,83	0,81	0,83	0,83	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,90	0,88
Eficiencia en Programación: SV_{CP} (t)	0,88	0,86	0,88	0,89	0,86	0,88	0,88	0,85	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	0,83	0,82	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{CP})	0,74	0,75	0,91	0,99	0,93	1,00	0,99	0,93	0,94	0,94	0,96	0,99	1,01	1,03	1,03	0,99
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	72.708,55 €	72.090,29 €	69.725,07 €	68.959,84 €	69.599,16 €	67.746,35 €	67.620,03 €	68.325,61 €	68.514,73 €	68.603,86 €	68.246,54 €	67.483,71 €	67.420,87 €	67.058,03 €	67.529,47 €	67.769,27 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	52.812,55 €	49.554,29 €	44.099,07 €	38.643,84 €	37.103,16 €	33.070,35 €	30.471,53 €	29.597,11 €	27.196,23 €	24.795,36 €	22.785,04 €	20.812,21 €	18.729,37 €	16.646,53 €	15.257,97 €	14.477,77 €
Variación a conclusión (VAC)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.955,96 €	66.989,73 €	62.584,62 €	62.829,33 €	64.585,75 €	62.238,27 €	62.756,11 €	64.156,16 €	64.985,56 €	65.585,42 €	65.423,38 €	64.704,70 €	64.992,04 €	64.872,70 €	65.694,30 €	66.108,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	48.059,96 €	44.453,73 €	36.958,62 €	32.513,33 €	32.089,75 €	27.562,27 €	25.607,61 €	25.427,66 €	23.667,06 €	21.776,92 €	19.961,88 €	18.033,20 €	16.300,54 €	14.461,20 €	13.422,80 €	12.816,68 €
Variación a conclusión (VAC)	6.720,08 €	7.686,31 €	12.091,42 €	11.846,71 €	10.090,29 €	12.437,77 €	11.919,93 €	10.519,88 €	9.690,48 €	9.090,62 €	9.252,66 €	9.971,34 €	9.684,00 €	9.803,34 €	8.981,74 €	8.567,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{CP})	91.206,68 €	88.915,43 €	74.221,96 €	69.502,53 €	72.338,56 €	67.715,18 €	67.830,17 €	70.493,67 €	70.392,02 €	70.150,78 €	69.094,60 €	67.606,37 €	67.229,92 €	66.541,02 €	67.140,67 €	67.900,48 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{CP})	71.310,68 €	66.379,43 €	48.595,96 €	39.186,53 €	39.842,56 €	33.039,18 €	30.681,67 €	31.765,17 €	29.073,52 €	26.342,28 €	23.633,10 €	20.934,87 €	18.538,42 €	16.129,52 €	14.869,17 €	14.608,98 €
Variación a conclusión (VAC_{CP})	-16.530,64 €	-14.239,39 €	454,08 €	5.173,51 €	2.337,48 €	6.960,86 €	6.845,87 €	4.182,37 €	4.284,02 €	4.525,26 €	5.581,44 €	7.069,67 €	7.446,12 €	8.135,02 €	7.535,37 €	6.775,56 €
Porcentaje finalizado (%)	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%	50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%	66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%	79,57%	80,61%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 87. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015

Día	15/10/15	16/10/15	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15
Número de día de trabajo	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{CP})	71.412,24 €	74.676,04 €												
Valor ganado (EV)	61.173,52 €	62.148,77 €	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €	74.307,29 €	74.676,04 €
Coste real (AC)	54.311,50 €	55.431,50 €	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €	66.480,00 €	66.952,00 €
Programación ganada (ES_{CP})	26,76	27,65	28,54	29,43	30,87	31,52	32,74	33,26	33,75	33,84	33,87	33,89	33,89	34,00
Variación en coste (CV)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
Variación en plazo (SV_{CP})	-10.238,72 €	-12.527,27 €	-11.552,02 €	-10.576,77 €	-8.995,49 €	-7.414,22 €	-3.989,80 €	-2.408,53 €	-827,25 €	-527,25 €	-427,25 €	-368,75 €	-368,75 €	0,00 €
Desviación programación: SV_{CP} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
Eficiencia en coste (CPI)	1,13	1,12	1,12	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Eficiencia en plazo (SPI_{CP})	0,86	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{CP} (t)	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{CP})	0,96	0,93	0,95	0,97	0,98	1,24	1,06	1,08	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12
DESVIACIONES ATÍPICAS														
Presupuesto estimado (EAC)	67.814,02 €	67.958,77 €	68.003,52 €	67.538,27 €	67.676,99 €	67.815,72 €	67.211,30 €	67.350,03 €	66.728,75 €	66.788,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.502,52 €	12.527,27 €	11.552,02 €	10.576,77 €	8.995,49 €	7.414,22 €	3.989,80 €	2.408,53 €	827,25 €	527,25 €	427,25 €	368,75 €	368,75 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC)	66.299,40 €	66.604,78 €	66.782,41 €	66.360,49 €	66.718,41 €	67.059,51 €	66.789,96 €	67.105,87 €	66.639,72 €	66.732,67 €	66.803,71 €	66.809,91 €	66.809,91 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	11.987,90 €	11.173,28 €	10.330,91 €	9.398,99 €	8.036,91 €	6.658,01 €	3.568,46 €	2.164,37 €	738,22 €	471,17 €	382,21 €	329,91 €	329,91 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	8.376,64 €	8.071,26 €	7.893,63 €	8.315,55 €	7.957,63 €	7.616,53 €	7.886,08 €	7.570,17 €	8.036,32 €	7.943,37 €	7.872,33 €	7.866,13 €	7.866,13 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC_{CP})	68.305,84 €	68.856,96 €	68.673,03 €	67.911,39 €	67.819,13 €	66.398,47 €	66.991,38 €	67.178,00 €	66.647,99 €	66.736,02 €	66.805,91 €	66.811,54 €	66.811,54 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{CP})	13.994,34 €	13.425,46 €	12.221,53 €	10.949,89 €	9.137,63 €	5.996,97 €	3.769,88 €	2.236,50 €	746,49 €	474,52 €	384,41 €	331,54 €	331,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{CP})	6.370,20 €	5.819,08 €	6.003,01 €	6.764,65 €	6.856,91 €	8.277,57 €	7.684,66 €	7.498,04 €	8.028,05 €	7.940,02 €	7.870,13 €	7.864,50 €	7.864,50 €	7.724,04 €
Porcentaje finalizado (%)	81,92%	83,22%	84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%	96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%	99,51%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 88. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{TC})	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €	13.403,36 €	14.846,79 €	19.986,29 €	25.125,78 €	29.998,71 €	35.070,41 €
Valor ganado (EV)	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €	18.605,22 €
Coste real (AC)	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €	17.256,00 €
Programación ganada (ES_{TC})	1,46	2,01	2,56	3,11	4,19	4,73	5,38	5,77	6,16	6,56	8,35	10,13	11,65	12,26	12,61	12,73
Variación en coste (CV)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
Variación en plazo (SV_{TC})	637,26 €	13,48 €	-610,30 €	-1.234,08 €	-1.126,62 €	-1.390,23 €	-1.653,86 €	-2.276,10 €	-2.898,33 €	-3.520,57 €	-2.713,66 €	-2.327,94 €	-5.638,28 €	-8.948,62 €	-11.992,40 €	-16.465,19 €
Desviación programación: SV_{TC} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,35	-1,74	-2,39	-3,27
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,14	1,16	1,17	1,17	1,18	1,17	1,13	1,10	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08
Eficiencia en plazo (SPI_{TC})	1,37	1,00	0,86	0,79	0,85	0,83	0,82	0,78	0,74	0,72	0,80	0,84	0,72	0,64	0,60	0,53
Eficiencia en Programación: SV_{TC} (t)	1,46	1,00	0,85	0,78	0,84	0,79	0,77	0,72	0,68	0,66	0,76	0,84	0,90	0,88	0,84	0,80
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{TC})	1,52	1,15	1,00	0,93	0,99	0,98	0,96	0,88	0,82	0,77	0,87	0,92	0,79	0,71	0,66	0,57
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	74.437,43 €	74.288,81 €	74.140,20 €	73.991,58 €	73.778,72 €	73.630,10 €	73.581,49 €	73.741,49 €	73.901,49 €	74.061,49 €	73.842,34 €	73.623,19 €	73.404,03 €	73.184,88 €	73.065,73 €	73.326,82 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	72.298,43 €	71.539,81 €	70.781,20 €	70.022,58 €	68.532,72 €	67.774,10 €	67.015,49 €	66.615,49 €	66.215,49 €	65.815,49 €	63.986,34 €	62.157,19 €	60.328,03 €	58.498,88 €	56.669,73 €	56.070,82 €
Variación a conclusión (VAC)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.181,77 €	65.455,80 €	64.402,34 €	63.692,22 €	63.768,53 €	63.359,42 €	64.006,22 €	66.018,01 €	67.839,57 €	69.496,66 €	68.851,98 €	68.395,70 €	68.055,70 €	67.792,64 €	67.997,74 €	69.260,66 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	65.042,77 €	62.706,80 €	61.043,34 €	59.723,22 €	58.522,53 €	57.503,42 €	57.440,22 €	58.892,01 €	60.153,57 €	61.250,66 €	58.995,98 €	56.929,70 €	54.979,70 €	53.106,64 €	51.601,74 €	52.004,66 €
Variación a conclusión (VAC)	7.494,27 €	9.220,24 €	10.273,70 €	10.983,82 €	10.907,51 €	11.316,62 €	10.669,82 €	8.658,03 €	6.836,47 €	5.179,38 €	5.824,06 €	6.280,34 €	6.620,34 €	6.883,40 €	6.678,30 €	5.415,38 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{TC})	49.748,65 €	65.186,27 €	73.967,50 €	79.530,59 €	74.500,95 €	74.942,10 €	76.407,17 €	82.647,66 €	88.446,37 €	93.833,44 €	83.828,55 €	78.982,05 €	89.660,86 €	97.169,31 €	102.365,06 €	115.283,58 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{TC})	47.609,65 €	62.437,27 €	70.608,50 €	75.561,59 €	69.254,95 €	69.086,10 €	69.841,17 €	75.521,66 €	80.760,37 €	85.587,44 €	73.972,55 €	67.516,05 €	76.584,86 €	82.483,31 €	85.969,06 €	98.027,58 €
Variación a conclusión (VAC_{TC})	24.927,39 €	9.489,77 €	708,54 €	-4.854,55 €	175,09 €	-266,06 €	-1.731,13 €	-7.971,62 €	-13.770,33 €	-19.157,40 €	-9.152,51 €	-4.306,01 €	-14.984,82 €	-22.493,27 €	-27.689,02 €	-40.607,54 €
Porcentaje finalizado (%)	3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%	9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%	14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%	24,91%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 89. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015

Día	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15
Número de día de trabajo	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{TC})	37.762,85 €	40.455,30 €	43.147,75 €	46.370,51 €	49.460,85 €	52.551,19 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €	65.820,65 €	68.616,45 €
Valor ganado (EV)	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €	59.418,07 €	60.198,27 €
Coste real (AC)	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €	52.271,50 €	53.291,50 €
Programación ganada (ES_{TC})	13,37	14,00	15,11	16,36	16,93	18,43	19,33	19,60	20,36	21,14	21,79	22,75	23,82	24,85	25,54	25,93
Variación en coste (CV)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
Variación en plazo (SV_{TC})	-15.899,36 €	-15.333,55 €	-12.570,78 €	-10.338,31 €	-11.887,97 €	-10.945,50 €	-10.098,01 €	-11.235,34 €	-10.846,21 €	-10.457,09 €	-9.543,34 €	-8.667,09 €	-7.680,83 €	-6.694,56 €	-6.402,58 €	-8.418,18 €
Desviación programación: SV_{TC} (t)	-3,63	-4,00	-3,89	-3,64	-4,07	-3,57	-3,67	-4,40	-4,64	-4,86	-5,21	-5,25	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,11	1,19	1,19	1,16	1,20	1,19	1,16	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13
Eficiencia en plazo (SPI_{TC})	0,58	0,62	0,71	0,78	0,76	0,79	0,81	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,90	0,88
Eficiencia en Programación: SV_{TC} (t)	0,79	0,78	0,80	0,82	0,81	0,84	0,84	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82	0,83	0,82	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{TC})	0,64	0,69	0,85	0,92	0,88	0,95	0,97	0,93	0,94	0,94	0,96	0,99	1,01	1,03	1,03	0,99
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	72.708,55 €	72.090,29 €	69.725,07 €	68.959,84 €	69.599,16 €	67.746,35 €	67.620,03 €	68.325,61 €	68.514,73 €	68.603,86 €	68.246,54 €	67.483,71 €	67.420,87 €	67.058,03 €	67.529,47 €	67.769,27 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	52.812,55 €	49.554,29 €	44.099,07 €	38.643,84 €	37.103,16 €	33.070,35 €	30.471,53 €	29.597,11 €	27.196,23 €	24.795,36 €	22.785,04 €	20.812,21 €	18.729,37 €	16.646,53 €	15.257,97 €	14.477,77 €
Variación a conclusión (VAC)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.955,96 €	66.989,73 €	62.584,62 €	62.829,33 €	64.585,75 €	62.238,27 €	62.756,11 €	64.156,16 €	64.985,56 €	65.585,42 €	65.423,38 €	64.704,70 €	64.992,04 €	64.872,70 €	65.694,30 €	66.108,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	48.059,96 €	44.453,73 €	36.958,62 €	32.513,33 €	32.089,75 €	27.562,27 €	25.607,61 €	25.427,66 €	23.667,06 €	21.776,92 €	19.961,88 €	18.033,20 €	16.300,54 €	14.461,20 €	13.422,80 €	12.816,68 €
Variación a conclusión (VAC)	6.720,08 €	7.686,31 €	12.091,42 €	11.846,71 €	10.090,29 €	12.437,77 €	11.919,93 €	10.519,88 €	9.690,48 €	9.090,62 €	9.252,66 €	9.971,34 €	9.684,00 €	9.803,34 €	8.981,74 €	8.567,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{TC})	102.905,67 €	94.122,93 €	77.779,03 €	72.158,01 €	74.738,87 €	69.489,28 €	68.605,87 €	70.493,67 €	70.392,02 €	70.150,78 €	69.094,60 €	67.606,37 €	67.229,92 €	66.541,02 €	67.140,67 €	67.900,48 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{TC})	83.009,67 €	71.586,93 €	52.153,03 €	41.842,01 €	42.242,87 €	34.813,28 €	31.457,37 €	31.765,17 €	29.073,52 €	26.342,28 €	23.633,10 €	20.934,87 €	18.538,42 €	16.129,52 €	14.869,17 €	14.608,98 €
Variación a conclusión (VAC_{TC})	-28.229,63 €	-19.446,89 €	-3.102,99 €	2.518,03 €	-62,83 €	5.186,76 €	6.070,17 €	4.182,37 €	4.284,02 €	4.525,26 €	5.581,44 €	7.069,67 €	7.446,12 €	8.135,02 €	7.535,37 €	6.775,56 €
Porcentaje finalizado (%)	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%	50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%	66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%	79,57%	80,61%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 90. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015

Día	15/10/15	16/10/15	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15
Número de día de trabajo	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{TC})	71.412,24 €	74.676,04 €												
Valor ganado (EV)	61.173,52 €	62.148,77 €	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €	74.307,29 €	74.676,04 €
Coste real (AC)	54.311,50 €	55.431,50 €	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €	66.480,00 €	66.952,00 €
Programación ganada (ES_{TC})	26,76	27,65	28,54	29,43	30,87	31,52	32,74	33,26	33,75	33,84	33,87	33,89	33,89	34,00
Variación en coste (CV)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
Variación en plazo (SV_{TC})	-10.238,72 €	-12.527,27 €	-11.552,02 €	-10.576,77 €	-8.995,49 €	-7.414,22 €	-3.989,80 €	-2.408,53 €	-827,25 €	-527,25 €	-427,25 €	-368,75 €	-368,75 €	0,00 €
Desviación programación: SV_{TC} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
Eficiencia en coste (CPI)	1,13	1,12	1,12	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Eficiencia en plazo (SPI_{TC})	0,86	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{TC} (t)	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{TC})	0,96	0,93	0,95	0,97	0,98	1,24	1,06	1,08	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12
DESVIACIONES ATÍPICAS														
Presupuesto estimado (EAC)	67.814,02 €	67.958,77 €	68.003,52 €	67.538,27 €	67.676,99 €	67.815,72 €	67.211,30 €	67.350,03 €	66.728,75 €	66.788,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.502,52 €	12.527,27 €	11.552,02 €	10.576,77 €	8.995,49 €	7.414,22 €	3.989,80 €	2.408,53 €	827,25 €	527,25 €	427,25 €	368,75 €	368,75 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC)	66.299,40 €	66.604,78 €	66.782,41 €	66.360,49 €	66.718,41 €	67.059,51 €	66.789,96 €	67.105,87 €	66.639,72 €	66.732,67 €	66.803,71 €	66.809,91 €	66.809,91 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	11.987,90 €	11.173,28 €	10.330,91 €	9.398,99 €	8.036,91 €	6.658,01 €	3.568,46 €	2.164,37 €	738,22 €	471,17 €	382,21 €	329,91 €	329,91 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	8.376,64 €	8.071,26 €	7.893,63 €	8.315,55 €	7.957,63 €	7.616,53 €	7.886,08 €	7.570,17 €	8.036,32 €	7.943,37 €	7.872,33 €	7.866,13 €	7.866,13 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC_{TC})	68.305,84 €	68.856,96 €	68.673,03 €	67.911,39 €	67.819,13 €	66.398,47 €	66.991,38 €	67.178,00 €	66.647,99 €	66.736,02 €	66.805,91 €	66.811,54 €	66.811,54 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{TC})	13.994,34 €	13.425,46 €	12.221,53 €	10.949,89 €	9.137,63 €	5.996,97 €	3.769,88 €	2.236,50 €	746,49 €	474,52 €	384,41 €	331,54 €	331,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{TC})	6.370,20 €	5.819,08 €	6.003,01 €	6.764,65 €	6.856,91 €	8.277,57 €	7.684,66 €	7.498,04 €	8.028,05 €	7.940,02 €	7.870,13 €	7.864,50 €	7.864,50 €	7.724,04 €
Porcentaje finalizado (%)	81,92%	83,22%	84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%	96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%	99,51%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 91. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{RSEM})	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €	13.403,36 €	14.692,16 €	16.402,17 €	21.275,09 €	26.148,02 €	31.219,72 €
Valor ganado (EV)	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €	18.605,22 €
Coste real (AC)	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €	17.256,00 €
Programación ganada (ES_{RSEM})	1,46	2,01	2,56	3,11	4,19	4,73	5,38	5,77	6,16	6,56	8,35	10,13	11,73	12,87	13,33	13,45
Variación en coste (CV)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
Variación en plazo (SV_{RSEM})	637,26 €	13,48 €	-610,30 €	-1.234,08 €	-1.126,62 €	-1.390,23 €	-1.653,86 €	-2.276,10 €	-2.898,33 €	-3.520,57 €	-2.713,66 €	-2.173,31 €	-2.054,16 €	-5.097,93 €	-8.141,71 €	-12.614,50 €
Desviación programación: SV_{RSEM} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,27	-1,13	-1,67	-2,55
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,14	1,16	1,17	1,17	1,18	1,17	1,13	1,10	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08
Eficiencia en plazo (SPI_{RSEM})	1,37	1,00	0,86	0,79	0,85	0,83	0,82	0,78	0,74	0,72	0,80	0,85	0,87	0,76	0,69	0,60
Eficiencia Programación: SV_{RSEM} (t)	1,46	1,00	0,85	0,78	0,84	0,79	0,77	0,72	0,68	0,66	0,76	0,84	0,90	0,92	0,89	0,84
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{RSEM})	1,52	1,15	1,00	0,93	0,99	0,98	0,96	0,88	0,82	0,77	0,87	0,93	0,96	0,84	0,76	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	74.437,43 €	74.288,81 €	74.140,20 €	73.991,58 €	73.778,72 €	73.630,10 €	73.581,49 €	73.741,49 €	73.901,49 €	74.061,49 €	73.842,34 €	73.623,19 €	73.404,03 €	73.184,88 €	73.065,73 €	73.326,82 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	72.298,43 €	71.539,81 €	70.781,20 €	70.022,58 €	68.532,72 €	67.774,10 €	67.015,49 €	66.615,49 €	66.215,49 €	65.815,49 €	63.986,34 €	62.157,19 €	60.328,03 €	58.498,88 €	56.669,73 €	56.070,82 €
Variación a conclusión (VAC)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.181,77 €	65.455,80 €	64.402,34 €	63.692,22 €	63.768,53 €	63.359,42 €	64.006,22 €	66.018,01 €	67.839,57 €	69.496,66 €	68.851,98 €	68.395,70 €	68.055,70 €	67.792,64 €	67.997,74 €	69.260,66 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	65.042,77 €	62.706,80 €	61.043,34 €	59.723,22 €	58.522,53 €	57.503,42 €	57.440,22 €	58.892,01 €	60.153,57 €	61.250,66 €	58.995,98 €	56.929,70 €	54.979,70 €	53.106,64 €	51.601,74 €	52.004,66 €
Variación a conclusión (VAC)	7.494,27 €	9.220,24 €	10.273,70 €	10.983,82 €	10.907,51 €	11.316,62 €	10.669,82 €	8.658,03 €	6.836,47 €	5.179,38 €	5.824,06 €	6.280,34 €	6.620,34 €	6.883,40 €	6.678,30 €	5.415,38 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{RSEM})	49.748,65 €	65.186,27 €	73.967,50 €	79.530,59 €	74.500,95 €	74.942,10 €	76.407,17 €	82.647,66 €	88.446,37 €	93.833,44 €	83.828,55 €	78.278,86 €	75.926,98 €	84.528,20 €	91.329,91 €	104.520,26 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{RSEM})	47.609,65 €	62.437,27 €	70.608,50 €	75.561,59 €	69.254,95 €	69.086,10 €	69.841,17 €	75.521,66 €	80.760,37 €	85.587,44 €	73.972,55 €	66.812,86 €	62.850,98 €	69.842,20 €	74.933,91 €	87.264,26 €
Variación a conclusión (VAC_{RSEM})	24.927,39 €	9.489,77 €	708,54 €	-4.854,55 €	175,09 €	-266,06 €	-1.731,13 €	-7.971,62 €	-13.770,33 €	-19.157,40 €	-9.152,51 €	-3.602,82 €	-1.250,94 €	-9.852,16 €	-16.653,87 €	-29.844,22 €
Porcentaje finalizado (%)	3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%	9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%	14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%	24,91%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 92. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015

Día	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15
Número de día de trabajo	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{RSEM})	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €	48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €	65.820,65 €	68.616,45 €
Valor ganado (EV)	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €	59.418,07 €	60.198,27 €
Coste real (AC)	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €	52.271,50 €	53.291,50 €
Programación ganada (ES_{RSEM})	14,12	14,79	15,87	16,95	17,48	18,97	19,78	20,06	20,80	21,57	22,22	22,86	23,82	24,85	25,54	25,93
Variación en coste (CV)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
Variación en plazo (SV_{RSEM})	-14.427,93 €	-13.862,12 €	-11.099,35 €	-8.866,88 €	-10.548,96 €	-9.606,49 €	-10.098,01 €	-11.235,34 €	-10.846,21 €	-10.457,09 €	-9.543,34 €	-8.667,09 €	-7.680,83 €	-6.694,56 €	-6.402,58 €	-8.418,18 €
Desviación programación: SV_{RSEM} (t)	-2,88	-3,21	-3,13	-3,05	-3,52	-3,03	-3,22	-3,94	-4,20	-4,43	-4,78	-5,14	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,11	1,19	1,19	1,16	1,20	1,19	1,16	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13
Eficiencia en plazo (SPI_{RSEM})	0,60	0,64	0,73	0,80	0,78	0,81	0,81	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,90	0,88
Eficiencia Programación: SV_{RSEM} (t)	0,83	0,82	0,84	0,85	0,83	0,86	0,86	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,83	0,82	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{RSEM})	0,66	0,72	0,88	0,95	0,90	0,97	0,97	0,93	0,94	0,94	0,96	0,99	1,01	1,03	1,03	0,99
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	72.708,55 €	72.090,29 €	69.725,07 €	68.959,84 €	69.599,16 €	67.746,35 €	67.620,03 €	68.325,61 €	68.514,73 €	68.603,86 €	68.246,54 €	67.483,71 €	67.420,87 €	67.058,03 €	67.529,47 €	67.769,27 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	52.812,55 €	49.554,29 €	44.099,07 €	38.643,84 €	37.103,16 €	33.070,35 €	30.471,53 €	29.597,11 €	27.196,23 €	24.795,36 €	22.785,04 €	20.812,21 €	18.729,37 €	16.646,53 €	15.257,97 €	14.477,77 €
Variación a conclusión (VAC)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.955,96 €	66.989,73 €	62.584,62 €	62.829,33 €	64.585,75 €	62.238,27 €	62.756,11 €	64.156,16 €	64.985,56 €	65.585,42 €	65.423,38 €	64.704,70 €	64.992,04 €	64.872,70 €	65.694,30 €	66.108,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	48.059,96 €	44.453,73 €	36.958,62 €	32.513,33 €	32.089,75 €	27.562,27 €	25.607,61 €	25.427,66 €	23.667,06 €	21.776,92 €	19.961,88 €	18.033,20 €	16.300,54 €	14.461,20 €	13.422,80 €	12.816,68 €
Variación a conclusión (VAC)	6.720,08 €	7.686,31 €	12.091,42 €	11.846,71 €	10.090,29 €	12.437,77 €	11.919,93 €	10.519,88 €	9.690,48 €	9.090,62 €	9.252,66 €	9.971,34 €	9.684,00 €	9.803,34 €	8.981,74 €	8.567,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{RSEM})	99.671,20 €	91.519,19 €	76.000,50 €	70.830,27 €	73.595,27 €	68.602,23 €	68.605,87 €	70.493,67 €	70.392,02 €	70.150,78 €	69.094,60 €	67.606,37 €	67.229,92 €	66.541,02 €	67.140,67 €	67.900,48 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{RSEM})	79.775,20 €	68.983,19 €	50.374,50 €	40.514,27 €	41.099,27 €	33.926,23 €	31.457,37 €	31.765,17 €	29.073,52 €	26.342,28 €	23.633,10 €	20.934,87 €	18.538,42 €	16.129,52 €	14.869,17 €	14.608,98 €
Variación a conclusión (VAC_{RSEM})	-24.995,16 €	-16.843,15 €	-1.324,46 €	3.845,77 €	1.080,77 €	6.073,81 €	6.070,17 €	4.182,37 €	4.284,02 €	4.525,26 €	5.581,44 €	7.069,67 €	7.446,12 €	8.135,02 €	7.535,37 €	6.775,56 €
Porcentaje finalizado (%)	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%	50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%	66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%	79,57%	80,61%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 93. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015

Día	15/10/15	16/10/15	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15
Número de día de trabajo	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{RSEM})	71.412,24 €	74.676,04 €												
Valor ganado (EV)	61.173,52 €	62.148,77 €	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €	74.307,29 €	74.676,04 €
Coste real (AC)	54.311,50 €	55.431,50 €	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €	66.480,00 €	66.952,00 €
Programación ganada (ES_{RSEM})	26,76	27,65	28,54	29,43	30,87	31,52	32,74	33,26	33,75	33,84	33,87	33,89	33,89	34,00
Variación en coste (CV)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
Variación en plazo (SV_{RSEM})	-10.238,72 €	-12.527,27 €	-11.552,02 €	-10.576,77 €	-8.995,49 €	-7.414,22 €	-3.989,80 €	-2.408,53 €	-827,25 €	-527,25 €	-427,25 €	-368,75 €	-368,75 €	0,00 €
Desviación programación: SV_{RSEM} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
Eficiencia en coste (CPI)	1,13	1,12	1,12	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Eficiencia en plazo (SPI_{RSEM})	0,86	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
Eficiencia Programación: SV_{RSEM} (t)	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{RSEM})	0,96	0,93	0,95	0,97	0,98	1,24	1,06	1,08	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12
DESVIACIONES ATÍPICAS														
Presupuesto estimado (EAC)	67.814,02 €	67.958,77 €	68.003,52 €	67.538,27 €	67.676,99 €	67.815,72 €	67.211,30 €	67.350,03 €	66.728,75 €	66.788,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.502,52 €	12.527,27 €	11.552,02 €	10.576,77 €	8.995,49 €	7.414,22 €	3.989,80 €	2.408,53 €	827,25 €	527,25 €	427,25 €	368,75 €	368,75 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC)	66.299,40 €	66.604,78 €	66.782,41 €	66.360,49 €	66.718,41 €	67.059,51 €	66.789,96 €	67.105,87 €	66.639,72 €	66.732,67 €	66.803,71 €	66.809,91 €	66.809,91 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	11.987,90 €	11.173,28 €	10.330,91 €	9.398,99 €	8.036,91 €	6.658,01 €	3.568,46 €	2.164,37 €	738,22 €	471,17 €	382,21 €	329,91 €	329,91 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	8.376,64 €	8.071,26 €	7.893,63 €	8.315,55 €	7.957,63 €	7.616,53 €	7.886,08 €	7.570,17 €	8.036,32 €	7.943,37 €	7.872,33 €	7.866,13 €	7.866,13 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC_{RSEM})	68.305,84 €	68.856,96 €	68.673,03 €	67.911,39 €	67.819,13 €	66.398,47 €	66.991,38 €	67.178,00 €	66.647,99 €	66.736,02 €	66.805,91 €	66.811,54 €	66.811,54 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{RSEM})	13.994,34 €	13.425,46 €	12.221,53 €	10.949,89 €	9.137,63 €	5.996,97 €	3.769,88 €	2.236,50 €	746,49 €	474,52 €	384,41 €	331,54 €	331,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{RSEM})	6.370,20 €	5.819,08 €	6.003,01 €	6.764,65 €	6.856,91 €	8.277,57 €	7.684,66 €	7.498,04 €	8.028,05 €	7.940,02 €	7.870,13 €	7.864,50 €	7.864,50 €	7.724,04 €
Porcentaje finalizado (%)	81,92%	83,22%	84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%	96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%	99,51%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 94. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 21/09/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15
Número de día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{FC})	1.740,35 €	3.122,75 €	4.505,14 €	5.887,54 €	7.269,94 €	8.292,17 €	9.314,41 €	10.336,65 €	11.358,88 €	12.381,12 €	13.403,36 €	14.425,59 €	16.135,60 €	21.275,09 €	26.148,02 €	31.219,72 €
Valor ganado (EV)	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €	18.605,22 €
Coste real (AC)	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €	17.256,00 €
Programación ganada (ES_{FC})	1,46	2,01	2,56	3,11	4,19	4,73	5,38	5,77	6,16	6,56	8,35	10,13	11,92	13,01	13,36	13,48
Variación en coste (CV)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
Variación en plazo (SV_{FC})	637,26 €	13,48 €	-610,30 €	-1.234,08 €	-1.126,62 €	-1.390,23 €	-1.653,86 €	-2.276,10 €	-2.898,33 €	-3.520,57 €	-2.713,66 €	-1.906,74 €	-1.787,59 €	-5.097,93 €	-8.141,71 €	-12.614,50 €
Desviación programación: SV_{FC} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,08	-0,99	-1,64	-2,52
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,14	1,16	1,17	1,17	1,18	1,17	1,13	1,10	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08
Eficiencia en plazo (SPI_{FC})	1,37	1,00	0,86	0,79	0,85	0,83	0,82	0,78	0,74	0,72	0,80	0,87	0,89	0,76	0,69	0,60
Eficiencia Programación: SV_{FC} (t)	1,46	1,00	0,85	0,78	0,84	0,79	0,77	0,72	0,68	0,66	0,76	0,84	0,92	0,93	0,89	0,84
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{FC})	1,52	1,15	1,00	0,93	0,99	0,98	0,96	0,88	0,82	0,77	0,87	0,95	0,98	0,84	0,76	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	74.437,43 €	74.288,81 €	74.140,20 €	73.991,58 €	73.778,72 €	73.630,10 €	73.581,49 €	73.741,49 €	73.901,49 €	74.061,49 €	73.842,34 €	73.623,19 €	73.404,03 €	73.184,88 €	73.065,73 €	73.326,82 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	72.298,43 €	71.539,81 €	70.781,20 €	70.022,58 €	68.532,72 €	67.774,10 €	67.015,49 €	66.615,49 €	66.215,49 €	65.815,49 €	63.986,34 €	62.157,19 €	60.328,03 €	58.498,88 €	56.669,73 €	56.070,82 €
Variación a conclusión (VAC)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.181,77 €	65.455,80 €	64.402,34 €	63.692,22 €	63.768,53 €	63.359,42 €	64.006,22 €	66.018,01 €	67.839,57 €	69.496,66 €	68.851,98 €	68.395,70 €	68.055,70 €	67.792,64 €	67.997,74 €	69.260,66 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	65.042,77 €	62.706,80 €	61.043,34 €	59.723,22 €	58.522,53 €	57.503,42 €	57.440,22 €	58.892,01 €	60.153,57 €	61.250,66 €	58.995,98 €	56.929,70 €	54.979,70 €	53.106,64 €	51.601,74 €	52.004,66 €
Variación a conclusión (VAC)	7.494,27 €	9.220,24 €	10.273,70 €	10.983,82 €	10.907,51 €	11.316,62 €	10.669,82 €	8.658,03 €	6.836,47 €	5.179,38 €	5.824,06 €	6.280,34 €	6.620,34 €	6.883,40 €	6.678,30 €	5.415,38 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{FC})	49.748,65 €	65.186,27 €	73.967,50 €	79.530,59 €	74.500,95 €	74.942,10 €	76.407,17 €	82.647,66 €	88.446,37 €	93.833,44 €	83.828,55 €	77.066,63 €	74.905,51 €	84.528,20 €	91.329,91 €	104.520,26 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{FC})	47.609,65 €	62.437,27 €	70.608,50 €	75.561,59 €	69.254,95 €	69.086,10 €	69.841,17 €	75.521,66 €	80.760,37 €	85.587,44 €	73.972,55 €	65.600,63 €	61.829,51 €	69.842,20 €	74.933,91 €	87.264,26 €
Variación a conclusión (VAC_{FC})	24.927,39 €	9.489,77 €	708,54 €	-4.854,55 €	175,09 €	-266,06 €	-1.731,13 €	-7.971,62 €	-13.770,33 €	-19.157,40 €	-9.152,51 €	-2.390,59 €	-229,47 €	-9.852,16 €	-16.653,87 €	-29.844,22 €
Porcentaje finalizado (%)	3,18%	4,20%	5,22%	6,23%	8,23%	9,24%	10,26%	10,79%	11,33%	11,87%	14,31%	16,76%	19,21%	21,66%	24,11%	24,91%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 95. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 22/09/2015 al 14/10/2015

Día	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15
Número de día de trabajo	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{FC})	36.291,42 €	38.983,87 €	41.676,32 €	44.899,08 €	48.121,84 €	51.212,18 €	54.302,52 €	56.314,27 €	58.326,02 €	60.337,77 €	61.434,34 €	62.530,92 €	63.627,50 €	64.724,07 €	65.820,65 €	68.616,45 €
Valor ganado (EV)	21.863,49 €	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €	59.418,07 €	60.198,27 €
Coste real (AC)	19.896,00 €	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €	52.271,50 €	53.291,50 €
Programación ganada (ES_{FC})	14,12	14,79	15,87	16,95	17,48	18,97	19,78	20,06	20,80	21,57	22,22	22,86	23,82	24,85	25,54	25,93
Variación en coste (CV)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
Variación en plazo (SV_{FC})	-14.427,93 €	-13.862,12 €	-11.099,35 €	-8.866,88 €	-10.548,96 €	-9.606,49 €	-10.098,01 €	-11.235,34 €	-10.846,21 €	-10.457,09 €	-9.543,34 €	-8.667,09 €	-7.680,83 €	-6.694,56 €	-6.402,58 €	-8.418,18 €
Desviación programación: SV_{FC} (t)	-2,88	-3,21	-3,13	-3,05	-3,52	-3,03	-3,22	-3,94	-4,20	-4,43	-4,78	-5,14	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
Eficiencia en coste (CPI)	1,10	1,11	1,19	1,19	1,16	1,20	1,19	1,16	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13
Eficiencia en plazo (SPI_{FC})	0,60	0,64	0,73	0,80	0,78	0,81	0,81	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,90	0,88
Eficiencia Programación: SV_{FC} (t)	0,83	0,82	0,84	0,85	0,83	0,86	0,86	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,83	0,82	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{FC})	0,66	0,72	0,88	0,95	0,90	0,97	0,97	0,93	0,94	0,94	0,96	0,99	1,01	1,03	1,03	0,99
DESVIACIONES ATÍPICAS																
Presupuesto estimado (EAC)	72.708,55 €	72.090,29 €	69.725,07 €	68.959,84 €	69.599,16 €	67.746,35 €	67.620,03 €	68.325,61 €	68.514,73 €	68.603,86 €	68.246,54 €	67.483,71 €	67.420,87 €	67.058,03 €	67.529,47 €	67.769,27 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	52.812,55 €	49.554,29 €	44.099,07 €	38.643,84 €	37.103,16 €	33.070,35 €	30.471,53 €	29.597,11 €	27.196,23 €	24.795,36 €	22.785,04 €	20.812,21 €	18.729,37 €	16.646,53 €	15.257,97 €	14.477,77 €
Variación a conclusión (VAC)	1.967,49 €	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC)	67.955,96 €	66.989,73 €	62.584,62 €	62.829,33 €	64.585,75 €	62.238,27 €	62.756,11 €	64.156,16 €	64.985,56 €	65.585,42 €	65.423,38 €	64.704,70 €	64.992,04 €	64.872,70 €	65.694,30 €	66.108,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	48.059,96 €	44.453,73 €	36.958,62 €	32.513,33 €	32.089,75 €	27.562,27 €	25.607,61 €	25.427,66 €	23.667,06 €	21.776,92 €	19.961,88 €	18.033,20 €	16.300,54 €	14.461,20 €	13.422,80 €	12.816,68 €
Variación a conclusión (VAC)	6.720,08 €	7.686,31 €	12.091,42 €	11.846,71 €	10.090,29 €	12.437,77 €	11.919,93 €	10.519,88 €	9.690,48 €	9.090,62 €	9.252,66 €	9.971,34 €	9.684,00 €	9.803,34 €	8.981,74 €	8.567,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																
Presupuesto estimado (EAC_{FC})	99.671,20 €	91.519,19 €	76.000,50 €	70.830,27 €	73.595,27 €	68.602,23 €	68.605,87 €	70.493,67 €	70.392,02 €	70.150,78 €	69.094,60 €	67.606,37 €	67.229,92 €	66.541,02 €	67.140,67 €	67.900,48 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{FC})	79.775,20 €	68.983,19 €	50.374,50 €	40.514,27 €	41.099,27 €	33.926,23 €	31.457,37 €	31.765,17 €	29.073,52 €	26.342,28 €	23.633,10 €	20.934,87 €	18.538,42 €	16.129,52 €	14.869,17 €	14.608,98 €
Variación a conclusión (VAC_{FC})	-24.995,16 €	-16.843,15 €	-1.324,46 €	3.845,77 €	1.080,77 €	6.073,81 €	6.070,17 €	4.182,37 €	4.284,02 €	4.525,26 €	5.581,44 €	7.069,67 €	7.446,12 €	8.135,02 €	7.535,37 €	6.775,56 €
Porcentaje finalizado (%)	29,28%	33,64%	40,95%	48,25%	50,31%	55,71%	59,20%	60,37%	63,58%	66,80%	69,49%	72,13%	74,92%	77,71%	79,57%	80,61%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 96. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº2. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015

Día	15/10/15	16/10/15	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15
Número de día de trabajo	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_{FC})	71.412,24 €	74.676,04 €												
Valor ganado (EV)	61.173,52 €	62.148,77 €	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €	74.307,29 €	74.676,04 €
Coste real (AC)	54.311,50 €	55.431,50 €	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €	66.480,00 €	66.952,00 €
Programación ganada (ES_{FC})	26,76	27,65	28,54	29,43	30,87	31,52	32,74	33,26	33,75	33,84	33,87	33,89	33,89	34,00
Variación en coste (CV)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
Variación en plazo (SV_{FC})	-10.238,72 €	-12.527,27 €	-11.552,02 €	-10.576,77 €	-8.995,49 €	-7.414,22 €	-3.989,80 €	-2.408,53 €	-827,25 €	-527,25 €	-427,25 €	-368,75 €	-368,75 €	0,00 €
Desviación programación: SV_{FC} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
Eficiencia en coste (CPI)	1,13	1,12	1,12	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Eficiencia en plazo (SPI_{FC})	0,86	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,95	0,97	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
Eficiencia Programación: SV_{FC} (t)	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{FC})	0,96	0,93	0,95	0,97	0,98	1,24	1,06	1,08	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12
DESVIACIONES ATÍPICAS														
Presupuesto estimado (EAC)	67.814,02 €	67.958,77 €	68.003,52 €	67.538,27 €	67.676,99 €	67.815,72 €	67.211,30 €	67.350,03 €	66.728,75 €	66.788,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.848,75 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	13.502,52 €	12.527,27 €	11.552,02 €	10.576,77 €	8.995,49 €	7.414,22 €	3.989,80 €	2.408,53 €	827,25 €	527,25 €	427,25 €	368,75 €	368,75 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	6.862,02 €	6.717,27 €	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC)	66.299,40 €	66.604,78 €	66.782,41 €	66.360,49 €	66.718,41 €	67.059,51 €	66.789,96 €	67.105,87 €	66.639,72 €	66.732,67 €	66.803,71 €	66.809,91 €	66.809,91 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	11.987,90 €	11.173,28 €	10.330,91 €	9.398,99 €	8.036,91 €	6.658,01 €	3.568,46 €	2.164,37 €	738,22 €	471,17 €	382,21 €	329,91 €	329,91 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	8.376,64 €	8.071,26 €	7.893,63 €	8.315,55 €	7.957,63 €	7.616,53 €	7.886,08 €	7.570,17 €	8.036,32 €	7.943,37 €	7.872,33 €	7.866,13 €	7.866,13 €	7.724,04 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS														
Presupuesto estimado (EAC_{FC})	68.305,84 €	68.856,96 €	68.673,03 €	67.911,39 €	67.819,13 €	66.398,47 €	66.991,38 €	67.178,00 €	66.647,99 €	66.736,02 €	66.805,91 €	66.811,54 €	66.811,54 €	66.952,00 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{FC})	13.994,34 €	13.425,46 €	12.221,53 €	10.949,89 €	9.137,63 €	5.996,97 €	3.769,88 €	2.236,50 €	746,49 €	474,52 €	384,41 €	331,54 €	331,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{FC})	6.370,20 €	5.819,08 €	6.003,01 €	6.764,65 €	6.856,91 €	8.277,57 €	7.684,66 €	7.498,04 €	8.028,05 €	7.940,02 €	7.870,13 €	7.864,50 €	7.864,50 €	7.724,04 €
Porcentaje finalizado (%)	81,92%	83,22%	84,53%	85,84%	87,95%	90,07%	94,66%	96,77%	98,89%	99,29%	99,43%	99,51%	99,51%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 97. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº2. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Fecha: del 31/08/2015 al 14/10/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Desviación en programación: SV_{CP} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,08	-0,73	-0,88	-1,76
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_CP}$)	-5,76%	-0,12%	5,52%	11,16%	10,19%	15,83%	20,22%	27,83%	35,44%	43,05%	33,18%	23,32%	13,45%	9,12%	11,01%	21,97%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Desviación en programación: SV_{TC} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,35	-1,74	-2,39	-3,27
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_TC}$)	-3,84%	-0,08%	3,68%	7,44%	6,79%	10,55%	13,48%	18,55%	23,63%	28,70%	22,12%	15,54%	11,21%	14,51%	19,88%	27,24%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Desviación en programación: SV_{RSEM} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,27	-1,13	-1,67	-2,55
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_RSEM}$)	-6,59%	-0,14%	6,31%	12,75%	11,64%	18,09%	23,11%	31,81%	40,50%	49,20%	37,92%	26,65%	18,10%	16,17%	23,87%	36,40%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FÓRMULA CRÍTICA																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Desviación en programación: SV_{FC} (t)	0,46	0,01	-0,44	-0,89	-0,81	-1,27	-1,62	-2,23	-2,84	-3,44	-2,65	-1,87	-1,08	-0,99	-1,64	-2,52
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_FC}$)	-5,12%	-0,11%	4,91%	9,92%	9,06%	14,07%	17,98%	24,74%	31,50%	38,27%	29,50%	20,73%	11,95%	11,02%	18,18%	27,99%

Día	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Desviación en programación: SV_{CP} (t)	-2,09	-2,44	-2,37	-2,29	-2,98	-2,57	-2,76	-3,49	-3,74	-4,00	-4,35	-4,73	-5,11	-5,15	-5,46	-6,07
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_CP}$)	26,11%	30,54%	29,59%	28,65%	37,22%	32,07%	34,49%	43,60%	46,78%	49,97%	54,34%	59,14%	63,87%	64,34%	68,21%	75,87%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Desviación en programación: SV_{TC} (t)	-3,63	-4,00	-3,89	-3,64	-4,07	-3,57	-3,67	-4,40	-4,64	-4,86	-5,21	-5,25	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_TC}$)	30,29%	33,34%	32,38%	30,36%	33,92%	29,77%	30,60%	36,67%	38,68%	40,53%	43,45%	43,75%	43,19%	42,89%	45,48%	50,58%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Desviación en programación: SV_{RSEM} (t)	-2,88	-3,21	-3,13	-3,05	-3,52	-3,03	-3,22	-3,94	-4,20	-4,43	-4,78	-5,14	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_RSEM}$)	41,13%	45,87%	44,67%	43,59%	50,34%	43,23%	45,94%	56,35%	59,99%	63,30%	68,29%	73,46%	74,04%	73,53%	77,96%	86,70%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FÓRMULA CRÍTICA																
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Desviación en programación: SV_{FC} (t)	-2,88	-3,21	-3,13	-3,05	-3,52	-3,03	-3,22	-3,94	-4,20	-4,43	-4,78	-5,14	-5,18	-5,15	-5,46	-6,07
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_FC}$)	31,99%	35,67%	34,74%	33,90%	39,16%	33,62%	35,73%	43,82%	46,66%	49,23%	53,11%	57,13%	57,59%	57,19%	60,64%	67,44%

Ficha 98. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº2. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Fecha: del 15/10/2015 al 03/11/2015

Día	15/10/15	16/10/15	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR														
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Desviación en programación: SV_{CP} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
% de buffer consumido (% CB_{PB_CP})	77,97%	79,36%	80,74%	82,12%	76,60%	81,06%	78,25%	84,22%	90,67%	102,02%	114,14%	126,41%	138,91%	150,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO														
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Desviación en programación: SV_{TC} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
% de buffer consumido (% CB_{PB_TC})	51,98%	52,90%	53,83%	54,75%	51,06%	54,04%	52,16%	56,15%	60,45%	68,01%	76,09%	84,27%	92,61%	100,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS														
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Desviación en programación: SV_{RSEM} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
% de buffer consumido (% CB_{PB_RSEM})	89,11%	90,69%	92,27%	93,85%	87,54%	92,64%	89,42%	96,26%	103,62%	116,59%	130,44%	144,47%	158,76%	171,43%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FÓRMULA CRÍTICA														
Duración del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Desviación en programación: SV_{FC} (t)	-6,24	-6,35	-6,46	-6,57	-6,13	-6,48	-6,26	-6,74	-7,25	-8,16	-9,13	-10,11	-11,11	-12,00
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	69,31%	70,54%	71,77%	73,00%	68,09%	72,05%	69,55%	74,87%	80,59%	90,68%	101,45%	112,37%	123,48%	133,33%

Ficha 99. Programación en proyecto de la obra nº2. Fecha: del 31/08/2015 al 03/10/2015

ACTIVIDAD	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	05/09/15	06/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	12/09/15	13/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15
1.1	872,90 €	872,90 €	872,90 €	872,90 €	872,90 €			872,90 €	872,90 €								
1.2										565,50 €	565,50 €	565,50 €			565,50 €	565,50 €	565,50 €
2.1										133,29 €	133,29 €	133,29 €			133,29 €		
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3										421,20 €							
4.1											2.567,13 €	2.567,13 €			2.567,13 €	2.567,13 €	2.567,13 €
4.2	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €
5										78,00 €	78,00 €	78,00 €			78,00 €	78,00 €	78,00 €
6	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €
7	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €
PV_T																	
DIARIO	991,46 €	991,46 €	991,46 €	991,46 €	991,46 €			991,46 €	991,46 €	1.316,54 €	3.462,47 €	3.462,47 €			3.462,47 €	3.329,18 €	3.329,18 €
A ORIGEN	991,46 €	1.982,92 €	2.974,38 €	3.965,84 €	4.957,30 €			5.948,76 €	6.940,21 €	8.256,76 €	11.719,23 €	15.181,70 €			18.644,17 €	21.973,35 €	25.302,53 €

ACTIVIDAD	17/09/15	18/09/15	19/09/15	20/09/15	21/09/15	22/09/15	23/09/15	24/09/15	25/09/15	26/09/15	27/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	03/10/15
1.1																	
1.2	565,50 €	565,50 €			565,50 €	565,50 €	565,50 €	565,50 €	565,50 €			565,50 €					
2.1																	
2.2													707,12 €	707,12 €	707,12 €	707,12 €	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
2.6																	
3.1		1.177,15 €			1.177,15 €	1.177,15 €	1.177,15 €	1.177,15 €									
3.2									892,68 €			892,68 €	892,68 €				
3.3																	
4.1	2.567,13 €																
4.2	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	
5	78,00 €	78,00 €			78,00 €	78,00 €	78,00 €	78,00 €	78,00 €			78,00 €					
6	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	
7	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	
PV_T																	
DIARIO	3.329,18 €	1.939,21 €			1.939,21 €	1.939,21 €	1.939,21 €	1.939,21 €	1.654,74 €			1.654,74 €	1.718,35 €	825,68 €	825,68 €	825,68 €	
A ORIGEN	28.631,72 €	30.570,93 €			32.510,14 €	34.449,35 €	36.388,56 €	38.327,76 €	39.982,50 €			41.637,24 €	43.355,59 €	44.181,26 €	45.006,94 €	45.832,62 €	

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 100. Programación en proyecto de la obra nº2. Fecha: del 04/10/2015 al 06/11/2015

ACTIVIDAD	04/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	10/10/15	11/10/15	12/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15	17/10/15	18/10/15	19/10/15	20/10/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2		707,12 €	707,12 €														
2.3				909,14 €	909,14 €	909,14 €				909,14 €	909,14 €	909,14 €	909,14 €				
2.4																1.110,85 €	1.110,85 €
2.5																	
2.6																	
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2		62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €				62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €
5																	
6		19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €				19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €
7		36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €				36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €
PV_T																	
DIARIO		825,68 €	825,68 €	1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €				1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €	1.027,69 €			1.229,41 €	1.229,41 €
A ORIGEN		46.658,29 €	47.483,97 €	48.511,66 €	49.539,36 €	50.567,05 €				51.594,75 €	52.622,44 €	53.650,14 €	54.677,83 €			55.907,24 €	57.136,65 €

ACTIVIDAD	21/10/15	22/10/15	23/10/15	24/10/15	25/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	31/10/15	01/11/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
1.1																	
1.2																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4	1.110,85 €	1.110,85 €	1.110,85 €														
2.5														1.976,60 €	1.976,60 €	1.976,60 €	1.976,60 €
2.6						780,20 €	780,20 €	780,20 €	780,20 €	780,20 €			780,20 €				
3.1																	
3.2																	
3.3																	
4.1																	
4.2	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €			62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €	62,69 €
5																	78,00 €
6	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €			19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €	19,13 €
7	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €			36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €	36,73 €
PV_T																	
DIARIO	1.229,41 €	1.229,41 €	1.229,41 €			898,76 €	898,76 €	898,76 €	898,76 €	898,76 €			898,76 €	2.095,15 €	2.095,15 €	2.095,15 €	2.173,15 €
A ORIGEN	58.366,05 €	59.595,46 €	60.824,87 €			61.723,63 €	62.622,39 €	63.521,15 €	64.419,90 €	65.318,66 €			66.217,42 €	68.312,58 €	70.407,73 €	72.502,89 €	**74.676,04 €**

Fin de semana | Festivo | Camino Crítico | Subcamino | Camino dependiente | Holgura

Ficha 101. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 31/08/2015 al 22/09/2015

Día	31/08/15	01/09/15	02/09/15	03/09/15	04/09/15	07/09/15	08/09/15	09/09/15	10/09/15	11/09/15	14/09/15	15/09/15	16/09/15	17/09/15	18/09/15	21/09/15	22/09/15
Nº día de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_T)	991,46 €	1.982,92 €	2.974,38 €	3.965,84 €	4.957,30 €	5.948,76 €	6.940,21 €	8.256,76 €	11.719,23 €	15.181,70 €	18.644,17 €	21.973,35 €	25.302,53 €	28.631,72 €	30.570,93 €	32.510,14 €	34.449,35 €
Valor ganado (EV)	2.377,61 €	3.136,23 €	3.894,84 €	4.653,46 €	6.143,32 €	6.901,94 €	7.660,55 €	8.060,55 €	8.460,55 €	8.860,55 €	10.689,70 €	12.518,85 €	14.348,01 €	16.177,16 €	18.006,31 €	18.605,22 €	21.863,49 €
Coste real (AC)	2.139,00 €	2.749,00 €	3.359,00 €	3.969,00 €	5.246,00 €	5.856,00 €	6.566,00 €	7.126,00 €	7.686,00 €	8.246,00 €	9.856,00 €	11.466,00 €	13.076,00 €	14.686,00 €	16.396,00 €	17.256,00 €	19.896,00 €
Programación ganada (ES_T)	2,40	3,16	3,93	4,69	6,20	6,96	7,55	7,85	8,06	8,17	8,70	9,23	9,76	10,29	10,82	10,99	11,97
Variación en coste (CV)	238,61 €	387,23 €	535,84 €	684,46 €	897,32 €	1.045,94 €	1.094,55 €	934,55 €	774,55 €	614,55 €	833,70 €	1.052,85 €	1.272,01 €	1.491,16 €	1.610,31 €	1.349,22 €	1.967,49 €
Variación en plazo (SV_T)	1.386,15 €	1.153,31 €	920,46 €	687,62 €	1.186,02 €	953,18 €	720,34 €	-196,21 €	-3.258,68 €	-6.321,15 €	-7.954,47 €	-9.454,50 €	-10.954,52 €	-12.454,56 €	-12.564,62 €	-13.904,92 €	-12.585,86 €
Desviación en programación: SV_T (t)	1,40	1,16	0,93	0,69	1,20	0,96	0,55	-0,15	-0,94	-1,83	-2,30	-2,77	-3,24	-3,71	-4,18	-5,01	-5,03
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,14	1,16	1,17	1,17	1,18	1,17	1,13	1,10	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08	1,10
Eficiencia en plazo (SPI_T)	2,40	1,58	1,31	1,17	1,24	1,16	1,10	0,98	0,72	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,59	0,57	0,63
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	2,40	1,58	1,31	1,17	1,24	1,16	1,08	0,98	0,90	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,72	0,69	0,70
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	2,67	1,80	1,52	1,38	1,45	1,37	1,29	1,10	0,79	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,65	0,62	0,70
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																	
Presupuesto estimado (EAC_T)	29.261,72 €	42.396,11 €	49.976,05 €	54.867,16 €	52.470,22 €	55.417,97 €	58.605,01 €	67.451,55 €	91.008,40 €	113.193,09 €	112.752,33 €	111.390,21 €	110.032,01 €	108.678,66 €	104.004,90 €	108.127,19 €	95.621,98 €
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	27.122,72 €	39.647,11 €	46.617,05 €	50.898,16 €	47.224,22 €	49.561,97 €	52.039,01 €	60.325,55 €	83.322,40 €	104.947,09 €	102.896,33 €	99.924,21 €	96.956,01 €	93.992,66 €	87.608,90 €	90.871,19 €	75.725,98 €
Variación a conclusión (VAC_T)	45.414,32 €	32.279,93 €	24.699,99 €	19.808,88 €	22.205,82 €	19.258,07 €	16.071,03 €	7.224,49 €	-16.332,36 €	-38.517,05 €	-38.076,29 €	-36.714,17 €	-35.355,97 €	-34.002,62 €	-29.328,86 €	-33.451,15 €	-20.945,94 €

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

Ficha 102. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 23/09/2015 al 16/10/2015

Día	23/09/15	24/09/15	25/09/15	28/09/15	29/09/15	30/09/15	01/10/15	02/10/15	05/10/15	06/10/15	07/10/15	08/10/15	09/10/15	13/10/15	14/10/15	15/10/15	16/10/15
Nº día de trabajo	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_T)	36.388,56 €	38.327,76 €	39.982,50 €	41.637,24 €	43.355,59 €	44.181,26 €	45.006,94 €	45.832,62 €	46.658,29 €	47.483,97 €	48.511,66 €	49.539,36 €	50.567,05 €	51.594,75 €	52.622,44 €	53.650,14 €	54.677,83 €
Valor ganado (EV)	25.121,75 €	30.576,97 €	36.032,20 €	37.572,88 €	41.605,69 €	44.204,51 €	45.078,93 €	47.479,81 €	49.880,68 €	51.891,00 €	53.863,83 €	55.946,67 €	58.029,51 €	59.418,07 €	60.198,27 €	61.173,52 €	62.148,77 €
Coste real (AC)	22.536,00 €	25.626,00 €	30.316,00 €	32.496,00 €	34.676,00 €	37.148,50 €	38.728,50 €	41.318,50 €	43.808,50 €	45.461,50 €	46.671,50 €	48.691,50 €	50.411,50 €	52.271,50 €	53.291,50 €	54.311,50 €	55.431,50 €
Programación ganada (ES_T)	12,95	15,00	17,82	18,61	20,98	23,03	24,09	26,99	29,33	31,29	33,21	35,03	36,73	37,86	38,49	39,39	40,47
Variación en coste (CV)	2.585,75 €	4.950,97 €	5.716,20 €	5.076,88 €	6.929,69 €	7.056,01 €	6.350,43 €	6.161,31 €	6.072,18 €	6.429,50 €	7.192,33 €	7.255,17 €	7.618,01 €	7.146,57 €	6.906,77 €	6.862,02 €	6.717,27 €
Variación en plazo (SV_T)	-11.266,81 €	-7.750,79 €	-3.950,30 €	-4.064,36 €	-1.749,90 €	23,25 €	71,99 €	1.647,19 €	3.222,39 €	4.407,03 €	5.352,17 €	6.407,31 €	7.462,46 €	7.823,32 €	7.575,83 €	7.523,38 €	7.470,94 €
Desviación en programación: SV_T (t)	-5,05	-4,00	-2,18	-2,39	-1,02	0,03	0,09	1,99	3,33	4,29	5,21	6,03	6,73	6,86	6,49	6,39	6,47
Eficiencia en coste (CPI)	1,11	1,19	1,19	1,16	1,20	1,19	1,16	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13	1,13	1,12
Eficiencia en plazo (SPI_T)	0,69	0,80	0,90	0,90	0,96	1,00	1,00	1,04	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,15	1,14	1,14	1,14
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	0,72	0,79	0,89	0,89	0,95	1,00	1,00	1,08	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,20	1,19	1,19
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	0,77	0,95	1,07	1,04	1,15	1,19	1,17	1,19	1,22	1,25	1,28	1,30	1,32	1,31	1,29	1,28	1,27
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS																	
Presupuesto estimado (EAC_T)	86.926,70 €	71.953,07 €	66.393,84 €	68.056,98 €	63.397,52 €	62.742,64 €	64.115,55 €	64.164,49 €	64.178,59 €	63.728,05 €	62.912,83 €	63.125,22 €	63.013,03 €	63.926,98 €	64.495,23 €	64.825,08 €	65.261,63 €
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	64.390,70 €	46.327,07 €	36.077,84 €	35.560,98 €	28.721,52 €	25.594,14 €	25.387,05 €	22.845,99 €	20.370,09 €	18.266,55 €	16.241,33 €	14.433,72 €	12.601,53 €	11.655,48 €	11.203,73 €	10.513,58 €	9.830,13 €
Variación a conclusión (VAC_T)	-12.250,66 €	2.722,97 €	8.282,20 €	6.619,06 €	11.278,52 €	11.933,40 €	10.560,49 €	10.511,55 €	10.497,45 €	10.947,99 €	11.763,21 €	11.550,82 €	11.663,01 €	10.749,06 €	10.180,81 €	9.850,96 €	9.414,41 €

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

Ficha 103. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Fecha: del 19/10/2015 al 06/11/2015

Día	19/10/15	20/10/15	21/10/15	22/10/15	23/10/15	26/10/15	27/10/15	28/10/15	29/10/15	30/10/15	02/11/15	03/11/15	04/11/15	05/11/15	06/11/15
Nº día de trabajo	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
BAC	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €	74.676,04 €
Coste planificado (PV_T)	55.907,24 €	57.136,65 €	58.366,05 €	59.595,46 €	60.824,87 €	61.723,63 €	62.622,39 €	63.521,15 €	64.419,90 €	65.318,66 €	66.217,42 €	68.312,58 €	70.407,73 €	72.502,89 €	74.676,04 €
Valor ganado (EV)	63.124,02 €	64.099,27 €	65.680,55 €	67.261,82 €	70.686,24 €	72.267,51 €	73.848,79 €	74.148,79 €	74.248,79 €	74.307,29 €	74.307,29 €	74.676,04 €			
Coste real (AC)	56.451,50 €	56.961,50 €	58.681,50 €	60.401,50 €	63.221,50 €	64.941,50 €	65.901,50 €	66.261,50 €	66.421,50 €	66.480,00 €	66.480,00 €	66.952,00 €			
Programación ganada (ES_T)	41,56	42,64	44,40	45,50	47,13	47,89	48,62	48,76	48,80	48,83	48,83	49,00			
Variación en coste (CV)	6.672,52 €	7.137,77 €	6.999,05 €	6.860,32 €	7.464,74 €	7.326,01 €	7.947,29 €	7.887,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.827,29 €	7.724,04 €			
Variación en plazo (SV_T)	7.216,78 €	6.962,62 €	7.314,50 €	7.666,36 €	9.861,37 €	10.543,88 €	11.226,40 €	10.627,64 €	9.828,89 €	8.988,63 €	8.089,87 €	6.363,46 €			
Desviación en programación: SV_T (t)	6,56	6,64	7,40	7,50	8,13	7,89	7,62	6,76	5,80	4,83	3,83	3,00			
Eficiencia en coste (CPI)	1,12	1,13	1,12	1,11	1,12	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12			
Eficiencia en plazo (SPI_T)	1,13	1,12	1,13	1,13	1,16	1,17	1,18	1,17	1,15	1,14	1,12	1,09			
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	1,19	1,18	1,20	1,20	1,21	1,20	1,19	1,16	1,13	1,11	1,09	1,07			
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	1,26	1,26	1,26	1,26	1,30	1,30	1,32	1,31	1,29	1,27	1,25	1,22			
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS															
Presupuesto estimado (EAC_T)	65.601,31 €	65.339,55 €	65.823,38 €	66.300,65 €	66.292,13 €	66.790,09 €	66.527,50 €	66.665,13 €	66.753,11 €	66.770,00 €	66.773,99 €	66.952,00 €			
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	9.149,81 €	8.378,05 €	7.141,88 €	5.899,15 €	3.070,63 €	1.848,59 €	626,00 €	403,63 €	331,61 €	290,00 €	293,99 €	0,00 €			
Variación a conclusión (VAC_T)	9.074,73 €	9.336,49 €	8.852,66 €	8.375,39 €	8.383,91 €	7.885,95 €	8.148,54 €	8.010,91 €	7.922,93 €	7.906,04 €	7.902,05 €	7.724,04 €			

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

APÉNDICE 2

PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº2

Presupuesto y mediciones

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 TRABAJOS PREVIOS				
T01	m Desbroce y limpieza del terreno a mano Desbroce y limpieza superficial del camino (incluyendo zonas enlosadas o adoquinadas), márgenes (2 metros por cada margen) y muros por medios manuales, tala de árboles, previa autorización, que invada el camino o sean causa de inseguridad en el tránsito peatonal, retirada de piedras sueltas en el camino con retirada y/o colocación en cierres, muros, laterales, i/carga, transporte y descarga de escombros y material inadecuado a vertedero autorizado o lugar de empleo y con p.p. de medios auxiliares.	2.030,00	3,01	6.110,30
T02	m Apertura de cunetas terreno sin clasificar Ml. Apertura de cunetas por medios manuales o mecánicos en los casos necesarios, en todo tipo de terreno, incluso roca, por ambas márgenes, incluyendo aporte de tierras si fuese necesario y perfilado manual de pendiente, con retirada de sobrantes a vertedero y p.p. de limpieza o retirada de tajeas o salvagabias, badenes o acequias, i/carga, transporte y descarga de material sobrante a vertedero autorizado o lugar indicado por la Dirección Facultativa.	2.030,00	3,90	7.917,00
	TOTAL CAPÍTULO 01 TRABAJOS PREVIOS.....			14.027,30
CAPÍTULO 02 FIRMES				
F01	m3 Rep. suelo inadecuado con pedraplén M3. de saneo y reposición de suelo inadecuado con pedraplén procedente de cantera, i/ extendido, regado y compactado, perfilado de taludes y preparación de la superficie de asiento del pedraplén.	26,25	20,31	533,14

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
F02	m3 Ext. y comp. de suelo seleccionado			
	M3. de extendido y compactado de suelo seleccionado en subbase, procedente de préstamos, incluyendo extendido, humectación y compactación hasta el 95% P.M. empleando rodillo vibratorio, formación de bombeo, totalmente ejecutado.	332,50	12,76	4.242,70
F03	m3 Zahorra natural ZN25			
	M3. Suministro de subbase granular de zahorra natural, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación igual o superior al 95% de la máxima obtenida en el proctor modificado, rastreado y rasanteado, formación de bombeo, rematado.	340,50	18,69	6.363,95
F04	m3 Zahorra artificial ZA25			
	M3. Suministro de subbase granular de zahorra artificial ZA-25, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación, formación de bombeo, rastreado y rasanteo terminado.	236,25	23,51	5.554,24
F04.1	m3 Zahorra artificial ZA25 estabilizada cemento			
	M3. Suministro de subbase granular de zahorra artificial ZA-25 con selección de árido según el entorno, estabilizada con cemento con una dosificación en peso de hasta el 6%, según indicaciones de la Dirección Facultativa, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación, formación de bombeo, rastreado y rasanteo terminado.	234,75	33,68	7.906,38
F04.1D	m3 Zahorra artificial ZA25 estabilizada cemento difícil acceso			
	M3. Suministro de subbase granular de zahorra artificial ZA-25 con selección de árido según el entorno, estabilizada con cemento con una dosificación en peso de hasta el 6%, según indicaciones de la Dirección Facultativa, incluso extensión, rasanteo previo, picado y tapado de baches, perfilado de bordes, humectación, compactación, formación de bombeo, rastreado y rasanteo terminado.	120,00	39,01	4.681,20

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TOTAL CAPÍTULO 02 FIRMES			29.281,61

CAPÍTULO 03 DRENAJE

D01 m Paso de agua de piedra granítica

Paso de agua en "V" revestido con dos piedras graníticas (0,5x0,12 cada una) con una altura entre 10 y 12 cm, colocadas en zonas de cruce de agua, asentadas sobre hormigón en masa (HM-20) y material seleccionado compactado, incluso preparación del firme natural a mano o máquina en todo tipo de terreno, incluso roca, apertura de caja, limpieza y ejecución de juntas rehundidas de mortero de cemento, totalmente colocados y funcionando.

65,00 90,55 5.885,75

D02 m Estabilizador de piedra granítica

Estabilizador de piedra granítica de 20cm de espesor y 30cm de ancho, colocadas transversalmente para estabilización del firme, asentadas sobre 15cm de hormigón en masa HM-20, incluso excavación manual o mecánica en cualquier tipo de terreno, incluso roca, totalmente colocados y funcionando.

52,50 51,01 2.678,03

D03 m Tajea o salvagabias ø400 con emboquillado

Tajea o salvagabias de hormigón de diámetro ø400 mm. con emboquillado de piedra, tomado con hormigón en masa HM-20, encofrado y desencofrado, ejecución de boquillas tipo aletas de piedra (e=12 cm., incluso excavación a mano o máquina en todo tipo de terreno, incluso roca, nivelación y compactación del mismo, fratasado de hormigón del fondo del canal, con carga, transporte y descarga de material sobrante a vertedero autorizado o lugar indicado por la Dirección Facultativa.

4,00 105,30 421,20

TOTAL CAPÍTULO 03 DRENAJE 8.984,98

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE

CAPÍTULO 04 OBRAS COMPLEMENTARIAS

C01 m Borde de piedra granítica

Borde de piedras graníticas de 20 cm de espesor y 40/45 cm de ancho (longitud máx. 1.50m), colocadas en límite de firme para encauzamiento natural del agua de la cuneta y, así mismo, de protección del paquete de firme, asentadas sobre 15cm de hormigón en masa HM-20, incluso excavación manual o mecánica en cualquier tipo de terreno, incluso roca, totalmente colocadas con borde a cordel y funcionando.

165,00 93,35 15.402,75

C02 PA Varios

Partida alzada a justificar en imprevistos durante la ejecución de las obras y limpieza al finalizar las mismas.

1,00 1.800,00 1.800,00

TOTAL CAPÍTULO 04 OBRAS OCMPLEMENTARIAS..... 17.202,75

CAPÍTULO 05 SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO

SA01 PA Seguimiento y control arqueológico

Seguimiento y control arqueológico durante la ejecución de las obras realizado por técnicos competentes, incluyendo: - proyecto de control y seguimiento, - trabajos de control arqueológico, - informes especiales, - informe final, - inspecciones sistemáticas de las zonas objeto de las intervenciones, - memoria técnica final, - informes, dietas, tramitaciones y permisos necesarios, - estudios de detalle del entorno afectado en los casos necesarios.

1,00 3.071,90 3.071,90

TOTAL CAPÍTULO 05 SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO..... 3.071,90

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 SEGURIDAD Y SALUD				
SS01	PA Seguridad y salud			
	Seguridad y salud.			
		1,00	1.170,00	1.170,00
	TOTAL CAPÍTULO 06 SEGURIDAD Y SALUD.....			1.170,00
CAPÍTULO 07 GESTIÓN DE RESIDUOS				
GR01	PA Gestión de residuos			
	Gestión de residuos derivados de las obras de acondicionamiento.			
		1,00	937,50	937,50
	TOTAL CAPÍTULO 07 GESTIÓN DE RESIDUOS.....			937,50
	TOTAL.....			74.676,04

Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	TRABAJOS PREVIOS	14.027,30	18,78
02	FIRMES.....	29.281,61	39,21
03	DRENAJE	8.984,98	12,03
04	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	17.202,75	23,04
05	SEGUIMIENTO Y CONTROL ARQUEOLÓGICO.....	3.071,90	4,11
06	SEGURIDAD Y SALUD	1.170,00	1,57
07	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	937,50	1,26
	TOTAL PRESUPUESTO PROGRAMADO /	74.676,04	
	TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE ADJUDICACIÓN /		
	PRESUPUESTO HASTA LA CONCLUSIÓN (BAC) /		
	VALOR PLANIFICADO ACUMULADO (PV) /		

Asciende el presupuesto programado a la expresada cantidad de SETENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS con CUATRO CÉNTIMOS.

ANEJO D

ESTUDIO DEL CASO PRÁCTICO Nº3

D.1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se muestra, de manera pormenorizada, todos los datos utilizados y calculados, desde la perspectiva de la administración como parte contratante, durante la aplicación del método de gestión de proyectos, desarrollado en los apartados "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" y "*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*" de esta tesis, al caso de estudio nº3, correspondiente a la obra de "Urbanización de la Calle Concejo (Ourense)".

D.2. DATOS ORIGINALES DEL PROYECTO DE ESTUDIO Nº3

Con objeto de poder llevar a cabo la gestión del caso de estudio mediante el método desarrollado, en este apartado se recoge toda la información necesaria, relacionada con el ámbito técnico, temporal y económico de la obra, disponible en el proyecto original.

D.2.1. Datos Técnicos

La obra del caso práctico nº3 ha sido descrita con anterioridad en el punto "*4.1.3.1. Características técnicas de la obra*" de esta investigación, donde se hace referencia a los datos técnicos del proyecto de estudio.

D.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto

Dentro del proyecto base para la licitación de las obras, se estimó un plazo de ejecución, para la completa realización de las mismas, de (6) meses.

Aunque la firma del acta de replanteo de la obra fue realizada el 16 de marzo de 2016, correspondiéndole la fecha límite para su recepción el 16 de septiembre de 2016, a la UTE adjudicataria se le solicitó la elaboración de una planificación propia para la ejecución de las obras. En la programación presentada, la empresa identificó el 1 de abril como la fecha de inicio de los trabajos para una correcta preparación previa de los medios, recursos y trámites necesarios.

El cronograma del proyecto constructivo y el planificado por parte de la empresa adjudicataria están recogidos dentro del *Apéndice 1* de este Anejo de la Ficha 104 a la Ficha 105 y de la Ficha 106 a la Ficha 108 respectivamente, previéndose, en cualquier caso, el 16 de septiembre de 2016 como la fecha de conclusión de la obra.

Por todo lo expuesto se ha considerado que, los tiempos indicados por la UTE para cada una de las actividades que forman la EDT del proyecto (resumidos de la Tabla 177 a la Tabla 180) son duraciones con protecciones individuales ya que, a pesar de que en el cronograma de la empresa se determina el inicio de la obra con posterioridad a la fecha prevista (lo que supone una reducción de 15 días con respecto a la planificación inicial e implícitamente un recorte de los tiempos de ejecución de cada una de las tareas de la obra), la fecha de entrega de la misma es invariable.

Tabla 177. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 1 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
1	FASE 1	
1.1.	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA	
1.1.1	Demoliciones	10
1.1.2	Levantados	5
1.1.3	Excavaciones	3
1.1.4	Rellenos	7
1.1.5	Transporte de tierras	2
1.2	FIRMES Y PAVIMENTOS	
1.2.1	Firmes	7
1.2.2	Pavimentos	12
1.3	ABASTECIMIENTO	
1.3.1	Demolición	4
1.3.2	Preparación de zanjas	2
1.3.3	Rellenos	1
1.3.4	Transporte de tierras	1
1.3.5	Tubería	4
1.3.6	Elementos	6
1.3.7	Acometidas	5
1.3.8	Reposiciones	1
1.3.9	Hormigonado de cruce	1

Tabla 178. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 2 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
1.4	SANEAMIENTO	
1.4.1	Demolición	5
1.4.2	Preparación de zanjas	8
1.4.3	Rellenos	7
1.4.4	Transporte de tierras	3
1.4.5	Tubería	10
1.4.6	Elementos	3
1.4.7	Acometidas	7
1.4.8	Reposiciones	3
1.4.9	Hormigonado de cruce	1
1.5	ALUMBRADO	
1.5.1	Desmontaje	2
1.5.2	Preparación de zanjas	2
1.5.3	Rellenos	1
1.5.4	Transporte de tierras	1
1.5.5	Canalizaciones	3
1.5.6	Elementos	6
1.5.7	Acometidas	2
1.5.8	Reposiciones	1
1.5.9	Proyecto y legalización	30
1.5.10	Control	2
1.5.11	Hormigonado de cruce	1
1.6	REDES EXISTENTES	
1.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	4
1.6.2	Hormigonado de protección	2
1.6.3	Obras complementarias	Durante toda la fase 1 (75 días)
1.7	SEÑALIZACIÓN	
1.7.1	Demolición zapata señales	1
1.7.2	Señalización horizontal	2
1.7.3	Señalización vertical	2
1.7.4	Cimentación señales lumínicas	2
1.8	JARDINERÍA	
1.8.1	Tierra vegetal	2
1.8.2	Césped semillado	2

Tabla 179. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 3 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
1.9	MOBILIARIO	
1.9.1	Barandillas	2
1.9.2	Papeleras	2
2	FASE 2	
2.1	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA	
2.1.1	Demoliciones	7
2.1.2	Levantados	4
2.1.3	Excavaciones	2
2.1.4	Rellenos	5
2.1.5	Transporte de tierras	2
2.2	FIRMES Y PAVIMENTOS	
2.2.1	Firmes	5
2.2.2	Pavimentos	8
2.3	ABASTECIMIENTO	
2.3.1	Demolición	3
2.3.2	Preparación de zanjas	1
2.3.3	Rellenos	1
2.3.4	Transporte de tierras	1
2.3.5	Tubería	3
2.3.6	Elementos	5
2.3.7	Acometidas	5
2.3.8	Reposiciones	1
2.3.9	Hormigonado de cruce	1
2.4	SANEAMIENTO	
2.4.1	Demolición	3
2.4.2	Preparación de zanjas	4
2.4.3	Rellenos	3
2.4.4	Transporte de tierras	2
2.4.5	Tubería	3
2.4.6	Elementos	4
2.4.7	Acometidas	10
2.4.8	Reposiciones	3
2.4.9	Hormigonado de cruce	1

Tabla 180. Duración estimada en proyecto de las actividades de la obra nº3. Parte 4 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO EN PROYECTO (EN DÍAS)
2.5	ALUMBRADO	
2.5.1	Desmontaje	2
2.5.2	Preparación de zanjas	2
2.5.3	Rellenos	1
2.5.4	Transporte de tierras	1
2.5.5	Canalizaciones	2
2.5.6	Elementos	2
2.5.7	Acometidas	1
2.5.8	Reposiciones	1
2.5.10	Control	2
2.5.11	Hormigonado de cruce	1
2.6	REDES EXISTENTES	
2.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	4
2.6.2	Hormigonado de protección	2
2.6.3	Obras complementarias	Durante toda la fase 2 (53 días)
2.7	SEÑALIZACIÓN	
2.7.1	Demolición zapata señales	1
2.7.2	Señalización horizontal	3
2.7.3	Señalización vertical	2
2.7.4	Cimentación señales lumínicas	2
2.9	MOBILIARIO	
2.9.2	Papeleras	2
10	GESTIÓN DE RESIDUOS	Durante todo el proyecto (117 días)
11	SEGURIDAD Y SALUD	Durante todo el proyecto (117 días)
12	CONTROL DE CALIDAD	Durante todo el proyecto (117 días)

D.2.3. Datos Económicos

En el *Apéndice 2* de este Anejo, se exponen los principales datos económicos de la obra de Concejo, basados en el Documento de Presupuesto del proyecto original y en el coeficiente de adjudicación, con independencia de los porcentajes de gastos generales, beneficio industrial e IVA.

D.3. PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº3

En el presente punto se muestran y exponen todos los pasos y cálculos llevados a cabo para la definición de la programación de la obra del caso práctico nº3 mediante la realización de cada una de las fases establecidas en el modelo de planificación de proyectos propuesto en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*" de esta tesis.

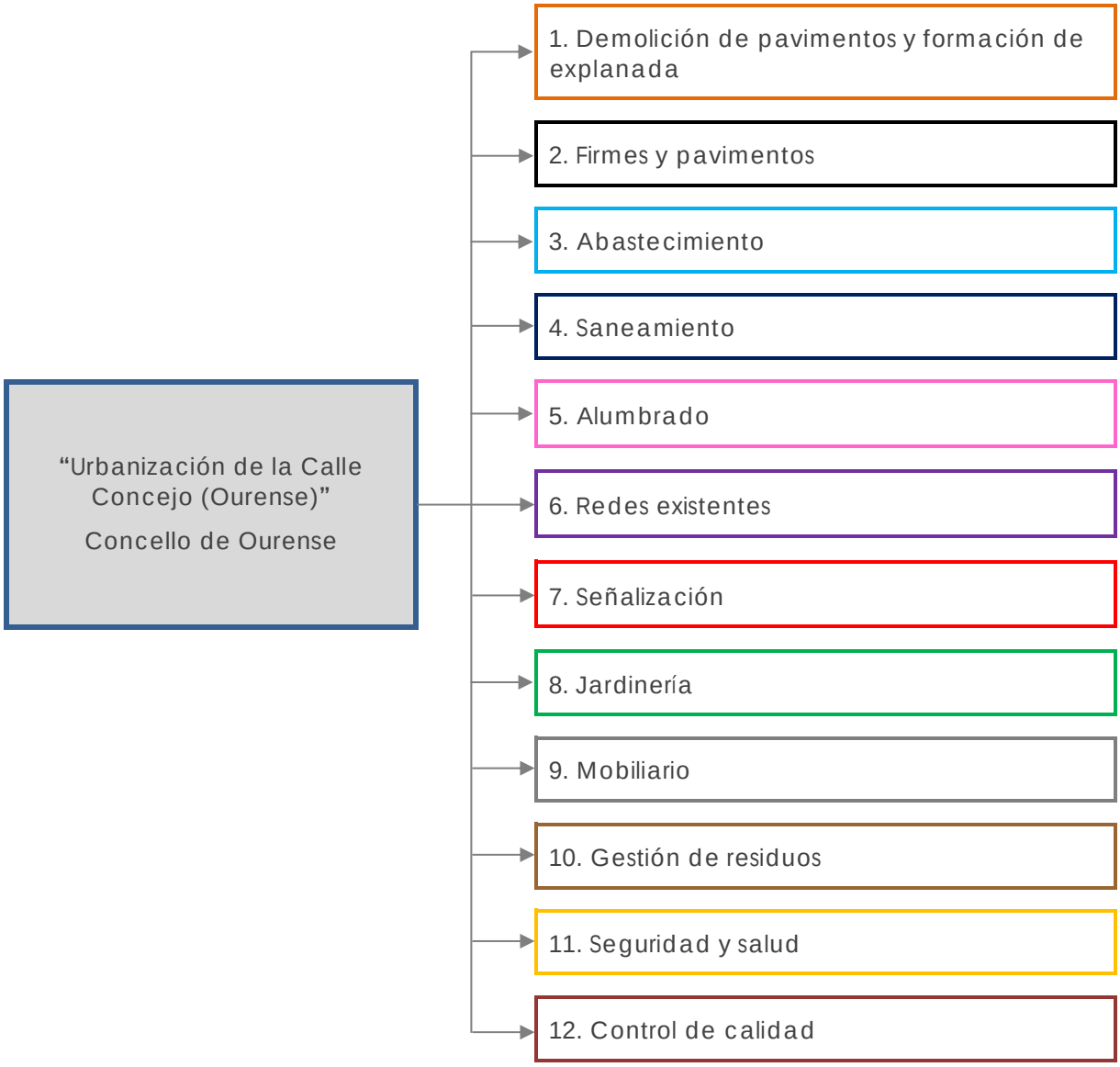
D.3.1. Fase 1. Construcción de la Red de Actividades del Proyecto

D.3.1.1. Identificación de las actividades

Para la definición de la Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto nº3 (ver Figura 152) se ha tomado como base el presupuesto oficial del mismo, presentado en el momento de la adjudicación.

Puesto que el caso de estudio presenta una gran complejidad constructiva, ya que al desarrollarse la actuación en una de las principales arterias de Ourense es imposible cortar en su totalidad el acceso a la misma debido a la gran cantidad de residentes en ella, la planificación y el orden de ejecución de las actividades del proyecto es fundamental para poder cubrir las necesidades demandadas durante el plazo de construcción de dicha reurbanización. Por este motivo, la empresa adjudicataria define, dentro del plan de trabajos que presenta a la administración (ver de la Ficha 106 a la Ficha 108 del *Apéndice 1* de este Anejo) y siguiendo la medición del presupuesto, dos fases de ejecución con tareas prácticamente idénticas, con el objetivo de permitir una buena programación de las actuaciones y un desempeño viable de las obras.

Figura 152. Primer nivel de la EDT de la obra nº3 basada en el presupuesto



Aunque el uso de la primera escala de la EDT presentada por la empresa adjudicataria podría ser aceptable para la definición de las actividades del proyecto (ver Figura 153), la complejidad de la obra de análisis requiere aumentar el nivel de detalle de la estructura (ver de la Figura 154 a la Figura 158) con el fin de describir, con mayor exactitud, el alcance de la misma para las diferentes fases de la obra y facilitar la aplicación de las técnicas CCPM y EVM.

Figura 153. Primer nivel de la EDT de la obra nº3 basada en la programación de la UTE

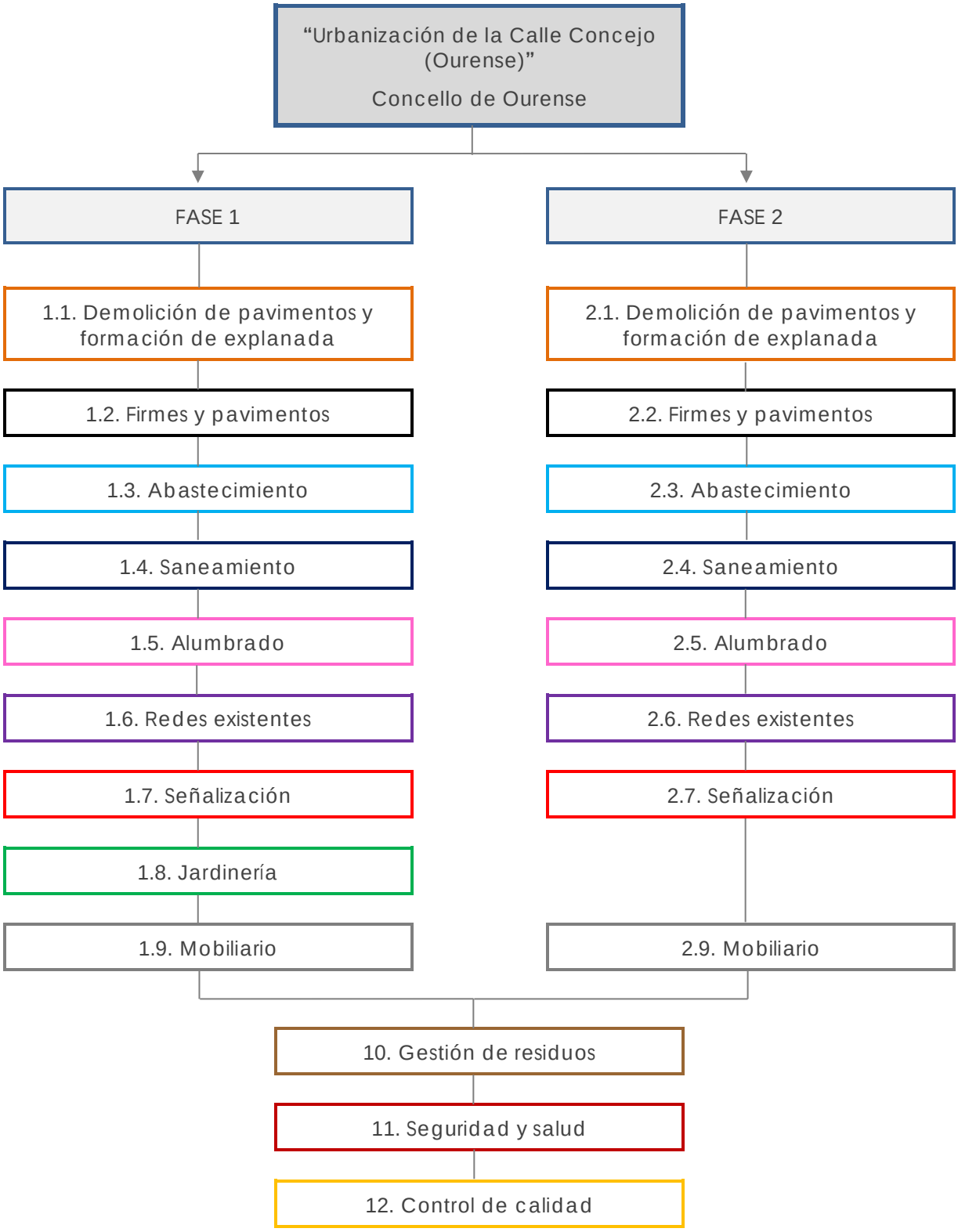


Figura 154. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 1. Parte 1 de 2

- 1.1. DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y FORMACIÓN DE EXPLANADA
  - 1.1.1. Demoliciones
  - 1.1.2. Levantados
  - 1.1.3. Excavaciones
  - 1.1.4. Rellenos
  - 1.1.5. Transporte de tierras
- 1.2. FIRMES Y PAVIMENTOS
  - 1.2.1. Firmes
  - 1.2.2. Pavimentos
- 1.3. ABASTECIMIENTO
  - 1.3.1. Demolición
  - 1.3.2. Preparación de zanjas
  - 1.3.3. Rellenos
  - 1.3.4. Transporte de tierras
  - 1.3.5. Tubería
  - 1.3.6. Elementos
  - 1.3.7. Acometidas
  - 1.3.8. Reposiciones
  - 1.3.9. Hormigonado de cruce
- 1.4. SANEAMIENTO
  - 1.4.1. Demolición
  - 1.4.2. Preparación de zanjas
  - 1.4.3. Rellenos
  - 1.4.4. Transporte de tierras
  - 1.4.5. Tubería
  - 1.4.6. Elementos
  - 1.4.7. Acometidas
  - 1.4.8. Reposiciones
  - 1.4.9. Hormigonado de cruce

Figura 155. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 1. Parte 2 de 2

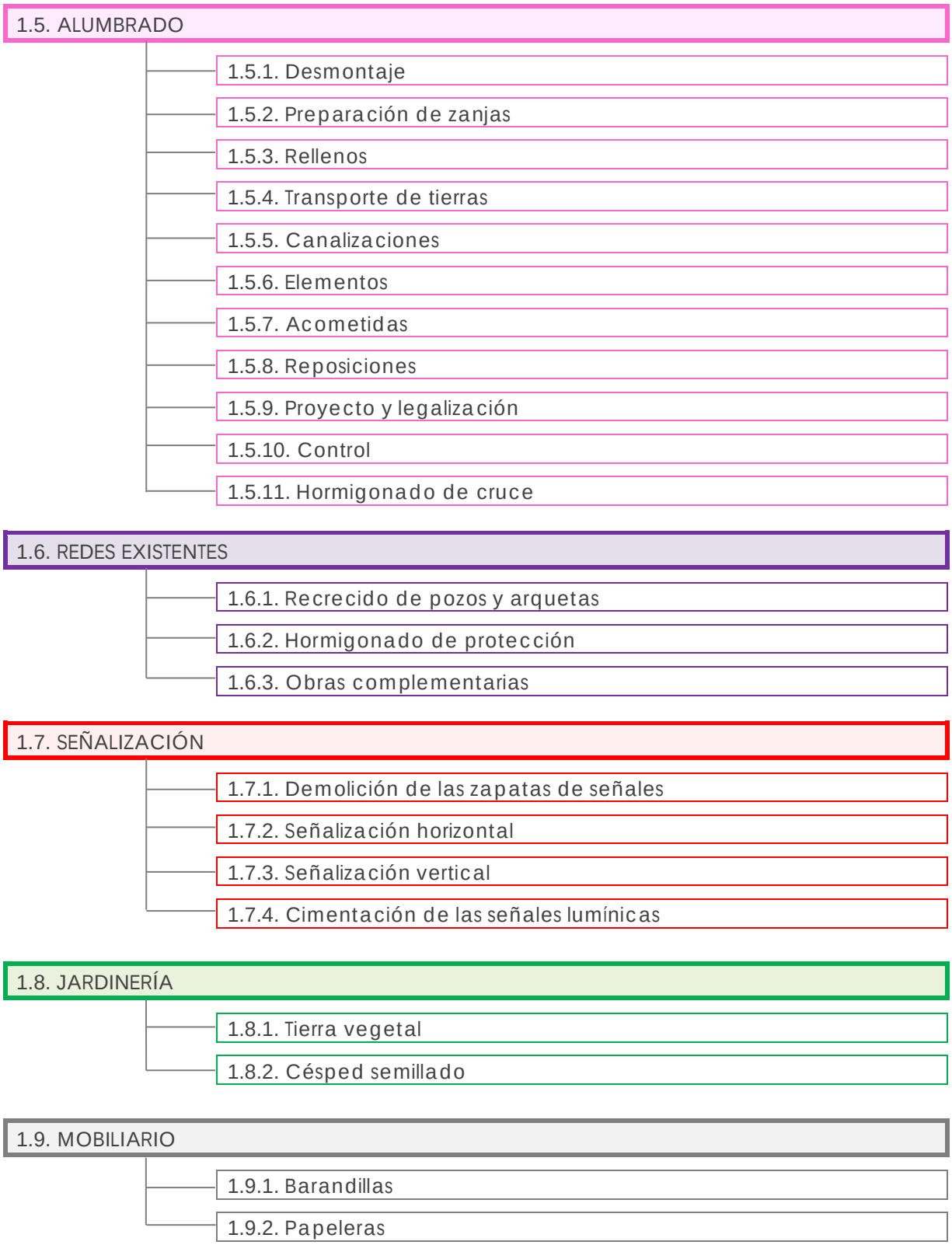


Figura 156. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 2. Parte 1 de 2

- 2.1. DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y FORMACIÓN DE EXPLANADA
  - 2.1.1. Demoliciones
  - 2.1.2. Levantados
  - 2.1.3. Excavaciones
  - 2.1.4. Rellenos
  - 2.1.5. Transporte de tierras
- 2.2. FIRMES Y PAVIMENTOS
  - 2.2.1. Firmes
  - 2.2.2. Pavimentos
- 2.3. ABASTECIMIENTO
  - 2.3.1. Demolición
  - 2.3.2. Preparación de zanjas
  - 2.3.3. Rellenos
  - 2.3.4. Transporte de tierras
  - 2.3.5. Tubería
  - 2.3.6. Elementos
  - 2.3.7. Acometidas
  - 2.3.8. Reposiciones
  - 2.3.9. Hormigonado de cruce
- 2.4. SANEAMIENTO
  - 2.4.1. Demolición
  - 2.4.2. Preparación de zanjas
  - 2.4.3. Rellenos
  - 2.4.4. Transporte de tierras
  - 2.4.5. Tubería
  - 2.4.6. Elementos
  - 2.4.7. Acometidas
  - 2.4.8. Reposiciones
  - 2.4.9. Hormigonado de cruce

Figura 157. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Fase 2. Parte 2 de 2

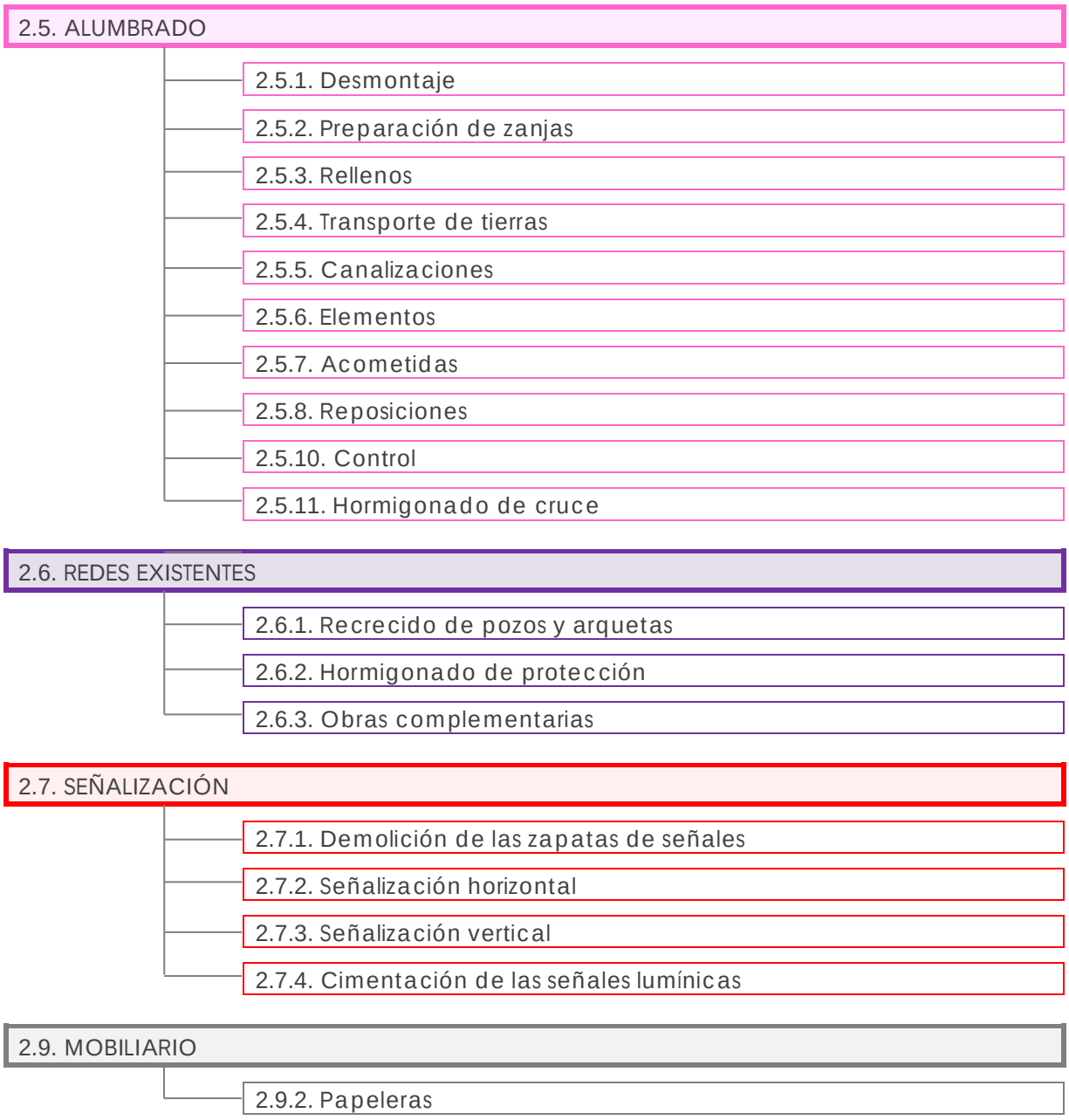


Figura 158. Descomposición de la EDT principal de la programación presentada por la UTE para la obra nº3. Unión entre ambas fases

10. Gestión de Residuos

11. Seguimiento y Control Arqueológico

12. Seguridad y Salud

D.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra

Siguiendo los criterios identificados dentro del apartado "*4.3.1.2. Dependencia de tareas*" de la presente investigación, de la Tabla 181 a la Tabla 185 se definen con detalle el tipo de vínculo existente entre las diferentes tareas que componen la obra del caso práctico nº3.

Tabla 181. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 1 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
1	FASE 1		
1.1.	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA		
1.1.1	Demoliciones	-	FS
1.1.2	Levantados	1.1.1	SS+2 días
1.1.3	Excavaciones	1.1.1, 1.1.2	FS
1.1.4	Rellenos	1.1.5, 1.3.3, 1.3.4, 1.4.3, 1.4.4, 1.5.3, 1.5.4, 1.7.4	FS
1.1.5	Transporte de tierras	1.1.3	FS
1.2	FIRMES Y PAVIMENTOS		
1.2.1	Firmes	1.1.4	FS
1.2.2	Pavimentos	1.1.4	FS

Tabla 182. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 2 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
1.3	ABASTECIMIENTO		
1.3.1	Demolición	1.3.7	FS
1.3.2	Preparación de zanjas	1.1.3, 1.7.1	FS
1.3.3	Rellenos	1.3.1, 1.3.9, 1.6.2	FS
1.3.4	Transporte de tierras	1.3.2	FS
1.3.5	Tubería	1.3.2	FS
1.3.6	Elementos	1.3.5	SS+1 día
1.3.7	Acometidas	1.3.5, 1.3.6	FS
1.3.8	Reposiciones	1.2.1	FS
1.3.9	Hormigonado de cruce	1.3.5, 1.4.5, 1.5.5	FS
1.4	SANEAMIENTO		
1.4.1	Demolición	1.4.7	FS
1.4.2	Preparación de zanjas	1.1.3, 1.7.1	FS
1.4.3	Rellenos	1.4.1, 1.4.9, 1.6.2	FS
1.4.4	Transporte de tierras	1.4.2	FS
1.4.5	Tubería	1.4.2	FS
1.4.6	Elementos	1.4.2	FS
1.4.7	Acometidas	1.4.5, 1.4.6	FS
1.4.8	Reposiciones	1.2.1, 1.2.2	FS
1.4.9	Hormigonado de cruce	1.3.5, 1.4.5, 1.5.5	FS
1.5	ALUMBRADO		
1.5.1	Desmontaje	1.1.1	FS
1.5.2	Preparación de zanjas	1.1.3, 1.5.9, 1.7.1	FS
1.5.3	Rellenos	1.5.1, 1.5.10, 1.5.11, 1.6.2	FS
1.5.4	Transporte de tierras	1.5.2	FS
1.5.5	Canalizaciones	1.5.2	FS
1.5.6	Elementos	1.5.2	FS
1.5.7	Acometidas	1.5.5, 1.5.6	FS
1.5.8	Reposiciones	1.2.1, 1.2.2	FS
1.5.9	Proyecto y legalización	-	FS
1.5.10	Control	1.5.7	FF
1.5.11	Hormigonado de cruce	1.3.5, 1.4.5, 1.5.5	FS

Tabla 183. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 3 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
1.6	REDES EXISTENTES		
1.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	1.2.1, 1.2.2	FS
1.6.2	Hormigonado de protección	1.3.5, 1.4.5, 1.5.5	FS
1.6.3	Obras complementarias	1.1.1 Todas las actividades	SS FF
1.7	SEÑALIZACIÓN		
1.7.1	Demolición zapata señales	1.1.1	FS
1.7.2	Señalización horizontal	1.3.8, 1.4.8, 1.5.8, 1.6.1	FS
1.7.3	Señalización vertical	1.2.2	FS
1.7.4	Cimentación señales lumínicas	1.5.2	FS
1.8	JARDINERÍA		
1.8.1	Tierra vegetal	1.2.2	FS
1.8.2	Césped semillado	1.8.1	FS
1.9	MOBILIARIO		
1.9.1	Barandillas	1.1.2, 1.2.2	FS
1.9.2	Papeleras	1.2.2	FS
2	FASE 2		
2.1	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA		
2.1.1	Demoliciones	1.2.1	FS
2.1.2	Levantados	2.1.1	SS+1 DÍAS
2.1.3	Excavaciones	1.2.2, 2.1.1, 2.1.2	FS
2.1.4	Rellenos	2.1.5, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.3, 2.4.4, 2.5.3, 2.5.4, 2.7.4	FS
2.1.5	Transporte de tierras	2.1.3	FS
2.2	FIRMES Y PAVIMENTOS		
2.2.1	Firmes	2.1.4	FS
2.2.2	Pavimentos	2.1.4	FS

Tabla 184. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 4 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
2.3	ABASTECIMIENTO		
2.3.1	Demolición	2.3.7	FS
2.3.2	Preparación de zanjas	2.1.3, 2.7.1	FS
2.3.3	Rellenos	2.3.1, 2.3.9, 2.6.2	FS
2.3.4	Transporte de tierras	2.3.2	FS
2.3.5	Tubería	2.3.2	FS
2.3.6	Elementos	2.3.5	SS
2.3.7	Acometidas	2.3.5, 2.3.6	FS
2.3.8	Reposiciones	2.2.1	FS
2.3.9	Hormigonado de cruce	2.3.5, 2.4.5, 2.5.5	FS
2.4	SANEAMIENTO		
2.4.1	Demolición	2.4.7	FS
2.4.2	Preparación de zanjas	2.1.3, 2.7.1	FS
2.4.3	Rellenos	2.4.1, 2.4.9, 2.6.2	FS
2.4.4	Transporte de tierras	2.4.2	FS
2.4.5	Tubería	2.4.2	FS
2.4.6	Elementos	2.4.2	FS
2.4.7	Acometidas	2.4.5, 2.4.6	FS
2.4.8	Reposiciones	2.2.1, 2.2.2	FS
2.4.9	Hormigonado de cruce	2.3.5, 2.4.5, 2.5.5	FS
2.5	ALUMBRADO		
2.5.1	Desmontaje	2.1.1	FS
2.5.2	Preparación de zanjas	2.1.3, 2.7.1	FS
2.5.3	Rellenos	2.5.1, 2.5.10, 2.5.11, 2.6.2	FS
2.5.4	Transporte de tierras	2.5.2	FS
2.5.5	Canalizaciones	2.5.2	FS
2.5.6	Elementos	2.5.2	FS
2.5.7	Acometidas	2.5.5, 2.5.6	FS
2.5.8	Reposiciones	2.2.1, 2.2.2	FS
2.5.10	Control	2.5.7	FF
2.5.11	Hormigonado de cruce	2.3.5, 2.4.5, 2.5.5	FS

Tabla 185. Dependencias de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 5 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	PREDECESORA	RELACIÓN (PDM)
2.6	REDES EXISTENTES		
2.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	2.2.1, 2.2.2	FS
2.6.2	Hormigonado de protección	2.3.5, 2.4.5, 2.5.5	FS
2.6.3	Obras complementarias	2.1.1 Todas las actividades	SS FF
2.7	SEÑALIZACIÓN		
2.7.1	Demolición zapata señales	2.1.1	FS
2.7.2	Señalización horizontal	2.3.8, 2.4.8, 2.5.8, 2.6.1	FS
2.7.3	Señalización vertical	2.2.2	FS
2.7.4	Cimentación señales lumínicas	2.5.2	FS
2.9	MOBILIARIO		
2.9.2	Papeleras	2.2.2	FS
10	GESTIÓN DE RESIDUOS	1.1.1 Todas las actividades	SS FF
11	SEGURIDAD Y SALUD	1.1.1 Todas las actividades	SS FF
12	CONTROL DE CALIDAD	1.1.1 Todas las actividades	SS FF

D.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras

La obra de estudio nº3 fue adjudicada a la UTE conformada por las empresas "Proyecon Galicia, S.A. (PROYECON)" y "Movimientos de áridos y construcciones de Arosa, S.L. (MARCONSA)", las cuales realizaron el reparto de las actividades del proyecto en función de las especialidades individuales de ambas empresas, correspondiéndole a MARCONSA todos aquellos trabajos relativos a demoliciones y movimiento de tierras, y a PROYECON el resto de las tareas.

Aunque el número de trabajadores estimados dentro del proyecto original determinaba que durante el curso de ejecución de los trabajos el personal de construcción podría oscilar entre un máximo de 15 personas y un mínimo de 5 simultáneamente, es preciso

destacar que, puesto que el caso nº3 se analiza desde la perspectiva de la administración, no es objeto de ésta la realización de la asignación y reparto nivelado de los recursos, ya que esta planificación corresponde a la programación interna de la UTE contratada, la cual se encargará de cumplir con los objetivos de plazo marcados mediante el empleo de los recursos necesarios según su grado de rendimiento.

D.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades

D.3.3.1. Estimación de la duración sin protección de las actividades eliminando los márgenes de seguridad

Para que el director de proyecto contratado por parte de la administración (el cual es completamente ajeno a las empresas que conforman la UTE) pueda aplicar las técnicas de la cadena crítica al seguimiento y control del caso práctico nº3, las duraciones estimadas por los adjudicatarios han sido desprovistos de posibles holguras individuales siguiendo lo establecido en el punto "*4.3.3.1.2. Planificación de la duración sin protección de las actividades mediante la eliminación de los márgenes de seguridad*".

Puesto que la eliminación de los colchones de seguridad de cada una de las tareas sólo tienen interés desde el punto de vista de la dirección de la obra para controlar el trabajo de la UTE contratada, y ya que se desconocen los tiempos de ejecución real o los rendimientos de los recursos al tratarse de un seguimiento externo a las empresas encargadas de la ejecución del proyecto, el director de la obra consideró oportuno, según su juicio personal y atendiendo a la reducción del plazo previamente realizada por la UTE (identificada con anterioridad en el punto *D.2.2. Duración Estimada de la Obra en Proyecto*), disminuir en un 25% los tiempos presentados por la parte adjudicataria. Estas duraciones (ver de la Tabla 186 a la Tabla 189) han sido identificadas como los tiempos sin protección de cada una de las actividades que conforman la EDT del caso nº3.

Tabla 186. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 1 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dcP_i	% DE PROTECCIÓN EXISTENTE	dsP_i*
1	FASE 1			
1.1.	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA			
1.1.1	Demoliciones	10	25%	8
1.1.2	Levantados	5	25%	4
1.1.3	Excavaciones	3	25%	2
1.1.4	Rellenos	7	25%	5
1.1.5	Transporte de tierras	2	25%	2
1.2	FIRMES Y PAVIMENTOS			
1.2.1	Firmes	7	25%	5
1.2.2	Pavimentos	12	25%	9
1.3	ABASTECIMIENTO			
1.3.1	Demolición	4	25%	3
1.3.2	Preparación de zanjas	2	25%	2
1.3.3	Rellenos	1	25%	1
1.3.4	Transporte de tierras	1	25%	1
1.3.5	Tubería	4	25%	3
1.3.6	Elementos	6	25%	5
1.3.7	Acometidas	5	25%	4
1.3.8	Reposiciones	1	25%	1
1.3.9	Hormigonado de cruce	1	25%	1
1.4	SANEAMIENTO			
1.4.1	Demolición	5	25%	4
1.4.2	Preparación de zanjas	8	25%	6
1.4.3	Rellenos	7	25%	5
1.4.4	Transporte de tierras	3	25%	2
1.4.5	Tubería	10	25%	8
1.4.6	Elementos	3	25%	2
1.4.7	Acometidas	7	25%	5
1.4.8	Reposiciones	3	25%	2
1.4.9	Hormigonado de cruce	1	25%	1

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

Tabla 187. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 2 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dcP_i (días)	% DE PROTECCIÓN EXISTENTE	dsP_i* (días)
1.5	ALUMBRADO			
1.5.1	Desmontaje	2	25%	2
1.5.2	Preparación de zanjas	2	25%	2
1.5.3	Rellenos	1	25%	1
1.5.4	Transporte de tierras	1	25%	1
1.5.5	Canalizaciones	3	25%	2
1.5.6	Elementos	6	25%	5
1.5.7	Acometidas	2	25%	2
1.5.8	Reposiciones	1	25%	1
1.5.9	Proyecto y legalización	30	25%	23
1.5.10	Control	2	25%	2
1.5.11	Hormigonado de cruce	1	25%	1
1.6	REDES EXISTENTES			
1.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	4	25%	3
1.6.2	Hormigonado de protección	2	25%	2
1.6.3	Obras complementarias**	75	25%	Fase 1
1.7	SEÑALIZACIÓN			
1.7.1	Demolición zapata señales	1	25%	1
1.7.2	Señalización horizontal	2	25%	2
1.7.3	Señalización vertical	2	25%	2
1.7.4	Cimentación señales lumínicas	2	25%	2
1.8	JARDINERÍA			
1.8.1	Tierra vegetal	2	25%	2
1.8.2	Césped semillado	2	25%	2
1.9	MOBILIARIO			
1.9.1	Barandillas	2	25%	2
1.9.2	Papeleras	2	25%	2

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

** Actividad dependiente. Su duración está subordinada a la ejecución parcial o total del proyecto

Tabla 188. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 3 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dcP_i (días)	% DE PROTECCIÓN EXISTENTE	dsP_i* (días)
2	FASE 2			
2.1	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA			
2.1.1	Demoliciones	7	25%	5
2.1.2	Levantados	4	25%	3
2.1.3	Excavaciones	2	25%	2
2.1.4	Rellenos	5	25%	4
2.1.5	Transporte de tierras	2	25%	2
2.2	FIRMES Y PAVIMENTOS			
2.2.1	Firmes	5	25%	4
2.2.2	Pavimentos	8	25%	6
2.3	ABASTECIMIENTO			
2.3.1	Demolición	3	25%	2
2.3.2	Preparación de zanjas	1	25%	1
2.3.3	Rellenos	1	25%	1
2.3.4	Transporte de tierras	1	25%	1
2.3.5	Tubería	3	25%	2
2.3.6	Elementos	5	25%	4
2.3.7	Acometidas	5	25%	4
2.3.8	Reposiciones	1	25%	1
2.3.9	Hormigonado de cruce	1	25%	1
2.4	SANEAMIENTO			
2.4.1	Demolición	3	25%	2
2.4.2	Preparación de zanjas	4	25%	3
2.4.3	Rellenos	3	25%	2
2.4.4	Transporte de tierras	2	25%	2
2.4.5	Tubería	3	25%	2
2.4.6	Elementos	4	25%	3
2.4.7	Acometidas	10	25%	8
2.4.8	Reposiciones	3	25%	2
2.4.9	Hormigonado de cruce	1	25%	1

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

Tabla 189. Duración sin protección de las actividades de la EDT de la obra nº3. Parte 4 de 4

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dcP_i (días)	% DE PROTECCIÓN EXISTENTE	dsP_i* (días)
2.5	ALUMBRADO			
2.5.1	Desmontaje	2	25%	2
2.5.2	Preparación de zanjas	2	25%	2
2.5.3	Rellenos	1	25%	1
2.5.4	Transporte de tierras	1	25%	1
2.5.5	Canalizaciones	2	25%	2
2.5.6	Elementos	2	25%	2
2.5.7	Acometidas	1	25%	1
2.5.8	Reposiciones	1	25%	1
2.5.10	Control	2	25%	2
2.5.11	Hormigonado de cruce	1	25%	1
2.6	REDES EXISTENTES			
2.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	4	25%	3
2.6.2	Hormigonado de protección	2	25%	2
2.6.3	Obras complementarias**	53	25%	Fase 2
2.7	SEÑALIZACIÓN			
2.7.1	Demolición zapata señales	1	25%	1
2.7.2	Señalización horizontal	3	25%	2
2.7.3	Señalización vertical	2	25%	2
2.7.4	Cimentación señales lumínicas	2	25%	2
2.9	MOBILIARIO			
2.9.2	Papeleras	2	25%	2
10	GESTIÓN DE RESIDUOS**	117	25%	88
11	SEGURIDAD Y SALUD**	117	25%	88
12	CONTROL DE CALIDAD**	117	25%	88

* Por facilidad de representación gráfica de la unidad de tiempo, dsP se redondea de forma matemática.

** Actividad dependiente. Su duración está subordinada a la ejecución parcial o total del proyecto

D.3.3.2. Cronograma previo de las obras

A partir de las duraciones sin protección de cada una de las actividades del proyecto, determinadas en el punto "*D.3.3.1. Estimación de la duración sin protección de las actividades eliminando los márgenes de seguridad*", y las dependencias existentes entre las diferentes tareas, analizadas en el apartado "*D.3.1.2. Relación de dependencia entre las actividades de la obra*", se ha desarrollado el cronograma previo del caso práctico nº3, el cual se encuentra recogido de la Ficha 109 a la Ficha 111 del *Apéndice 1* de este Anejo.

D.3.4. Fase 4: Sincronización de las Tareas

Con objeto de dar cumplimiento al modelo de planificación propuesto, basado en las técnicas de la cadena crítica, de la Ficha 112 a la Ficha 116 del *Apéndice 1* de este Anejo se plantea el cronograma previo de las obras para un inicio lo más tarde posible de cada una de las actividades.

La realización de las fases 1, 2, 3 y 4 del procedimiento de planificación definido en el apartado "*4.3. Modelo propuesto para la planificación de proyectos*", permite la identificación de las actividades pertenecientes a la cadena crítica (ver Tabla 190 y Tabla 191) y a las subcadenas existentes (ver Tabla 192 y Tabla 193), así como las características propias de las mismas.

Tabla 190. Características de la cadena crítica de la obra nº3. Parte 1 de 2

CADENA CRÍTICA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)
CC	1.1.1	8
	1.1.3	2
	1.4.2	6
	1.4.5	8
	1.4.7	5
	1.4.1	4
	1.4.3	5

Tabla 191. Características de la cadena crítica de la obra nº3. Parte 2 de 2

CADENA CRÍTICA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)
CC	1.1.4	5
	1.2.1	5
	2.1.1	5
	2.1.3	2
	2.4.2	3
	2.4.6	3
	2.4.7	8
	2.4.1	2
	2.4.3	2
	2.1.4	4
	2.2.2	6
	2.6.1	3
	2.7.2	2

Tabla 192. Características de las subcadenas de la obra nº3. Parte 1 de 2

SUBCADENA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)	HOLGURA GENERADA CON dsP_i	ACTIVIDAD CRÍTICA A LA QUE ALIMENTA
SC_1	1.1.2	4	2	1.1.3
SC_2	1.7.1	1	1	1.4.2
SC_3	1.4.6	2	6	1.4.7
SC_4	1.5.9	23	4	1.4.3
	1.5.2	2		
	1.5.5	2		
	1.6.2	2		
SC_5	1.4.9	1	5	1.4.3
SC_6	1.5.6	5	5	1.1.4
	1.5.7	2		
	1.5.3	1		

Tabla 193. Características de las subcadenas de la obra nº3. Parte 2 de 2

SUBCADENA	ACTIVIDADES	DURACIÓN SIN PROTECCIÓN (dsP_i)	HOLGURA GENERADA CON dsP_i	ACTIVIDAD CRÍTICA A LA QUE ALIMENTA
SC_7	1.3.3	1	8	1.1.4
SC_8	1.7.4	2	11	1.1.4
SC_9	1.5.4	1	12	1.1.4
SC_{10}	1.4.4	2	20	1.1.4
SC_{11}	1.3.2	2	25	1.1.4
	1.3.4	1		
SC_{12}	1.1.5	2	26	1.1.4
SC_{13}	1.2.2	9	1	2.1.3
SC_{14}	2.1.2	3	1	2.1.3
SC_{15}	2.7.1	1	1	2.4.2
SC_{16}	2.4.5	2	1	2.4.7
SC_{17}	2.6.2	2	9	2.4.3
SC_{18}	2.4.9	1	10	2.4.3
SC_{19}	2.3.2	1	4	2.1.4
	2.3.5	2		
	2.3.6	4		
	2.3.7	4		
	2.3.1	2		
	2.3.3	1		
SC_{20}	2.5.3	1	10	2.1.4
SC_{21}	2.4.4	2	13	2.1.4
SC_{22}	2.5.2	2	14	2.1.4
	2.7.4	2		
SC_{23}	2.5.4	1	15	2.1.4
SC_{24}	2.3.4	1	16	2.1.4
SC_{25}	2.1.5	2	16	2.1.4
SC_{26}	2.2.1	4	2	2.6.1
SC_{27}	2.4.8	2	1	2.7.2
SC_{28}	2.5.8	1	2	2.7.2
SC_{29}	2.3.8	1	4	2.7.2

D.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre

El método de la cadena crítica emplea los denominados buffers para proteger el proyecto de cualquier tipo de incertidumbre que pueda estar asociado al mismo.

Mediante el empleo de las metodologías indicadas en el apartado "*4.3.5.2. Métodos de dimensionamiento de los buffers*" de la presente investigación, se han calculado el tamaño de los amortiguadores de proyecto y de alimentación de la obra de estudio.

Es preciso destacar que, para el caso práctico nº3, no se ha considerado la incursión de buffers de recurso según lo ya explicado e indicado en el apartado "*D.3.2. Fase 2. Asignación de Recursos a las Obras*" de este Anejo.

D.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers

D.3.5.1.1. Método de Cortar y Pegar (CP)

Fórmula de cálculo (Ecuación 17)

$$Buffer = 0{,}5 \sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)$$

donde:

- n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.
- i : actividad.
- dcP_i : duración de la actividad i con protección (datos de la Tabla 177 a la Tabla 180).
- dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 186 a la Tabla 189).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 194)

Tabla 194. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de CP

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	88	PB_{CP}	14,50	117	15

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 195 y Tabla 196)

Tabla 195. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP. Parte 1 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	4	$FB_{1,CP}$	0,50	2	1
SC_2	1	$FB_{2,CP}$	0,00	1	0
SC_3	2	FB_{3_CP}	0,50	6	1
SC_4	29	FB_{4_CP}	4,00	4	4
SC5	1	FB_{5_CP}	0,00	5	0
SC_6	8	FB_{6_CP}	0,50	5	1
SC_7	1	FB_{7_CP}	0,00	8	0
SC_8	2	FB_{8_CP}	0,00	11	0
SC_9	1	FB_{9_CP}	0,00	12	0
SC_{10}	2	FB_{10_CP}	0,50	20	1
SC_{11}	3	FB_{11_CP}	0,00	25	0
SC_{12}	2	FB_{12_CP}	0,00	26	0
SC_{13}	9	FB_{13_CP}	1,50	1	1*
SC_{14}	3	FB_{14_CP}	0,50	1	1
SC_{15}	1	FB_{15_CP}	0,00	1	0
SC_{16}	2	FB_{16_CP}	0,50	1	1
SC_{17}	2	FB_{17_CP}	0,00	9	0

* El valor del buffer de alimentación no puede ser superior a la holgura existente entre la subcadena y la tarea a la que amortigua.

Tabla 196. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de CP. Parte 2 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_{18}	1	FB_{18_CP}	0,00	10	0
SC_{19}	14	FB_{19_CP}	2,00	4	2
SC_{20}	1	FB_{20_CP}	0,00	10	0
SC_{21}	2	FB_{21_CP}	0,00	13	0
SC_{22}	4	FB_{22_CP}	0,00	14	0
SC_{23}	1	FB_{23_CP}	0,00	15	0
SC_{24}	1	FB_{24_CP}	0,00	16	0
SC_{25}	2	FB_{25_CP}	0,00	16	0
SC_{26}	4	FB_{26_CP}	0,50	2	1
SC_{27}	2	FB_{27_CP}	0,50	1	1
SC_{28}	1	FB_{28_CP}	0,00	2	0
SC_{29}	1	FB_{29_CP}	0,00	4	0

D.3.5.1.2. Método del Tercio Crítico (TC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 18)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/3$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección valores de la Tabla 186 a la Tabla 189).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 197)

Tabla 197. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de TC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica dsP_i (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	88	PB_{TC}	29,33	117	29*

* La suma de la duración de la cadena crítica y el buffer de proyecto no puede ser superior a la duración máxima del proyecto.

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 198 y Tabla 199)

Tabla 198. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC. Parte 1 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena dsP_i (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con dsP_i (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	4	FB_{1_TC}	1,33	2	2
SC_2	1	FB_{2_TC}	0,33	1	1
SC_3	2	FB_{3_TC}	0,67	6	1
SC_4	29	FB_{4_TC}	9,67	4	4*
SC_5	1	FB_{5_TC}	0,33	5	1
SC_6	8	FB_{6_TC}	2,67	5	3
SC_7	1	FB_{7_TC}	0,33	8	1
SC_8	2	FB_{8_TC}	0,67	11	1
SC_9	1	FB_{9_TC}	0,33	12	1
SC_{10}	2	FB_{10_TC}	0,67	20	1
SC_{11}	3	FB_{11_TC}	1,00	25	1
SC_{12}	2	FB_{12_TC}	0,67	26	1
SC_{13}	9	FB_{13_TC}	3,00	1	1*
SC_{14}	3	FB_{14_TC}	1,00	1	1
SC_{15}	1	FB_{15_TC}	0,33	1	1
SC_{16}	2	FB_{16_TC}	0,67	1	1

* El valor del buffer de alimentación no puede ser superior a la holgura existente entre la subcadena y la tarea a la que amortigua.

Tabla 199. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de TC. Parte 2 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena dsP_i (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con dsP_i (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_{17}	2	FB_{17_TC}	0,67	9	1
SC_{18}	1	FB_{18_TC}	0,33	10	1
SC_{19}	14	FB_{19_TC}	4,67	4	4*
SC_{20}	1	FB_{20_TC}	0,33	10	1
SC_{21}	2	FB_{21_TC}	0,67	13	1
SC_{22}	4	FB_{22_TC}	1,33	14	2
SC_{23}	1	FB_{23_TC}	0,33	15	1
SC_{24}	1	FB_{24_TC}	0,33	16	1
SC_{25}	2	FB_{25_TC}	0,67	16	1
SC_{26}	4	FB_{26_TC}	1,33	2	2
SC_{27}	2	FB_{27_TC}	0,67	1	1
SC_{28}	1	FB_{28_TC}	0,33	2	1
SC_{29}	1	FB_{29_TC}	0,33	4	1

* El valor del buffer de alimentación no puede ser superior a la holgura existente entre la subcadena y la tarea a la que amortigua.

D.3.5.1.3. Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

Fórmula de cálculo (Ecuación 19)

$$Buffer = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (dcP_i - dsP_i)^2}$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dcP_i : duración de la actividad i con protección o duración de bajo riesgo de la actividad i (datos de la Tabla 177 a la Tabla 180).

dsP_i : duración de la actividad i sin protección o duración de alto riesgo de la actividad i (valores de la Tabla 186 a la Tabla 189).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 200)

Tabla 200. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de RSEM

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	88	PB_{RSEM}	7,00	117	7

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 201 y Tabla 202)

Tabla 201. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM. Parte 1 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	4	FB_{1_RSEM}	1,00	2	1
SC_2	1	FB_{2_RSEM}	0,00	1	0
SC_3	2	FB_{3_RSEM}	1,00	6	1
SC_4	29	FB_{4_RSEM}	7,07	4	4*
SC_5	1	FB_{5_RSEM}	0,00	5	0
SC_6	8	FB_{6_RSEM}	1,00	5	1
SC_7	1	FB_{7_RSEM}	0,00	8	0
SC_8	2	FB_{8_RSEM}	0,00	11	0
SC_9	1	FB_{9_RSEM}	0,00	12	0
SC_{10}	2	FB_{10_RSEM}	1,00	20	1
SC_{11}	3	FB_{11_RSEM}	0,00	25	0
SC_{12}	2	FB_{12_RSEM}	0,00	26	0
SC_{13}	9	FB_{13_RSEM}	3,00	1	1*
SC_{14}	3	FB_{14_RSEM}	1,00	1	1
SC_{15}	1	FB_{15_RSEM}	0,00	1	0
SC_{16}	2	FB_{16_RSEM}	1,00	1	1
SC_{17}	2	FB_{17_RSEM}	0,00	9	0
SC_{18}	1	FB_{18_RSEM}	0,00	10	0

* El valor del buffer de alimentación no puede ser superior a la holgura existente entre la subcadena y la tarea a la que amortigua.

Tabla 202. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de RSEM. Parte 2 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_{17}	2	FB_{17_RSEM}	0,00	9	0
SC_{18}	1	FB_{18_RSEM}	0,00	10	0
SC_{19}	14	FB_{19_RSEM}	2,00	4	2
SC_{20}	1	FB_{20_RSEM}	0,00	10	0
SC_{21}	2	FB_{21_RSEM}	0,00	13	0
SC_{22}	4	FB_{22_RSEM}	0,00	14	0
SC_{23}	1	FB_{23_RSEM}	0,00	15	0
SC_{24}	1	FB_{24_RSEM}	0,00	16	0
SC_{25}	2	FB_{25_RSEM}	0,00	16	0
SC_{26}	4	FB_{26_RSEM}	1,00	2	1
SC_{27}	2	FB_{27_RSEM}	1,00	1	1
SC_{28}	1	FB_{28_RSEM}	0,00	2	0
SC_{29}	1	FB_{29_RSEM}	0,00	4	0

D.3.5.1.4. Método de la Fracción Crítica (FC)

Fórmula de cálculo (Ecuación 26)

$$Buffer = \left(\sum_{i=1}^{n} dsP_i\right)/4$$

donde:

n : número de actividades pertenecientes a la cadena crítica o subcadenas.

i : actividad.

dsP_i : duración de la actividad i sin protección (valores de la Tabla 186 a la Tabla 189).

CÁLCULOS:

- Cálculo del buffer de proyecto (ver Tabla 203)

Tabla 203. Valor del buffer de proyecto calculado con el método de FC

Cadena crítica	Duración de la cadena crítica $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Duración máx. del proyecto (días)	Duración escogida del buffer (días)
CC	88	PB_{FC}	22,00	117	22

- Cálculo del buffer de alimentación (ver Tabla 204 y Tabla 205)

Tabla 204. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC. Parte 1 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con $\boldsymbol{dsP_i}$ (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_1	4	FB_{1_FC}	1,00	2	1
SC_2	1	FB_{2_FC}	0,25	1	1
SC_3	2	FB_{3_FC}	0,50	6	1
SC_4	29	FB_{4_FC}	7,25	4	4*
SC_5	1	FB_{5_FC}	0,25	5	1
SC_6	8	FB_{6_FC}	2,00	5	2
SC_7	1	FB_{7_FC}	0,25	8	1
SC_8	2	FB_{8_FC}	0,50	11	1
SC_9	1	FB_{9_FC}	0,25	12	1
SC_{10}	2	FB_{10_FC}	0,50	20	1
SC_{11}	3	FB_{11_FC}	0,75	25	1
SC_{12}	2	FB_{12_FC}	0,50	26	1
SC_{13}	9	FB_{13_FC}	2,25	1	1*
SC_{14}	3	FB_{14_FC}	0,75	1	1
SC_{15}	1	FB_{15_FC}	0,25	1	1
SC_{16}	2	FB_{16_FC}	0,50	1	1
SC_{17}	2	FB_{17_FC}	0,50	9	1
SC_{18}	1	FB_{18_FC}	0,25	10	1

* El valor del buffer de alimentación no puede ser superior a la holgura existente entre la subcadena y la tarea a la que amortigua.

Tabla 205. Valor del buffer de alimentación calculado con el método de FC. Parte 2 de 2

Subcadena	Duración de la subcadena dsP_i (días)	Nombre Buffer	Cálculo del buffer (días)	Holgura generada con dsP_i (días)	Duración escogida del buffer (días)
SC_{19}	14	FB_{19_FC}	3,50	4	4
SC_{20}	1	FB_{20_FC}	0,25	10	1
SC_{21}	2	FB_{21_FC}	0,50	13	1
SC_{22}	4	FB_{22_FC}	1,00	14	1
SC_{23}	1	FB_{23_FC}	0,25	15	1
SC_{24}	1	FB_{24_FC}	0,25	16	1
SC_{25}	2	FB_{25_FC}	0,50	16	1
SC_{26}	4	FB_{26_FC}	1,00	2	1
SC_{27}	2	FB_{27_FC}	0,50	1	1
SC_{28}	1	FB_{28_FC}	0,25	2	1
SC_{29}	1	FB_{29_FC}	0,25	4	1

D.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers

Las duraciones de los amortiguadores de proyecto y de alimentación, calculadas mediante las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers ("*D.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*"), se encuentran recogidas, de forma resumida en la Tabla 206 y la Tabla 207, respectivamente.

Tabla 206. Duración de PB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Cadena crítica	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
CC	PB	15	29	7	22

Tabla 207. Duración de FB con las diferentes metodologías de dimensionamiento de buffers

Subcadena	Buffer	Duración de los buffers con los diferentes métodos de dimensionamiento (días)			
		CP	TC	RSEM	FC
SC_1	FB_1	1	2	1	1
SC_2	FB_2	0	1	0	1
SC_3	FB_3	1	1	1	1
SC_4	FB_4	4	4	4	4
SC_5	FB_5	0	1	0	1
SC_6	FB_6	1	3	1	2
SC_7	FB_7	0	1	0	1
SC_8	FB_8	0	1	0	1
SC_9	FB_9	0	1	0	1
SC_{10}	FB_{10}	1	1	1	1
SC_{11}	FB_{11}	0	1	0	1
SC_{12}	FB_{12}	0	1	0	1
SC_{13}	FB_{13}	1	1	1	1
SC_{14}	FB_{14}	1	1	1	1
SC_{15}	FB_{15}	0	1	0	1
SC_{16}	FB_{16}	1	1	1	1
SC_{17}	FB_{17}	0	1	0	1
SC_{18}	FB_{18}	0	1	0	1
SC_{19}	FB_{19}	2	4	2	4
SC_{20}	FB_{20}	0	1	0	1
SC_{21}	FB_{21}	0	1	0	1
SC_{22}	FB_{22}	0	2	0	1
SC_{23}	FB_{23}	0	1	0	1
SC_{24}	FB_{24}	0	1	0	1
SC_{25}	FB_{25}	0	1	0	1
SC_{26}	FB_{26}	1	2	1	1
SC_{27}	FB_{27}	1	1	1	1
SC_{28}	FB_{28}	0	1	0	1
SC_{29}	FB_{29}	0	1	0	1

D.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica

Calculadas las duraciones reales de las actividades de la EDT ("*D.3.3. Fase 3: Estimación de la Duración Real de las Actividades*") y los diferentes valores del tamaño de los amortiguadores, obtenidos para cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers empleados ("*D.3.5.2. Dimensionamiento de los buffers*"), se han diseñado los cuatro cronogramas de la obra recogidos de la Ficha 117 a la Ficha 136 del *Apéndice 1* de este Anejo. De estas representaciones gráficas se deducen los datos indicados en la Tabla 208, de forma que:

Tabla 208. Datos extraídos de las líneas base de tiempos y costes de la obra nº3

Cronograma	Duración prevista (días)	Fecha de inicio prevista	Fecha de conclusión prevista	Reducción de tiempo	
				Sobre el cronograma original	Sobre el cronograma de la UTE
Original	127	16/03/2016	16/09/2016	-	-
UTE	117	01/04/2016	16/09/2016	7,87%	-
CP	103	01/04/2016	29/08/2016	18,90 %	11,97%
TC	117	01/04/2016	16/09/2016	7,87 %	0%
RSEM	95	01/04/2016	17/08/2016	25,20 %	18,80%
FC	110	01/04/2016	07/09/2016	13,39 %	5,98%

1) El cronograma resultante tras la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers (de la Ficha 117 a la Ficha 121) prevé que el 29 de agosto de 2016 sea la fecha de conclusión de los trabajos planificados, reduciendo en un 11,97% la duración total proyectada de los mismos por la UTE contratada.

2) El cronograma obtenido tras la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers (de la Ficha 122 a la Ficha 126) señala el 16 de septiembre de noviembre de 2016 como la fecha de finalización del caso práctico nº3, siendo por tanto esta programación coincidente con la duración límite por contrato para la entrega de la obra.

3) El cronograma resultante tras la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers (de la Ficha 127 a la Ficha 131) estima el 17 de agosto de 2016 como la fecha de terminación de la obra de Concejo, disminuyendo la duración estimada en proyecto para la misma en un 25,20% y en un 18,80% con respecto a la planificación presentada por el adjudicatario.

4) El cronograma determinado tras la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers (de la Ficha 132 a la Ficha 136) considera el 7 de septiembre de 2016 la fecha de entrega de la obra de análisis nº2, lo que supone una reducción del 13,39% con respecto al cronograma original del proyecto constructivo y en un 5,98% sobre la duración programada por la parte contratista.

D.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto

Partiendo de los datos económicos disponibles del proyecto de estudio, detallados en el *Apéndice 2* del presente Anejo, de la Tabla 209 a la Tabla 213 se desglosan los importes del Presupuesto de Ejecución Material de Adjudicación de todas las actividades en las que el proyecto se ha estructurado dentro de las fases definidas.

Tabla 209. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 1 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO **(€)**
1	FASE 1		
1.1.	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANADA		
1.1.1	Demoliciones	8	26.353,83
1.1.2	Levantados	4	2.898,60
1.1.3	Excavaciones	2	1.330,69
1.1.4	Rellenos	5	1.681,41
1.1.5	Transporte de tierras	2	2.854,86
1.2	FIRMES Y PAVIMENTOS		
1.2.1	Firmes	5	24.421,84
1.2.2	Pavimentos	9	29.624,78

Tabla 210. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 2 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO (€)
1.3	ABASTECIMIENTO		
1.3.1	Demolición	3	3.752,45
1.3.2	Preparación de zanjas	2	1.059,31
1.3.3	Rellenos	1	230,62
1.3.4	Transporte de tierras	1	206,92
1.3.5	Tubería	3	8.642,14
1.3.6	Elementos	5	5.512,74
1.3.7	Acometidas	4	2.646,21
1.3.8	Reposiciones	1	123,49
1.3.9	Hormigonado de cruce	1	102,39
1.4	SANEAMIENTO		
1.4.1	Demolición	4	5.166,86
1.4.2	Preparación de zanjas	6	14.227,44
1.4.3	Rellenos	5	2.088,30
1.4.4	Transporte de tierras	2	2.230,82
1.4.5	Tubería	8	23.673,41
1.4.6	Elementos	2	2.086,48
1.4.7	Acometidas	5	3.592,63
1.4.8	Reposiciones	2	775,14
1.4.9	Hormigonado de cruce	1	102,39
1.5	ALUMBRADO		
1.5.1	Desmontaje	2	502,80
1.5.2	Preparación de zanjas	2	224,69
1.5.3	Rellenos	1	26,49
1.5.4	Transporte de tierras	1	21,04
1.5.5	Canalizaciones	2	1.521,57
1.5.6	Elementos	5	19.830,62
1.5.7	Acometidas	2	409,34
1.5.8	Reposiciones	1	184,64
1.5.9	Proyecto y legalización	23	1.051,91
1.5.10	Control	2	280,51
1.5.11	Hormigonado de cruce	1	51,19

Tabla 211. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 3 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO (€)
1.6	REDES EXISTENTES		
1.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	3	2.161,08
1.6.2	Hormigonado de protección	2	2.022,12
1.6.3	Obras complementarias	88	2.103,82
1.7	SEÑALIZACIÓN		
1.7.1	Demolición zapata señales	1	116,49
1.7.2	Señalización horizontal	2	617,72
1.7.3	Señalización vertical	2	947,50
1.7.4	Cimentación señales lumínicas	2	242,67
1.8	JARDINERÍA		
1.8.1	Tierra vegetal	2	100,30
1.8.2	Césped semillado	2	199,13
1.9	MOBILIARIO		
1.9.1	Barandillas	2	5.624,58
1.9.2	Papeleras	2	1.206,32
2	FASE 2		
2.1	DEM. PAVIMENTOS Y FORMA. EXPLANA		
2.1.1	Demoliciones	5	17.084,00
2.1.2	Levantados	3	2.170,57
2.1.3	Excavaciones	2	887,12
2.1.4	Rellenos	4	1.120,94
2.1.5	Transporte de tierras	2	1.903,24
2.2	FIRMES Y PAVIMENTOS		
2.2.1	Firmes	4	16.281,23
2.2.2	Pavimentos	6	18.482,61
2.3	ABASTECIMIENTO		
2.3.1	Demolición	2	2.763,02
2.3.2	Preparación de zanjas	1	706,21
2.3.3	Rellenos	1	153,74
2.3.4	Transporte de tierras	1	137,95
2.3.5	Tubería	2	5.761,42

Tabla 212. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 4 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO (€)
2.3.6	Elementos	4	4.366,35
2.3.7	Acometidas	4	2.840,23
2.3.8	Reposiciones	1	61,75
2.3.9	Hormigonado de cruce	1	62,97
2.4	SANEAMIENTO		
2.4.1	Demolición	2	3.378,73
2.4.2	Preparación de zanjas	3	6.612,68
2.4.3	Rellenos	2	1.044,05
2.4.4	Transporte de tierras	2	1.487,21
2.4.5	Tubería	2	5.355,93
2.4.6	Elementos	3	1.316,63
2.4.7	Acometidas	8	5.064,11
2.4.8	Reposiciones	2	658,53
2.4.9	Hormigonado de cruce	1	62,97
2.5	ALUMBRADO		
2.5.1	Desmontaje	2	377,10
2.5.2	Preparación de zanjas	2	149,79
2.5.3	Rellenos	1	17,66
2.5.4	Transporte de tierras	1	14,02
2.5.5	Canalizaciones	2	1.014,38
2.5.6	Elementos	2	5.862,49
2.5.7	Acometidas	1	268,18
2.5.8	Reposiciones	1	61,55
2.5.10	Control	2	280,51
2.5.11	Hormigonado de cruce	1	40,44
2.6	REDES EXISTENTES		
2.6.1	Recrecido de pozos y arquetas	3	1.481,88
2.6.2	Hormigonado de protección	2	1.351,49
2.6.3	Obras complementarias	40	1.402,54

Tabla 213. Características temporales y económicas de la obra nº3. Parte 5 de 5

Nº ACT.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	dsP_i (días)	COSTE PREVISTO **(€)**
2.7	SEÑALIZACIÓN		
2.7.1	Demolición zapata señales	1	67,44
2.7.2	Señalización horizontal	2	1.066,85
2.7.3	Señalización vertical	2	781,56
2.7.4	Cimentación señales lumínicas	2	242,67
2.9	MOBILIARIO		
2.9.2	Papeleras	2	1.206,32
10	GESTIÓN DE RESIDUOS	88	17.669,18 €
11	SEGURIDAD Y SALUD	88	7.038,96 €
12	CONTROL DE CALIDAD	88	7.012,72 €

El coste total estimado (BAC) asciende a la cantidad de TRES CIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CUATRO EUROS con diecinueve céntimos **(352.004,19€)**.

Para la definición de las líneas base de la obra de estudio (presentadas de la Ficha 137 a la Ficha 142 del *Apéndice 1* de este Anejo con carácter semanal) se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

- Se elaboran una línea base por cada diagrama de Gantt obtenido en función del método de dimensionamiento de buffers empleado ("*D.3.6. Fase 6: Desarrollo del Cronograma de la Cadena Crítica*"), siendo común para los cronogramas realizados a partir de las metodologías de CP y RSEM, ya que el tamaño de todos los FB calculados y distribuidos en ambas planificaciones son coincidentes (ver Tabla 207).

- Los importes de los costes previstos para cada una de las actividades del proyecto se han distribuido considerando un reparto ponderado de los mismos a lo largo del tiempo programado para la ejecución de las tareas.

- Las cifras presentadas dentro de las líneas bases han sido expresadas en euros (€).

Los costes totales presupuestados del trabajo programado (PV) se han determinado, para la obra de análisis, con carácter semanal y acumulado (ver Tabla 214 y Tabla 215), y han sido calculados a partir de la suma de los importes fijados para cada una de las actividades de la EDT del proyecto.

Tabla 214. PV semanales y acumulados de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 04/07/2016

SEMANA		28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016
$PV_{CP,RSEM}$	SEMANAL	3.724,34 €	20.795,63 €	13.282,05 €	14.006,73 €	16.946,41 €
	A ORIGEN	3.724,34 €	24.519,96 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €
PV_{TC}	SEMANAL	3.724,34 €	21.520,28 €	12.557,40 €	14.006,73 €	16.946,41 €
	A ORIGEN	3.724,34 €	25.244,61 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €
PV_{FC}	SEMANAL	3.724,34 €	20.795,63 €	13.282,05 €	14.006,73 €	16.946,41 €
	A ORIGEN	3.724,34 €	24.519,96 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €

SEMANA		02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016
$PV_{CP,RSEM}$	SEMANAL	23.323,14 €	25.328,47 €	20.788,79 €	12.912,36 €	19.282,73 €
	A ORIGEN	92.078,31 €	117.406,78 €	138.195,57 €	151.107,93 €	170.390,65 €
PV_{TC}	SEMANAL	27.306,40 €	29.939,00 €	14.119,82 €	10.987,53 €	19.282,73 €
	A ORIGEN	96.061,57 €	126.000,57 €	140.120,40 €	151.107,93 €	170.390,65 €
PV_{FC}	SEMANAL	27.306,40 €	25.972,88 €	18.059,45 €	11.014,02 €	19.282,73 €
	A ORIGEN	96.061,57 €	122.034,45 €	140.093,90 €	151.107,93 €	170.390,65 €

SEMANA		06/06/2016	13/06/2016	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016
$PV_{CP,RSEM}$	SEMANAL	40.660,42 €	21.332,47 €	11.407,26 €	18.385,92 €	11.323,90 €
	A ORIGEN	211.051,08 €	232.383,54 €	243.790,81 €	262.176,73 €	273.500,63 €
PV_{TC}	SEMANAL	40.660,42 €	21.332,47 €	16.085,77 €	15.277,32 €	14.959,21 €
	A ORIGEN	211.051,08 €	232.383,54 €	248.469,32 €	263.746,64 €	278.705,84 €
PV_{FC}	SEMANAL	40.660,42 €	21.332,47 €	16.085,77 €	15.277,32 €	14.959,21 €
	A ORIGEN	211.051,08 €	232.383,54 €	248.469,32 €	263.746,64 €	278.705,84 €

Tabla 215. PV semanales y acumulados de la obra nº3. Semana: 02/05/2016 – 01/08/2016

SEMANA		11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	
$PV_{CP,RSEM}$	SEMANAL	19.768,60 €	13.169,06 €	26.210,40 €	19.355,51 €	
	A ORIGEN	293.269,23 €	306.438,28 €	332.648,68 €	352.004,19 €	
PV_{TC}	SEMANAL	14.563,38 €	17.239,36 €	22.140,09 €	19.355,51 €	
	A ORIGEN	293.269,23 €	310.508,59 €	332.648,68 €	352.004,19 €	
PV_{FC}	SEMANAL	14.563,38 €	13.169,06 €	26.210,40 €	19.355,51 €	
	A ORIGEN	293.269,23 €	306.438,29 €	332.648,68 €	352.004,19 €	

De la Figura 159 a la Figura 166 se expresan gráficamente los datos reflejados en la Tabla 214 y en la Tabla 215:

Figura 159. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{CP}). Obra nº3

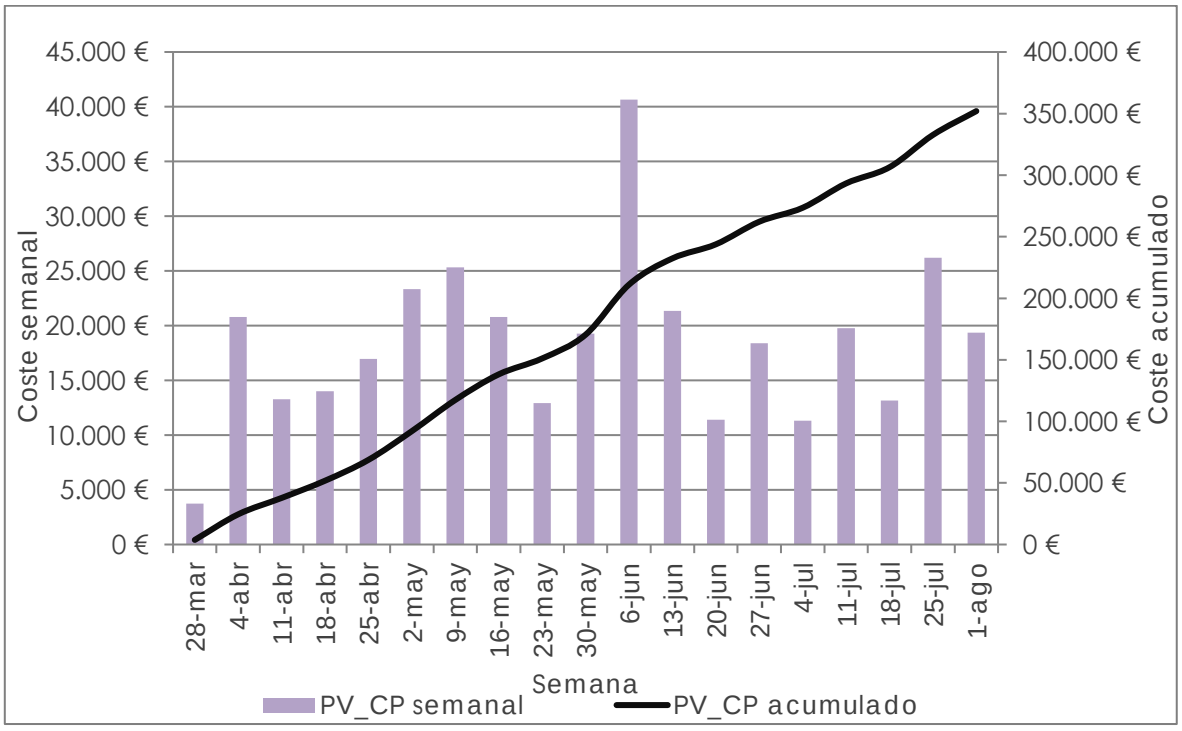


Figura 160. Línea base del proyecto (PV_{CP}) de la obra nº3

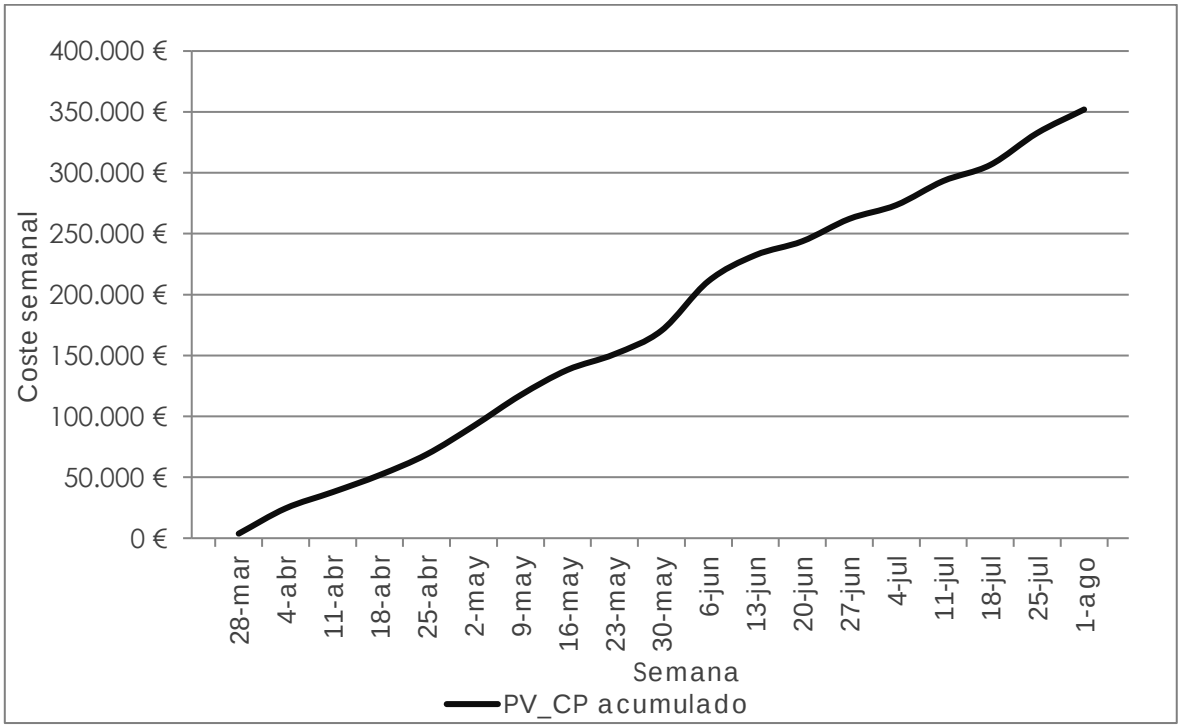


Figura 161. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{TC}). Obra nº3

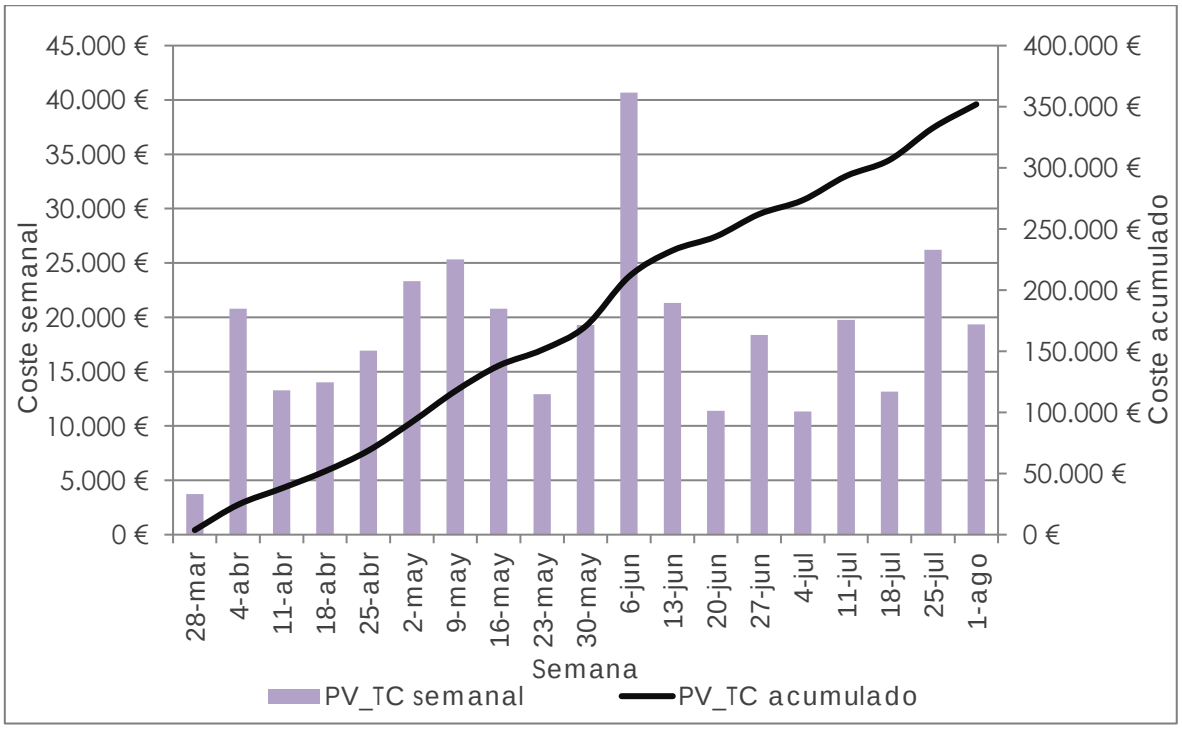


Figura 162. Línea base del proyecto (PV_{TC}) de la obra nº3

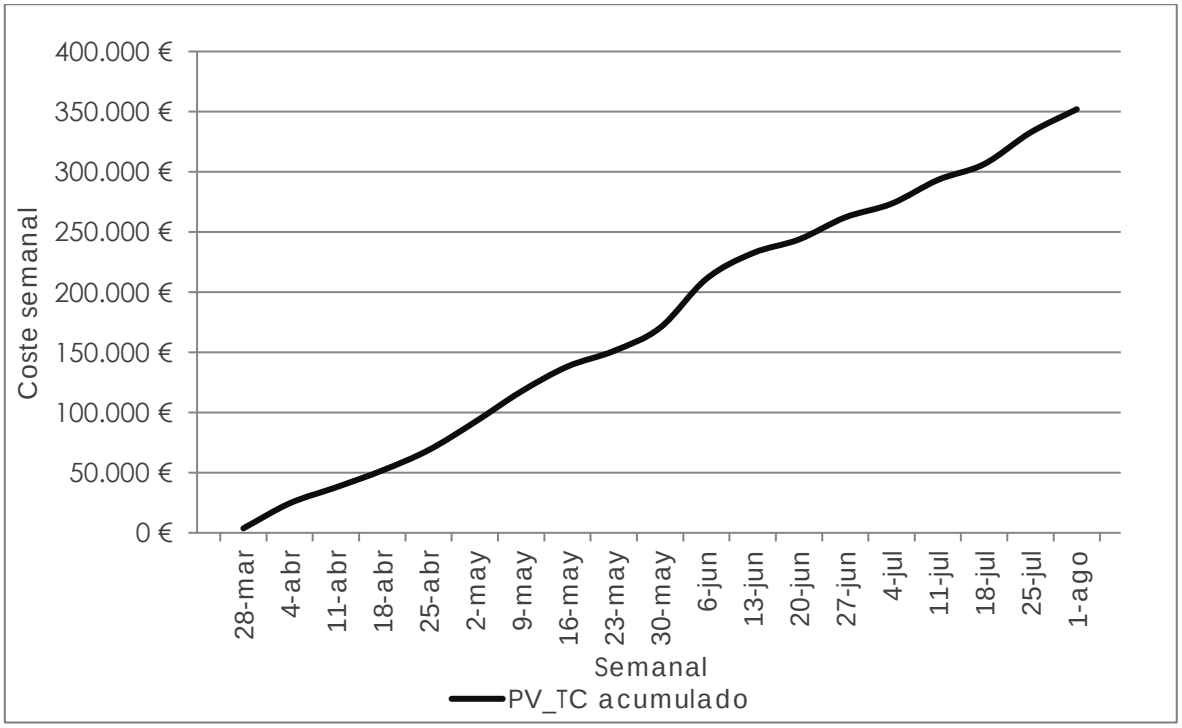


Figura 163. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{RSEM}). Obra nº3

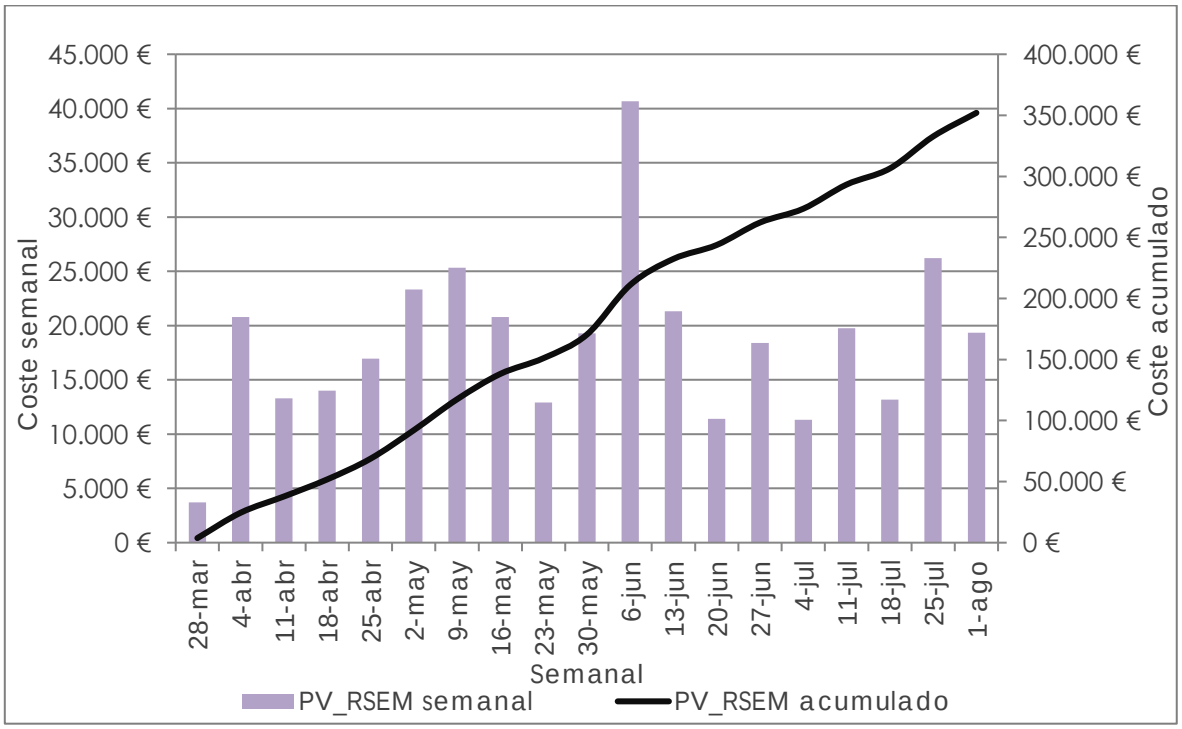


Figura 164. Línea base del proyecto (PV_{RSEM}) de la obra nº3

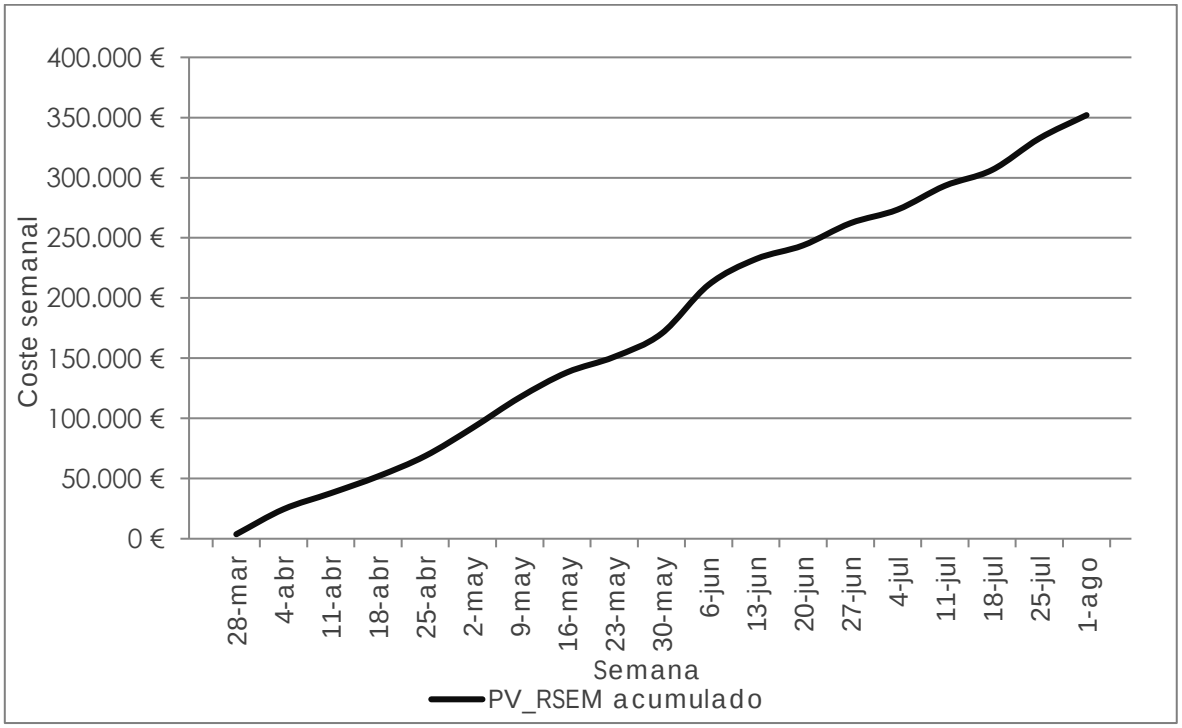


Figura 165. Coste presupuestado del trabajo programado (PV_{FC}). Obra nº3

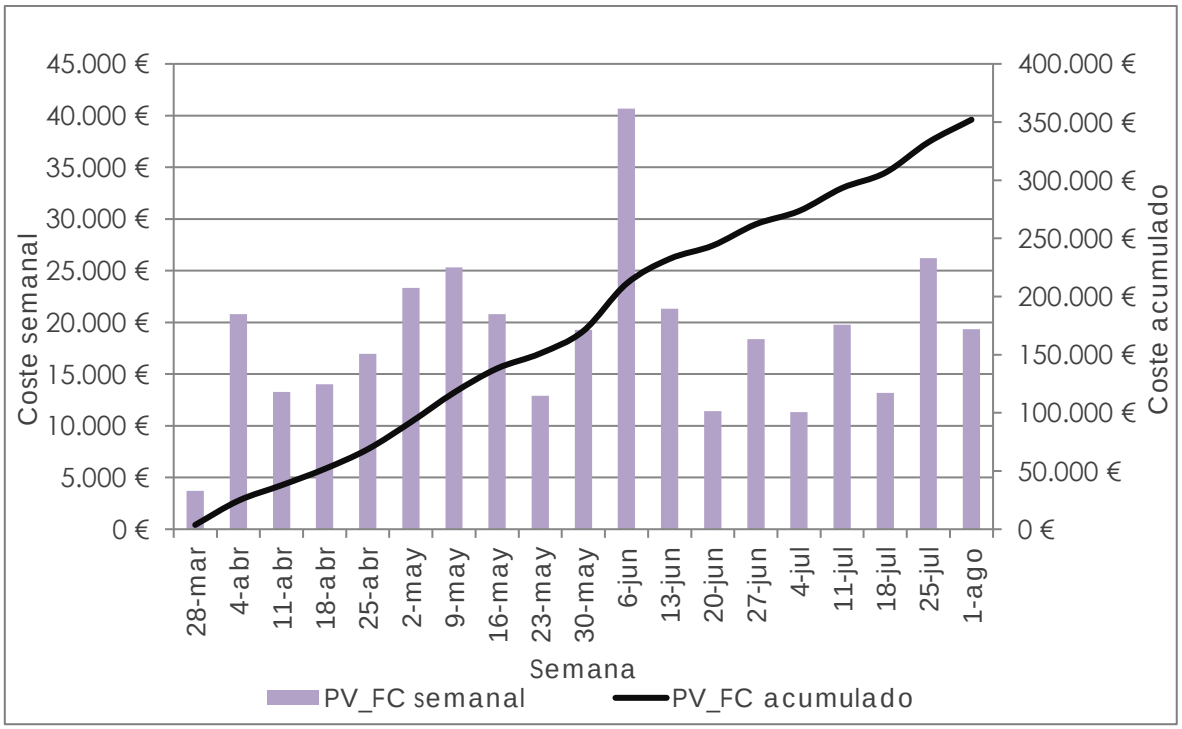
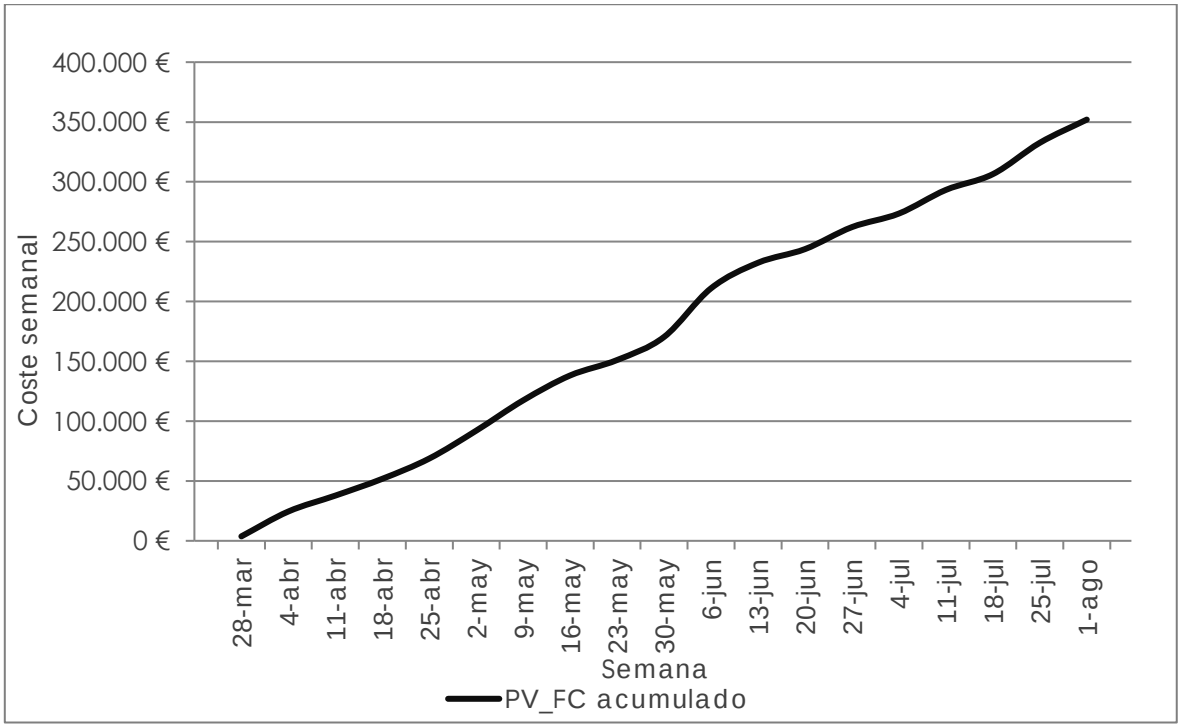


Figura 166. Línea base del proyecto (PV_{FC}) de la obra nº3



D.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto

Dentro de la planificación realizada, y siguiendo lo establecido en el apartado "*4.3.8. Fase 8: Definición de los Hitos del Proyecto*" del modelo propuesto, se han definido los siguientes hitos o puntos de control con objeto de facilitar, durante la fase de seguimiento, la estimación del desempeño del caso de estudio, al disminuir las valoraciones subjetivas por parte de la dirección de obra mediante la identificación de los momentos clave del proyecto:

- HITO 1

  Este hito permite identificar el inicio de la actividad 1.1.3. En dicho punto, la tarea 1.1.1 se encontrará rematada, al igual que la subcadena 1, formada por la actividad 1.1.2, lo que supone que, en términos económicos, el capítulo 1 de la primera fase, "Demolición de pavimentos y formación de explanada", estará concluido en un 83%.

- HITO 2

  El final de la actividad 1.1.3 y de la subcadena 2, constituida por la actividad 1.7.1, marca el inicio de la tarea crítica 1.4.2, lo que significa que la totalidad de la obra se encontrará finalizada, aproximadamente, en un 10% del presupuesto total de la misma.

- HITO 3

  Supone el final del proyecto eléctrico y su legalización (actividad 1.5.9), por lo que se pueden comenzar los trabajos correspondientes a la red de alumbrado del tramo 1. Aunque esto únicamente supone el 4% del presupuesto de dicho capítulo, es un punto importante durante la ejecución de la obra.

- HITO 4

  Se comenzarán a realizar las acometidas a la red de saneamiento del tramo 1 (tarea 1.4.7), cuando la actividad 1.4.5 y la subcadena 3, formada por la actividad 1.4.6, hayan concluido, estando el capítulo de saneamiento completado en un 74% del importe total del mismo.

- HITO 5

  La conclusión de la actividad 1.4.1, así como de la subcadena 4 (compuesta por las tareas 1.5.9, 1.5.2, 1.5.5 y 1.6.2) y la subcadena 5 (formada por la actividad 1.4.9), identifica el inicio de la actividad 1.4.3 del capítulo de Saneamiento del tramo 1. Este capítulo, que tiene un peso económico de más del 15% sobre el total del proyecto, estará finalizado, en dicho punto, en un 90,50% de su presupuesto total.

- HITO 6

  Cuando finalice la actividad crítica 1.4.3, y las subcadenas 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se podrán comenzar los trabajos de relleno y explanación del terreno (tarea 1.1.4) que servirá de base para el firme. Este hito identifica un momento de inflexión en la obra ya que las distintas redes de servicios estarán, prácticamente, ejecutadas casi en su totalidad, por lo que la fase 1 de la obra (teniendo en cuenta la parte proporcional de los costes de gestión de residuos, seguridad y salud y control de la calidad correspondiente a ésta) estará finalizada en un 67% con respecto al importe total de la misma.

- HITO 7

  Marca el inicio de la ejecución de los firmes y pavimentos y el final de la actividad 1.1.4, lo que significa que el capítulo de "Demoliciones y formación de la explanada" del tramo 1 estará completado al 100%.

- HITO 8

  Al final de la actividad 1.2.1, el firme del tramo 1 estará totalmente ejecutado, identificando uno de los hitos más importantes de la obra al poder abrir el paso a los residentes por este lado de la calle y comenzar las obras en el tramo 2 con el correspondiente cierre de los accesos por esta zona. En este momento, el capítulo 1.2 de "Firmes y Pavimentos" estará completado, en términos económicos, en casi un 45%.

- HITO 9

  El inicio de la actividad 2.1.3 estará condicionada a la terminación de la actividad 2.1.1 y de las subcadenas 13 y 14, integradas por las tareas 1.2.2 y 2.1.2 respectivamente. Este punto identifica que el capítulo 1.2 de "Firmes y pavimentos" estará ejecutado al 100%.

- HITO 10

  En este punto, el final de la actividad 2.1.3 y de la subcadena 15, formada por la tarea 2.7.1, no sólo determina el inicio de la actividad crítica 2.4.2, sino que también supone, en términos económicos, que el capítulo 2.1 de "Demolición de pavimentos y formación de explanada", estará concluido en un 87%.

- HITO 11

  Se comenzarán a realizar las acometidas a la red de saneamiento del tramo 2 (tarea 2.4.7), cuando la actividad 2.4.6 y la subcadena 16, formada por la actividad 2.4.5, hayan finalizado, estando el capítulo de saneamiento completado en un 53% del importe total del mismo.

- HITO 12

  El capítulo 2.4 de "Saneamiento" estará finalizado al 87% de su presupuesto total cuando la actividad 2.4.1, la subcadena 17 (formada por la tarea 2.6.2) y la subcadena 18 (compuesta por la actividad 2.4.9) hayan concluido, marcando el comienzo de la tarea 2.4.3.

- HITO 13

  El inicio de los trabajos de relleno y explanación del terreno que servirá para el firme (tarea 2.1.4), establece uno de los puntos clave de la obra, ya que la actividad crítica 2.4.3, y las subcadenas 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25 habrán concluido, lo que implica, prácticamente, que las distintas redes de servicios estarán ejecutadas casi en su totalidad. En esta localización del cronograma, la obra estará ejecutada en términos económicos en un 83%.

- HITO 14

  Marca el final de la actividad 2.1.4, lo que supone que el capítulo 2.1 de "Demoliciones y formación de la explanada" estará terminado al 100% y el comienzo de la ejecución de los firmes y pavimentos del tramo 2.

- HITO 15

  El capítulo 2.2 de "Firmes y pavimentos" habrá concluido cuando finalice la ejecución de la actividad 2.2.2 y de la subcadena 26, compuesta por la tarea 2.2.1.

- HITO 16

  La ejecución de las actividades de reposiciones y recrecidos (tarea 2.6.1 y subcadenas 27, 28 y 29) de la fase 2, identifica la finalización al 100% de las diferentes redes de abastecimiento, saneamiento y alumbrado proyectadas y permite realizar los trabajos necesarios de señalización, jardinería y mobiliario urbano de ambos tramos, que han sido pospuestos para este momento del cronograma. En dicho punto, el proyecto estará prácticamente concluido, al determinar un desempeño económico del 96%.

De la Ficha 143 a la Ficha 162 (recogidas dentro del *Apéndice 1* de este Anejo) se muestra la localización y distribución de los puntos de control definidos tras su incorporación a los cronogramas obtenidos tras la integración del CCPM y el EVM, correspondientes con la programación final del método propuesto.

D.4. PROCEDIMIENTO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA OBRA DE ESTUDIO Nº3

Partiendo de los datos disponibles del proyecto, así como los obtenidos durante la planificación del mismo ("*D.3. Procedimiento de Planificación de la Obra de Estudio Nº3*"), en

el presente apartado se muestran, de forma detallada, el cálculo de los parámetros, índices y valores propios de las metodologías de CCPM y EVM mediante la realización de cada una de las fases establecidas en el modelo propuesto para el seguimiento de los proyectos ("*4.4. Modelo propuesto para el control y seguimiento de proyectos*").

En función de la tipología y el dimensionamiento de la obra de estudio, la dirección y el control del proyecto se ha realizado de forma semanal.

D.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado

Gracias al empleo de los hitos como puntos de control distribuidos en la planificación (ver el punto "*D.3.8. Fase 8: Definición de los hitos del proyecto*"), así como la valoración del director de la obra de estudio, las estimaciones reflejadas dentro de las inspecciones semanales y las certificaciones realizadas permiten obtener, con mayor exactitud y objetividad, el grado de avance de cada una de las actividades de la EDT (ver la Ficha 163 y Ficha 164 del *Apéndice 1* de este Anejo), cuya suma total es la que proporciona el valor ganado de proyecto según la fecha seleccionada con carácter semanal y a origen, tal y como se muestra resumido en la Tabla 216 y en la Tabla 217.

Tabla 216. EV semanal y acumulado de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 04/07/2016

SEMANA		28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016
EV	% AVANCE	1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%
	SEMANAL	4.725,48 €	6.896,49 €	6.805,78 €	12.514,45 €	20.345,68 €
	A ORIGEN	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €

SEMANA		02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016
EV	% AVANCE	20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%
	SEMANAL	19.443,18 €	21.031,25 €	18.390,51 €	10.653,90 €	14.481,72 €
	A ORIGEN	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €

SEMANA		06/06/2016	13/06/2016	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016
EV	% AVANCE	42,35%	46,68%	52,99%	58,20%	60,38%
	SEMANAL	13.776,70 €	15.244,17 €	22.227,95 €	18.321,53 €	7.693,48 €
	A ORIGEN	149.065,13 €	164.309,30 €	186.537,25 €	204.858,77 €	212.552,25 €

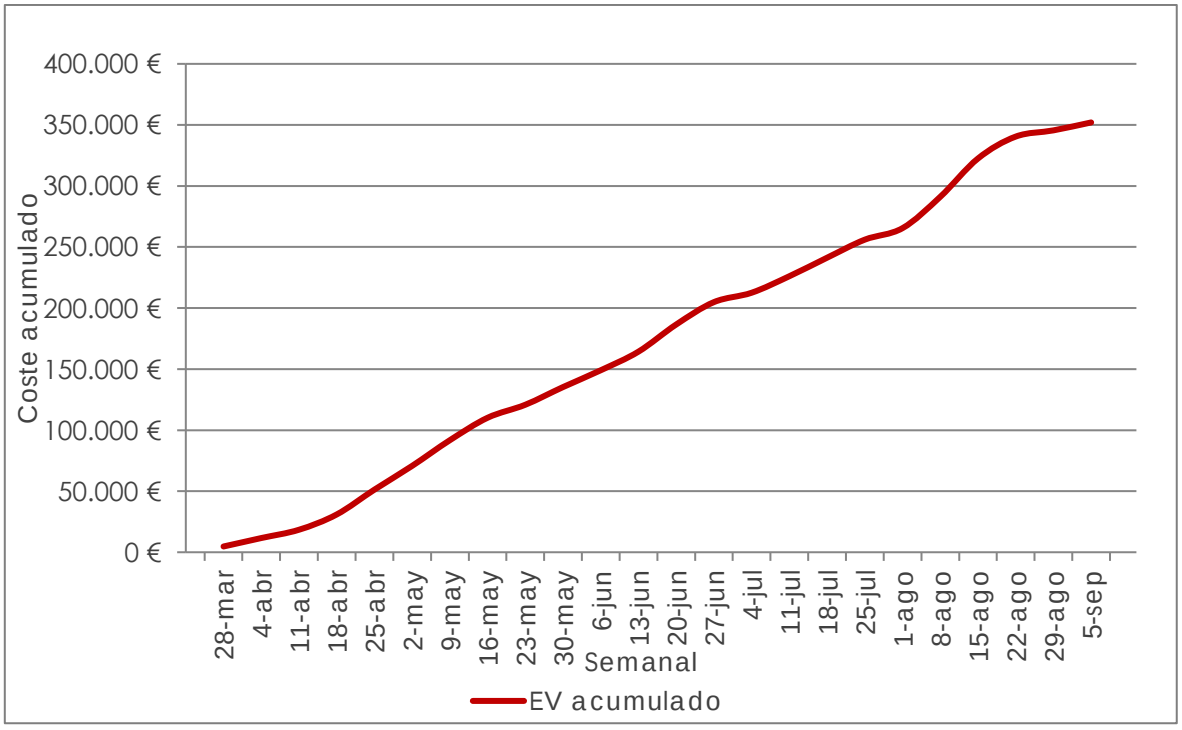
Tabla 217. EV semanal y acumulado de la obra nº3. Semana: 11/07/2016 – 12/09/2016

SEMANA		11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016
EV	% AVANCE	64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%
	SEMANAL	13.517,72 €	15.159,89 €	14.791,19 €	9.418,33 €	25.656,45 €
	A ORIGEN	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €

SEMANA		15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016	12/09/2016
EV	% AVANCE	91,62%	96,71%	98,16%	100,00%	
	SEMANAL	31.408,55 €	17.928,01 €	5.095,30 €	6.476,49 €	
	A ORIGEN	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €	

Con los datos acumulativos del valor ganado por semana (Tabla 216 y Tabla 217), se puede construir la curva del comportamiento y tendencia de EV a través del tiempo, expuesta en la Figura 167:

Figura 167. Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (EV). Obra nº3



De los resultados calculados se puede deducir que:

- El inicio de las obras se produce según los plazos fijados en la programación.
- La cadena crítica originalmente proyectada sufrió ciertas modificaciones, pudiéndose determinar la secuencia de tareas "1.1.1, 1.4.5, 1.2.1, 2.1.1, 2.3.2, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, 2.1.4, 2.2.2, 2.6.1, 2.7.2 y 1.7.2" como la cadena crítica final de la ejecución.
- La prolongación en el tiempo de algunas actividades predecesoras, la disponibilidad de recursos bien organizados y la compatibilidad de ejecución entre algunas tareas, indujo a la realización de ciertos trabajos de forma paralela o con ciertos desfases de inicio entre ellos, pero sin necesidad de esperar a terminar una de las actividades para poder comenzar con otra tarea.
- Los trabajos 1.1.3, 1.4.2, 1.4.7, 1.4.1, 1.4.3 y 2.1.3 desaparecen de la cadena crítica debido a su ejecución conjunta con otras actividades.
- Las actividades 2.7.2 y 1.7.2 son críticas simultáneamente ya que ambas representan al mismo trabajo "Señalización horizontal", pero para los dos tramos correspondientes a las fases en las que se estructura la obra. Teniendo en cuenta que, en la apertura del tramo primero, y antes de la conclusión completa de la obra, sólo se permite el paso a los residentes, peatones y locales comerciales, la ejecución de dicha actividad no es necesaria hasta el final de la obra, tal y como ya estaba programado. Por lo tanto, ambos tramos se realizan de forma conjunta al utilizar los mismos recursos (mano de obra, materiales y maquinaria).
- Durante el desarrollo de la obra, y por problemas externos a la misma, ciertas actividades correspondientes a los apartados 1.5 y 2.5 no pudieron desarrollarse en los puntos indicados en la planificación, provocando la rotura e ineficacia de las subcadenas SC_4, SC_6 y SC_9. Sin embargo, este hecho no afectó al avance del resto de trabajos al poder replantear la ejecución de algunas de las tareas de alumbrado para otro momento de la obra.
- En la segunda fase de las obras, y debido a las dificultades e incertidumbres intrínsecas de las mismas, las tareas de abastecimiento conllevan una mayor atención, en términos de plazo, que las de saneamiento, provocando que las actividades 2.3.2, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7 se conviertan en críticas.

- El cambio producido en el conjunto original de las actividades críticas ocasiona que ciertos buffers de alimentación proyectados no sean necesarios, ya que las actividades a las que alimentaban dichas subcadenas ya no pertenezcan a la CC. Este es el caso de la SC_1, SC_2, SC_3, SC_5, SC_{13}, SC_{14}, SC_{15}, SC_{16}, SC_{17}, SC_{18}.

- Tal y como se esperaba, las actividades 1.1.4 y 2.1.4 son vitales durante la ejecución de las obras, pues el inicio de las mismas está supeditado a la finalización de gran parte de las tareas del proyecto.

- En el punto programado para terminar el proyecto de Concejo, con independencia de la protección añadida con los diferentes métodos, la obra se encontraba finalizada en un 75,41%.

- La obra de Concejo es terminada y recepcionada el 6 de septiembre de 2016, finalizando ésta 8 días antes de la fecha prevista para la entrega de la misma (16 de septiembre de 2016). Esto se traduce en una disminución de la duración de las obras del 6,84%, con respecto al plazo dispuesto en el cronograma de la UTE, y una reducción real del tiempo de ejecución del 14,17% con relación a la duración prevista tras la firma del contrato (del 16 de marzo de 2016 al 16 de septiembre de 2016) ya que las obras se iniciaron el 1 de abril de 2016 según la programación presentada para la contratación.

- Según la programación obtenida tras el dimensionamiento de los buffers mediante la aplicación del método "Cortar y Pegar", la obra concluyó por completo empleando seis (6) días más de lo calculado con la protección.

- Atendiendo al cronograma proyectado tras el dimensionamiento de los amortiguadores con el método del "Tercio Crítico", el proyecto finalizó ocho (8) días antes de la fecha prevista, consumiendo el 72,4% del buffer de proyecto.

- Del análisis realizado sobre el plan de obra previsto mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", el proyecto utilizó catorce (14) días más de los que originalmente estaban calculados.

- Siguiendo lo indicado en la programación determinada mediante el método de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", la obra terminó un (1) día antes de lo previsto en la planificación, consumiendo el 95,45% del buffer de proyecto calculado.

D.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra

Teniendo en cuenta que el análisis de la presente obra de estudio es desde la perspectiva de la dirección de la misma (externa a la empresa adjudicataria), para la determinación de los valores del coste real del trabajo ejecutado del caso nº3 (mostrados en la Ficha 165 y en la Ficha 166 del *Apéndice 1* del presente Anejo), se ha empleado el *Modelo EVM reducido de la dirección de obra* (Valderrama & Guadalupe García, 2010), por lo que AC se ha considerado como la cantidad certificada globalmente que ha surgido con posterioridad al inicio de la ejecución, no estando ésta dentro del presupuesto aprobado.

La suma de los valores expuestos en la Ficha 165 y en la Ficha 166 del *Apéndice 1* de este Anejo, para cada una de las fechas de control, determina el coste presupuestado del trabajo realizado de la obra para dichos momentos puntuales de seguimiento, con carácter semanal y acumulado, tal y como se resume en la Tabla 218.

Tabla 218. AC semanal y acumulado de la obra nº3

SEMANA		28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016
AC	SEMANAL	4.725,48 €	6.896,49 €	6.805,78 €	14.249,68 €	21.943,79 €
	A ORIGEN	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €

SEMANA		02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016
AC	SEMANAL	26.291,90 €	22.289,33 €	20.124,44 €	14.853,79 €	14.573,34 €
	A ORIGEN	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €

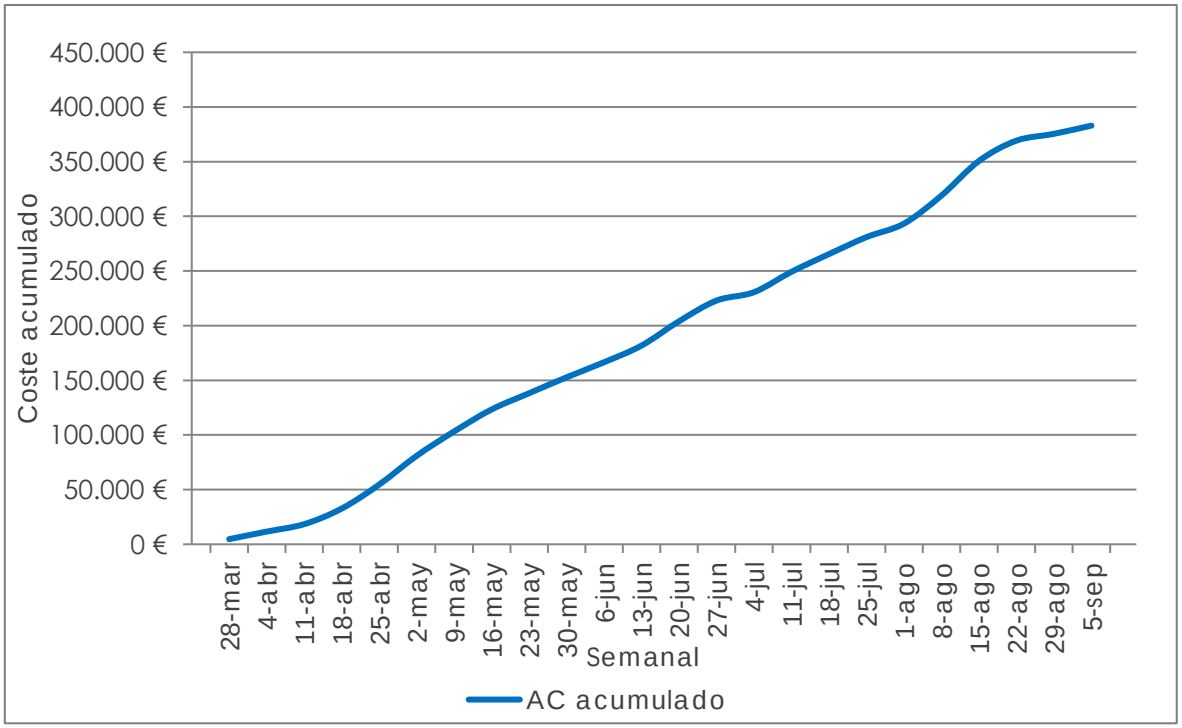
SEMANA		06/06/2016	13/06/2016	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016
AC	SEMANAL	13.776,70 €	15.244,17 €	22.227,95 €	18.907,88 €	7.693,48 €
	A ORIGEN	166.530,72 €	181.774,89 €	204.002,83 €	222.910,71 €	230.604,19 €

SEMANA		11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016
AC	SEMANAL	18.628,52 €	16.200,87 €	15.533,74 €	12.345,01 €	25.656,45 €
	A ORIGEN	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €

SEMANA		15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016	12/09/2016
AC	SEMANAL	31.671,07 €	18.540,54 €	6.232,28 €	7.520,38 €	
	A ORIGEN	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €	

Con los datos de AC acumulados para cada semana se obtiene la curva expuesta en la Figura 58, que tiene como objetivo indicar el comportamiento y tendencia de los costes reales a través del tiempo.

Figura 168. Coste real del trabajo realizado (AC). Obra nº3



Tras el seguimiento realizado a la obra se puede destacar y concluir que:

- Las actividades 1.3.1, 1.3.5, 1.3.8, 1.4.7, 1.5.2, 1.5.7, 1.5.8, 1.5.9, 1.5.10, 1.8.1, 1.9.2, 2.3.1, 2.3.5, 2.3.8, 2.4.7, 2.5.2, 2.5.7, 2.5.8, 2.5.10, 2.9.2 y 12 se ejecutaron en su totalidad manteniendo la medición de proyecto, y por tanto el presupuesto planificado para las mismas.

- Las tareas 1.1.4, 1.3.3, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5, 1.5.4, 1.5.5, 1.6.1, 1.6.2, 1.7.2, 1.7.4, 2.2.2, 2.3.2, 2.3.3, 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5, 2.5.5, 2.6.2, 2.7.2, 2.7.3 y 10 incluyeron las mediciones de trabajos no planificados en un principio en proyecto, representando la variación con respecto al presupuesto planificado.

- Las mediciones del resto de las actividades sufrieron ciertas variaciones con respecto a la estimación de las mismas, pero dentro del presupuesto de proyecto, ya que la

compatibilidad e igualdad entre estas tareas y las fases en las que se dividió la planificación ocasionó cierta integración y compensación en la certificación o medición de dichos trabajos.

- Las tareas 1.6.3 y 2.6.3, correspondientes a "Obras Complementarias" para cada una de las fases, fueron certificadas con medición y coste cero al incluir la ejecución de éstas, en los trabajos pertinentes de proyecto.

- El balance económico de la obra refleja un sobrecosto sobre el presupuesto de adjudicación de 30.928,86 €. Este importe está por debajo de la máxima alteración en el coste de ejecución respecto al presupuesto permitida por el *Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público*, que fija en un 10% el límite de la variación del precio primitivo del contrato, lo que equivaldría, para el caso que nos ocupa, a 35.200,42 €.

D.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM

A partir de los valores acumulados que adquieren PV, EV y AC a lo largo de los períodos de control de la obra de análisis (calculados anteriormente en los apartados "*D.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*", "*D.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" y "*D.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*", respectivamente) y teniendo en cuenta los diferentes métodos de dimensionamiento de buffers empleados durante la fase de programación del caso práctico nº3 ("*D.3.5. Fase 5: Protección de la Planificación contra la Incertidumbre*"), se han obtenido las curvas "S" presentadas de la Figura 169 a la Figura 172.

Puesto que, para el caso que nos ocupa, se han estimado cuatro programaciones de proyecto, una por cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers utilizados, para el seguimiento de la obra de estudio se han desarrollado tantos cálculos de control como líneas base han resultado durante la fase de programación del proyecto ("*D.3.7. Fase 7: Estimación de la Línea Base del Presupuesto*").

Figura 169. Curvas S_{CP} de la obra nº3

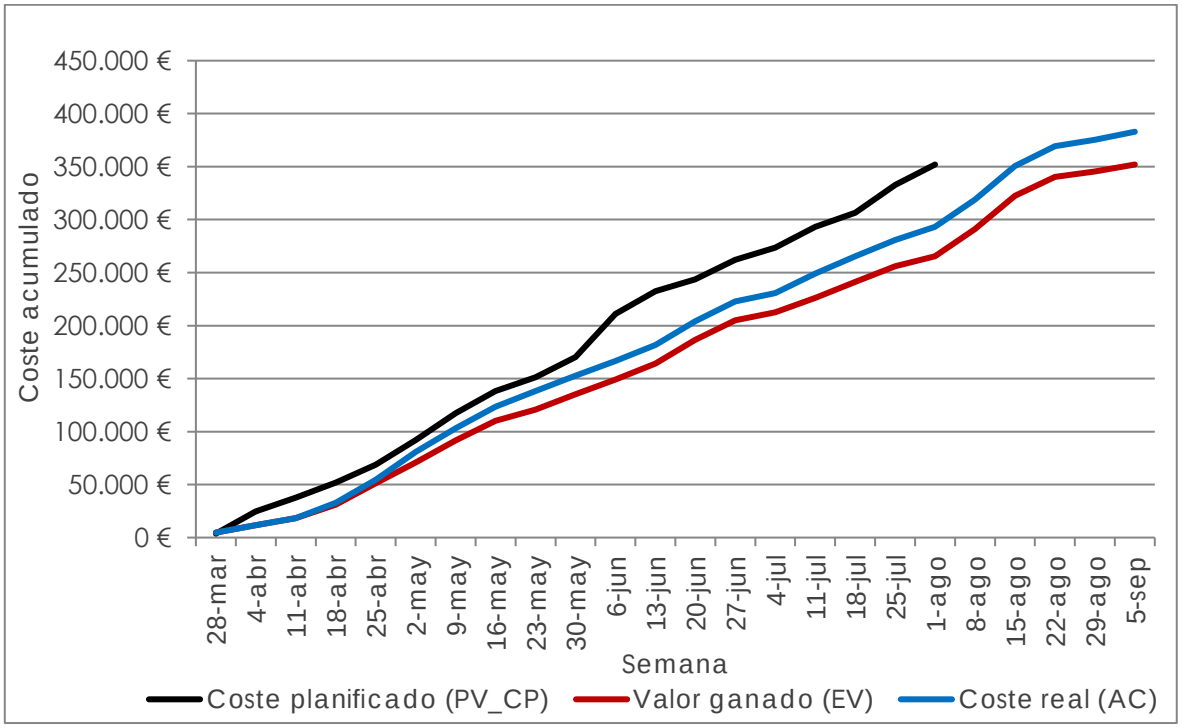


Figura 170. Curvas S_{TC} de la obra nº3

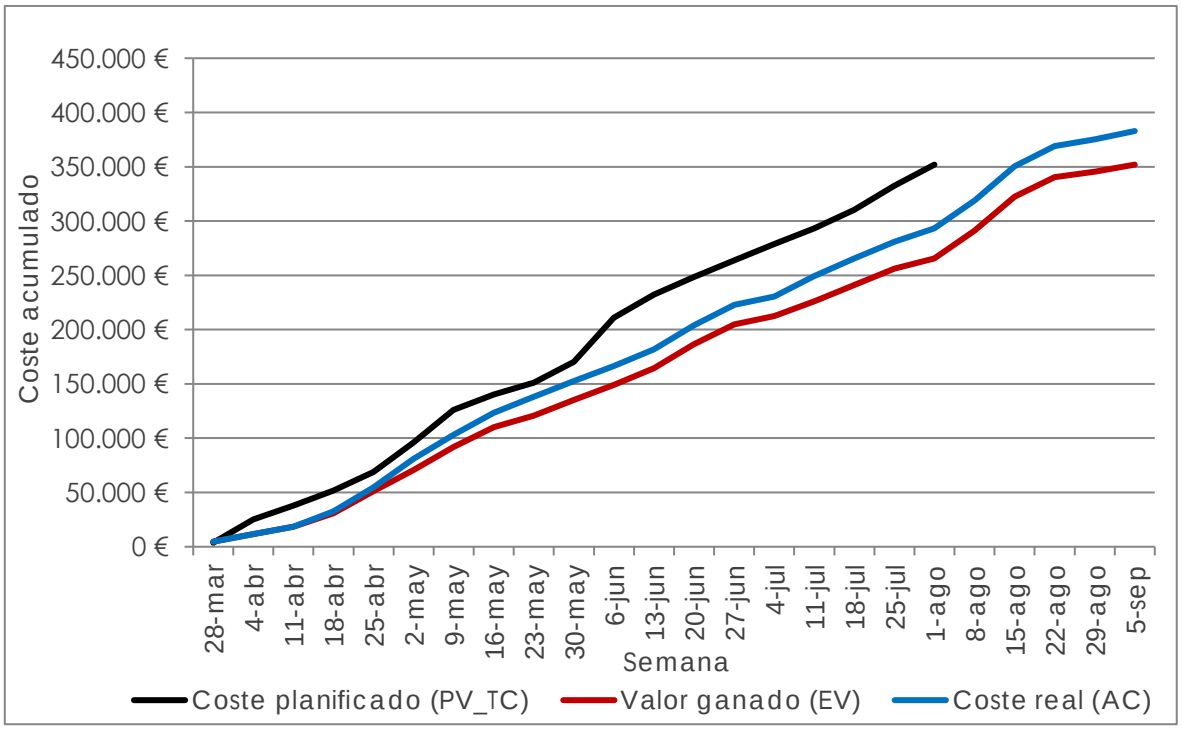


Figura 171. Curvas S_{RSEM} de la obra nº3

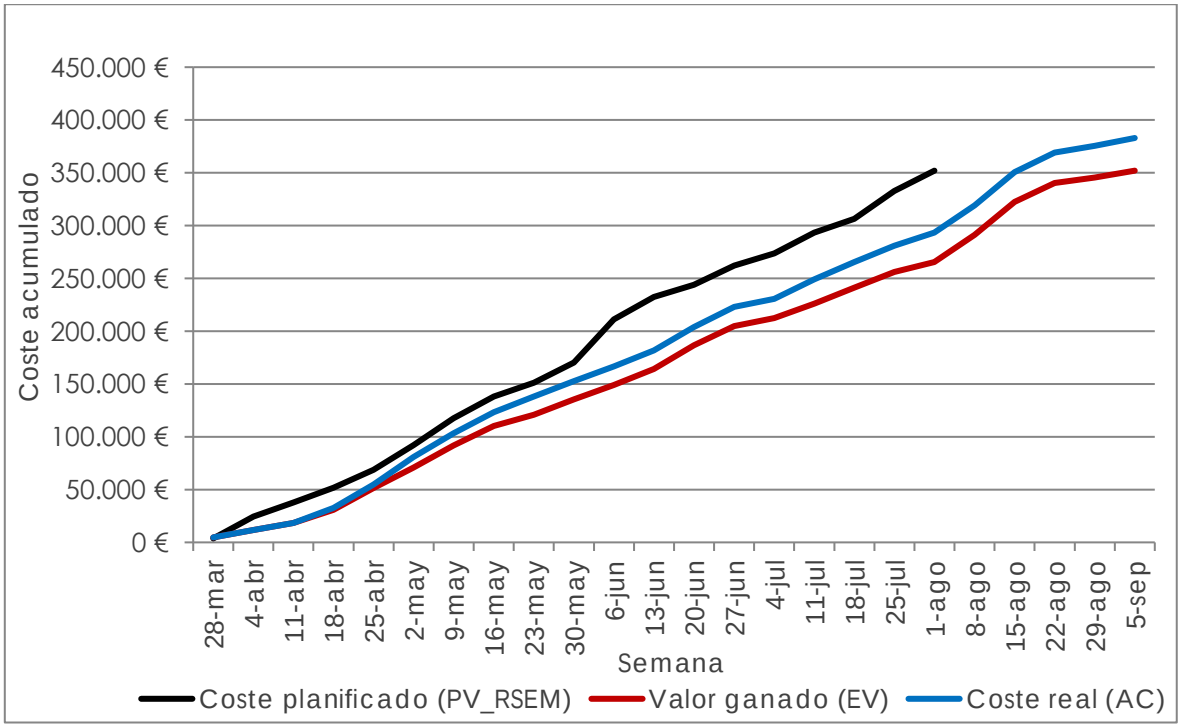
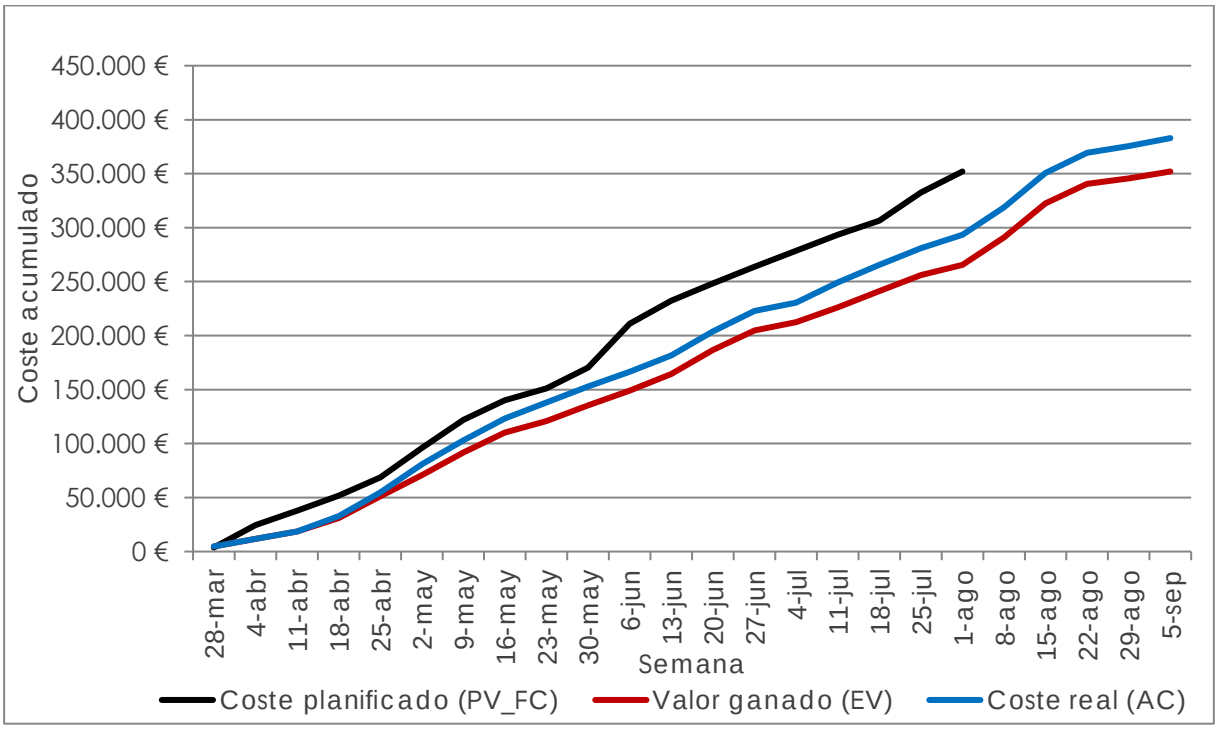


Figura 172. Curvas S_{FC} de la obra nº3



D.4.3.1. Aplicación de EVM al PV_{CP} de la obra del caso práctico nº3

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº3, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers del "Cortar y Pegar", se exponen, en la Ficha 167 y en la Ficha 168 del *Apéndice 1* del presente Anejo, siendo de la Figura 173 a la Figura 182 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 173. Análisis de flujos de caja acumulados (CP) y presupuesto de la obra nº3

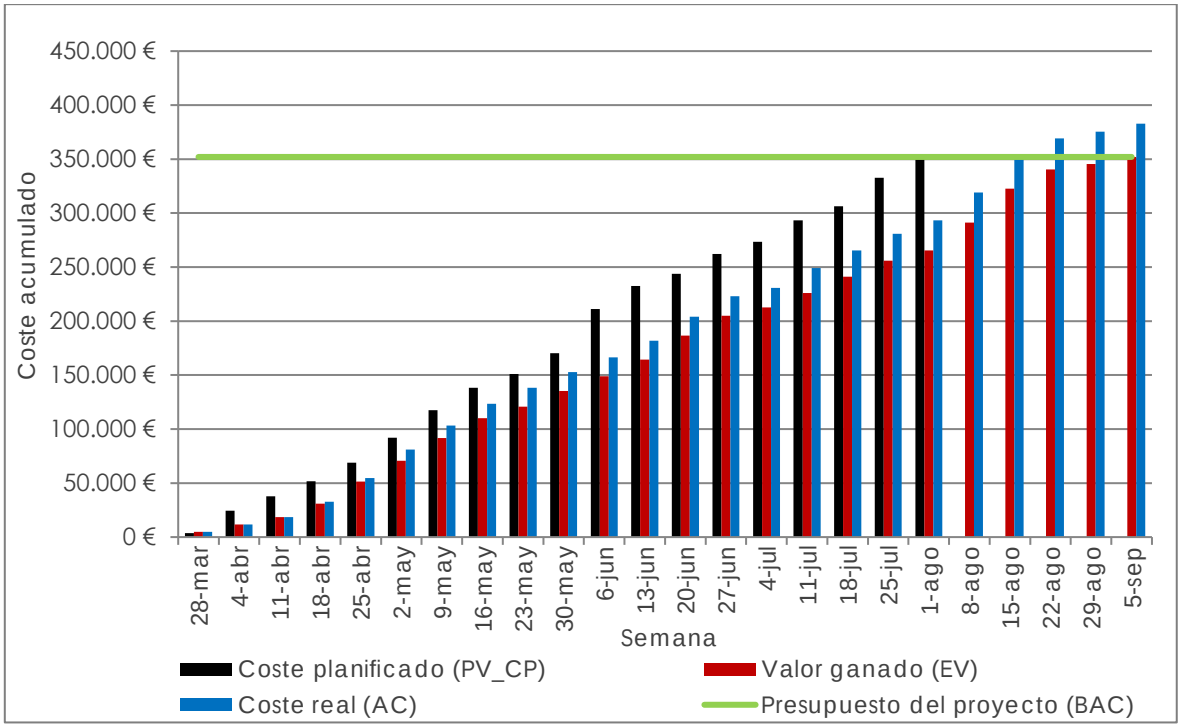


Figura 174. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (CP). Obra nº3

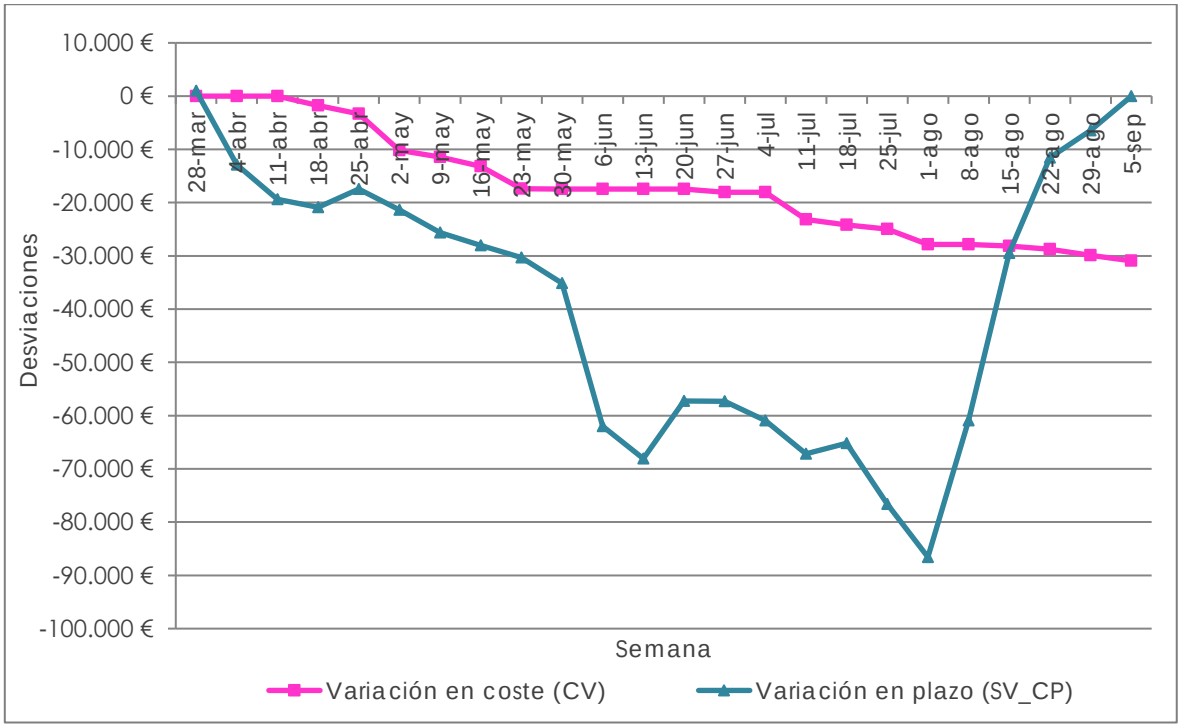


Figura 175. Evolución de las desviaciones en coste y programación (CP). Obra nº3

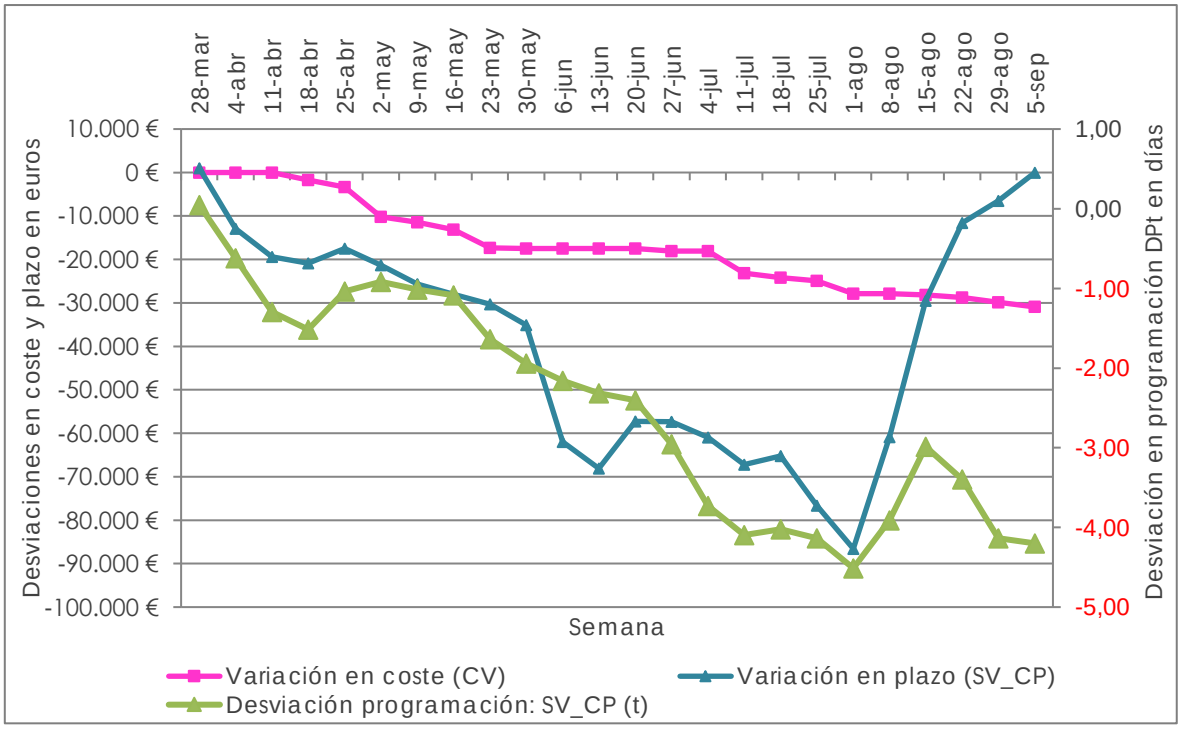


Figura 176. Evolución de los índices de eficiencia (CP). Obra nº3

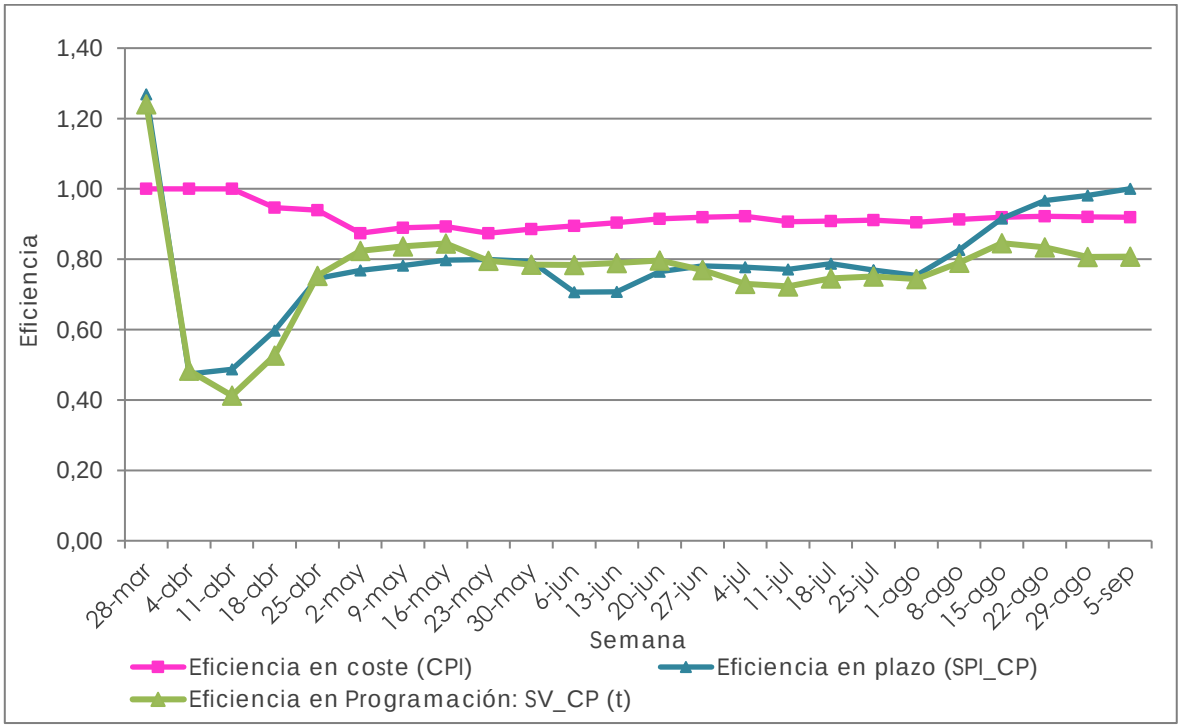


Figura 177. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas. Obra nº3

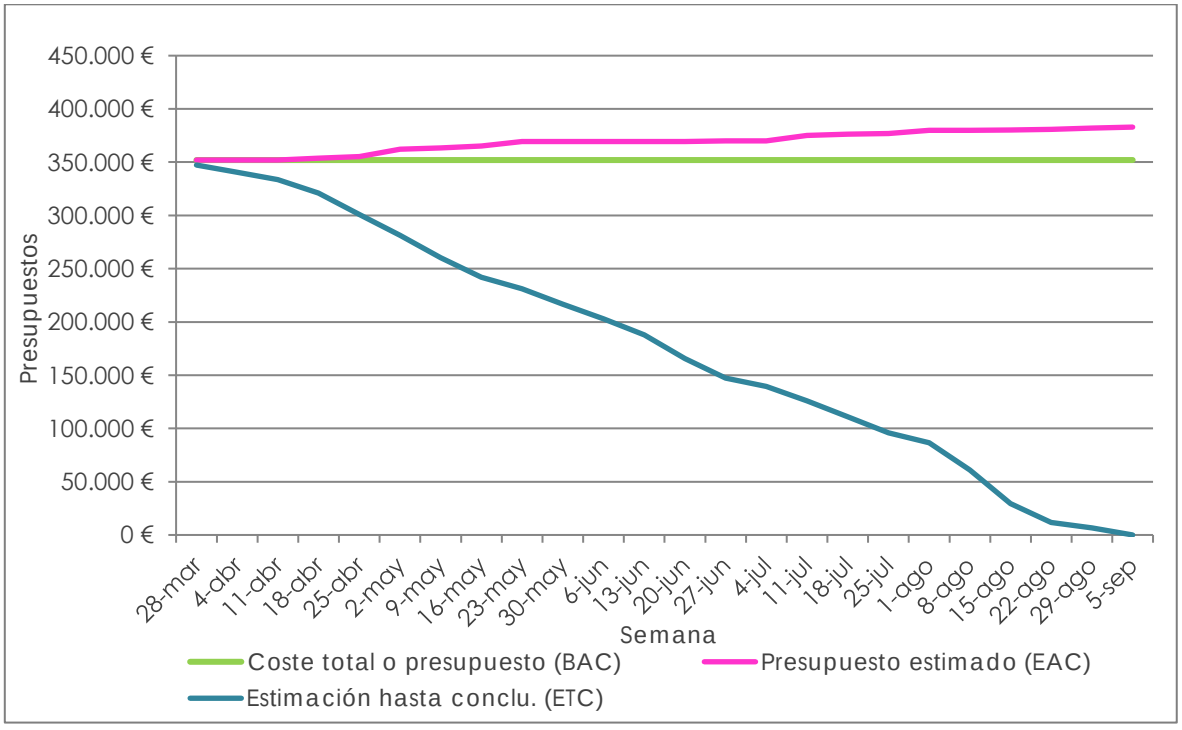


Figura 178. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas. Obra nº3

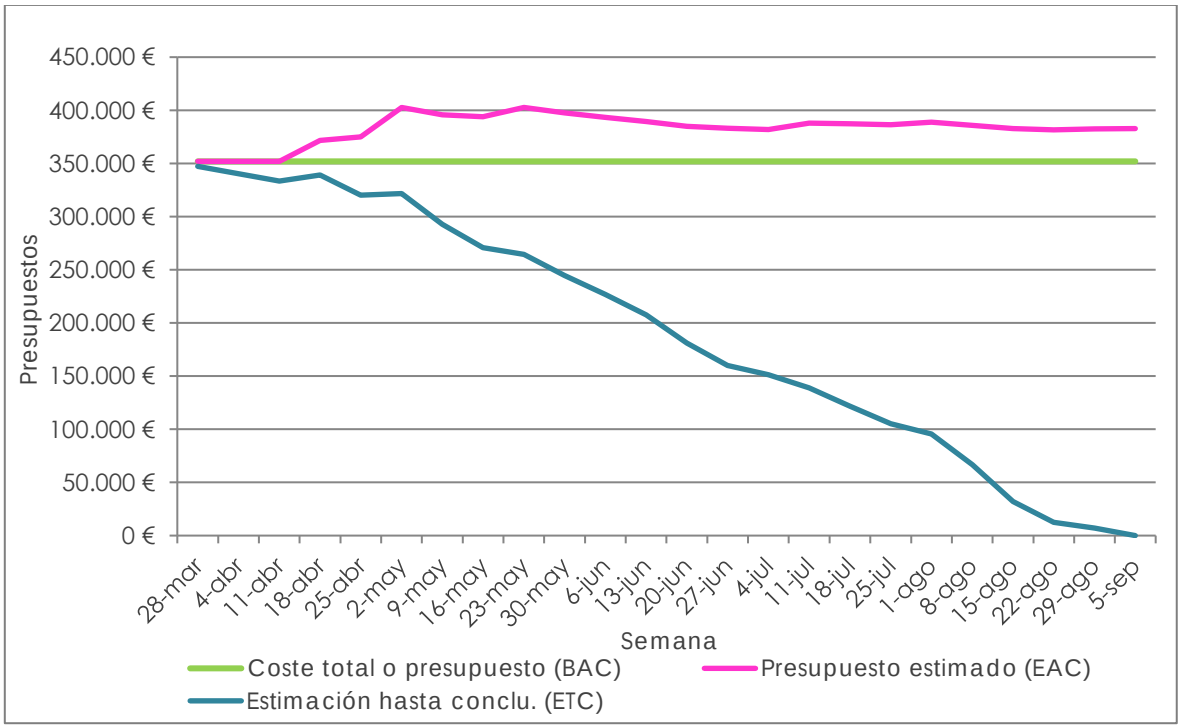


Figura 179. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (CP). Obra nº3

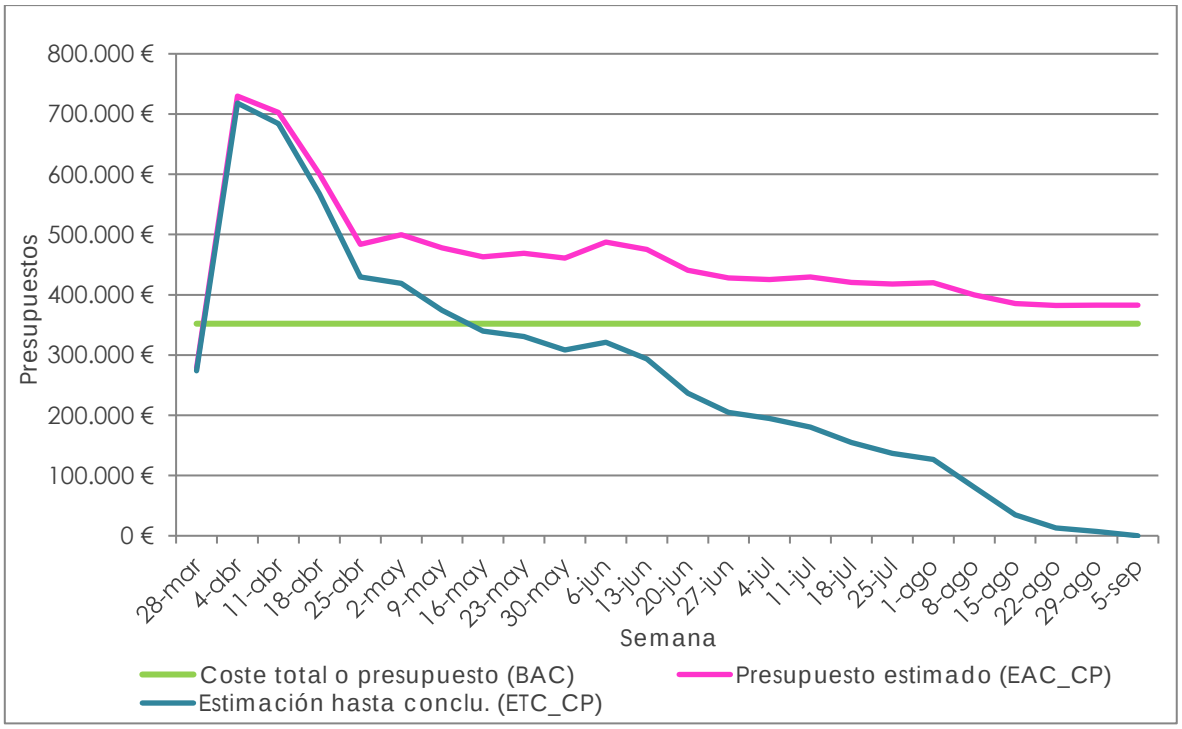


Figura 180. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{CP}). Obra nº3

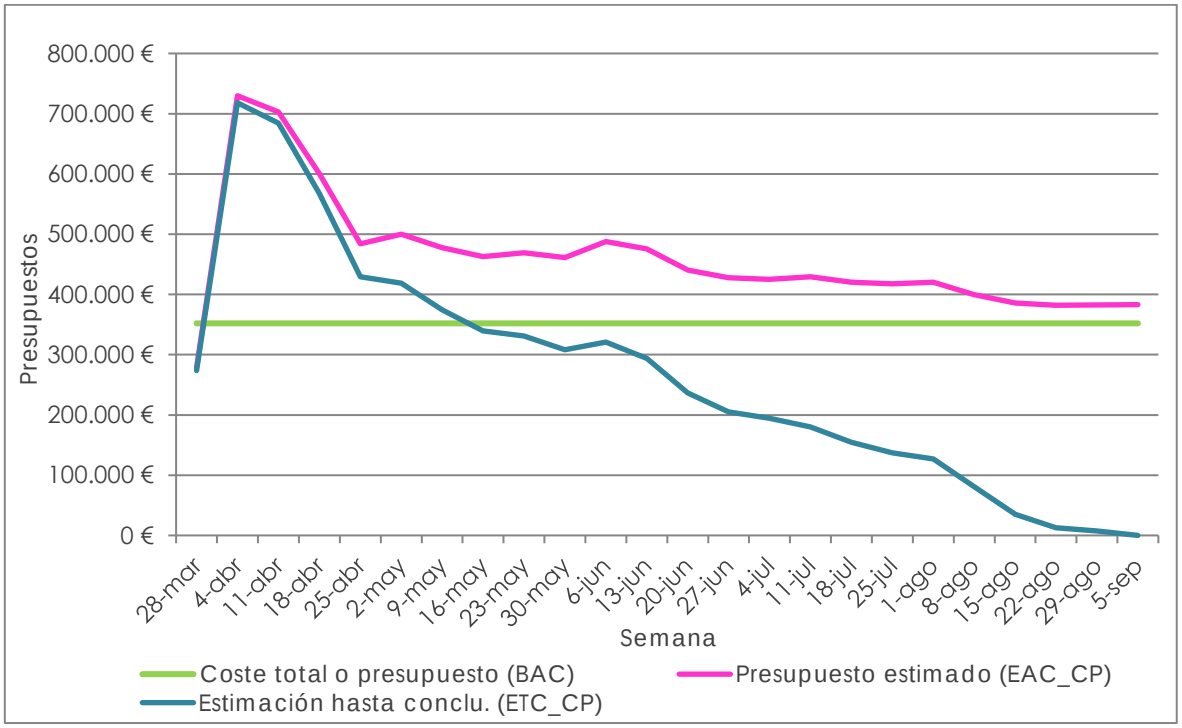


Figura 181. Variación a la conclusión (VAC_{CP}). Obra nº3

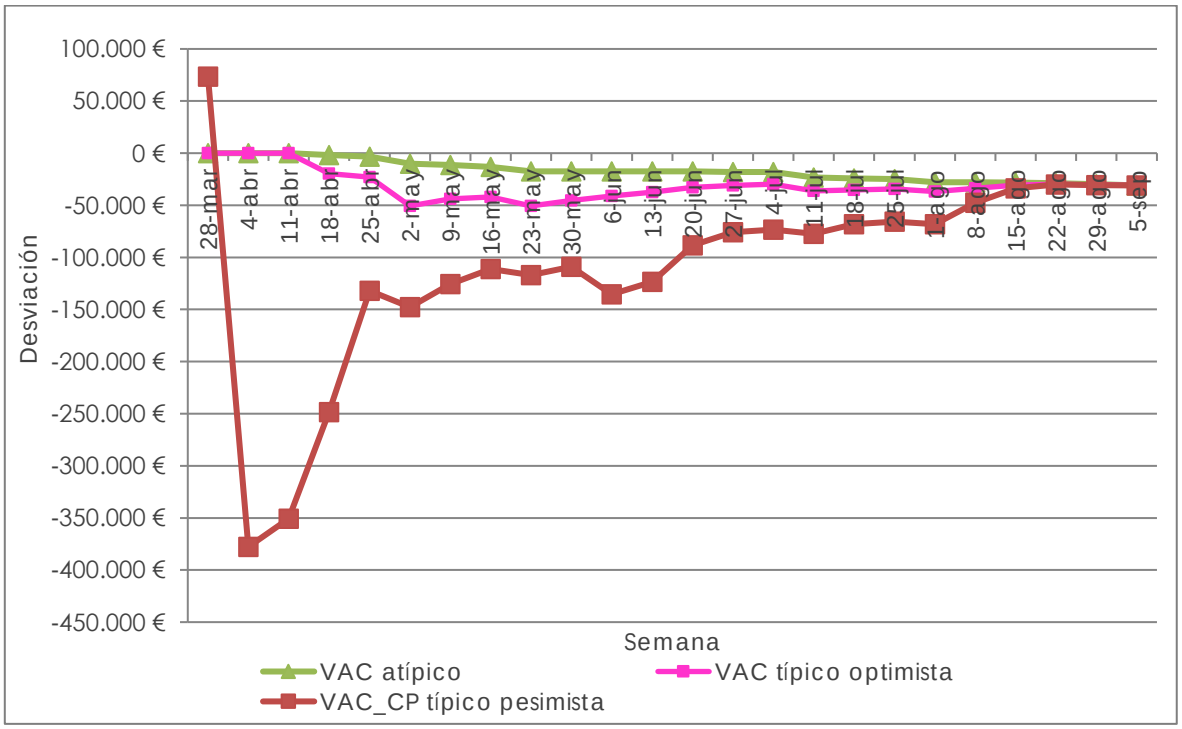
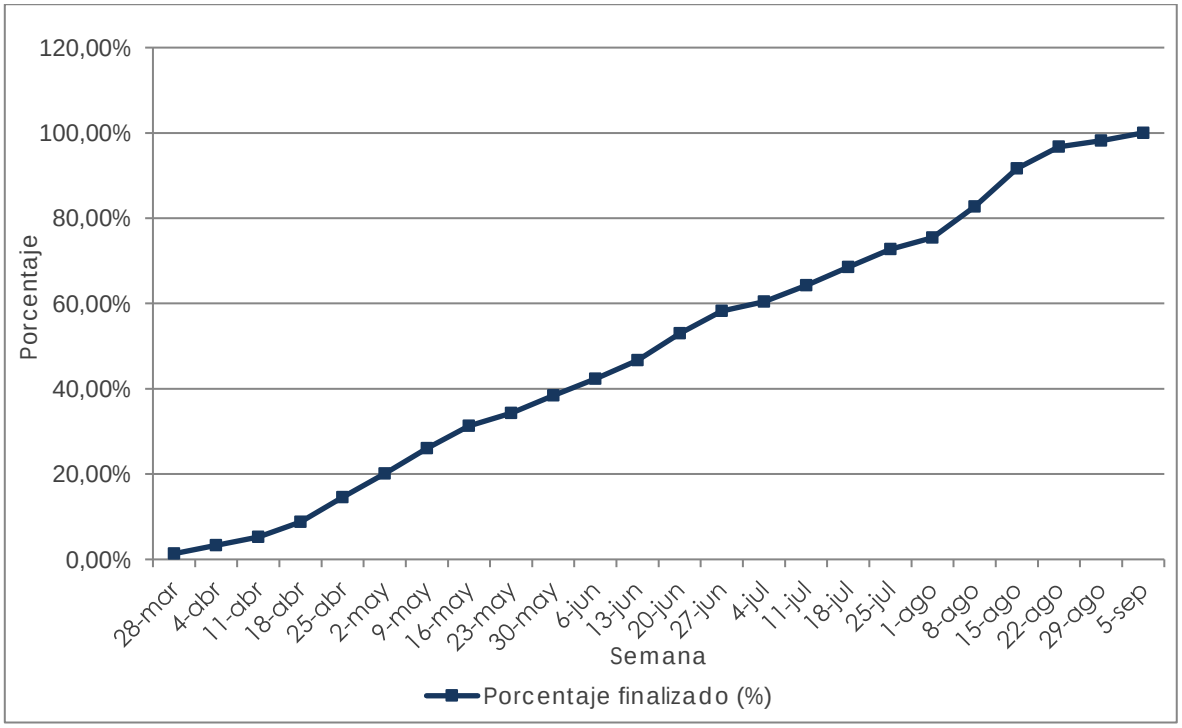


Figura 182. Porcentaje finalizado (%). Obra nº3



D.4.3.2. Aplicación de EVM al PV_{TC} de la obra del caso práctico nº3

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº3, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers del "Tercio Crítico", se exponen, en la Ficha 169 y en la Ficha 170 del *Apéndice 1* del presente Anejo, siendo de la Figura 183 a la Figura 189 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 183. Análisis de flujos de caja acumulados (TC) y presupuesto de la obra nº3

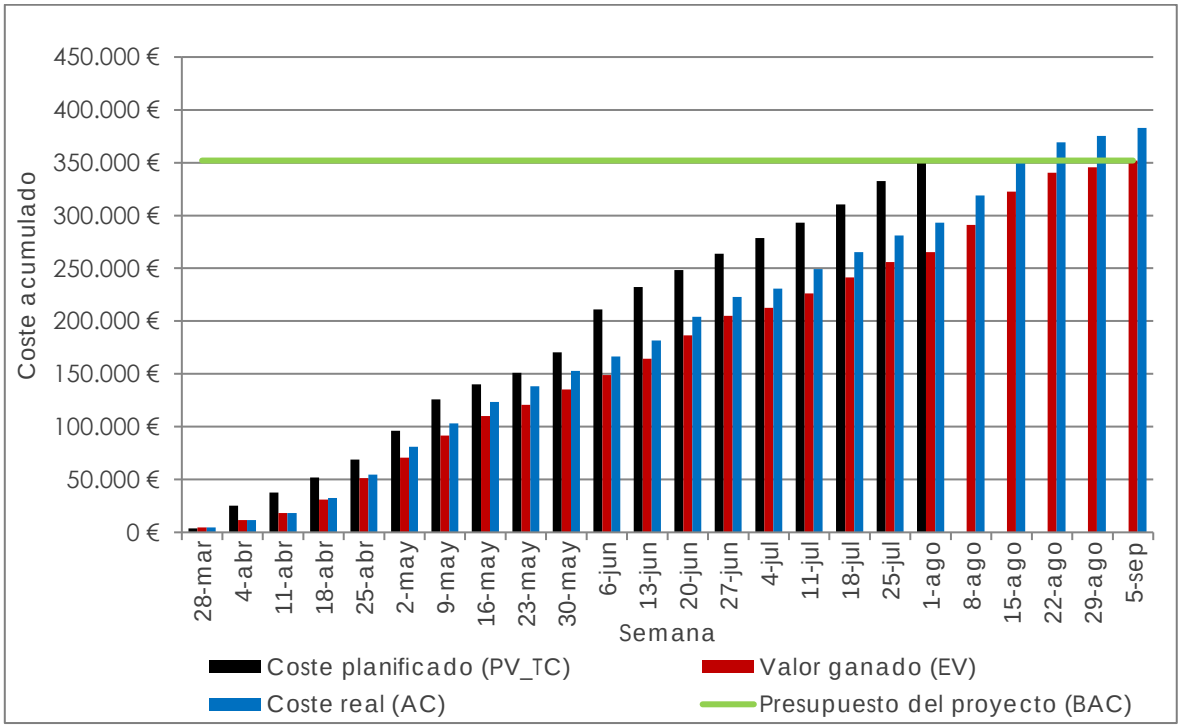


Figura 184. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (TC). Obra nº3

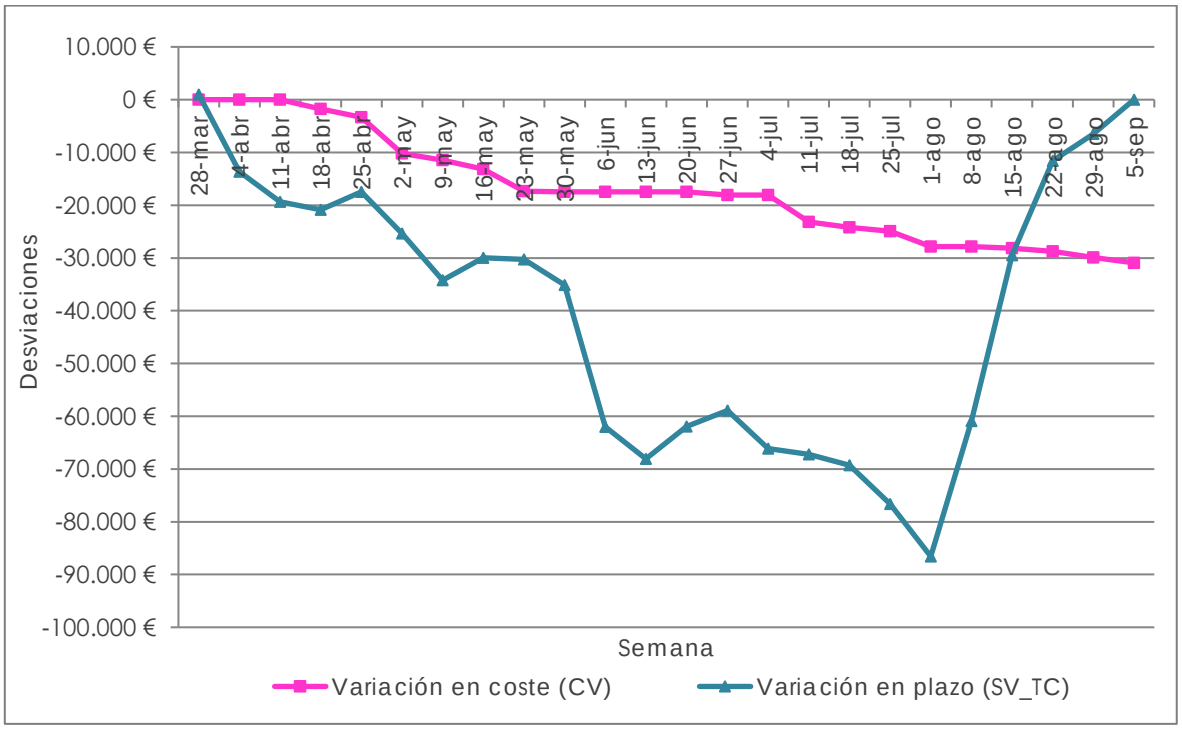


Figura 185. Evolución de las desviaciones en coste y programación (TC). Obra nº3

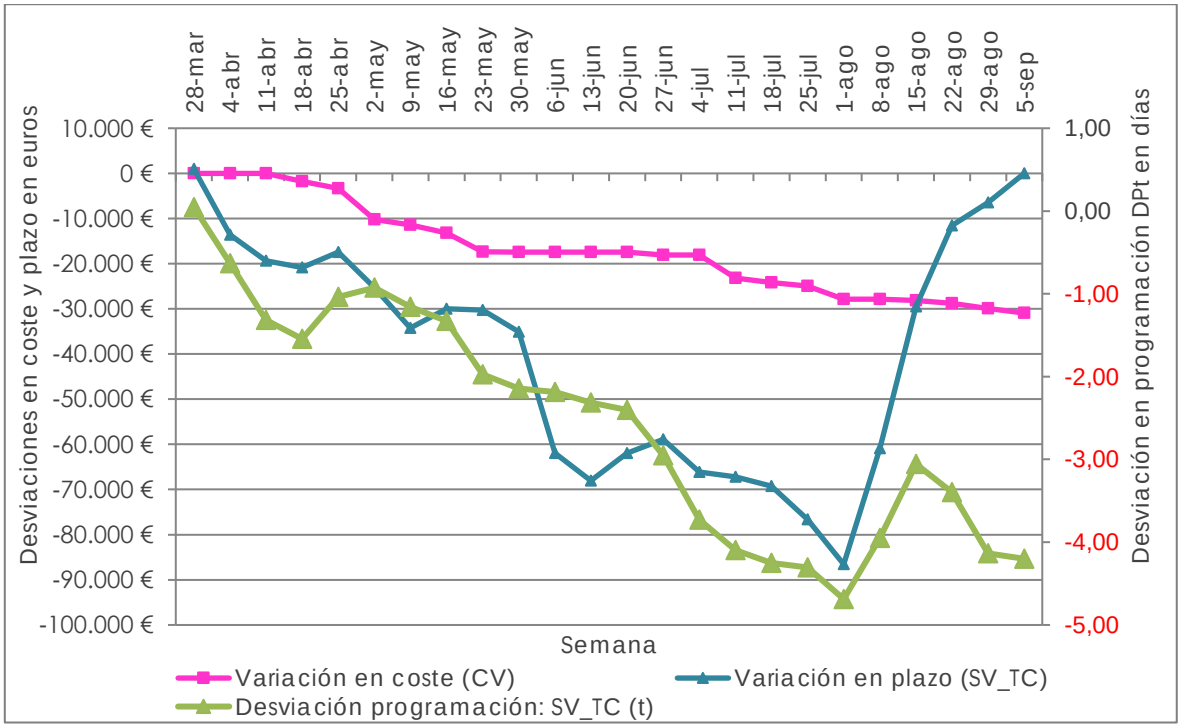


Figura 186. Evolución de los índices de eficiencia (TC). Obra nº3

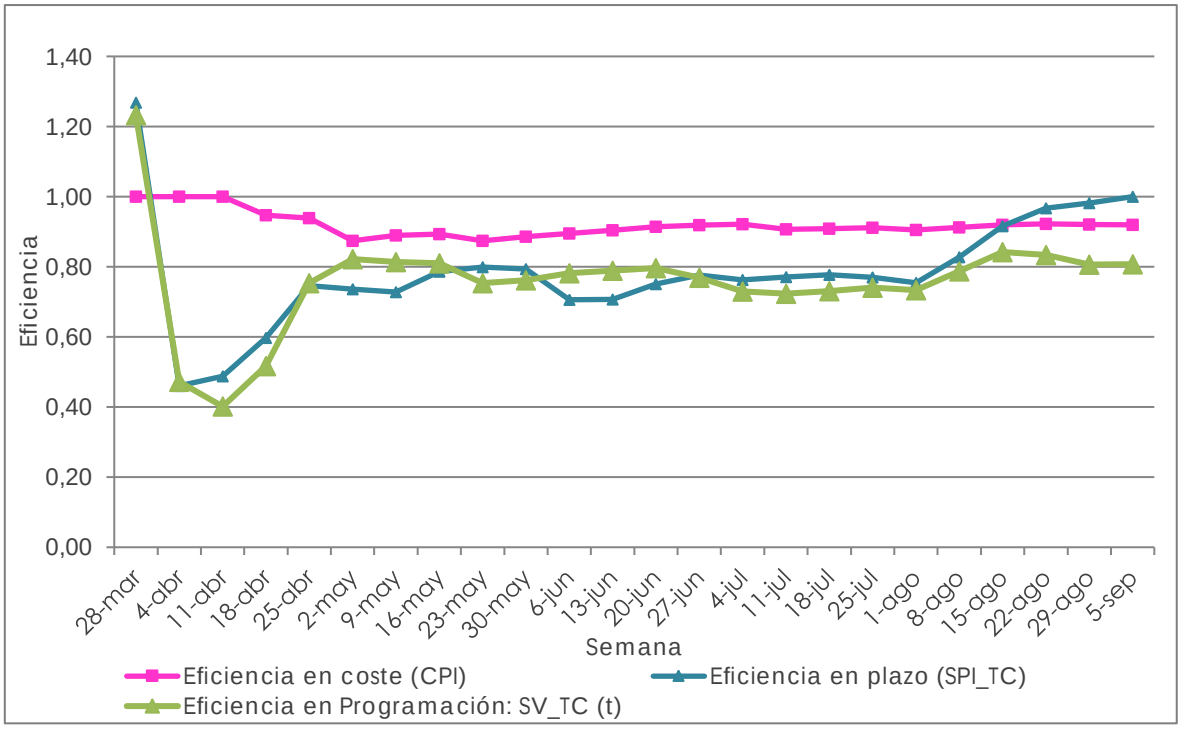


Figura 187. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (TC). Obra nº3

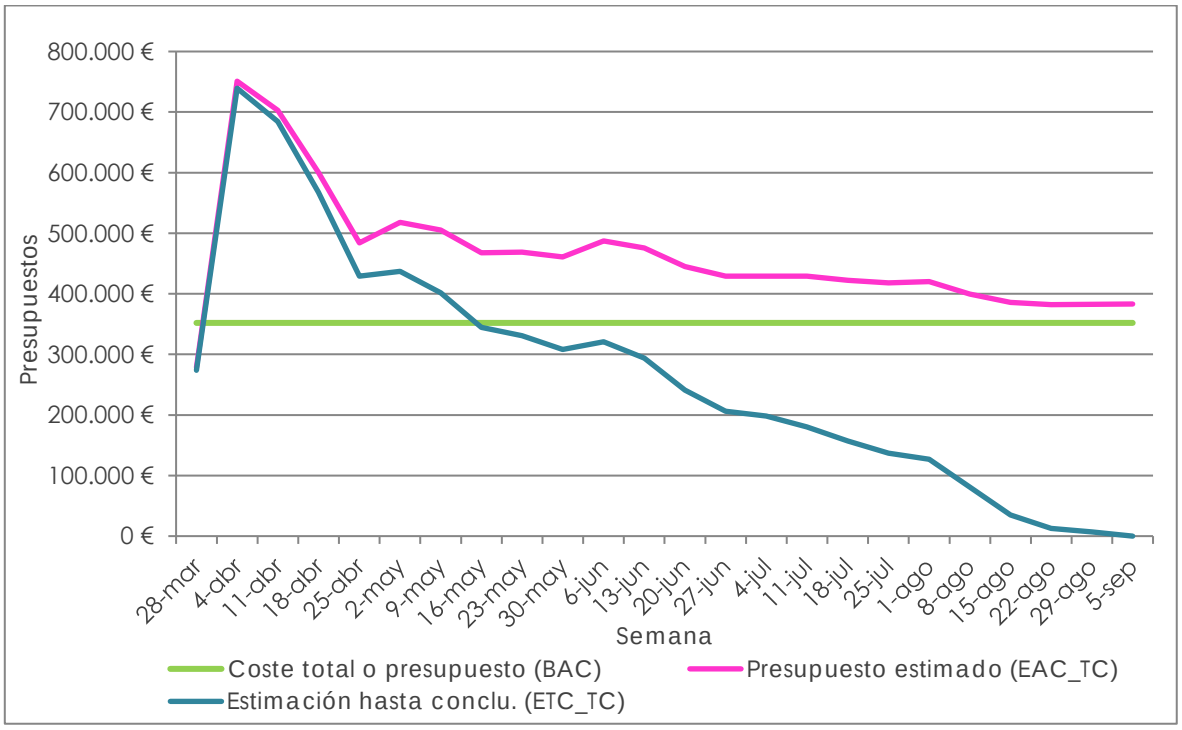


Figura 188. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{TC}). Obra nº3

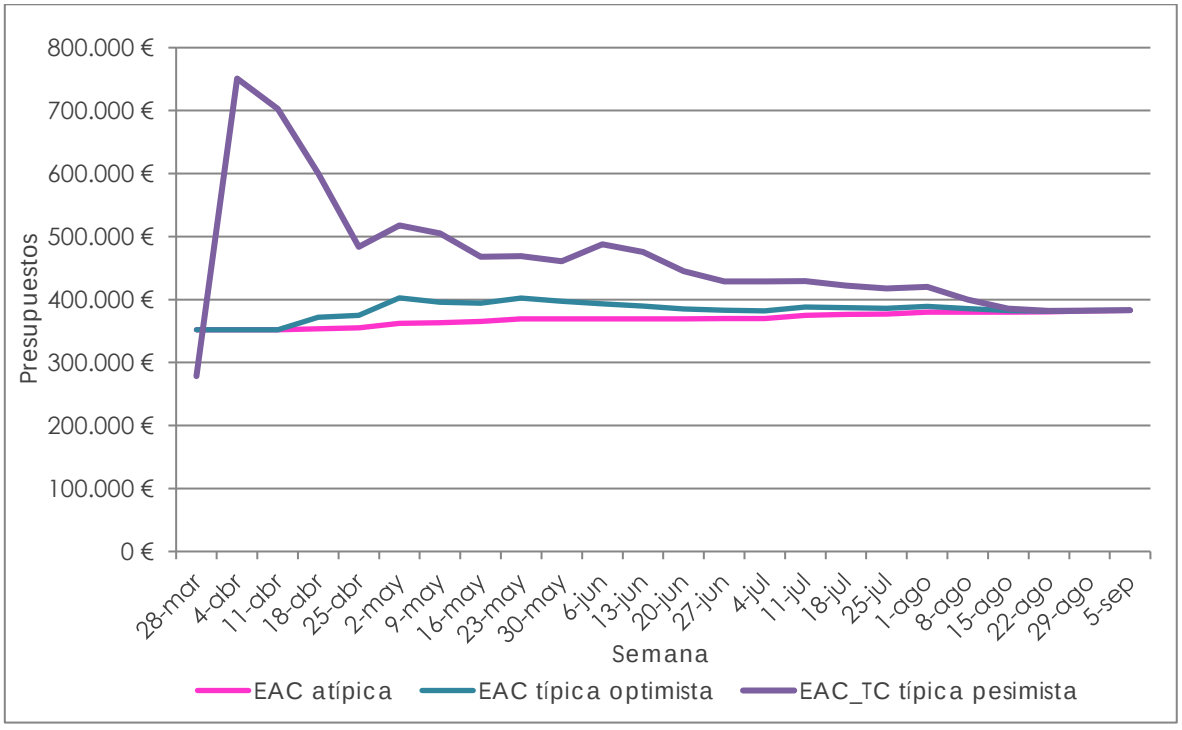
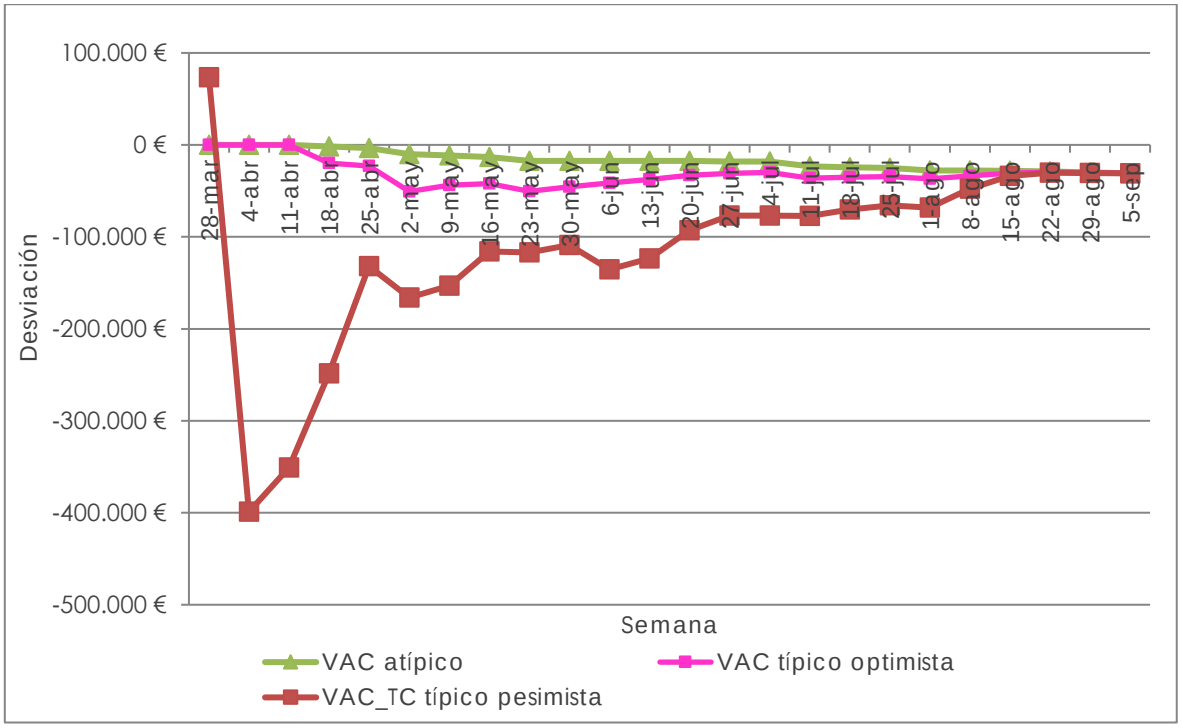


Figura 189. Variación a la conclusión (VAC_{TC}). Obra nº3



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%)" (ver Figura 177, Figura 178, Figura 182, respectivamente), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers del Tercio Crítico, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

D.4.3.3. Aplicación de EVM al PV_{RSEM} de la obra del caso práctico nº3

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº3, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers de la "Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados", se exponen, en la Ficha 171 y en la Ficha 172 del *Apéndice 1* del presente Anejo, siendo de la Figura 190 a la Figura 196 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 190. Análisis de flujos de caja acumulados (RSEM) y presupuesto de la obra nº3

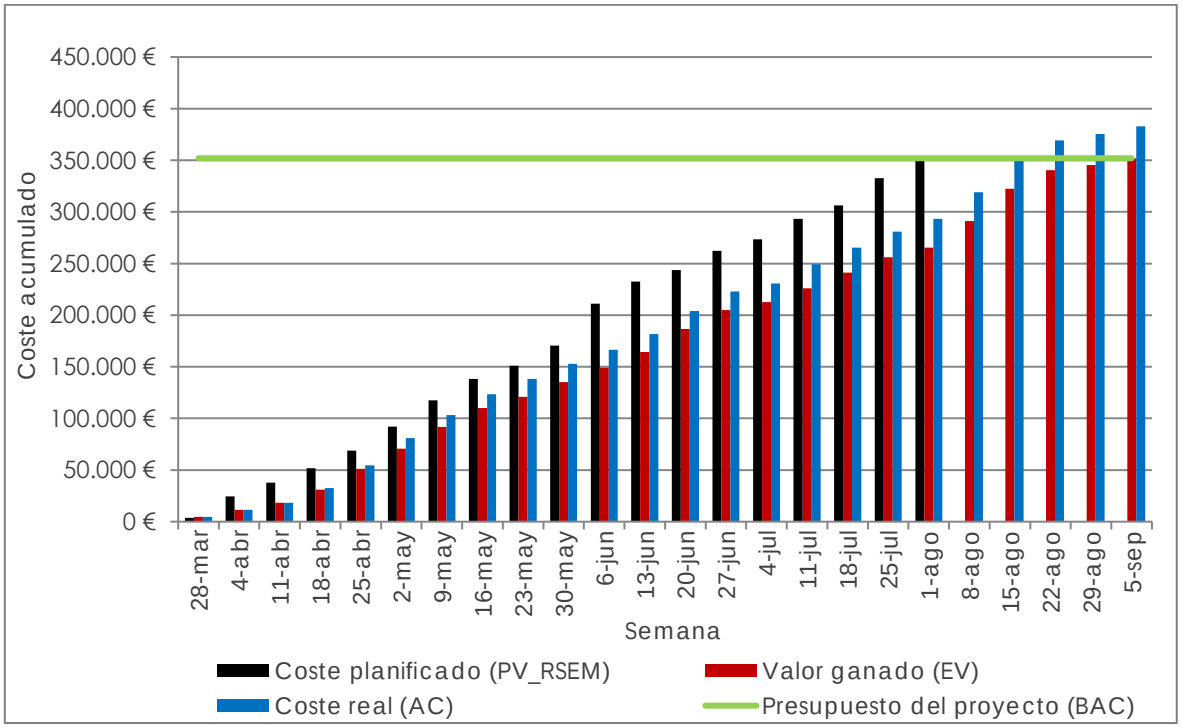


Figura 191. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (RSEM). Obra nº3

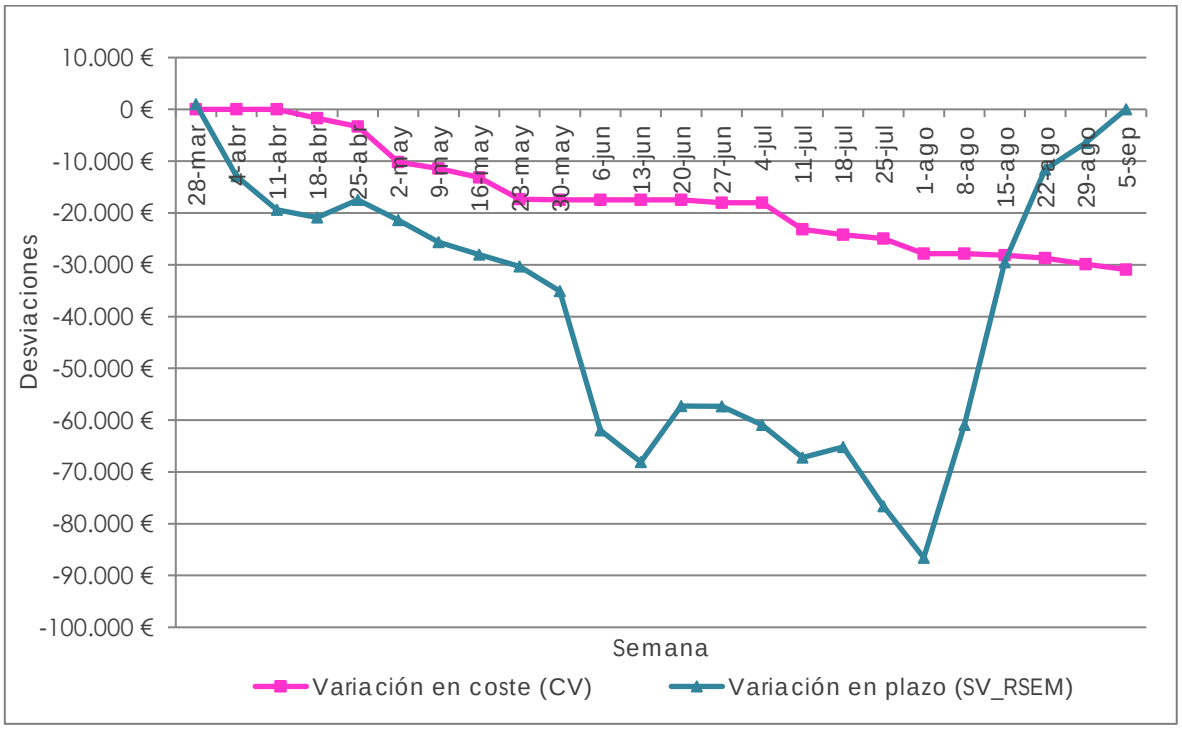


Figura 192. Evolución de las desviaciones en coste y programación (RSEM). Obra nº3

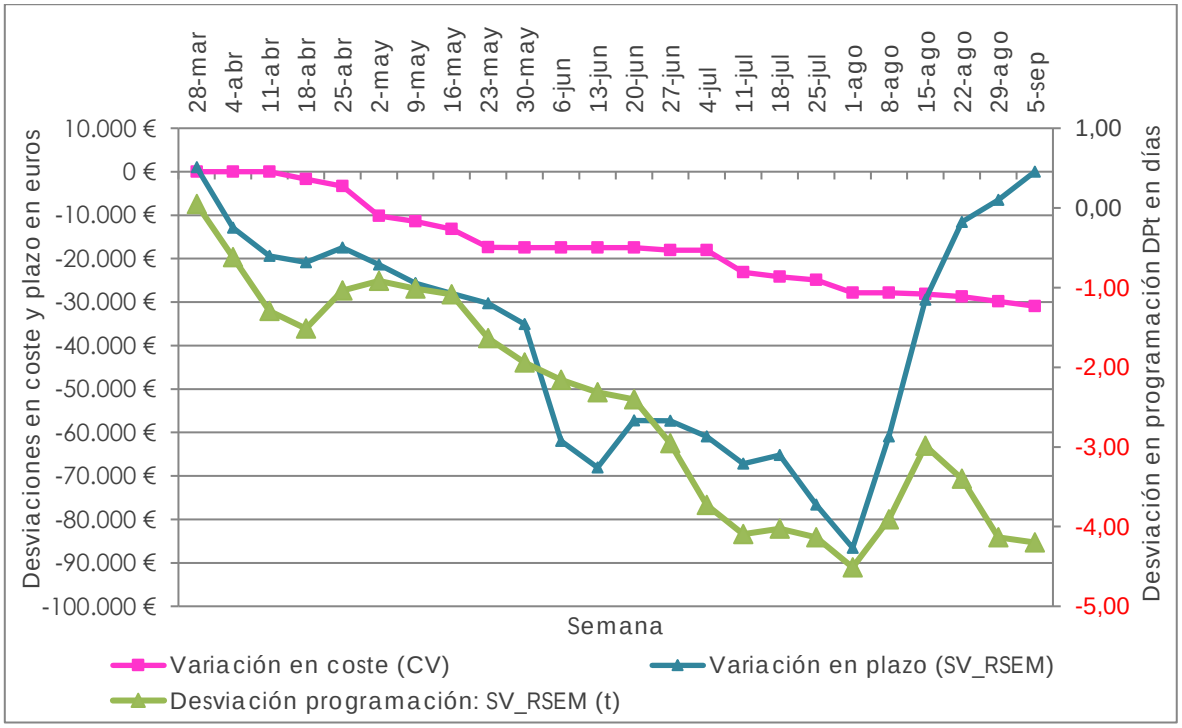


Figura 193. Evolución de los índices de eficiencia (RSEM). Obra nº3

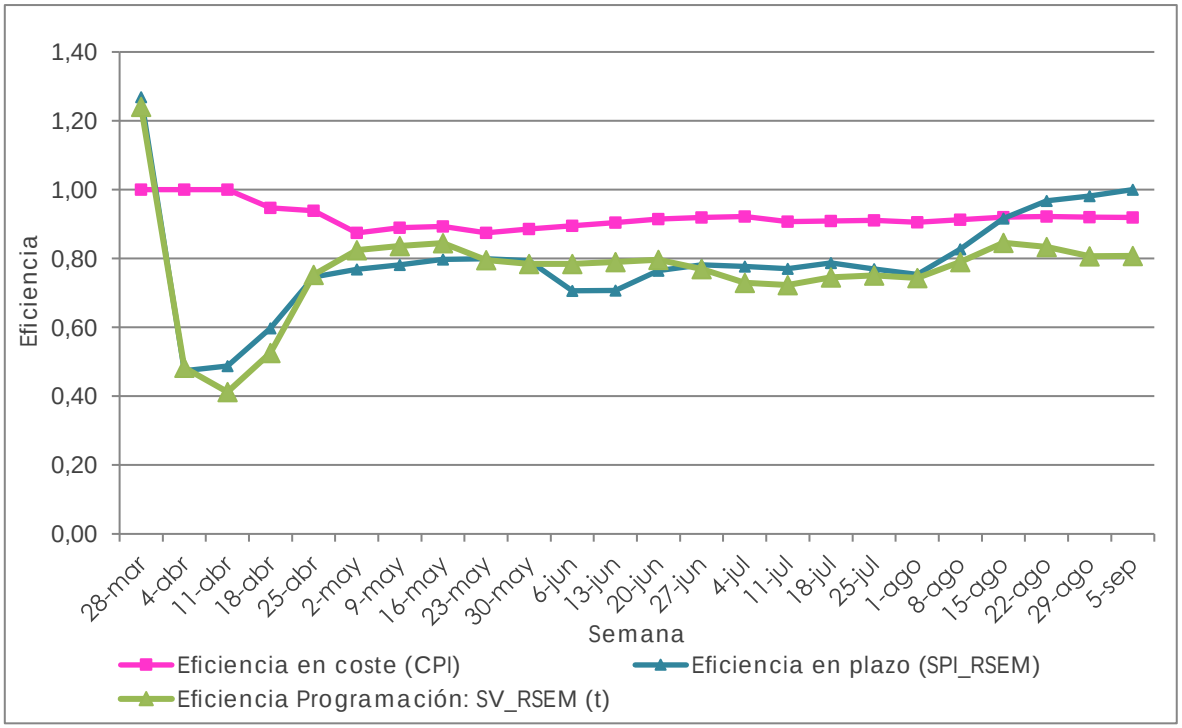


Figura 194. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (RSEM). Obra nº3

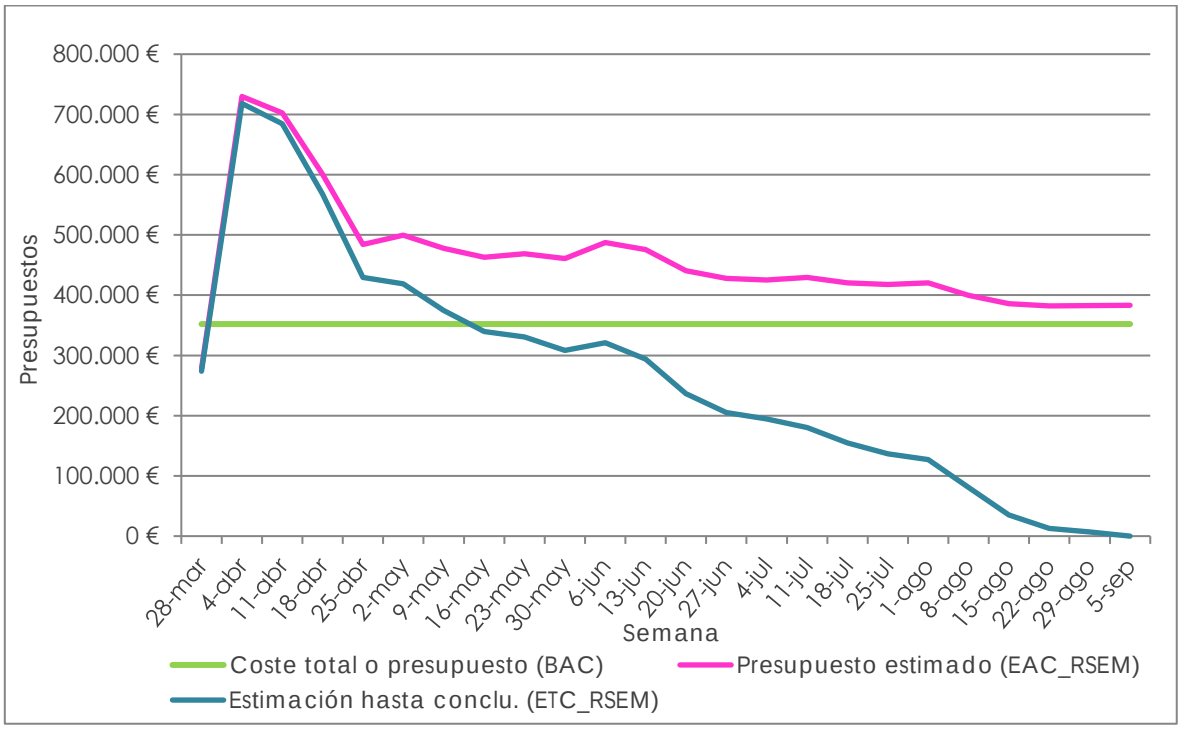


Figura 195. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{RSEM}). Obra nº3

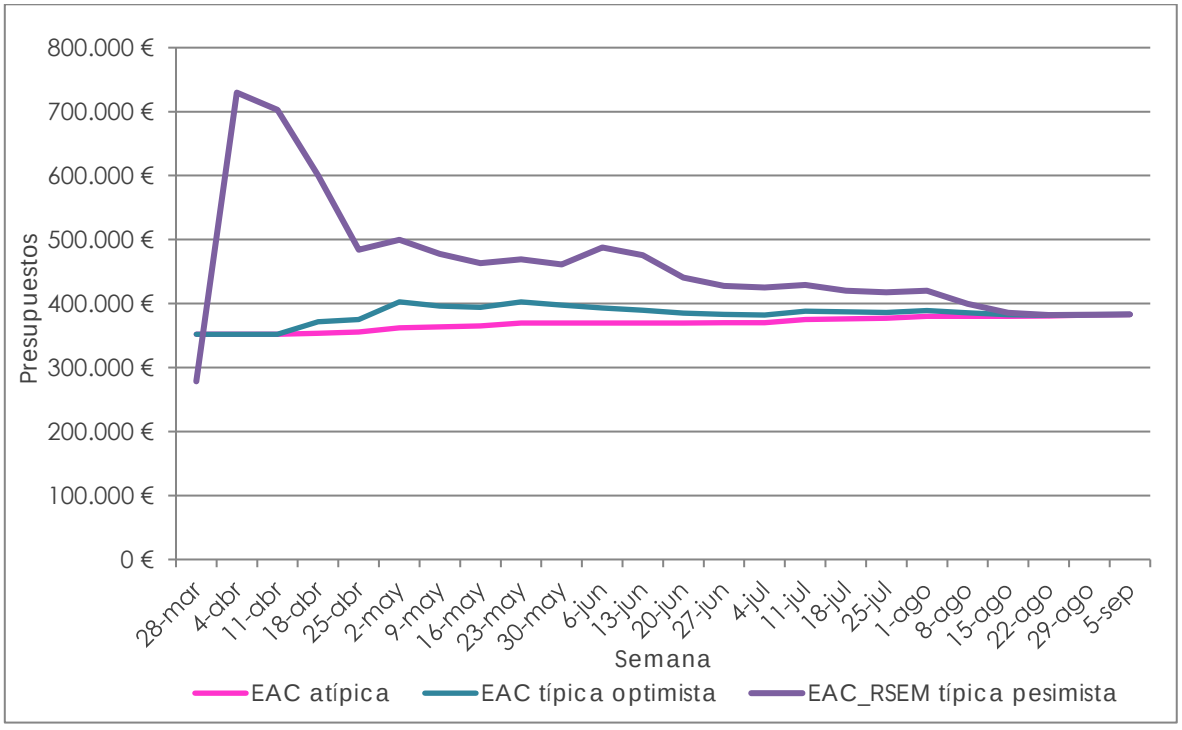
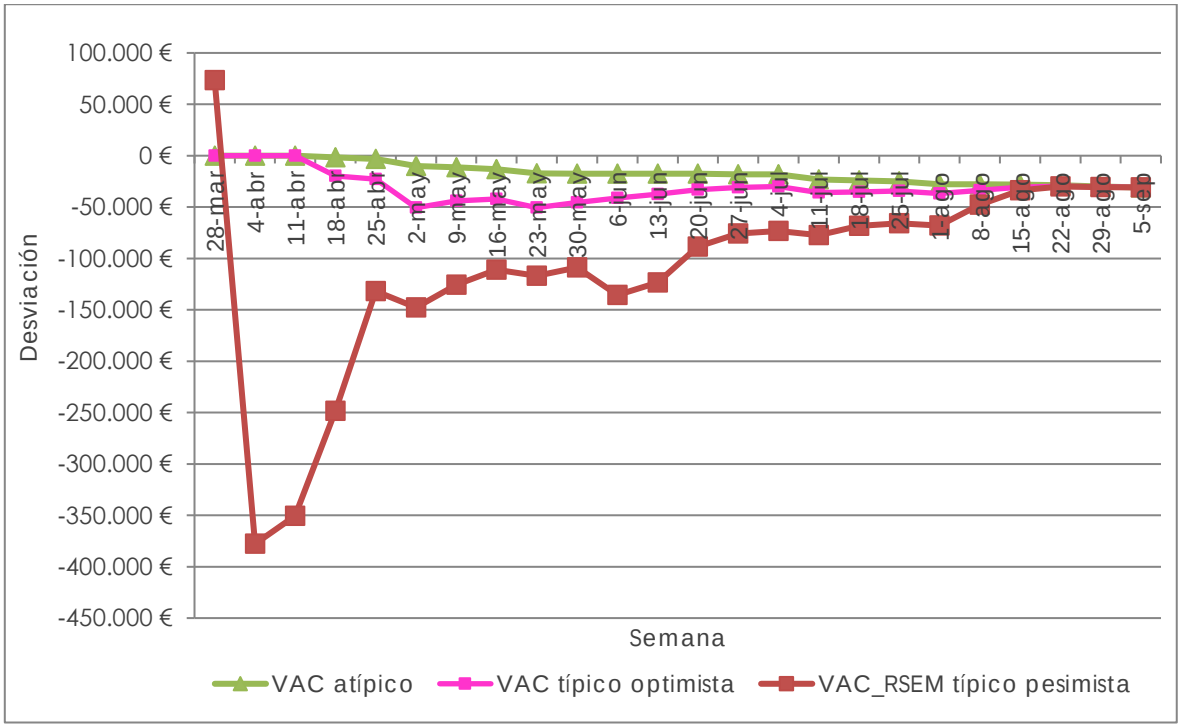


Figura 196. Variación a la conclusión (VAC_{RSEM}). Obra nº3



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%)" (ver Figura 177, Figura 178, Figura 182, respectivamente), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

D.4.3.4. Aplicación de EVM al PV_{FC} de la obra del caso práctico nº3

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método del valor ganado a la línea base de la obra nº3, calculada mediante la técnica de dimensionamiento de buffers de la "Fracción Crítica", se exponen, en la Ficha 173 y en la Ficha 174 del *Apéndice 1* del presente Anejo, siendo de la Figura 197 a la Figura 203 las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en dichas fichas.

Figura 197. Análisis de flujos de caja acumulados (FC) y presupuesto de la obra nº3

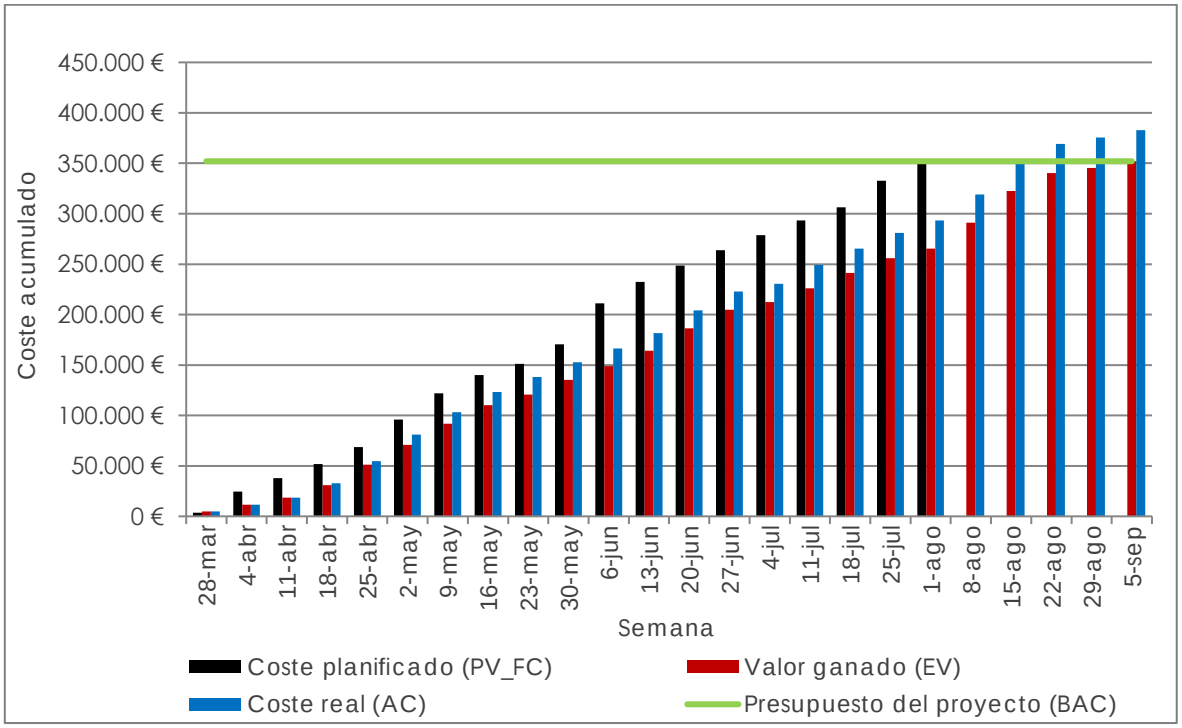


Figura 198. Desviaciones en costes y plazo acumuladas (FC). Obra nº3

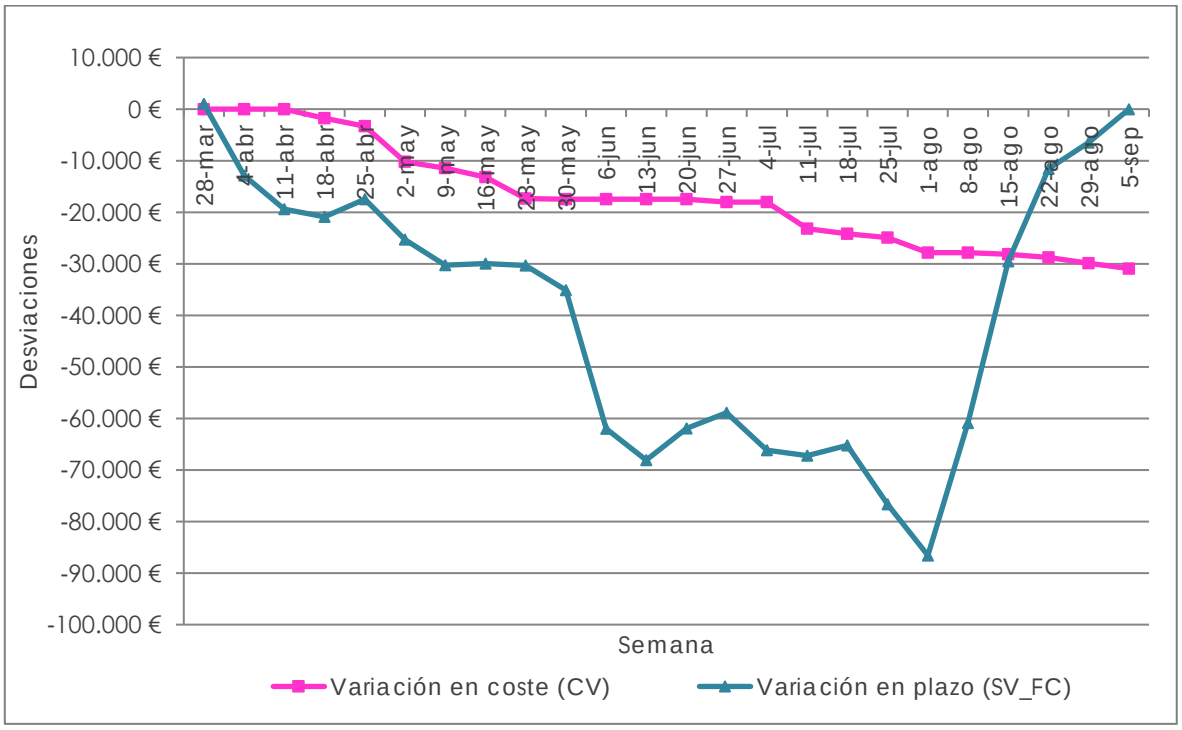


Figura 199. Evolución de las desviaciones en coste y programación (FC). Obra nº3

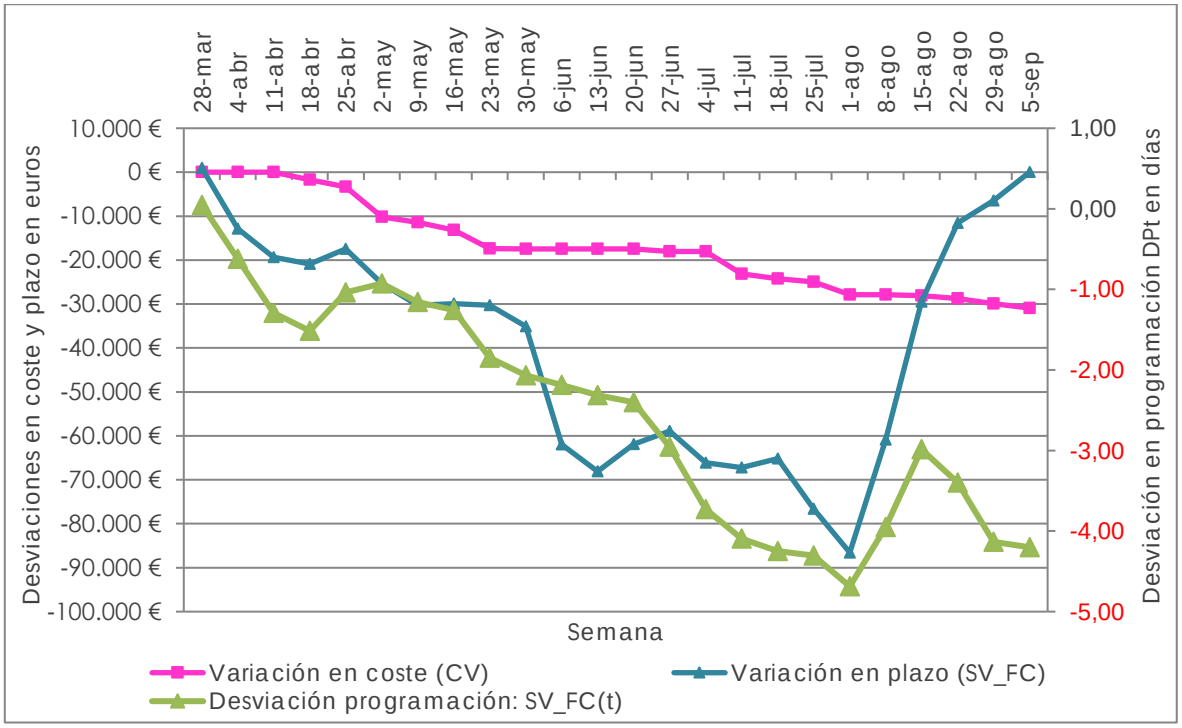


Figura 200. Evolución de los índices de eficiencia (FC). Obra nº3

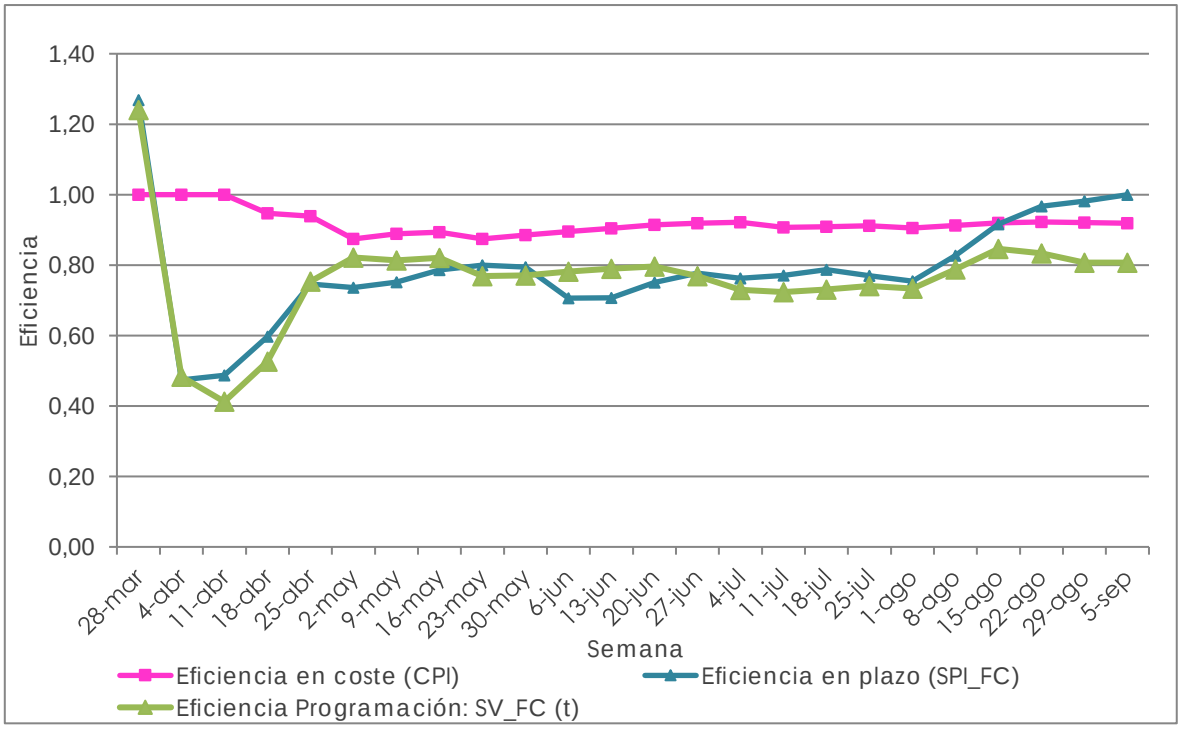


Figura 201. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas pesimistas (FC). Obra nº3

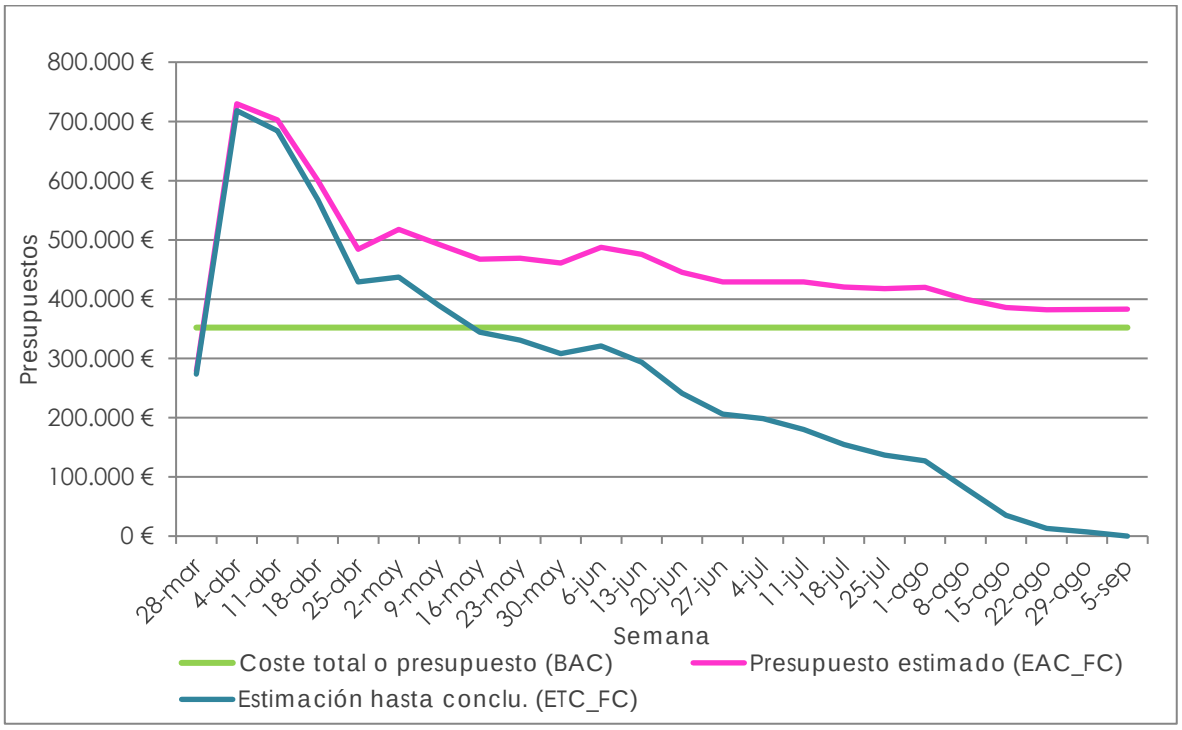


Figura 202. Evolución del presupuesto estimado a la conclusión (EAC_{FC}). Obra nº3

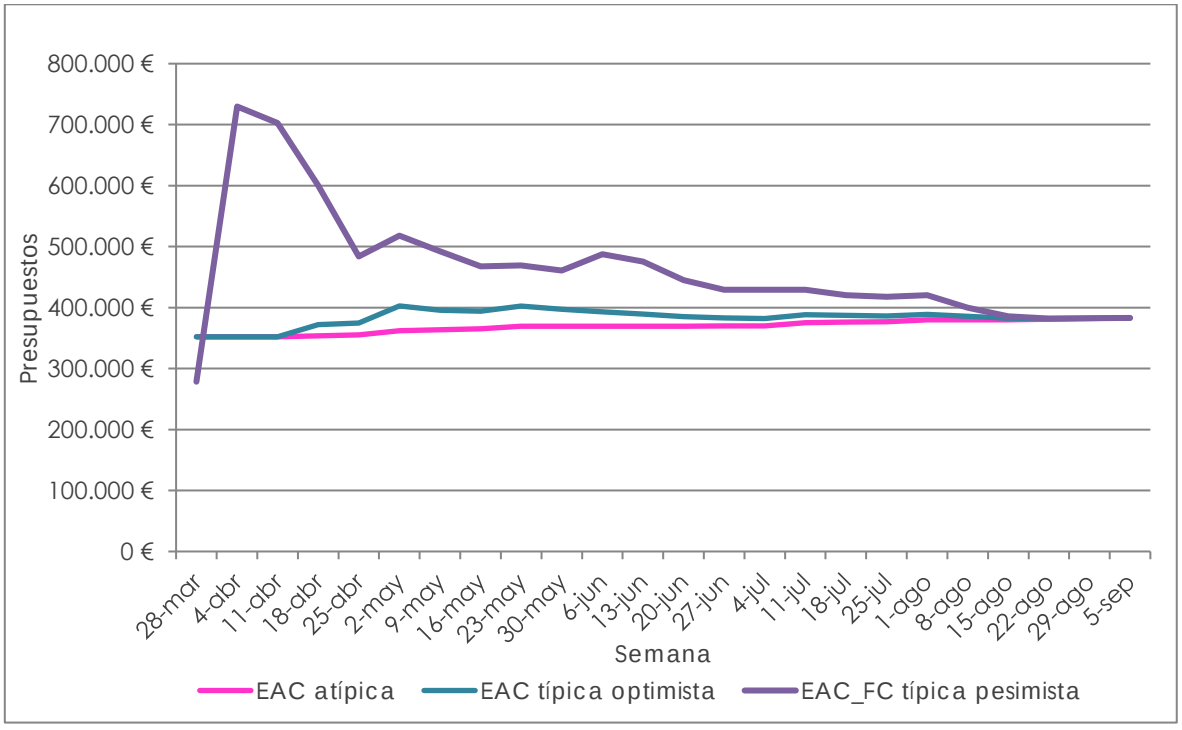
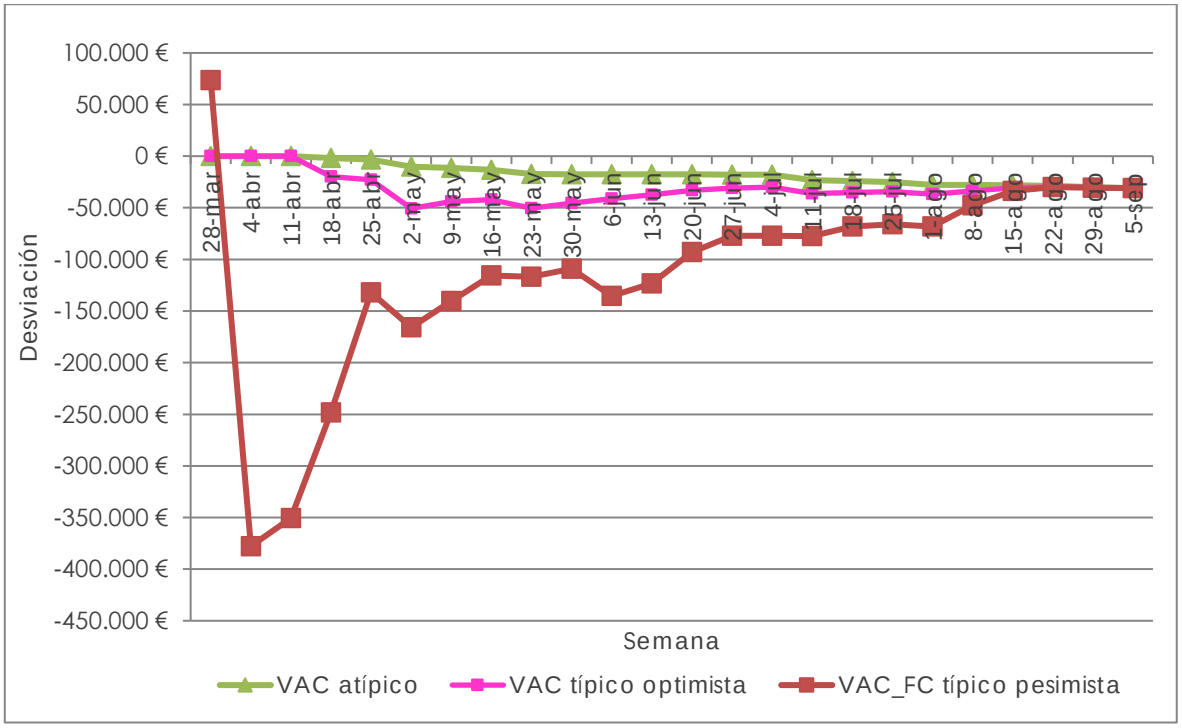


Figura 203. Variación a la conclusión (VAC_{FC}). Obra nº3



Las figuras de "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones atípicas", "Evaluación del presupuesto estimado frente al presupuesto original con desviaciones típicas optimistas" y "Porcentaje finalizado (%)" (ver Figura 177, Figura 178, Figura 182, respectivamente), obtenidas tras el cálculo de los parámetros resultantes del método de dimensionamiento de buffers de la Fracción Crítica, son las mismas que para el resto de técnicas de determinación del tamaño de los amortiguadores al no influir el componente de plazo en ninguno de los factores analizados en dichas gráficas.

D.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM

La combinación de las metodologías del valor ganado y de la cadena crítica mediante la aplicación de la Ecuación 27, de elaboración propia, favorece el cálculo del grado de consumo de los buffers de manera analítica durante la etapa de seguimiento y control de los proyectos.

Ecuación 27. Fórmula para el cálculo del porcentaje de buffer consumido

$$\%\ buffer\ consumido\ (\%CB) = -\left(\frac{ES - t_C}{t_{PB}}\right) \cdot 100 = -\left(\frac{SV(t)}{t_{PB}}\right) \cdot 100$$

donde:

ES : programación ganada (valor determinado en el punto "*D.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*").

t_C : tiempo de control.

$SV(t)$: desviación en programación → $SV(t) = ES - t_C$

t_{PB} : duración del buffer de proyecto calculados según las metodologías de dimensionamiento de buffers (valores obtenidos en el apartado "*D.3.5.1. Cálculo del tamaño de los buffers*"):

(9) t_{PB_CP} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de "Cortar y Pegar" (CP)

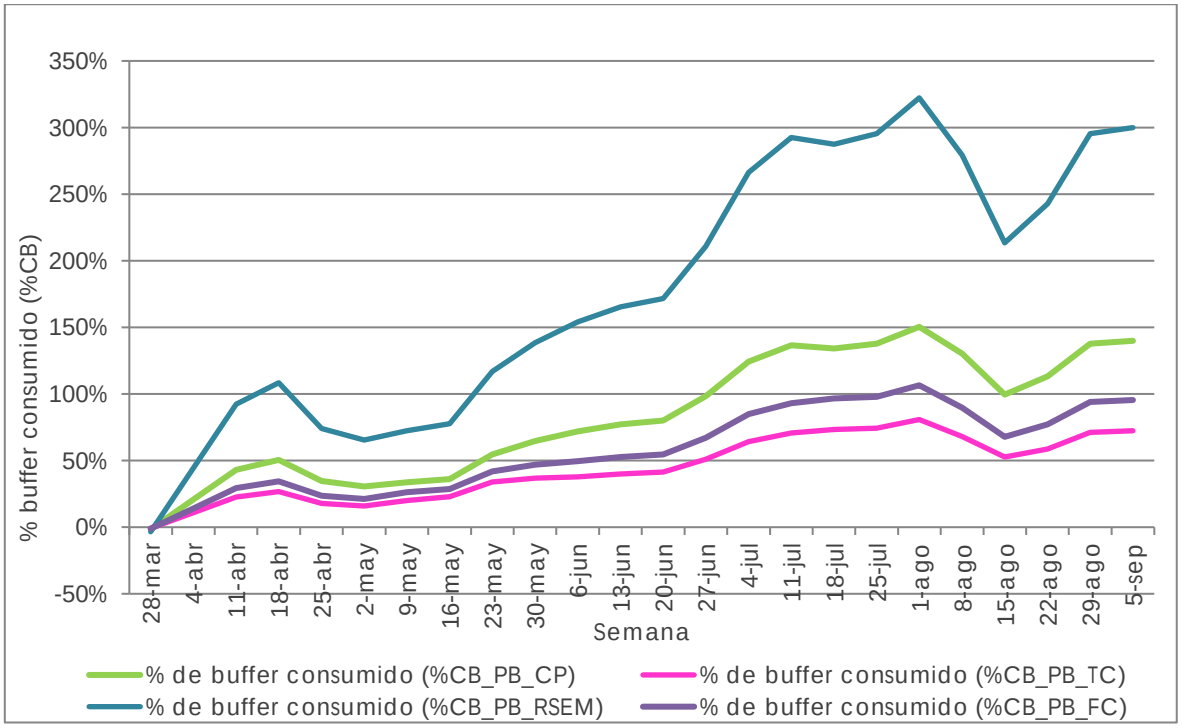
(10) t_{PB_TC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método del Tercio Crítico (TC)

(11) t_{PB_RSEM} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados (RSEM)

(12) t_{PB_FC} : Duración del buffer de proyecto calculado mediante el Método de la Fracción Crítica (FC)

Los resultados obtenidos tras la implementación de la Ecuación 27 para cada uno de los métodos de dimensionamiento de buffers utilizados se encuentran recogidos en la Ficha 175 y en la Ficha 176 del *Apéndice 1* de este Anejo, siendo la Figura 204 la representación gráfica de los valores resultantes.

Figura 204. %CB aplicando EVM a la totalidad del proyecto. Obra nº3



D.4.5. Fase 5: Diseño de las Fever Chart

El empleo de los denominados Fever Chart durante la etapa de seguimiento del proyecto permite comprender, de una manera sencilla y mediante una simple visual, el progreso de la obra de estudio.

Para el desarrollo de estos gráficos (ver de la Figura 205 a la Figura 208), en la Tabla 219 se resumen los parámetros imprescindibles para su elaboración, los cuales ya han sido calculados en apartados anteriores ("*D.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*" y "*D.4.4. Fase 4: Análisis del Consumo de los Buffers mediante la Aplicación de EVM al CCPM*").

Tabla 219. Datos necesarios para el diseño de las Fever Chart de la obra nº3

SEMANA		28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16
% de proyecto finalizado		1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	-1,60%	20,67%	43,10%	50,55%	34,57%
	% CB_{PB_TC}	-0,80%	10,91%	22,70%	26,66%	17,88%
	% CB_{PB_RSEM}	-3,44%	44,30%	92,35%	108,32%	74,08%
	% CB_{PB_FC}	-1,09%	14,10%	29,39%	34,47%	23,57%

SEMANA		02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16
% de proyecto finalizado		20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	30,51%	33,78%	36,21%	54,55%	64,66%
	% CB_{PB_TC}	15,99%	19,96%	22,92%	34,03%	36,93%
	% CB_{PB_RSEM}	65,38%	72,40%	77,60%	116,89%	138,56%
	% CB_{PB_FC}	21,08%	26,31%	28,58%	41,98%	46,96%

SEMANA		06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16
% de proyecto finalizado		42,35%	46,68%	52,99%	58,20%	60,38%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	71,94%	77,18%	80,10%	98,41%	124,32%
	% CB_{PB_TC}	37,69%	39,92%	41,43%	50,90%	64,30%
	% CB_{PB_RSEM}	154,16%	165,38%	171,64%	210,88%	266,40%
	% CB_{PB_FC}	49,67%	52,62%	54,61%	67,10%	84,76%

SEMANA		11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16
% de proyecto finalizado		64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	136,53%	134,15%	137,83%	150,40%	130,33%
	% CB_{PB_TC}	70,62%	73,28%	74,24%	80,81%	68,09%
	% CB_{PB_RSEM}	292,57%	287,46%	295,34%	322,28%	279,28%
	% CB_{PB_FC}	93,09%	96,59%	97,86%	106,52%	89,76%

SEMANA		15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16	12/09/16
% de proyecto finalizado		91,62%	96,71%	98,16%	100,00%	
% de buffer consumido	% CB_{PB_CP}	99,57%	113,26%	137,82%	140,00%	
	% CB_{PB_TC}	52,73%	58,58%	71,29%	72,41%	
	% CB_{PB_RSEM}	213,36%	242,70%	295,33%	300,00%	
	% CB_{PB_FC}	67,89%	77,22%	93,97%	95,45%	

Figura 205. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers CP

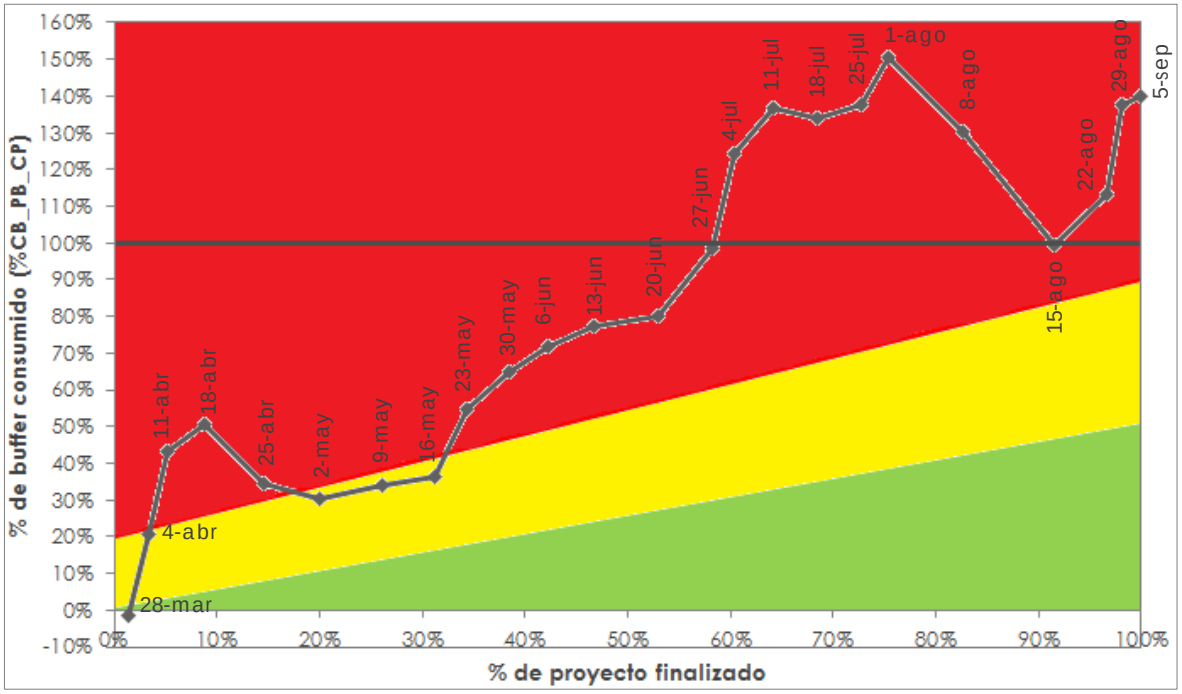


Figura 206. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers TC

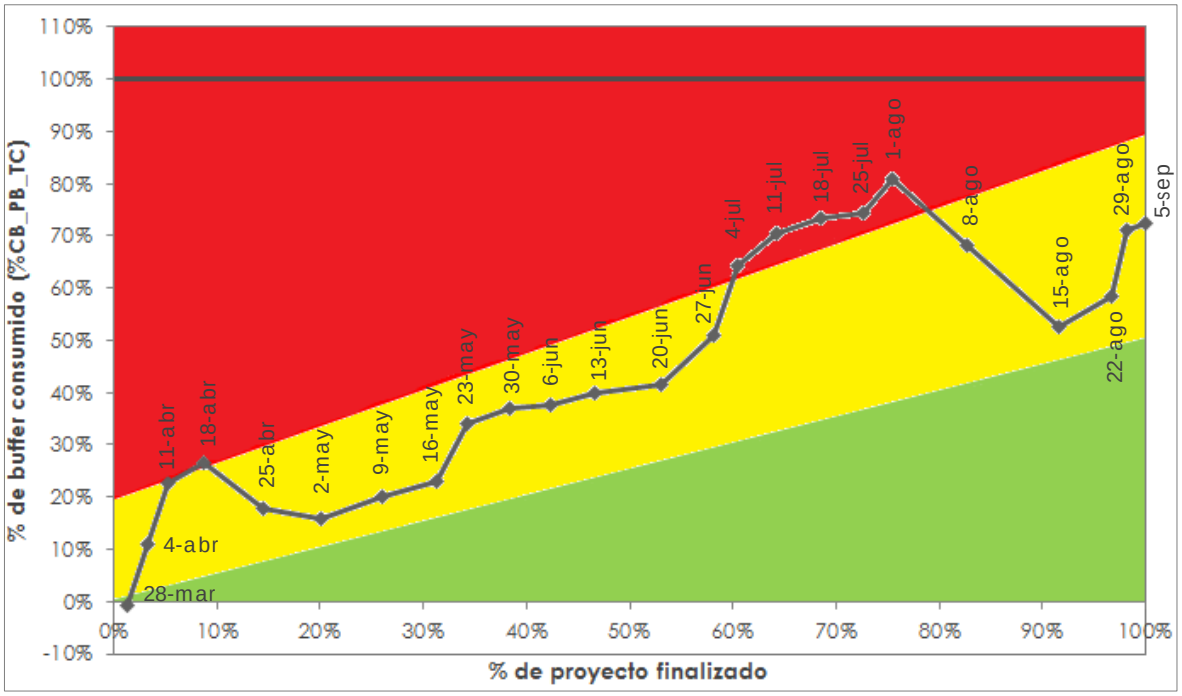


Figura 207. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers RSEM

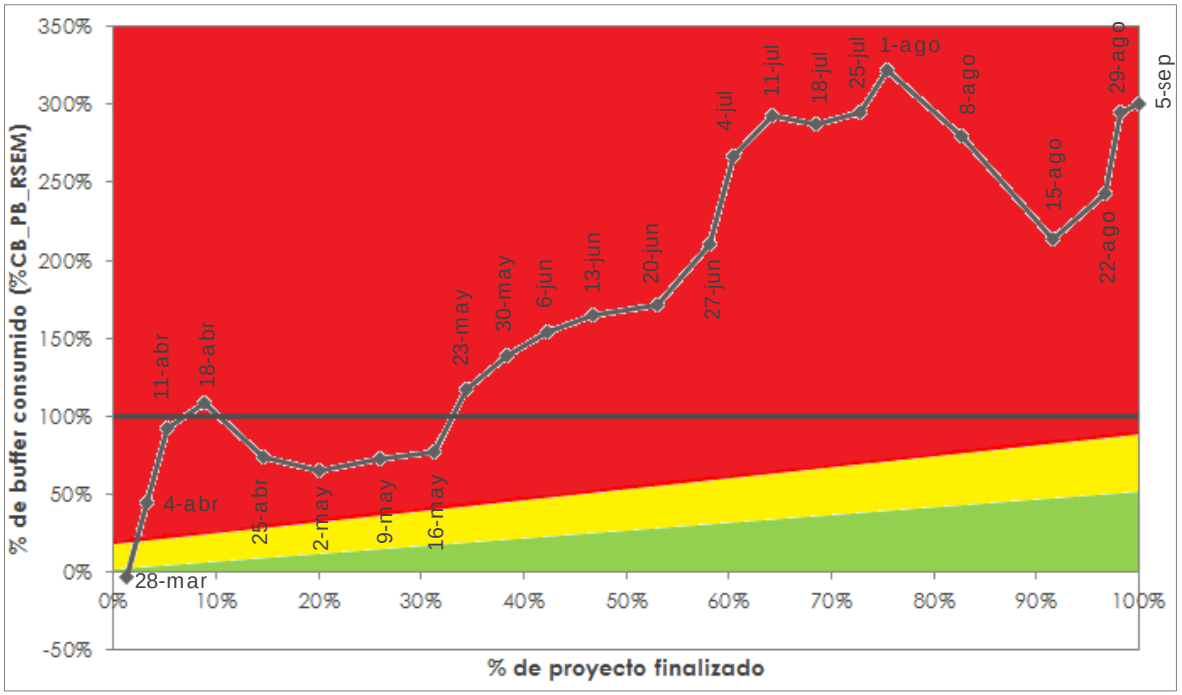
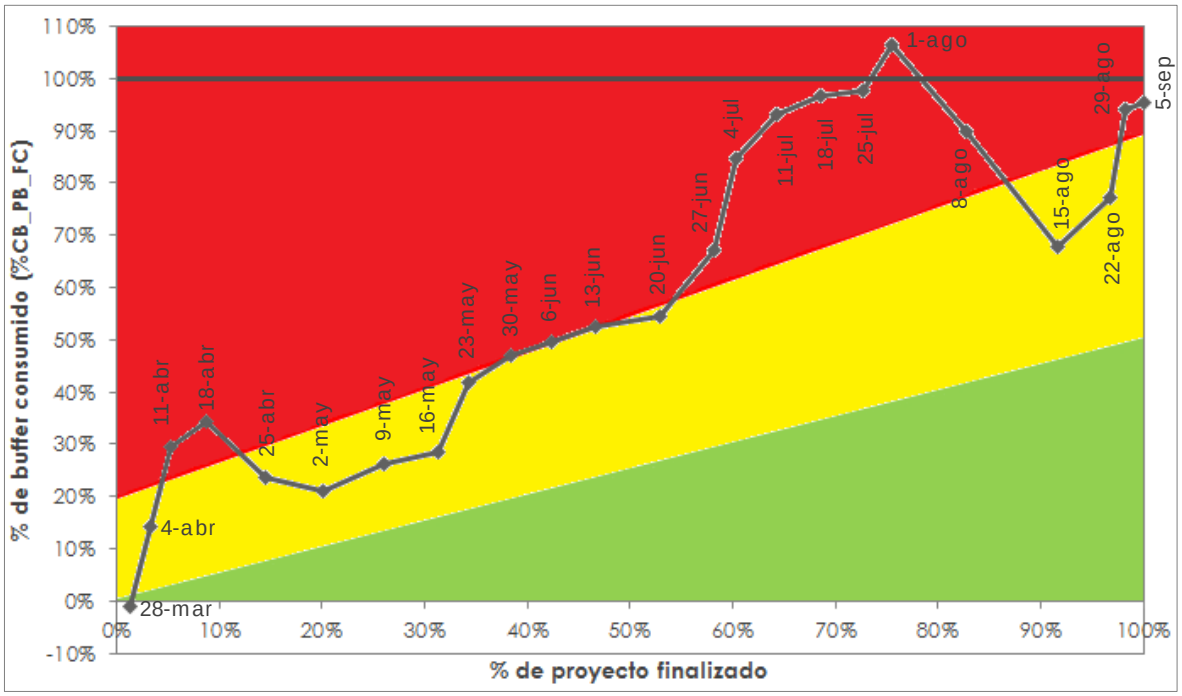


Figura 208. Fever Chart de la obra nº3 programada mediante el método de dimensionamiento de buffers FC



Para el proyecto de estudio, las líneas que definen las diferentes regiones de las gráficas Fever Chart se diseñaron para un mayor control de la obra tanto al inicio como al final de ésta.

D.4.6. Fase 6: Toma de Decisiones

El seguimiento de la obra de estudio, mediante la aplicación del procedimiento de gestión de proyectos desarrollado por la presente investigación, fue realizado desde la perspectiva de la administración, siendo el objeto de la misma el control de los trabajos realizados por la UTE adjudicataria para un conocimiento efectivo del estado real de las obras.

En este caso, la toma de decisiones, correspondientes a la corrección de los tiempos de realización de las actuaciones para la entrega de la obra en la fecha marcada, fue competencia del director de obra de la propia UTE, en conjunto con las directrices o advertencias recibidas por parte del director de obra contratado por la administración y totalmente externo a las empresas responsables de la ejecución de los trabajos.

D.5. MODELO SIMPLIFICADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Tal y como ya se ha indicado en apartados anteriores ("*D.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*"), la CC inicialmente proyectada sufrió modificaciones, variándose la secuencia de actividades establecida como crítica.

Con motivo a los cambios producidos, el cálculo del consumo de buffers y del avance del proyecto atendiendo únicamente a la cadena crítica de origen es impracticable, por lo que no es posible la utilización del procedimiento descrito en el apartado "*4.5. Modelo Simplificado de Gestión de Proyectos*", siendo efectivo el seguimiento ya realizado a la totalidad de la obra mediante la integración del EVM y el CCPM en el punto "*D.4. Procedimiento de Seguimiento y Control de la Obra de Estudio Nº3*" de la presente tesis.

D.6. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS MEDIANTE EL MÉTODO TRADICIONAL EVM

Posteriormente a la finalización del caso de estudio nº3, se ha analizado el desarrollo de las obras aplicando alguno de los métodos tradicionales de dirección de proyectos. Para dicha evaluación se ha escogido la utilización del procedimiento del valor ganado, al haber sido introducido en la metodología propuesta, basada en las técnicas de la cadena crítica, como un procedimiento complementario.

D.6.1. Variables del EVM

A partir de los datos disponibles del proyecto de estudio, y los obtenidos durante la ejecución de las obras, se han calculado los parámetros e índices propios del método del valor ganado.

D.6.1.1. Valor Planificado del Trabajo Programado de Forma Tradicional (PV_T)

El Diagrama de Gantt expuesto de la Ficha 106 a la Ficha 108 del *Apéndice 1* este Anejo muestra la planificación diseñada por la UTE adjudicataria de la obra, bajo los criterios de los métodos tradicionales de gestión de proyectos, presentada en el momento de la licitación de la misma, la cual sirve de base para la distribución en el tiempo de los valores del PV_T de cada una de las actividades que conforman la EDT del caso nº3, tal y como se muestra en la Ficha 177 y en la Ficha 178 del *Apéndice 1* de este Anejo.

Los costes totales presupuestados del trabajo programado de manera tradicional (PV_T) para la Obra de Concejo, con carácter semanal y acumulado, se recogen en la Tabla 220 y en la Tabla 221. Estos valores han sido representados gráficamente en la Figura 209.

Tabla 220. PV_T diario y acumulado de la obra nº3. Semana: 28/03/2016 – 25/04/2016

SEMANA		28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016
PV_T	SEMANAL	2.969,62 €	17.166,96 €	13.603,86 €	14.426,61 €	21.638,87 €
	A ORIGEN	2.969,62 €	20.136,58 €	33.740,44 €	48.167,05 €	69.805,92 €

Tabla 221. PV_T diario y acumulado de la obra nº3. Semana: 02/05/2016 – 12/09/2016

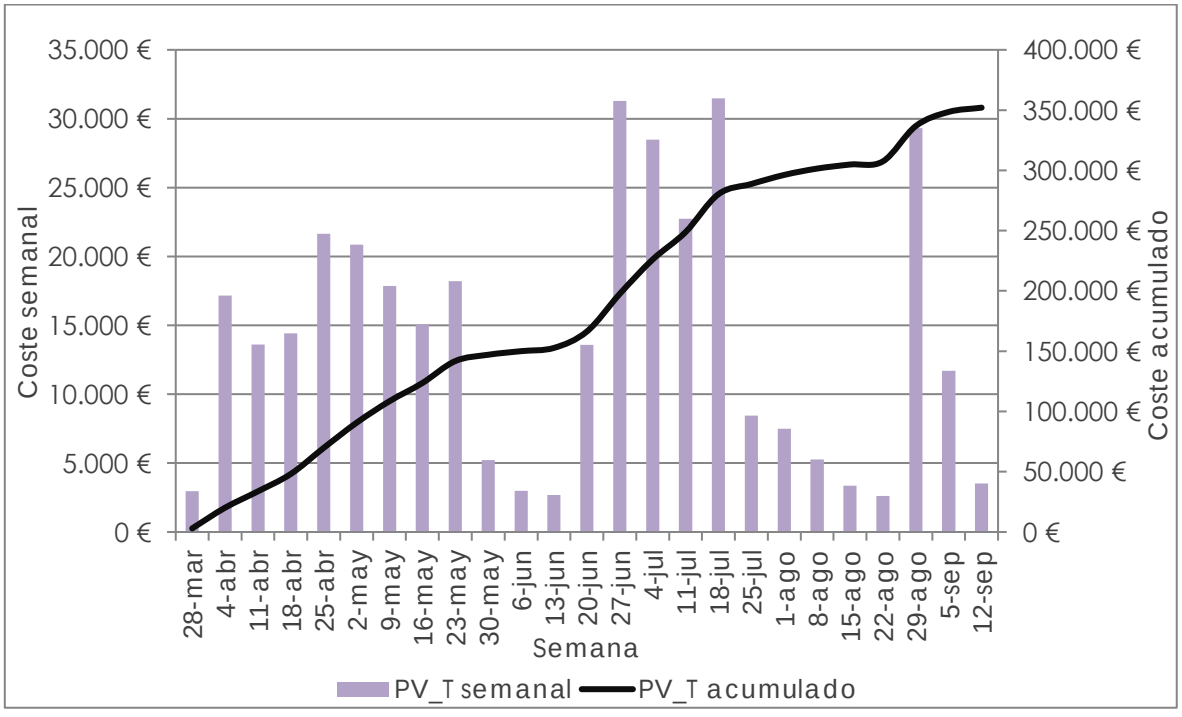
SEMANA		02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016
PV_T	SEMANAL	20.860,93 €	17.866,85 €	15.062,53 €	18.216,15 €	5.219,11 €
	A ORIGEN	90.666,84 €	108.533,69 €	123.596,22 €	141.812,37 €	147.031,49 €

SEMANA		06/06/2016	13/06/2016	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016
PV_T	SEMANAL	2.987,49 €	2.696,86 €	13.592,21 €	31.283,68 €	28.468,74 €
	A ORIGEN	150.018,98 €	152.715,83 €	166.308,05 €	197.591,73 €	226.060,46 €

SEMANA		11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016
PV_T	SEMANAL	22.734,40 €	31.474,97 €	8.454,49 €	7.504,77 €	5.259,63 €
	A ORIGEN	248.794,86 €	280.269,83 €	288.724,32 €	296.229,10 €	301.488,72 €

SEMANA		15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016	12/09/2016
PV_T	SEMANAL	3.360,61 €	2.608,85 €	29.320,77 €	11.710,02 €	3.515,21 €
	A ORIGEN	304.849,34 €	307.458,19 €	336.778,95 €	348.488,98 €	352.004,19 €

Figura 209. Coste presupuestado del trabajo programado de forma tradicional (PV_T) de la obra nº3



D.6.1.2. Valor Ganado (EV)

Puesto que el coste presupuestado del trabajo realizado, para cada uno de los tiempos de control del proyecto (semanal para el caso de estudio), es un factor que sólo depende del avance de la obra durante la ejecución de la misma, los resultados del EV son los mismos que los indicados en el punto "*D.4.1. Fase 1: Determinación del Valor Ganado*" del presente anejo.

D.6.1.3. Coste Real (AC)

Los valores del coste real del trabajo ejecutado, para cada una de las semanas de control, son iguales a los presentados en el punto "*D.4.2. Fase 2: Identificación de los Costes Reales de la Obra*" al ser un parámetro que depende de la ejecución de la obra y no de la planificación o seguimiento de la misma.

D.6.2. Tratamiento de los Datos

En la Figura 210 se definen, a partir de los resultados acumulados indicados en el apartado "*D.6.1. Variables del EVM*", las curvas "S" del caso práctico nº3 planificado de forma tradicional.

Los valores de PV, EV y AC se han empleado para la determinación de los parámetros e indicadores propios del EVM, los cuales se encuentran recogidos en la Ficha 179 y en la Ficha 180 del *Apéndice 1* de este Anejo y han sido representados gráficamente de la Figura 211 a la Figura 215.

Es preciso destacar que, en este punto, no se exponen los cálculos ni las figuras de las estimaciones o proyecciones a la finalización atípicas y típicas optimistas, así como del porcentaje finalizado, ya que, al no ser dependientes del valor planificado (PV) ni influir en ellos el componente de plazo, dichos resultados se pueden consultar en el apartado "*D.4.3. Fase 3: Cálculo de los Parámetros e Indicadores Propios del EVM*" del presente Anejo.

Figura 210. Curvas S de la obra nº3 planificada de forma tradicional

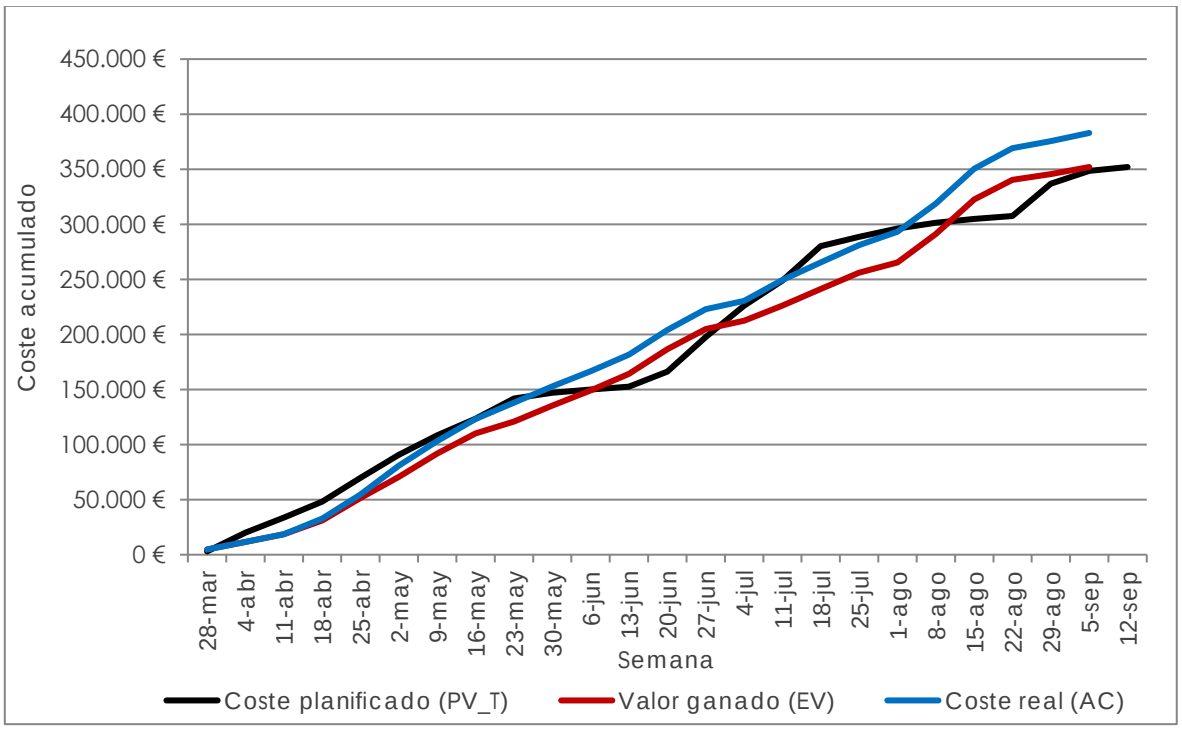


Figura 211. Análisis de flujos de caja acumulados y presupuesto del proyecto de la obra nº3. Seguimiento tradicional

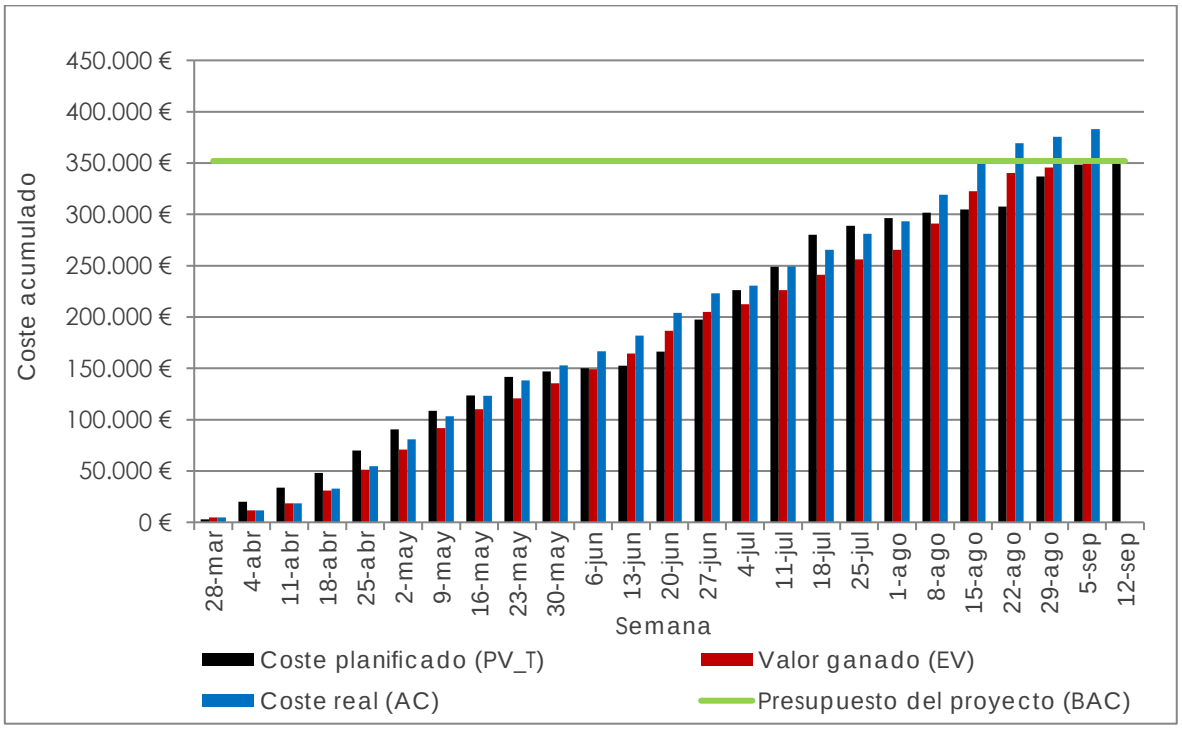


Figura 212. Desviaciones en costes y plazo acumuladas de la obra nº3. Seguimiento tradicional

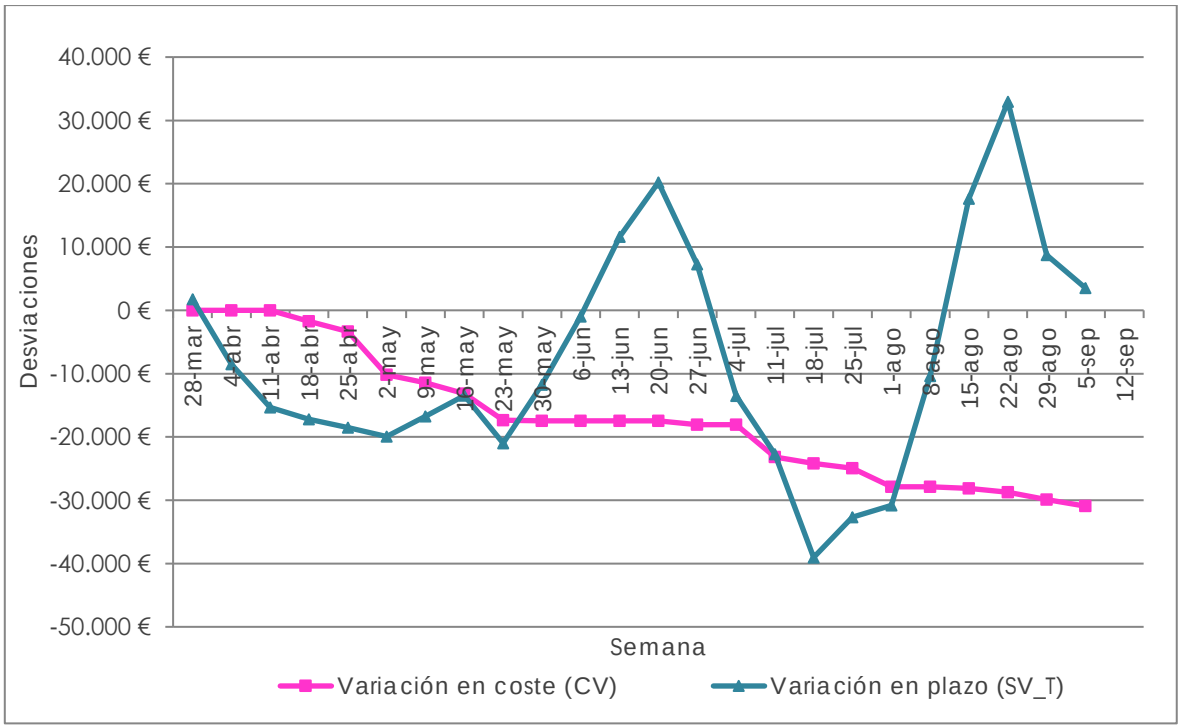


Figura 213. Evolución de las desviaciones en coste y programación de la obra nº3. Seguimiento tradicional

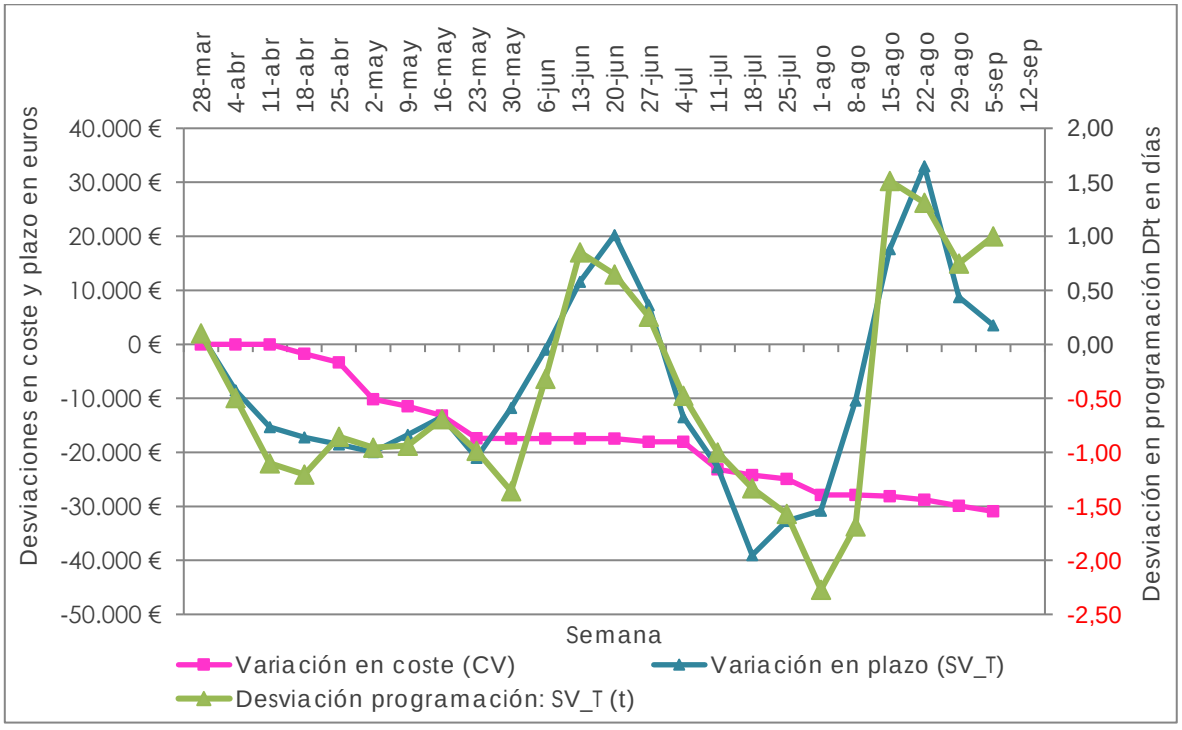


Figura 214. Evolución de los índices de eficiencia de la obra nº3. Seguimiento tradicional

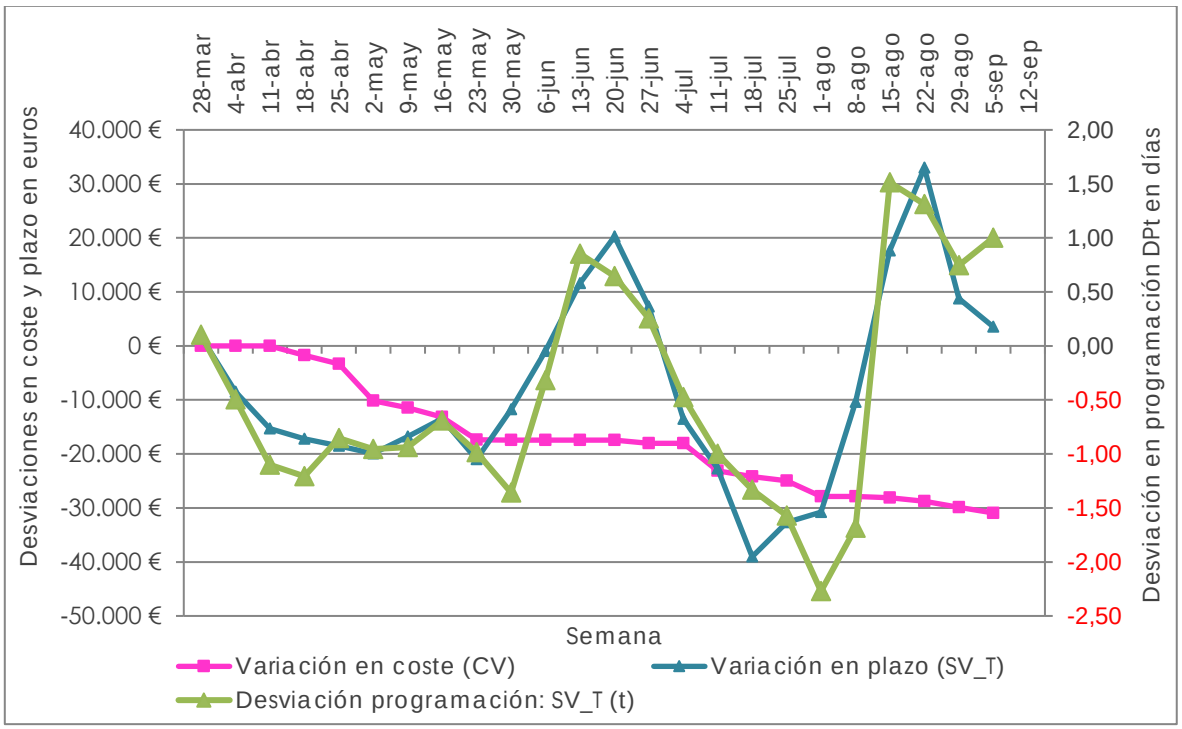
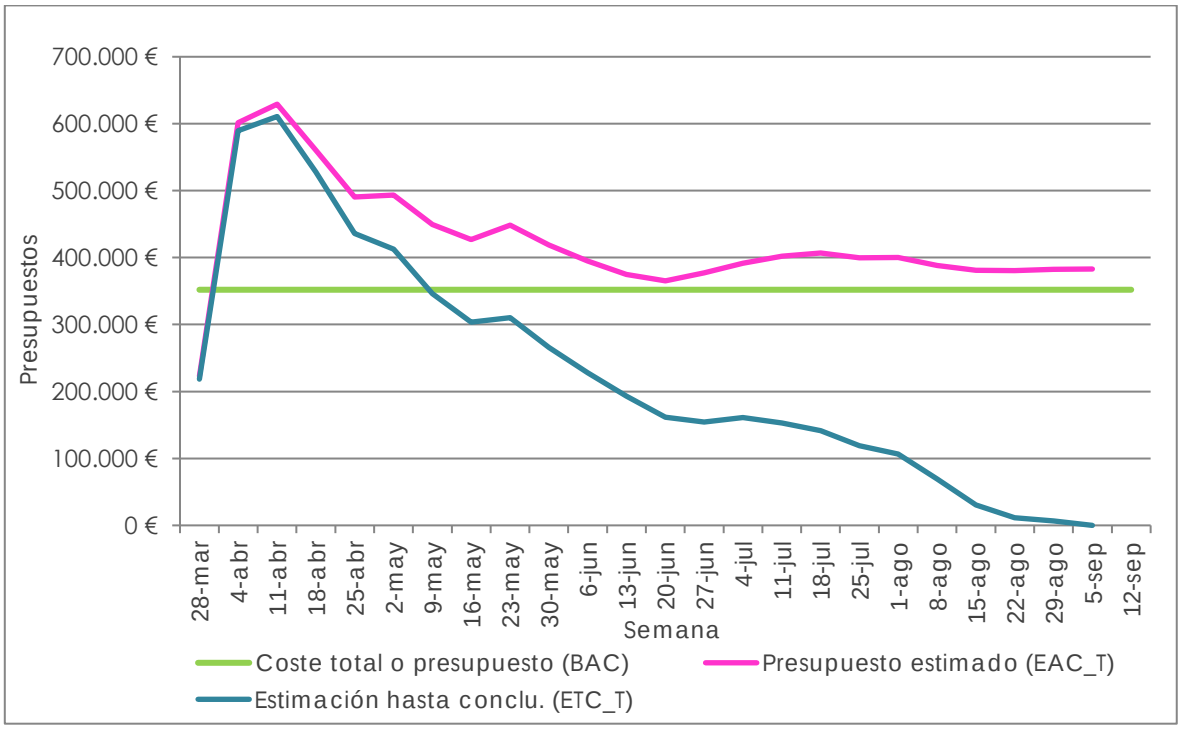


Figura 215. Evolución del presupuesto estimado frente al presupuesto original de la planificación tradicional con desviaciones típicas pesimistas. Obra nº3



De los valores obtenidos tras el tratamiento de las variables propias del EVM, se puede deducir que:

- El desempeño de las actividades, que conforman la obra del caso práctico nº3, siempre fue por delante de la línea base de proyecto definida por la UTE (PV_T), ya que fueron realmente ejecutadas bajo la influencia de los criterios de la cadena crítica, al formar parte de la psicología del trabajo la conclusión del proyecto antes de la fecha marcada en la contratación.

- La finalización de las obras de Concejo, ocho días antes de lo previsto en la planificación elaborada mediante los métodos tradicionales, evidencia la existencia de más protecciones de las realmente necesarias dentro de la duración de las actividades que forman parte de la obra.

- La programación de las obras mediante los métodos tradicionales de gestión genera un exceso en la protección de éstas, demostrando que la ejecución de los trabajos bajo la ideología del CCPM permite la conclusión de los proyectos en un menor plazo del inicialmente planificado.

APÉNDICE 1

FICHAS DE LA OBRA Nº3

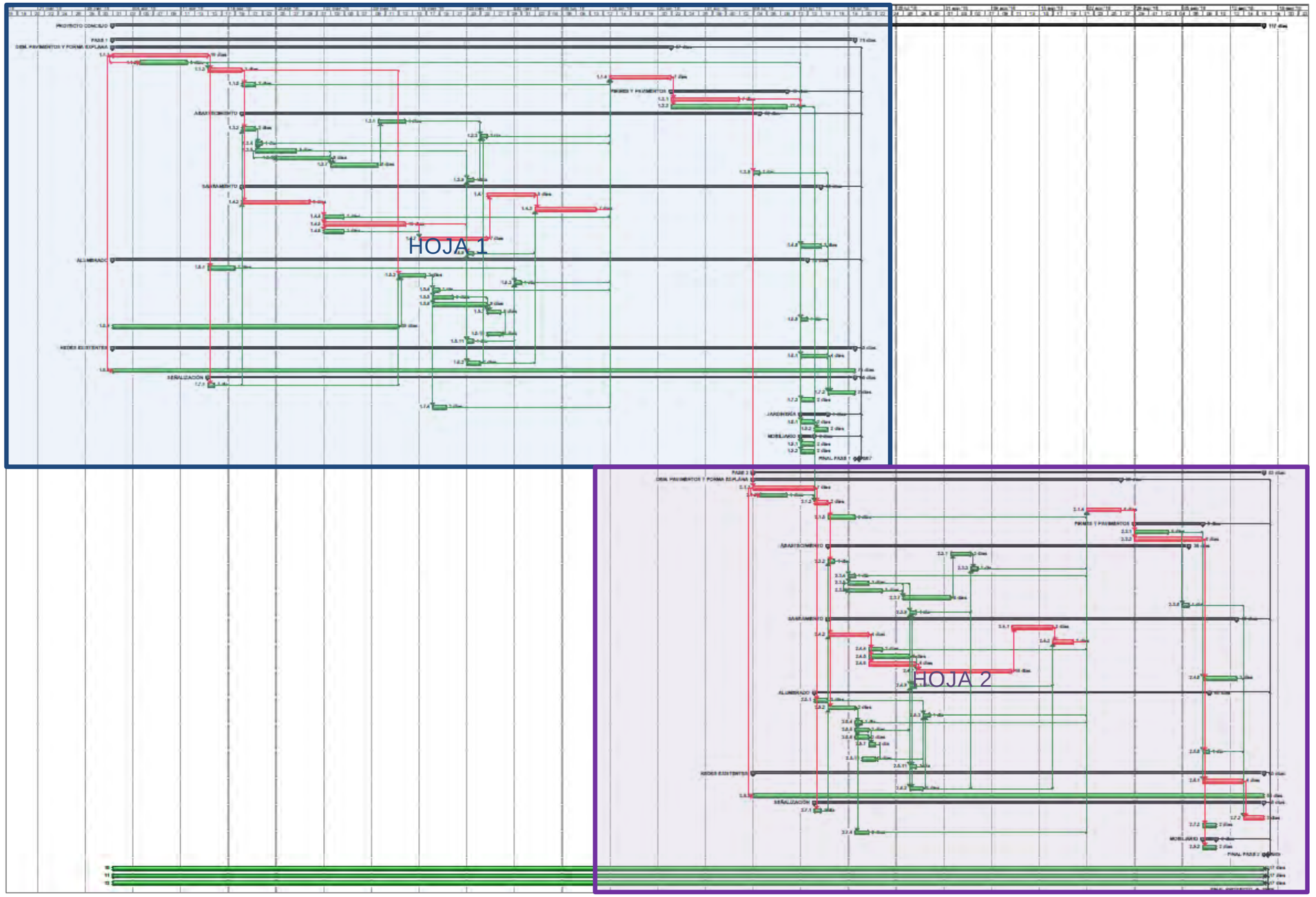
Ficha 104. Diagrama de Gantt del proyecto constructivo de la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Parte 1 de 2

		PRESUPUESTO	MES						
Código	Resumen	PEM (sin IVA)	1	2	3	4	5	6	TOTAL
C01	DEMOLICION PAVIMENTOS Y FORMACIÓN EXPLANADA								
SC01.1	DEMOLICIONES	65.657,93 €	52.526,34 €	13.131,59 €					65.657,93 €
SC01.2	LEVANTADOS	7.662,25 €	3.831,13 €	3.831,13 €					7.662,25 €
SC01.3	EXCAVACIONES	3.352,31 €		3.352,31 €					3.352,31 €
SC01.4	RELLENOS	4.235,86 €		4.235,86 €					4.235,86 €
SC01.5	TRANSPORTE DE TIERRAS	7.192,04 €		7.192,04 €					7.192,04 €
C02	FIRMES Y PAVIMENTOS								
SC02.1	FIRMES	61.524,24 €					49.219,39 €	12.304,85 €	61.524,24 €
SC02.2	PAVIMENTOS	72.716,15 €					36.358,08 €	36.358,08 €	72.716,15 €
C03	ABASTECIMIENTO								
SC03.1	DEMOLICIÓN	9.848,39 €		6.893,87 €	2.954,52 €				9.848,39 €
SC03.2	PREPARACIÓN DE ZANJAS	2.668,65 €		1.868,06 €	800,60 €				2.668,65 €
SC03.3	RELLENOS	580,97 €		406,68 €	174,29 €				580,97 €
SC03.4	TRANSPORTE DE TIERRAS	521,28 €		364,90 €	156,38 €				521,28 €
SC03.5	TUBERÍA	21.771,53 €			15.240,07 €	6.531,46 €			21.771,53 €
SC03.6	ELEMENTOS	14.932,62 €			2.986,52 €	11.946,10 €			14.932,62 €
SC03.7	ACOMETIDAS	8.292,96 €			1.658,59 €	6.634,37 €			8.292,96 €
SC03.8	REPOSICIONES	279,99 €			56,00 €	223,99 €			279,99 €
SC03.9	HORMIGONADO CRUCE	249,94 €				249,94 €			249,94 €
C04	SANEAMIENTO								
SC04.1	DEMOLICIÓN	12.916,99 €		9.041,89 €	3.875,10 €				12.916,99 €
SC04.2	PREPARACIÓN DE ZANJAS	31.500,64 €		22.050,44 €	9.450,19 €				31.500,64 €
SC04.3	RELLENOS	4.734,66 €		3.314,26 €	1.420,40 €				4.734,66 €
SC04.4	TRANSPORTE DE TIERRAS	5.619,95 €		3.933,97 €	1.685,99 €				5.619,95 €
SC04.5	TUBERÍA	43.878,96 €			30.715,27 €	13.163,69 €			43.878,96 €
SC04.6	ELEMENTOS	5.143,94 €			1.028,79 €	4.115,15 €			5.143,94 €
SC04.7	ACOMETIDAS	13.084,98 €			2.617,00 €	10.467,98 €			13.084,98 €
SC04.8	REPOSICIONES	2.167,05 €			433,41 €	1.733,64 €			2.167,05 €
SC04.9	HORMIGONADO CRUCE	249,94 €				249,94 €			249,94 €
C05	ALUMBRADO								
SC05.1	DESMONTAJE	1.330,00 €					1.330,00 €		1.330,00 €
SC05.2	PREPARACIÓN DE ZANJAS	566,04 €					566,04 €		566,04 €
SC05.3	RELLENOS	66,74 €					66,74 €		66,74 €
SC05.4	TRANSPORTE DE TIERRAS	53,00 €					53,00 €		53,00 €
SC05.5	CANALIZACIONES	3.833,18 €					1.916,59 €	1.916,59 €	3.833,18 €
SC05.6	ELEMENTOS	38.836,11 €					19.418,06 €	19.418,06 €	38.836,11 €
SC05.7	ACOMETIDAS	1.024,10 €					512,05 €	512,05 €	1.024,10 €
SC05.8	REPOSICIONES	372,12 €					186,06 €	186,06 €	372,12 €
SC05.9	PROYECTO Y LEGALIZACIÓN	1.590,00 €				1.590,00 €			1.590,00 €
SC05.10	CONTROL	848,00 €						848,00 €	848,00 €
SC05.11	HORMIGONADO CRUCE	138,51 €						138,51 €	138,51 €

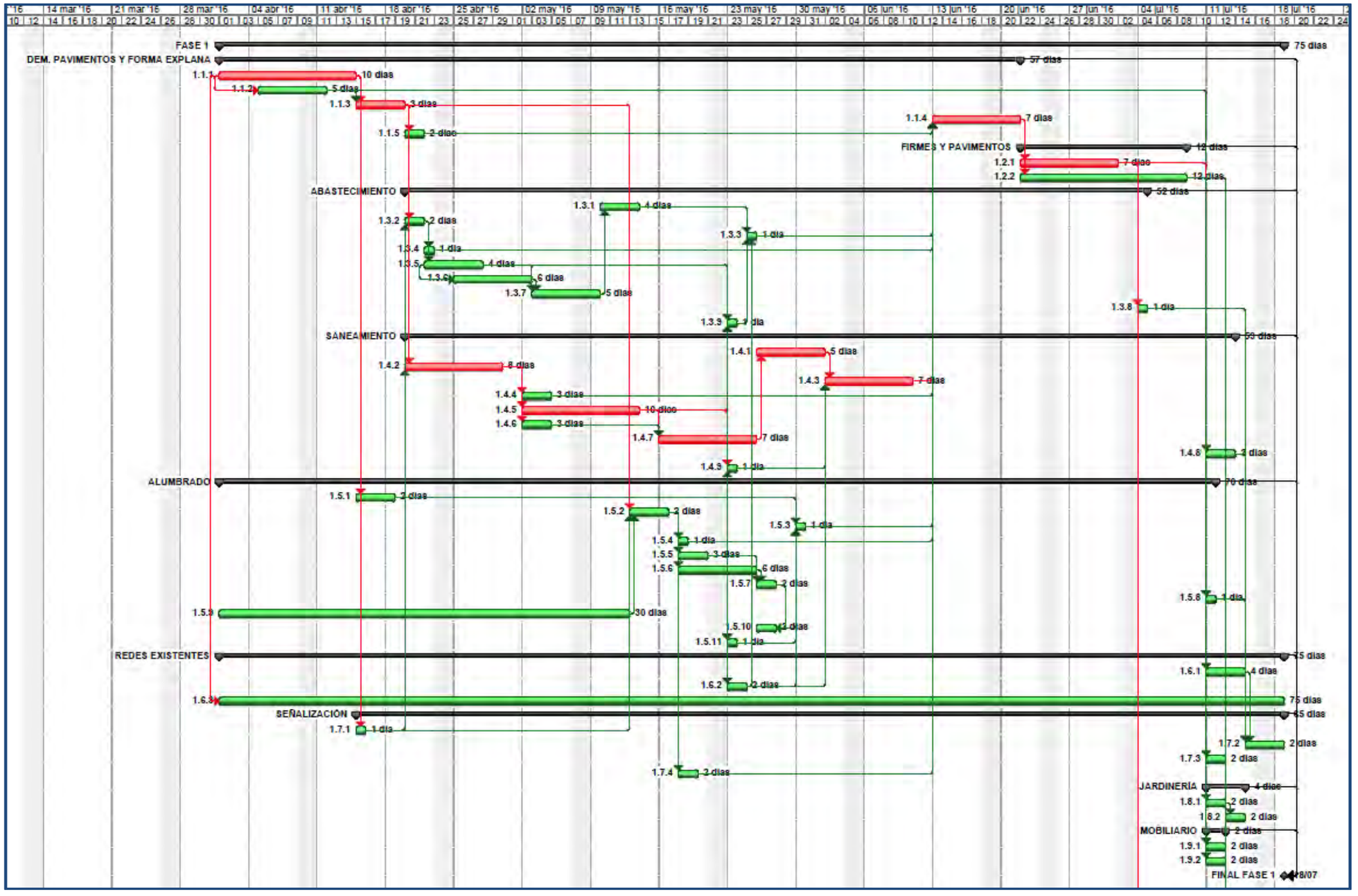
Ficha 105. Diagrama de Gantt del proyecto constructivo de la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Parte 2 de 2

		PRESUPUESTO	MES						
Código	Resumen	PEM (sin IVA)	1	2	3	4	5	6	TOTAL
C06	REDES EXISTENTES								
SC06.1	RECRECIDO DE POZOS Y ARQUETAS	5.506,47 €						5.506,47 €	5.506,47 €
SC06.2	HORMIGONADO DE PROTECCIÓN	5.099,34 €				5.099,34 €			5.099,34 €
SC06.3	OBRAS COMPLEMENTARIAS	5.300,00 €	883,33 €	883,33 €	883,33 €	883,33 €	883,33 €	883,33 €	5.300,00 €
C07	SEÑALIZACIÓN								
SC07.1	DEMOLICIÓN ZAPATA SEÑALES	278,01 €		278,01 €					278,01 €
SC07.2	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	2.546,29 €						2.546,29 €	2.546,29 €
SC07.3	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	2.613,54 €						2.613,54 €	2.613,54 €
SC07.4	CIMENTACIÓN SEÑALES LUMÍNICAS	733,62 €					733,62 €		733,62 €
C08	JARDINERÍA								
SC08.1	TIERRA VEGETAL	151,60 €						151,60 €	151,60 €
SC08.2	CÉSPED SEMILLADO	301,00 €						301,00 €	301,00 €
C09	MOBILIARIO								
SC09.1	BARANDILLAS	8.501,76 €						8.501,76 €	8.501,76 €
SC09.2	PAPELERAS	3.646,80 €						3.646,80 €	3.646,80 €
C10	GESTIÓN DE RESIDUOS	26.707,64 €	4.451,27 €	4.451,27 €	4.451,27 €	4.451,27 €	4.451,27 €	4.451,27 €	26.707,64 €
C11	SEGURIDAD Y SALUD	10.639,66 €	1.773,28 €	1.773,28 €	1.773,28 €	1.773,28 €	1.773,28 €	1.773,28 €	10.639,66 €
C12	CONTROL DE CALIDAD	10.600,00 €	1.766,67 €	1.766,67 €	1.766,67 €	1.766,67 €	1.766,67 €	1.766,67 €	10.600,00 €
		532.067,76 €							532.067,76 €
TOTAL MENSUAL			65.232,02 €	88.769,56 €	84.127,66 €	70.880,15 €	119.234,17 €	103.824,20 €	
PORCENTAJE MENSUAL			12,26%	16,68%	15,81%	13,32%	22,41%	19,51%	
TOTAL A ORIGEN			65.232,02 €	154.001,58 €	238.129,24 €	309.009,39 €	428.243,56 €	532.067,76 €	
PORCENTAJE A ORIGEN			12,26%	28,94%	44,76%	58,08%	80,49%	100,00%	

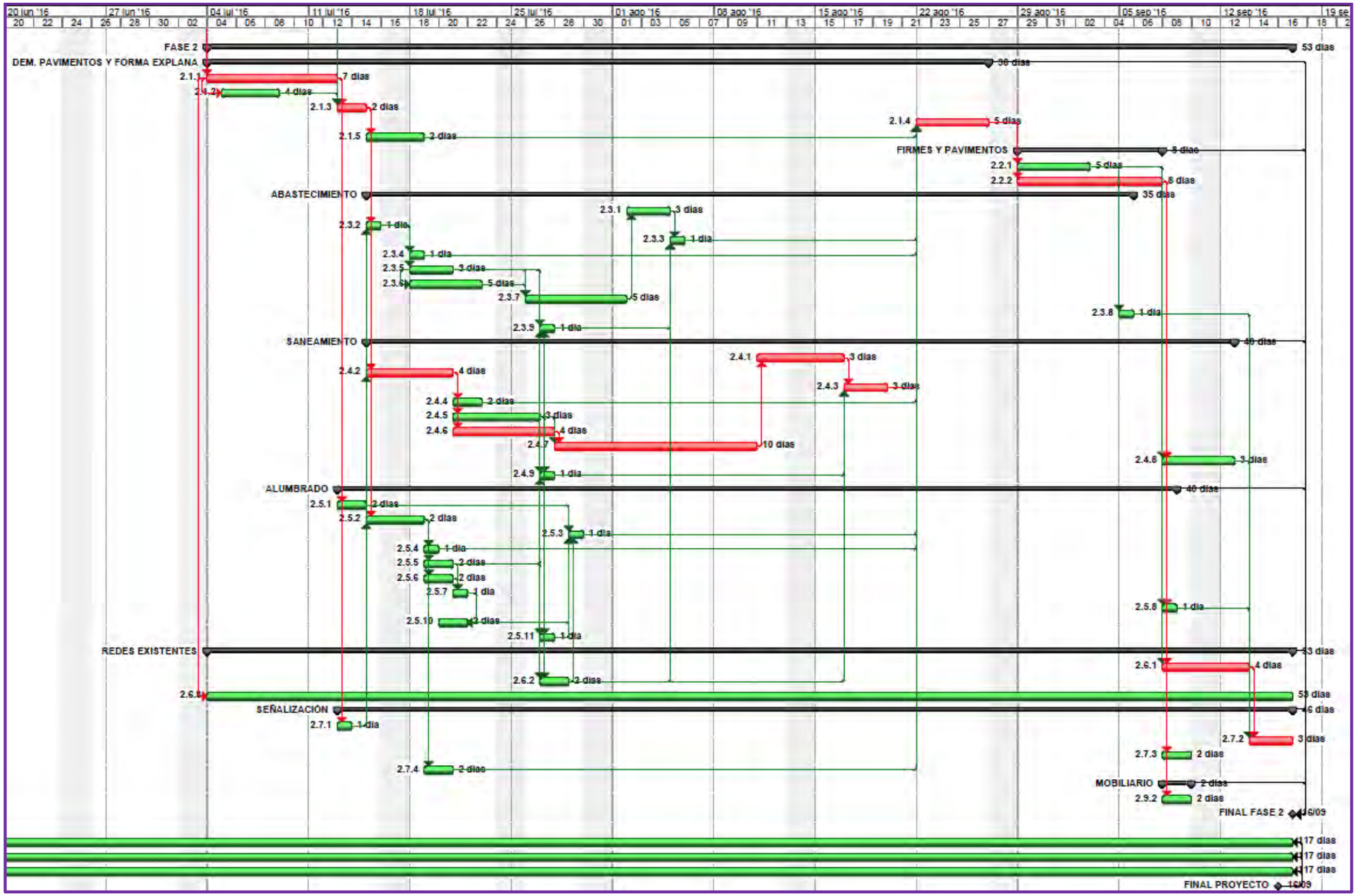
Ficha 106. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Cronograma director



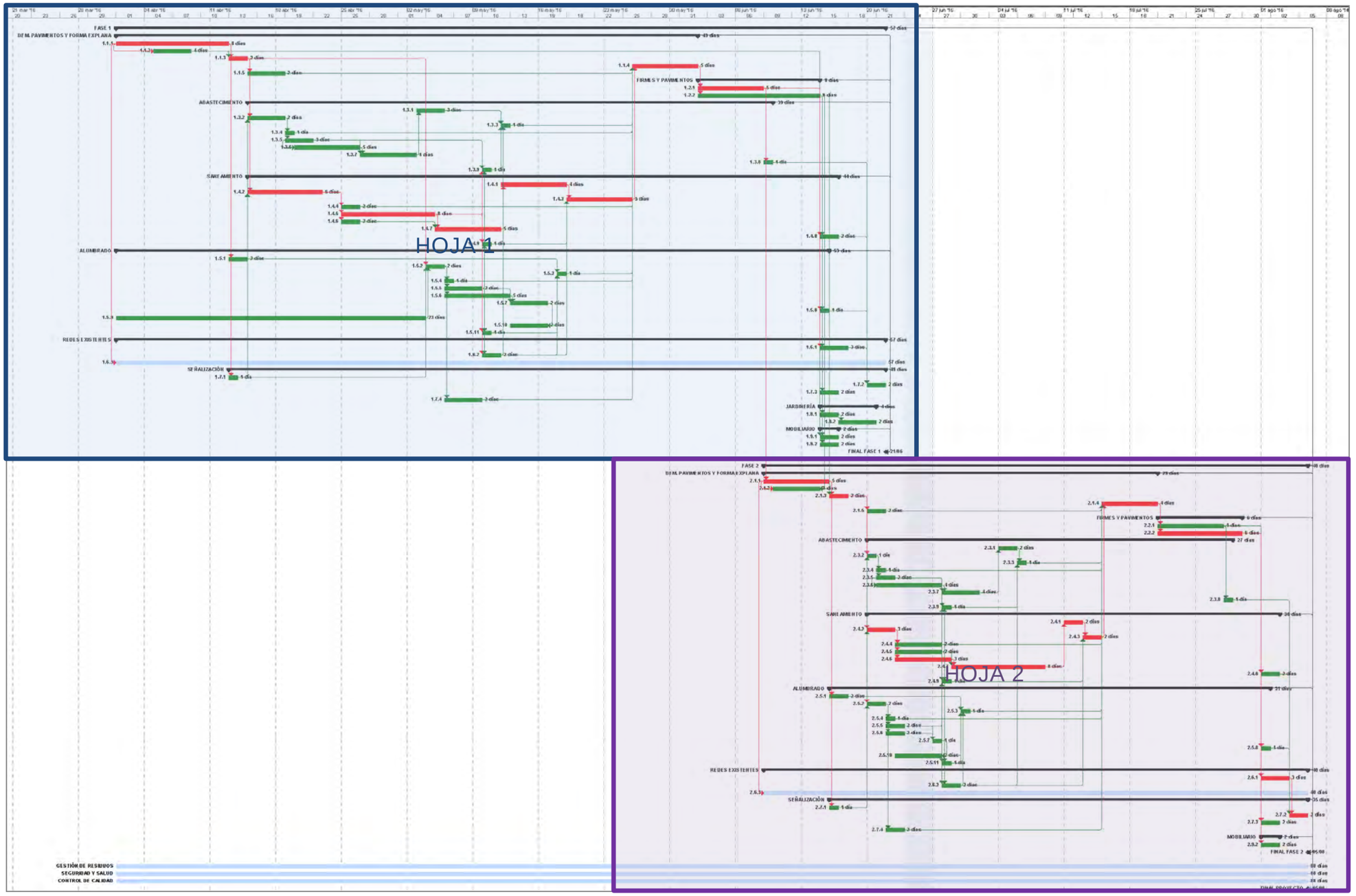
Ficha 107. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Hoja 1 del cronograma director correspondiente a la Fase 1



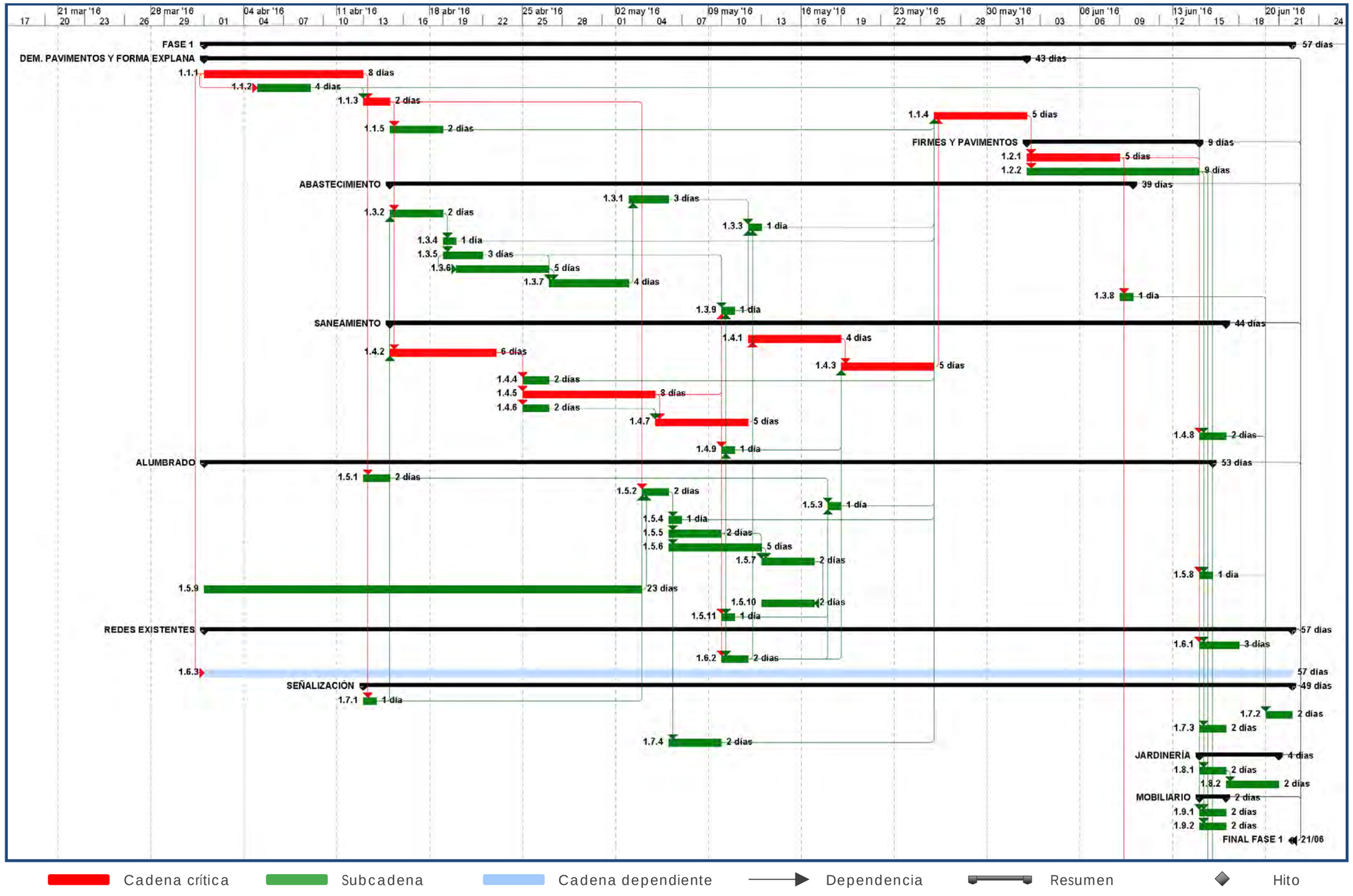
Ficha 108. Diagrama de Gantt presentado por la UTE para la obra nº3 (Datos originales del proyecto). Hoja 2 del cronograma director correspondiente a la Fase 2



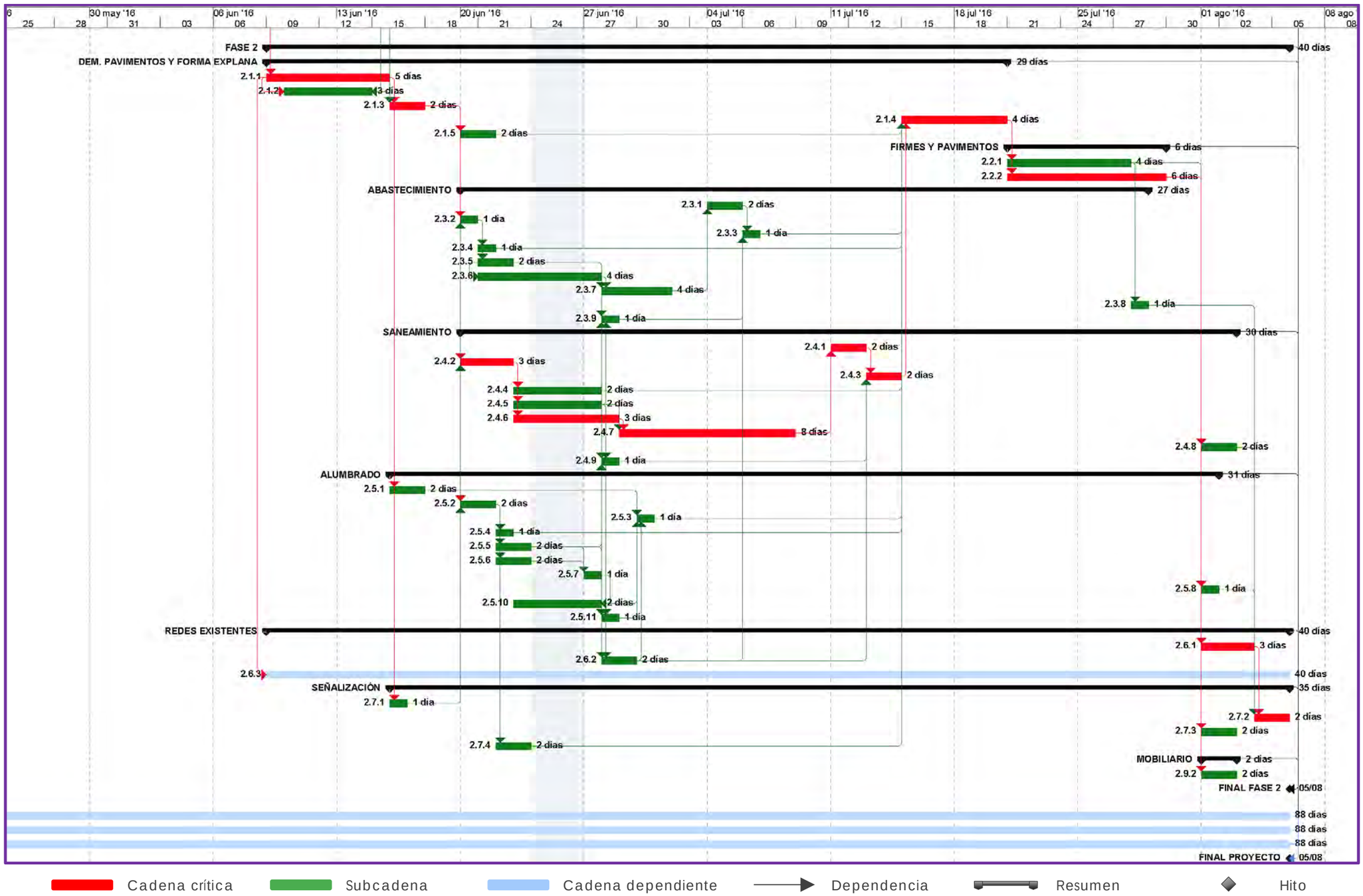
Ficha 109. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Cronograma director



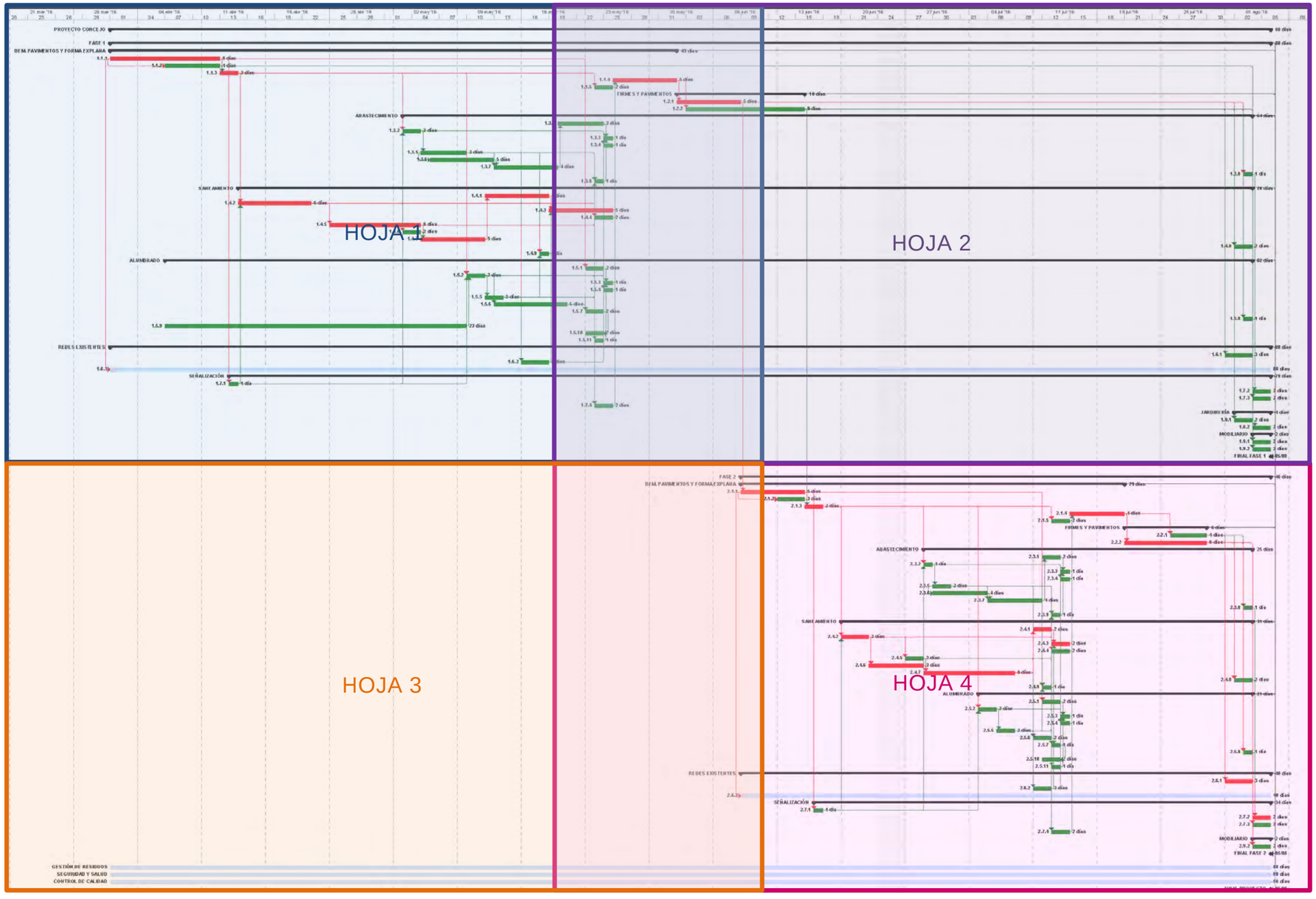
Ficha 110. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director correspondiente a la Fase 1



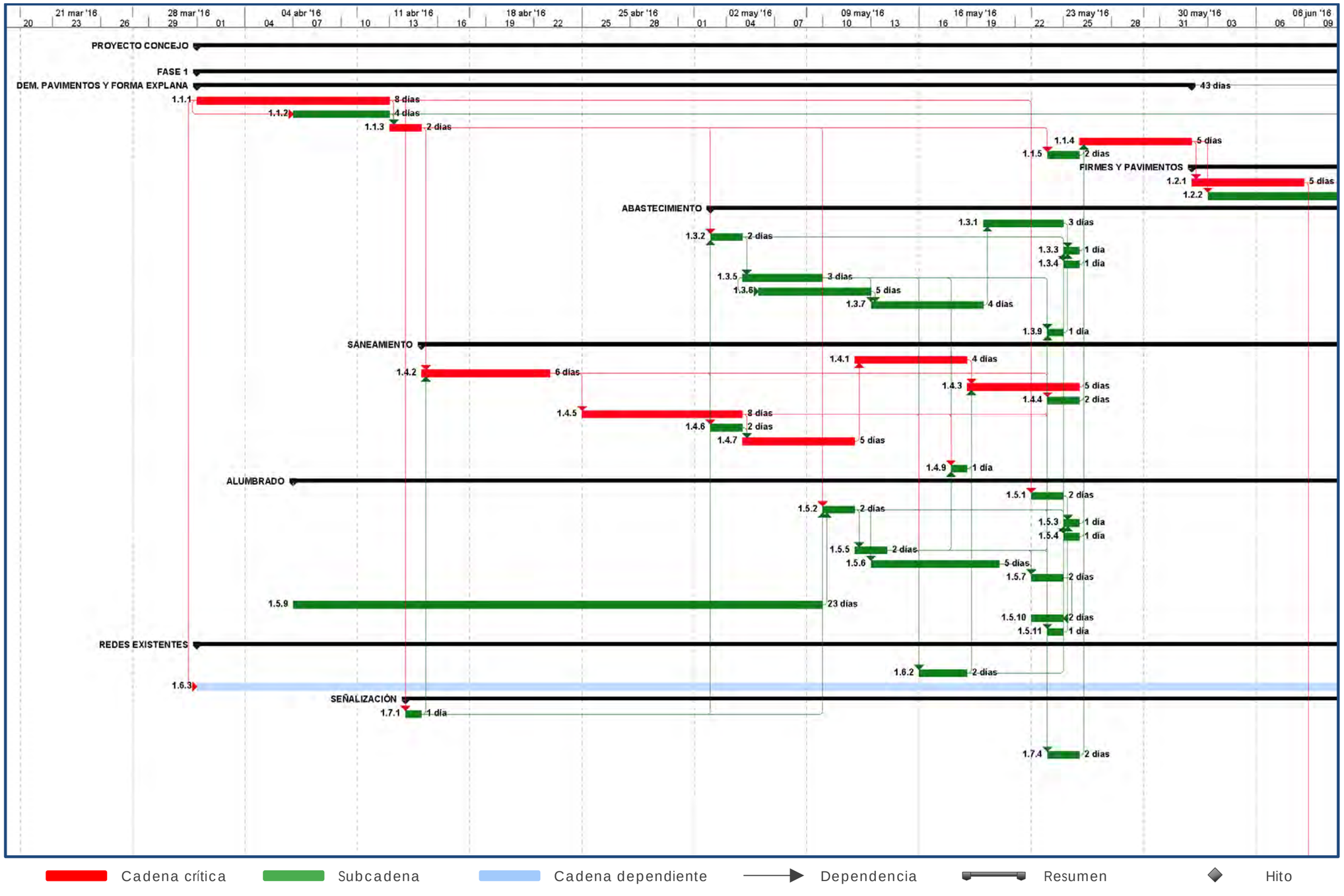
Ficha 111. Cronograma previo realizado por el director de la obra nº3 (Fase 3 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director correspondiente a la Fase 2



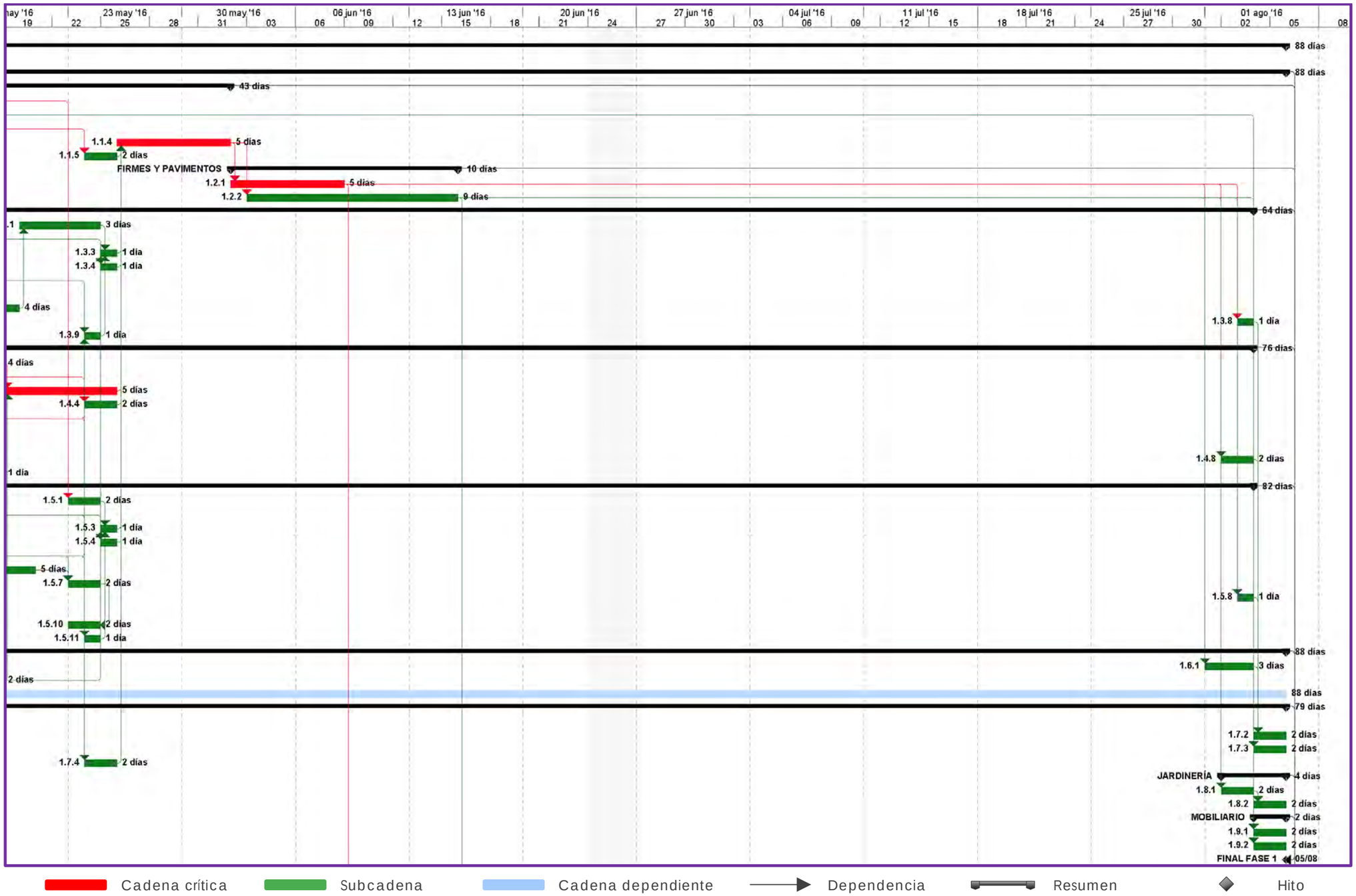
Ficha 112. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Cronograma director



Ficha 113. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



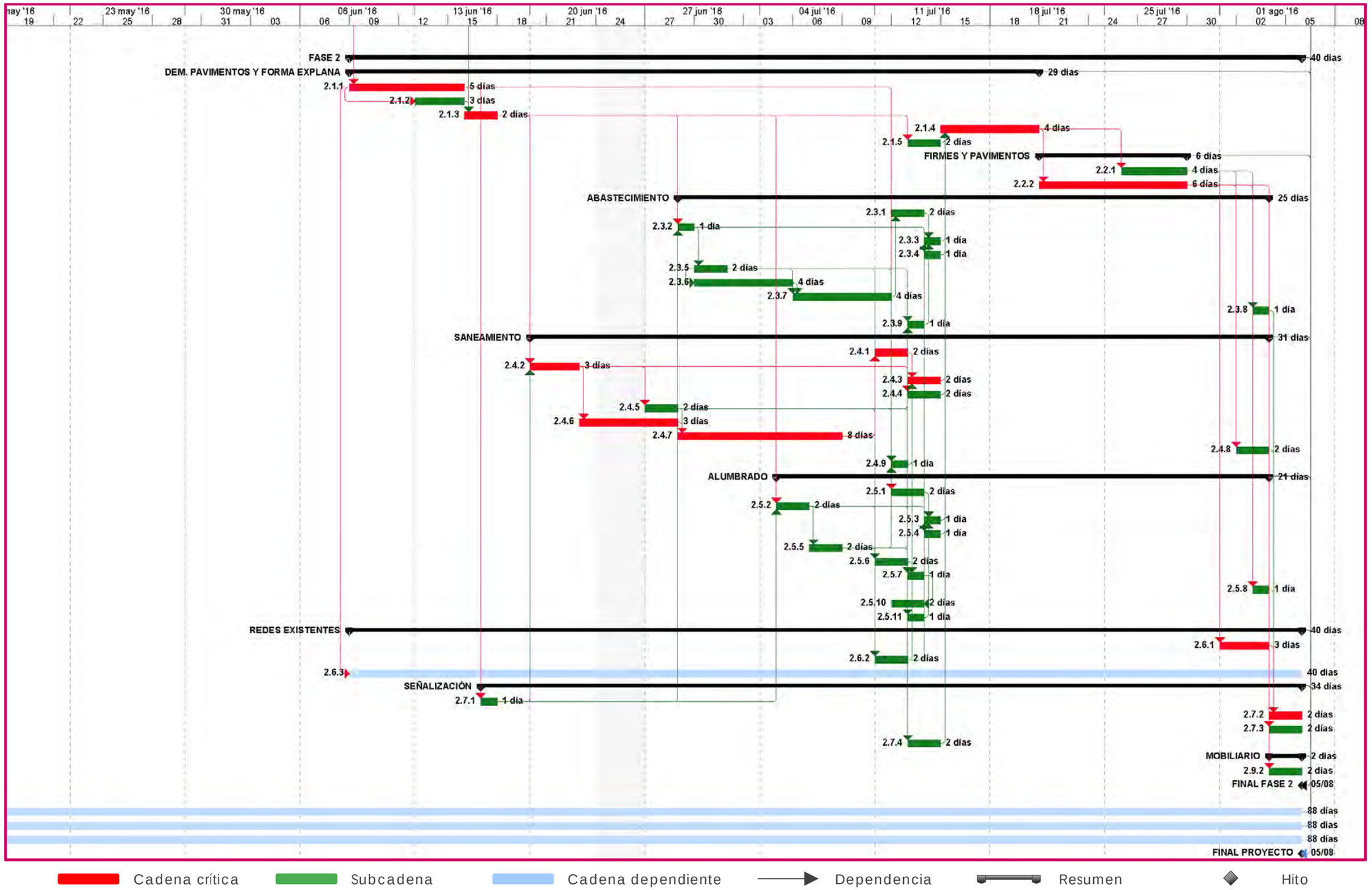
Ficha 114. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



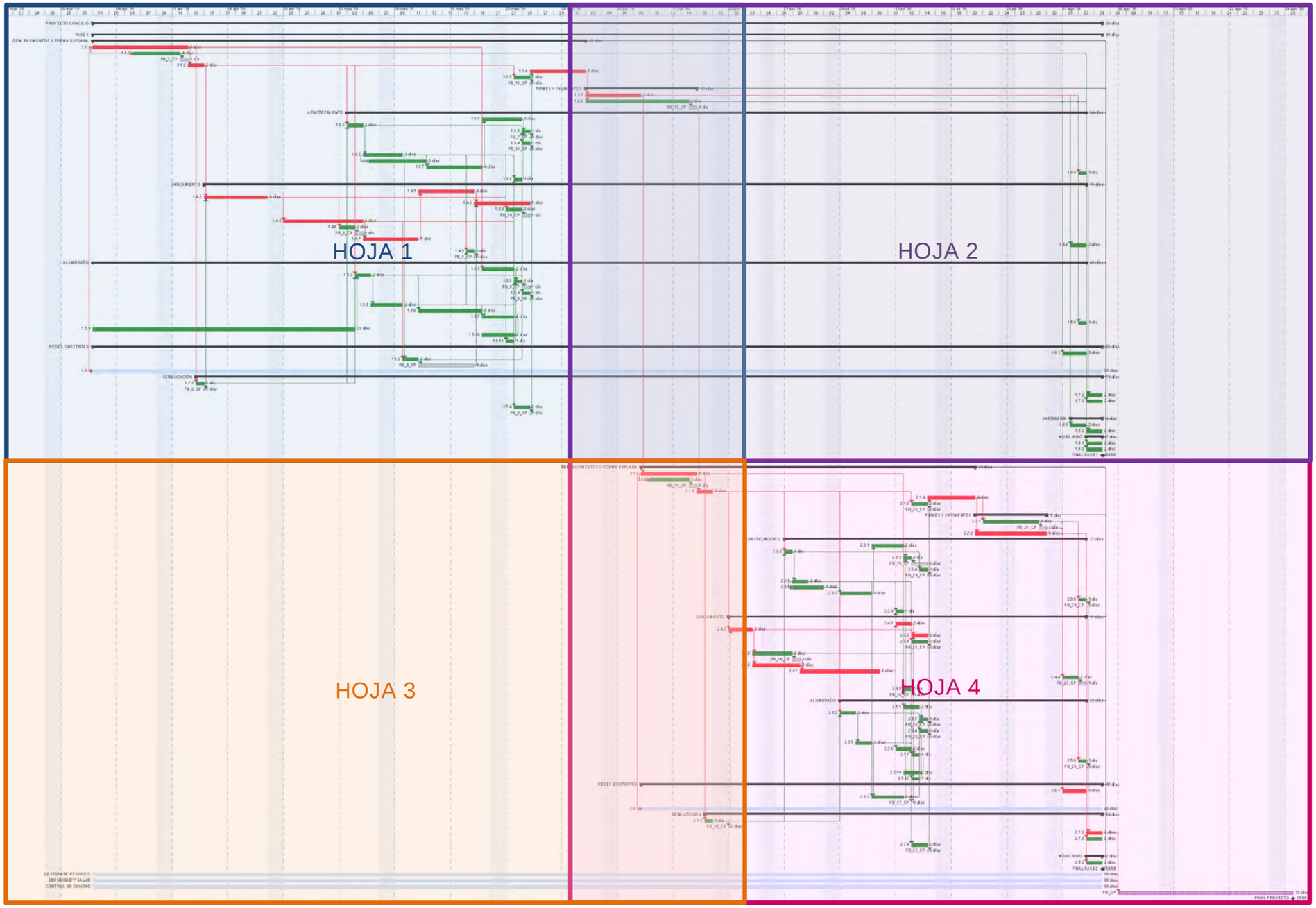
Ficha 115. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



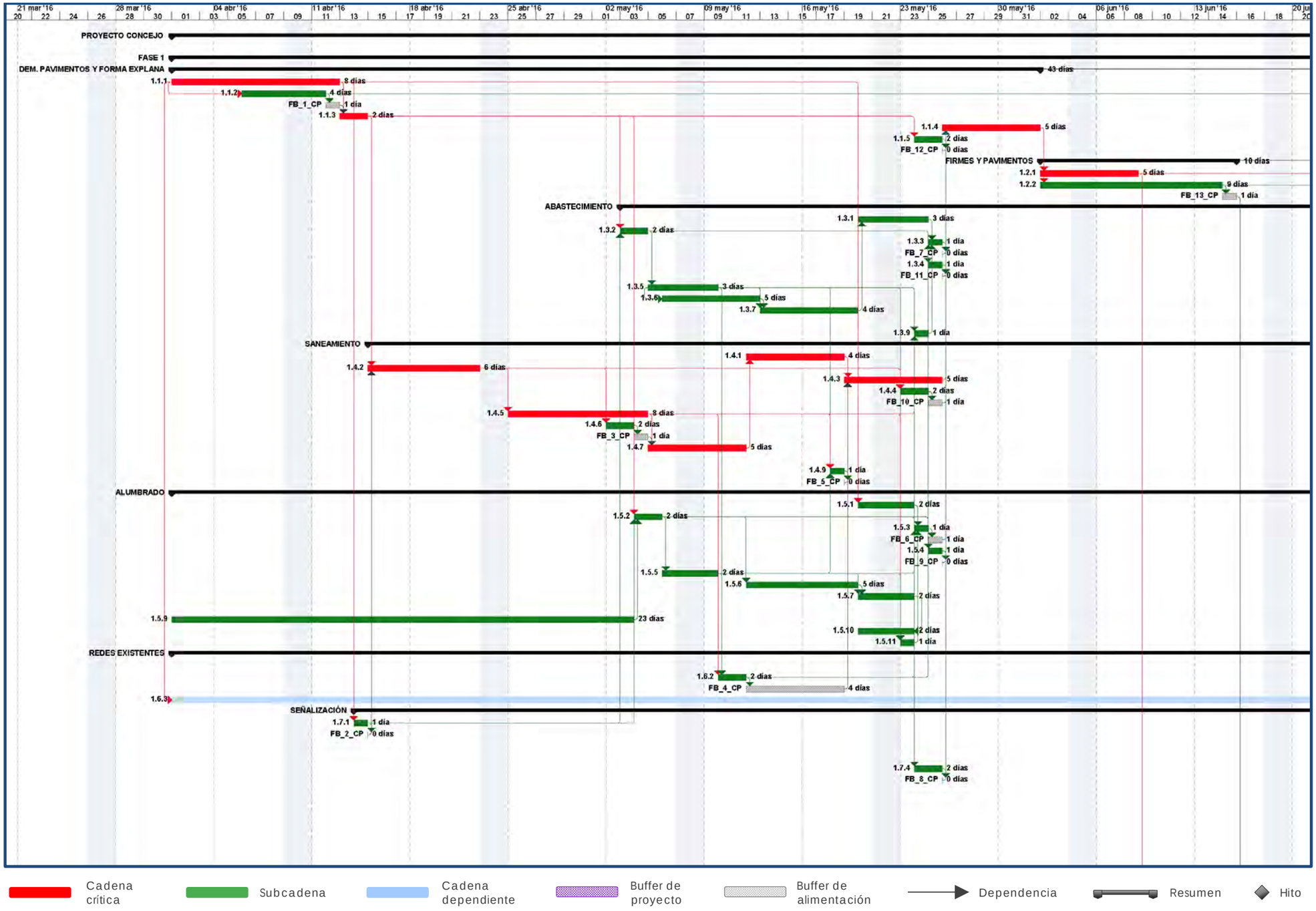
Ficha 116. Sincronización de las tareas para inicio ALAP aplicando CCPM. Obra nº3 (Fase 4 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



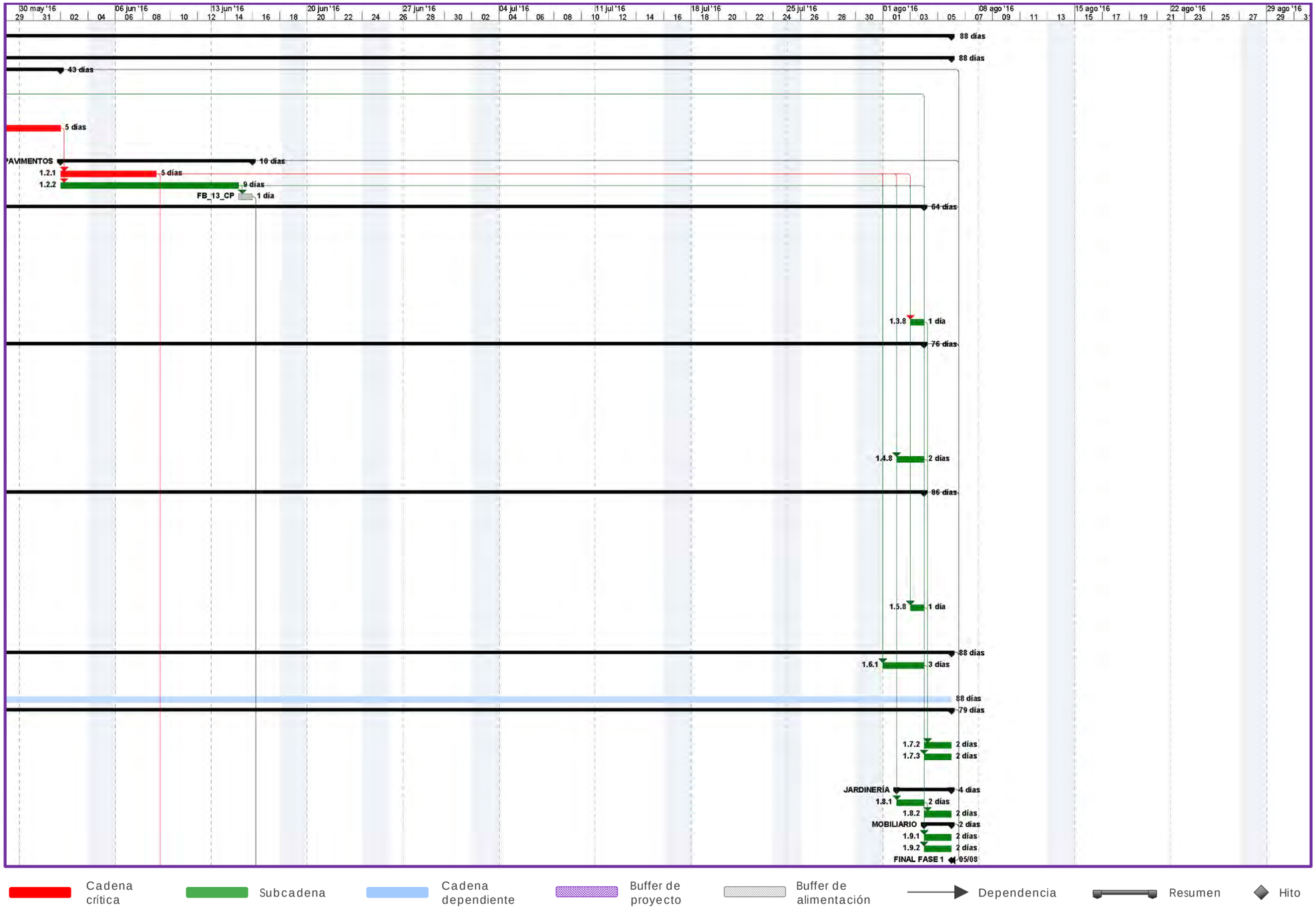
Ficha 117. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director



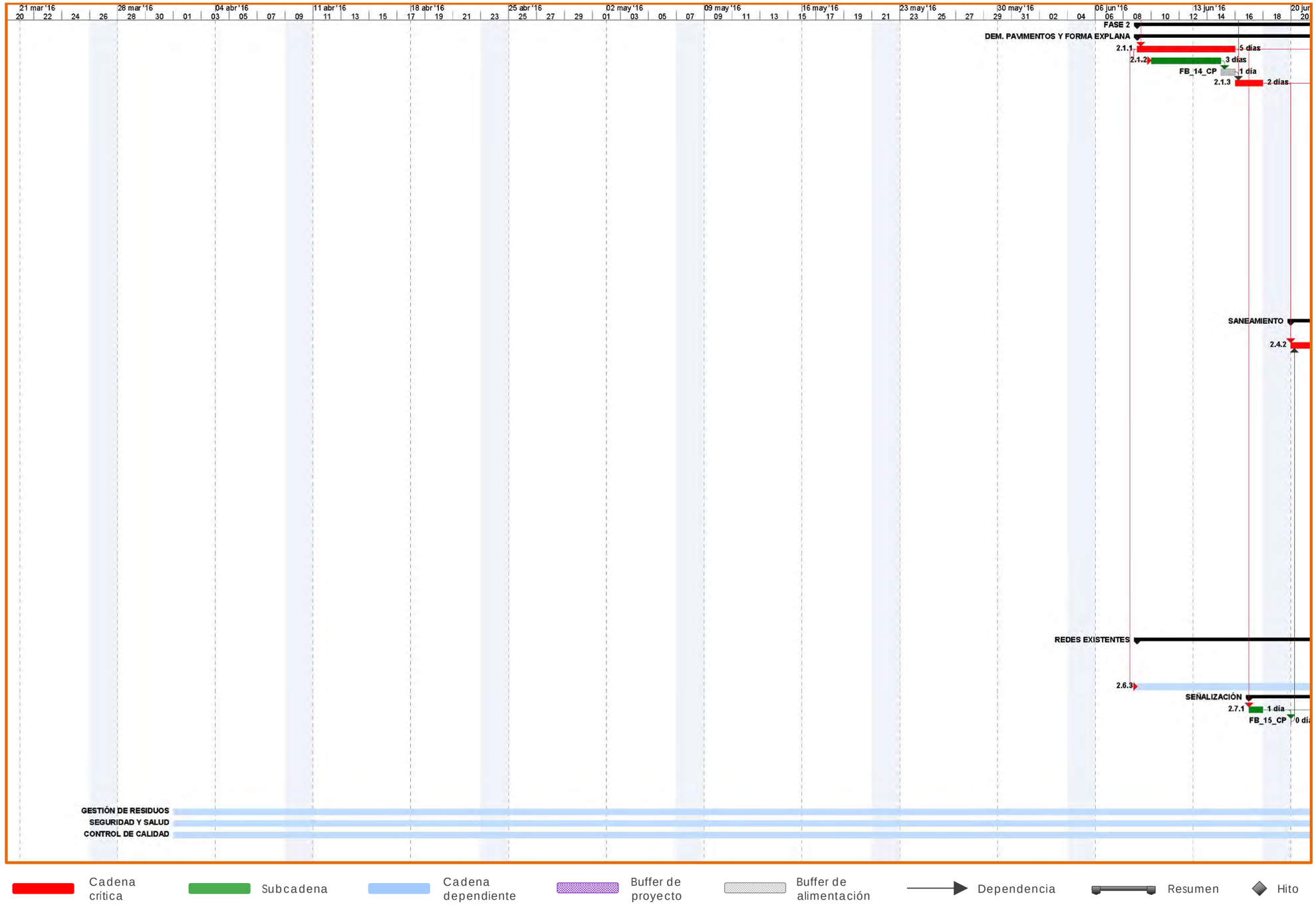
Ficha 118. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



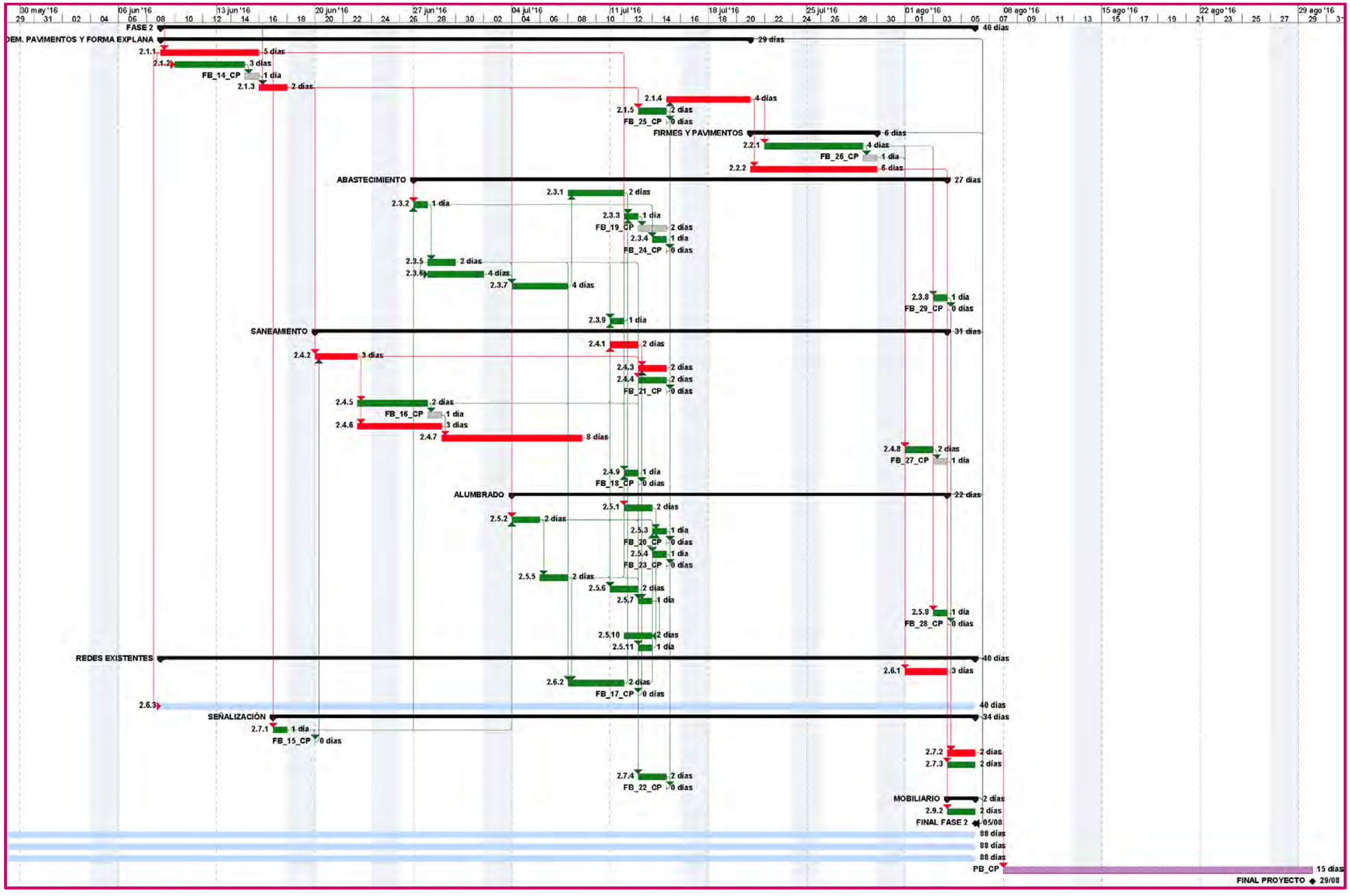
Ficha 119. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



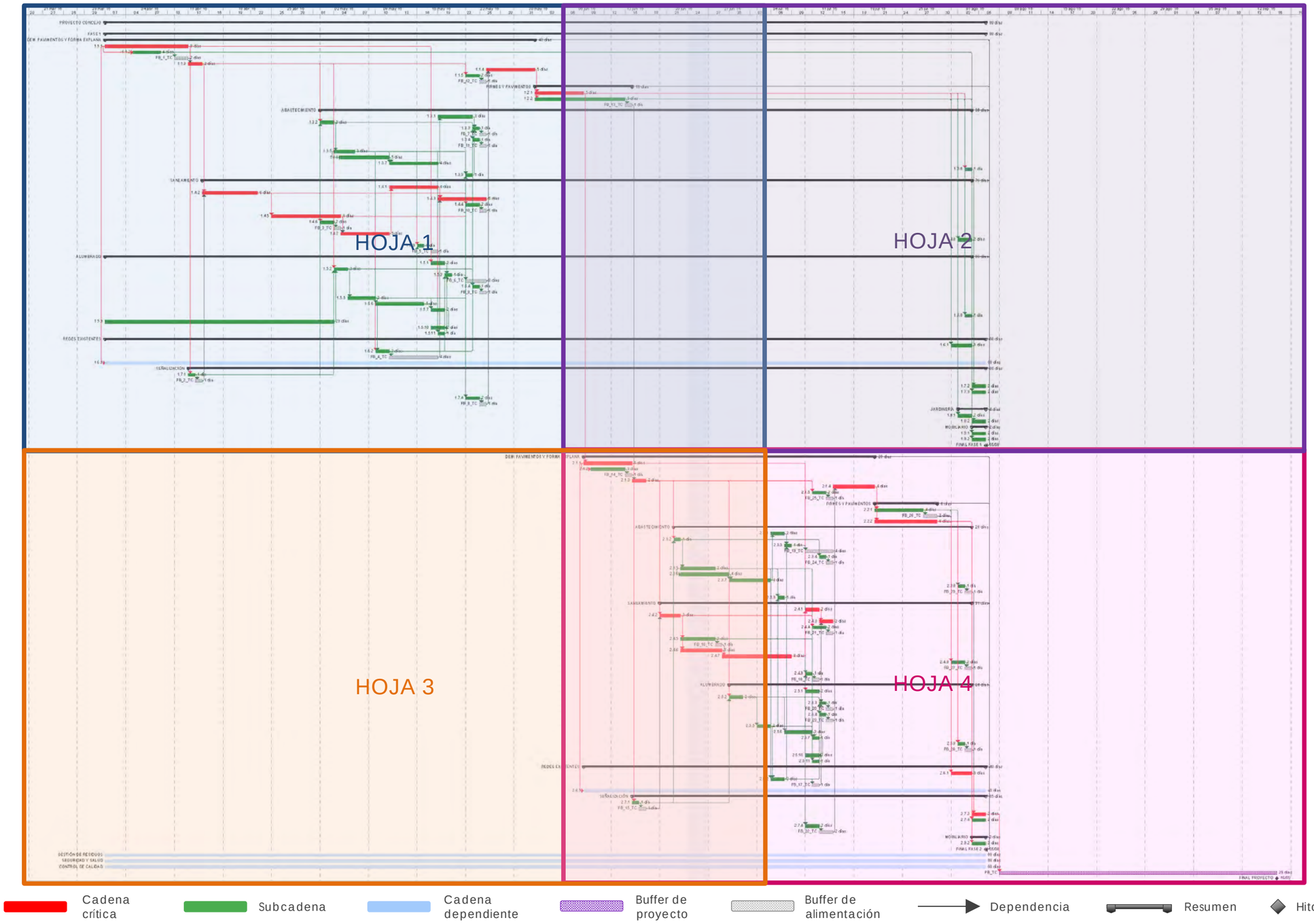
Ficha 120. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



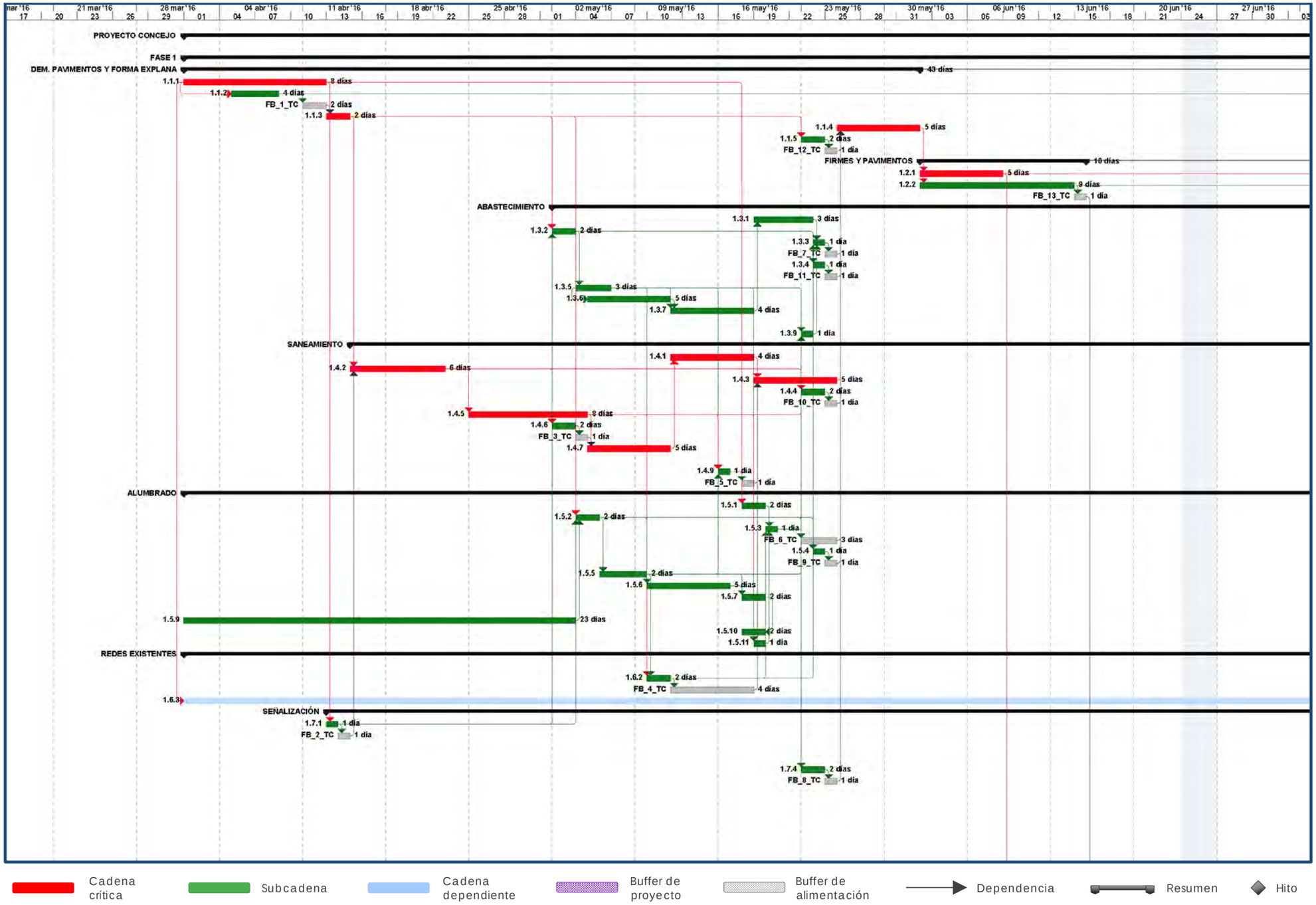
Ficha 121. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método CP de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



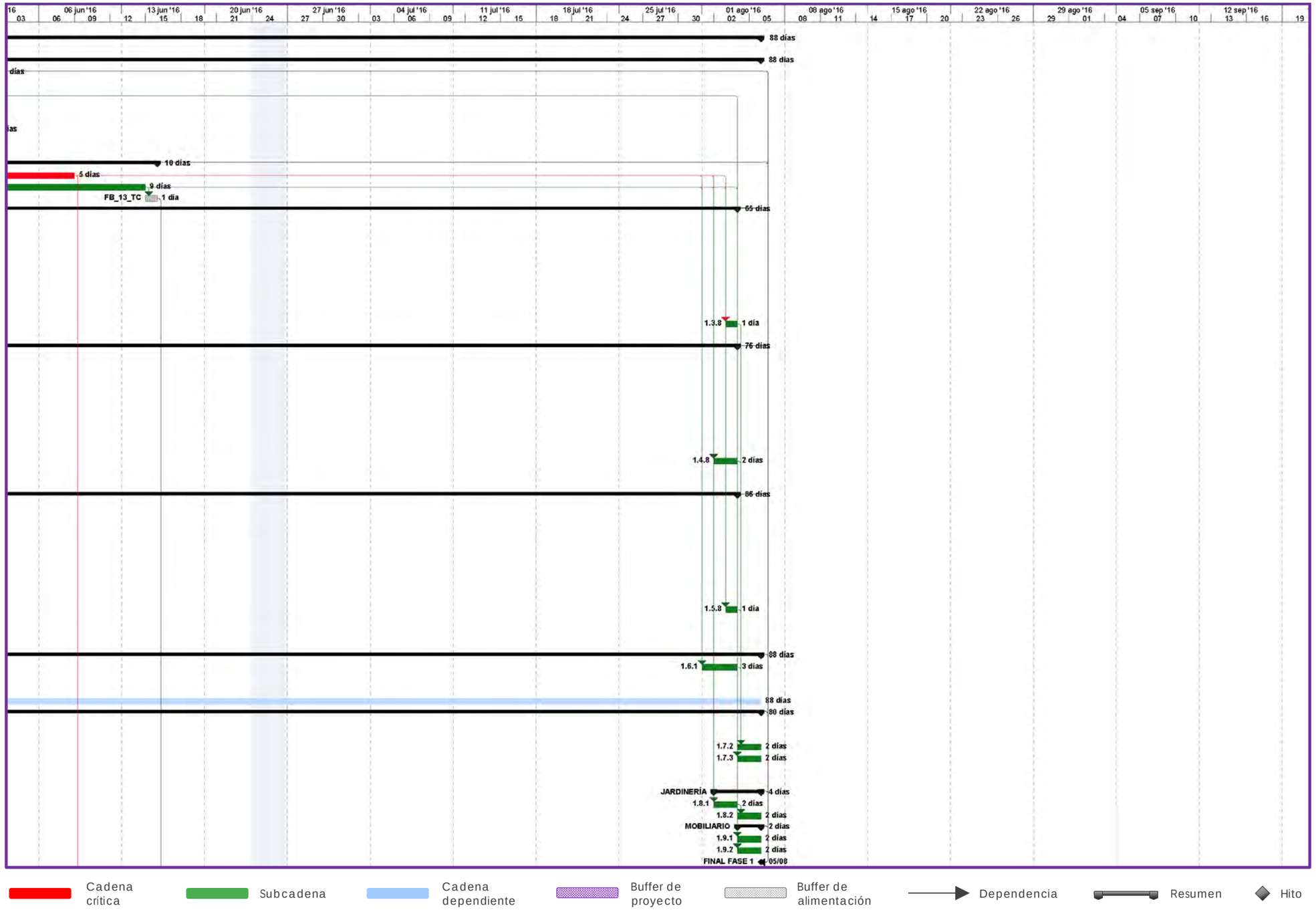
Ficha 122. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director



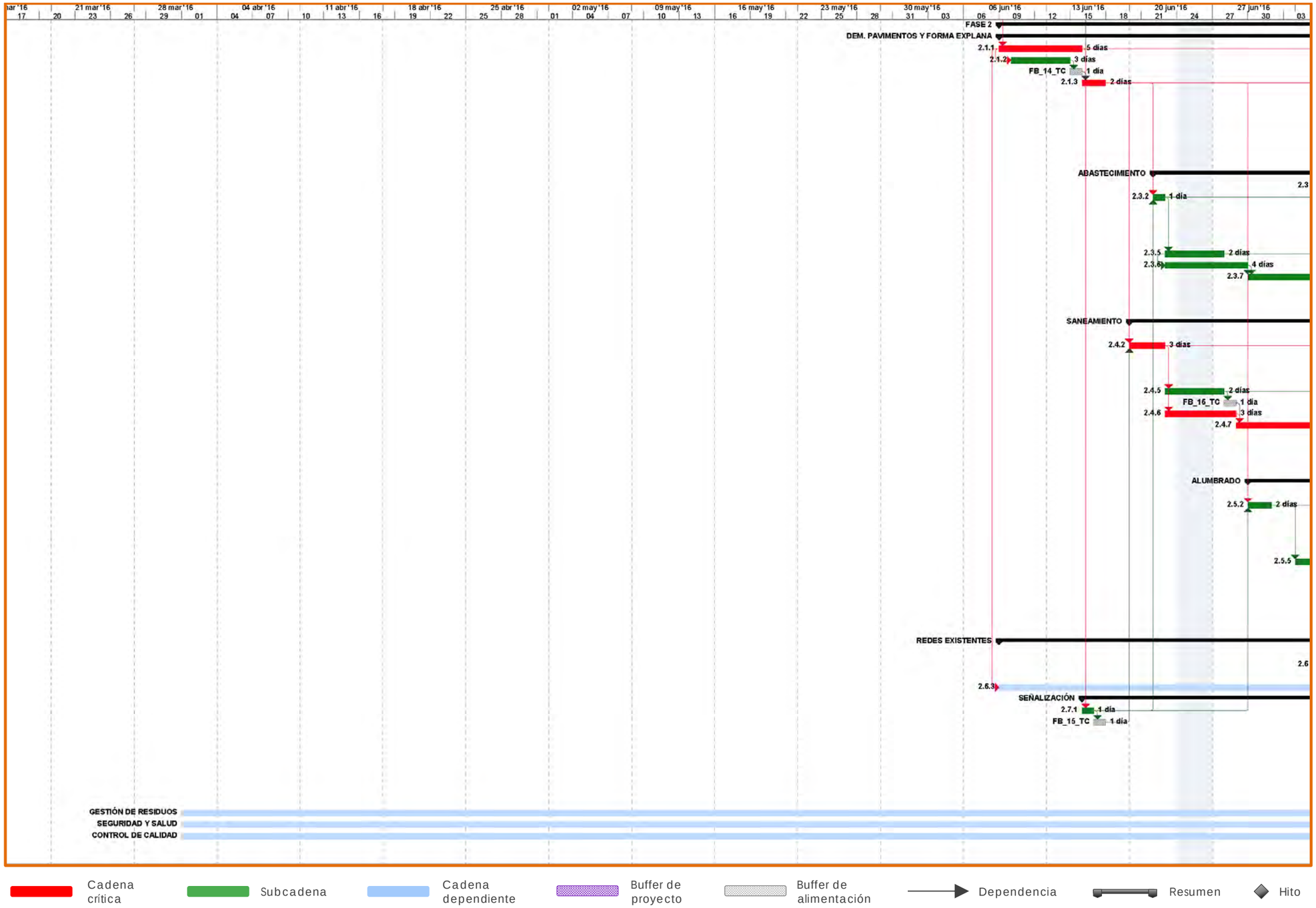
Ficha 123. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



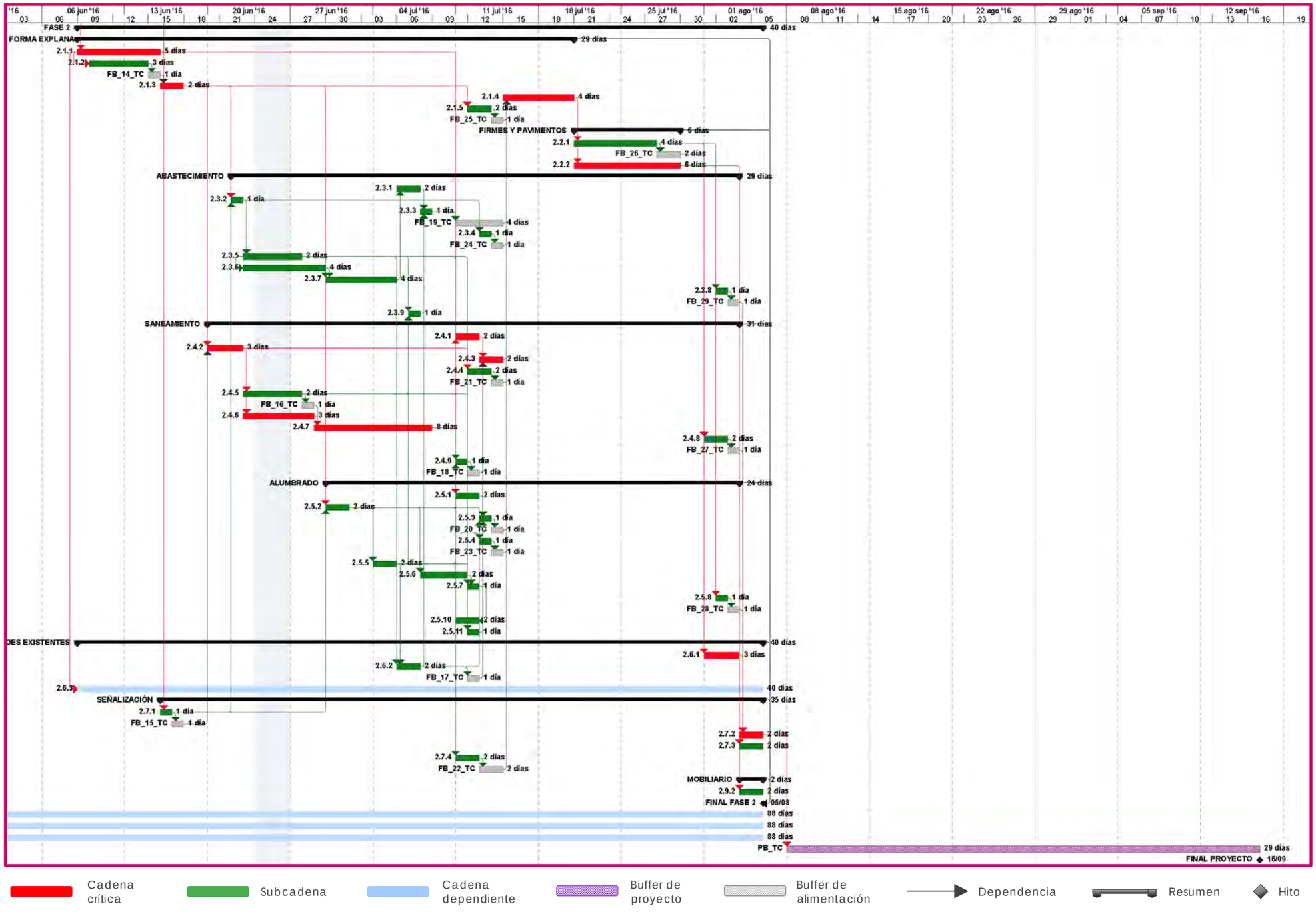
Ficha 124. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



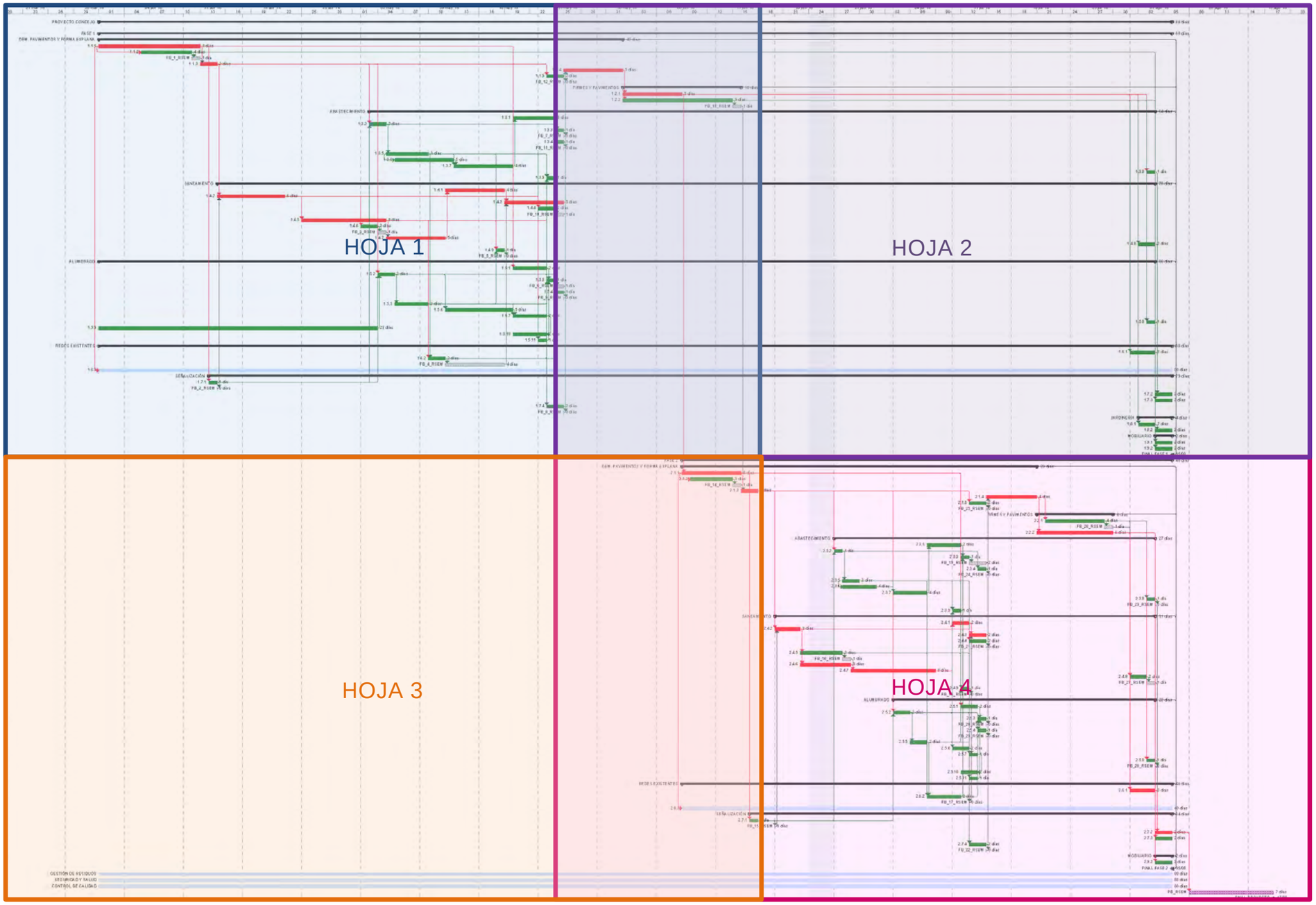
Ficha 125. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



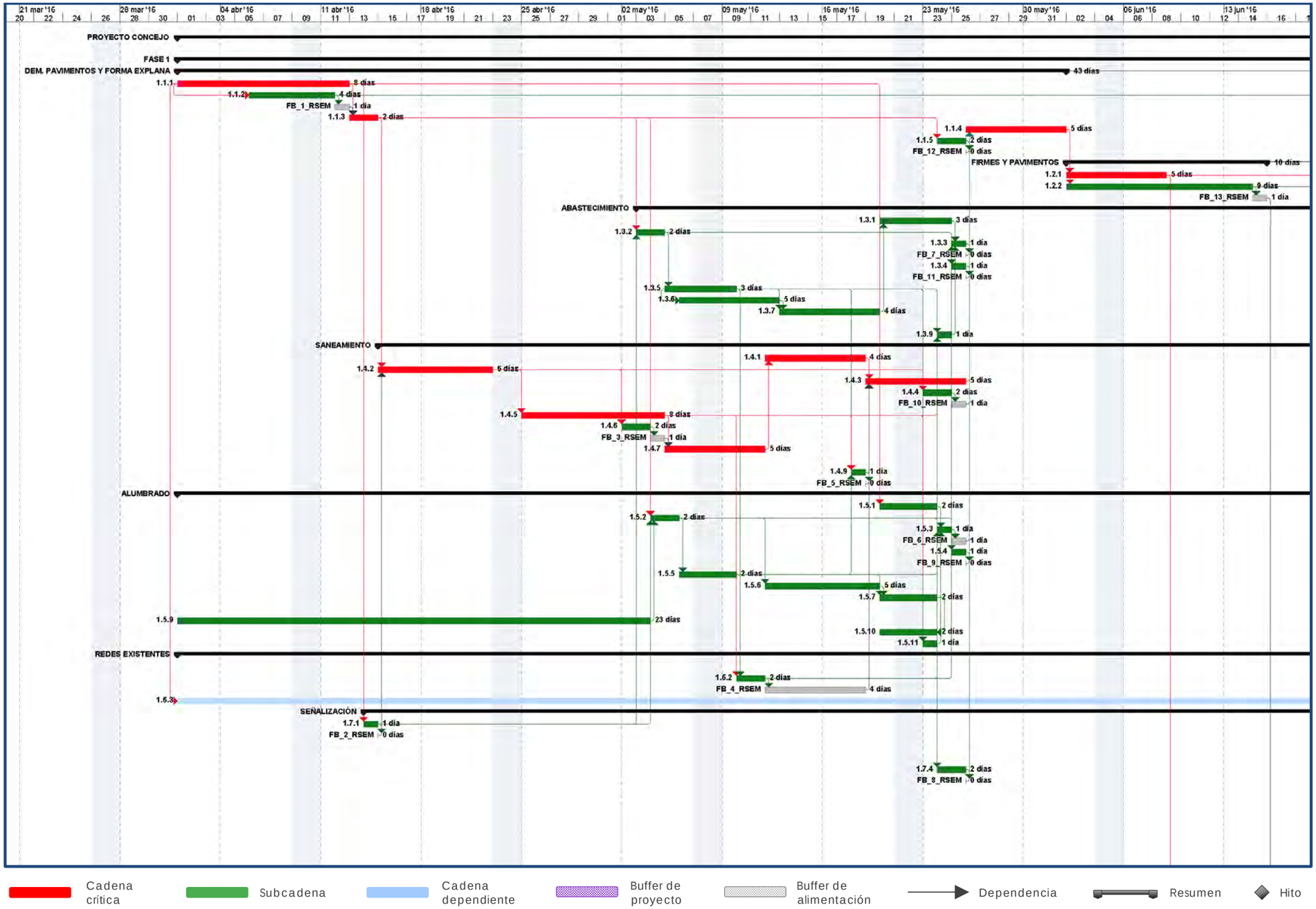
Ficha 126. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método TC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



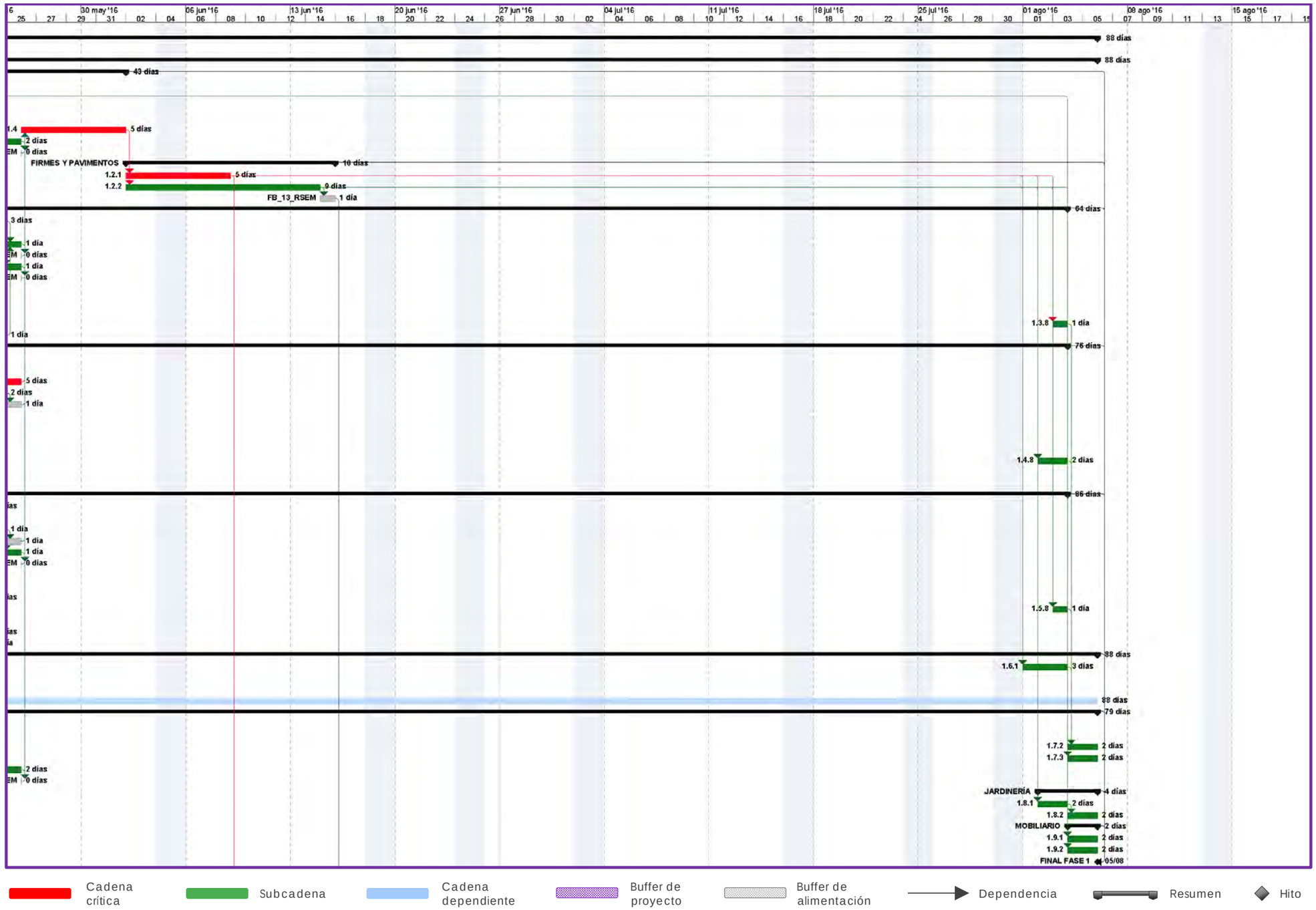
Ficha 127. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director



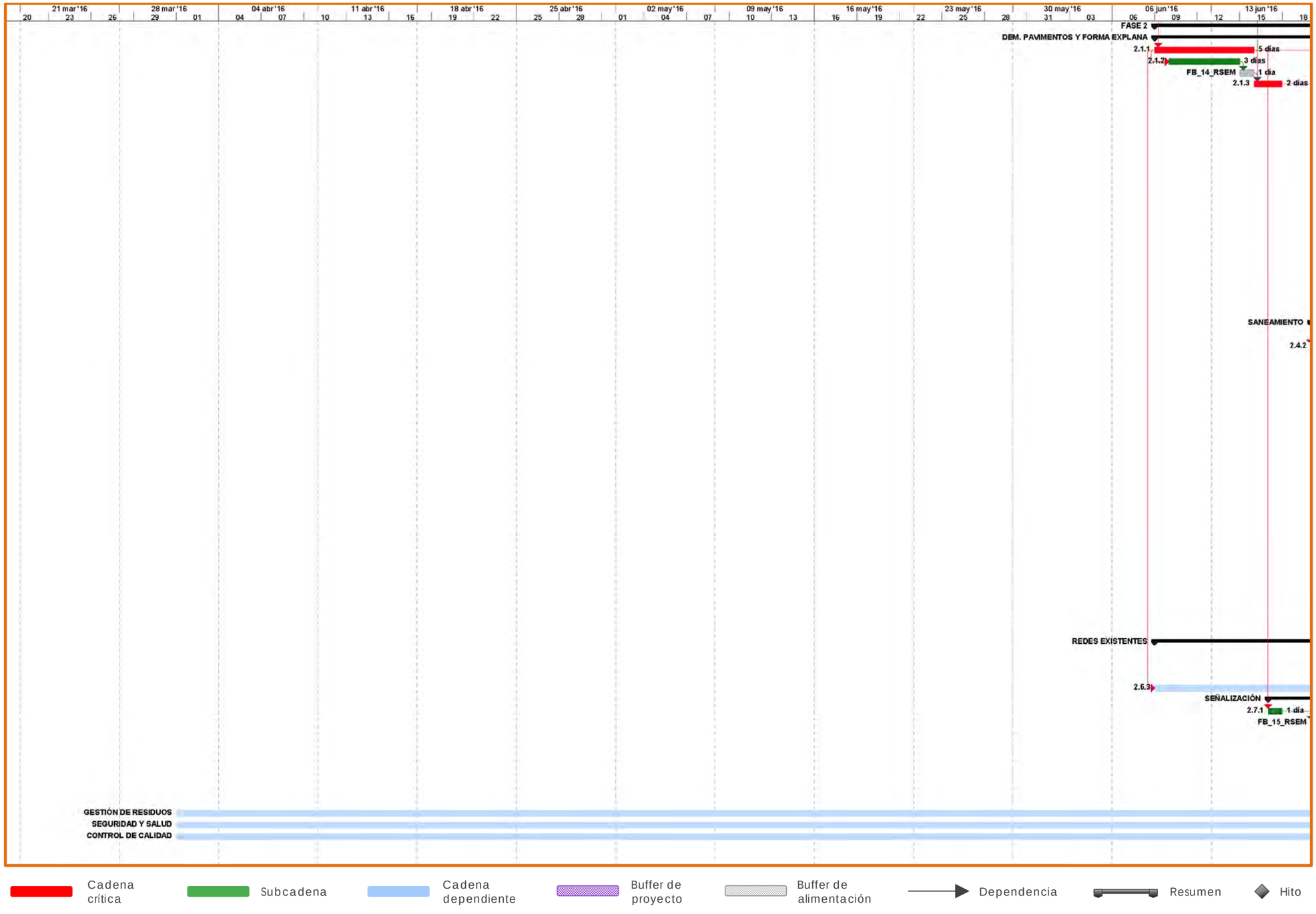
Ficha 128. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



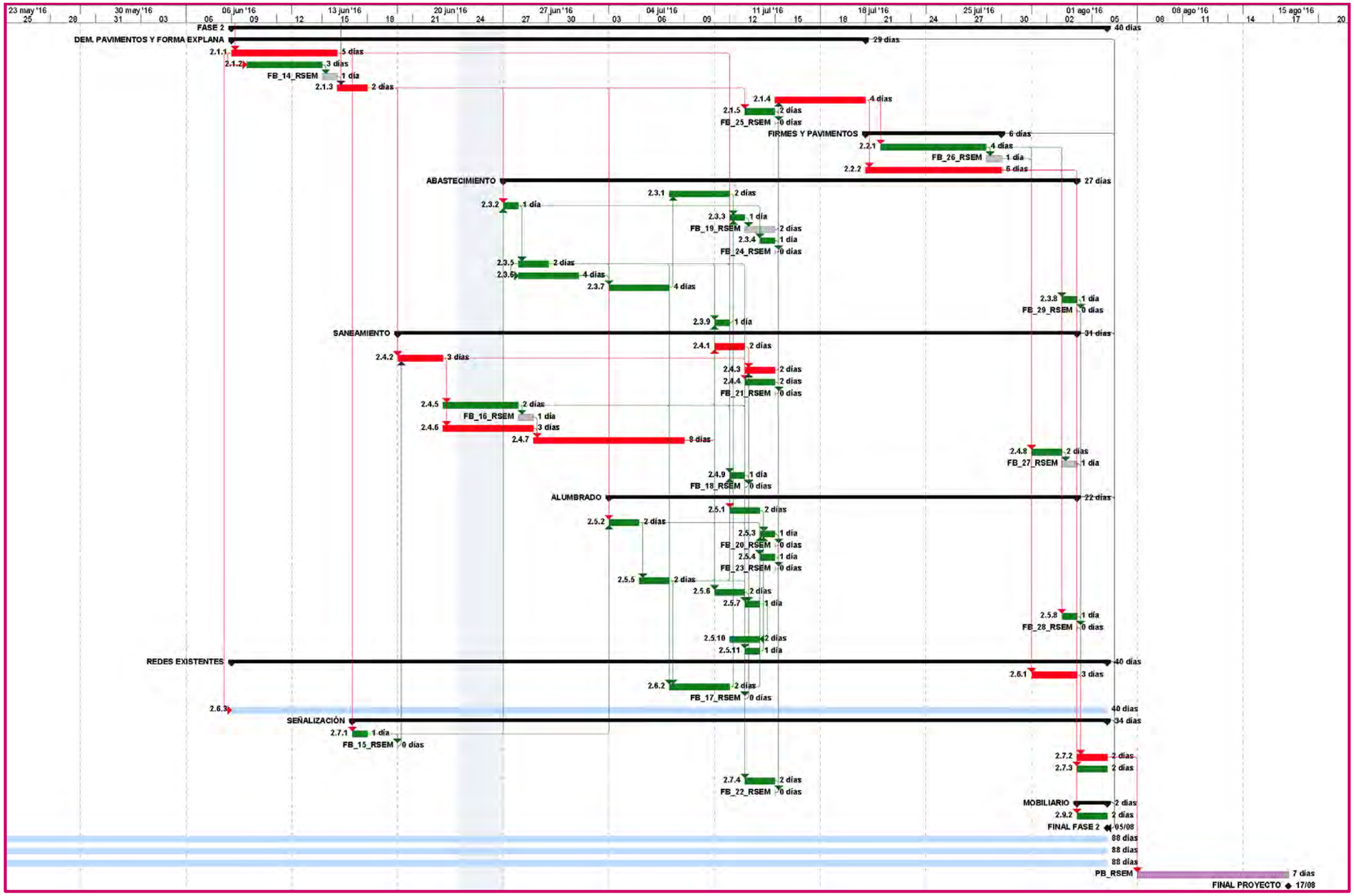
Ficha 129. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



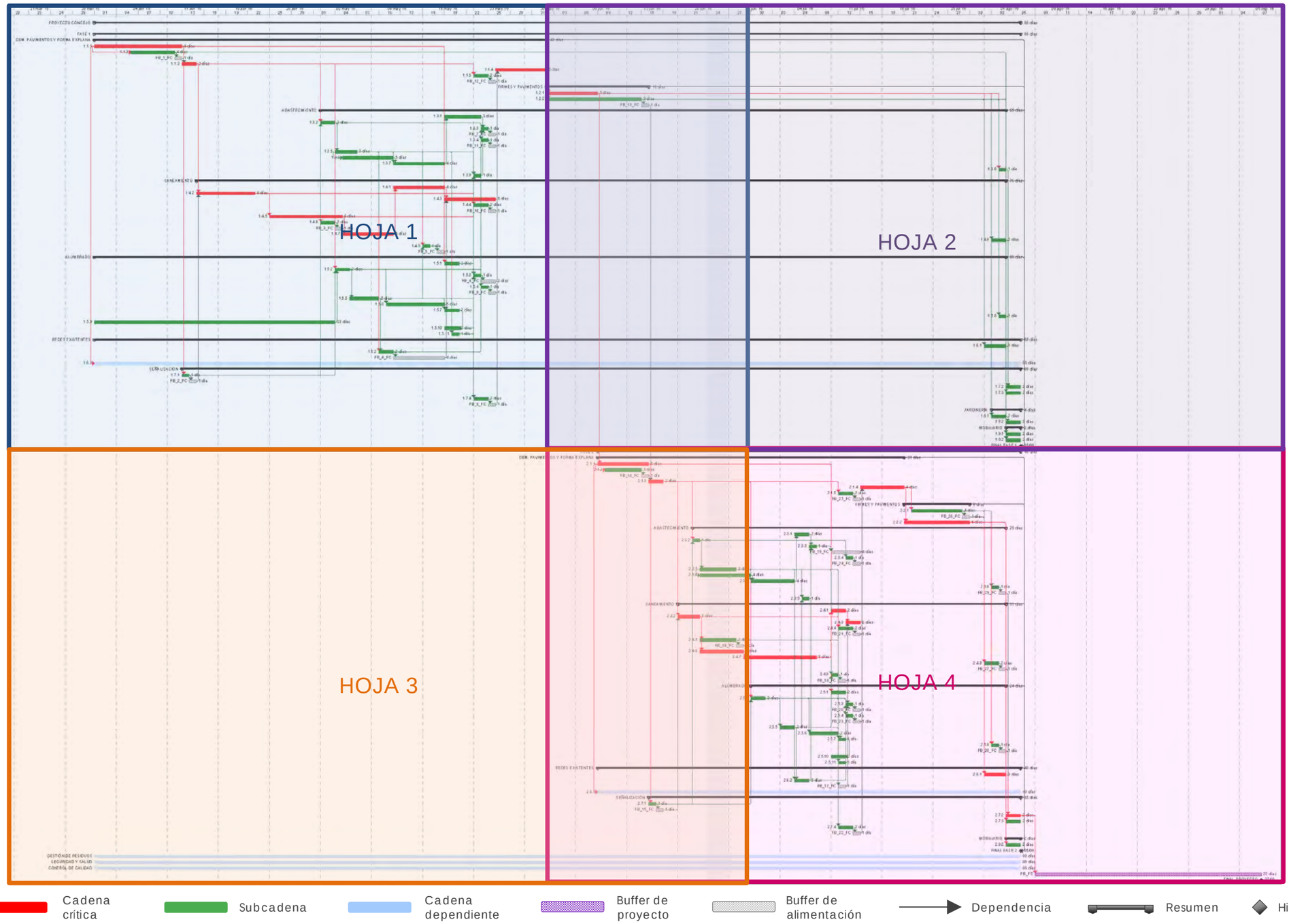
Ficha 130. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



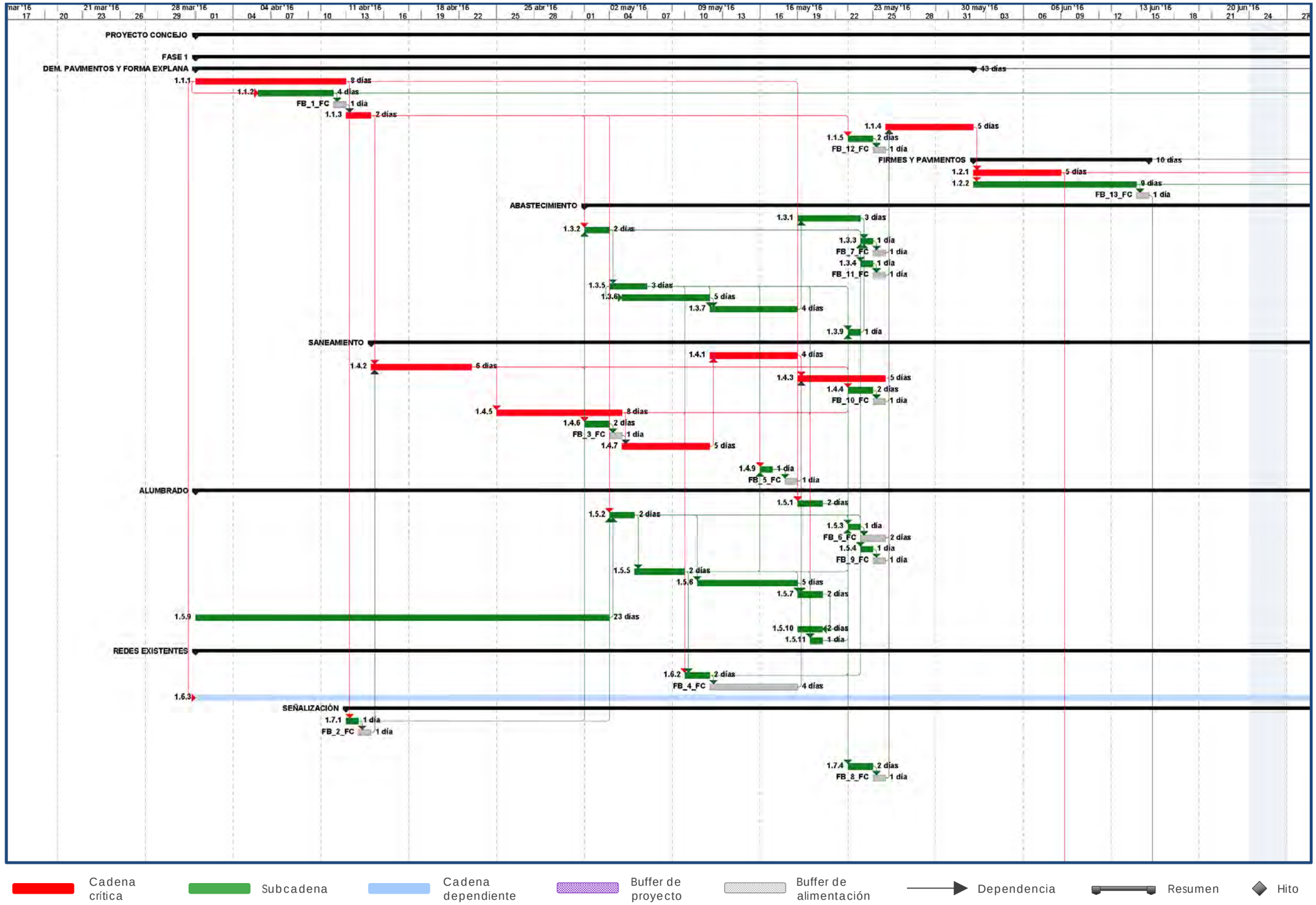
Ficha 131. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método RSEM de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



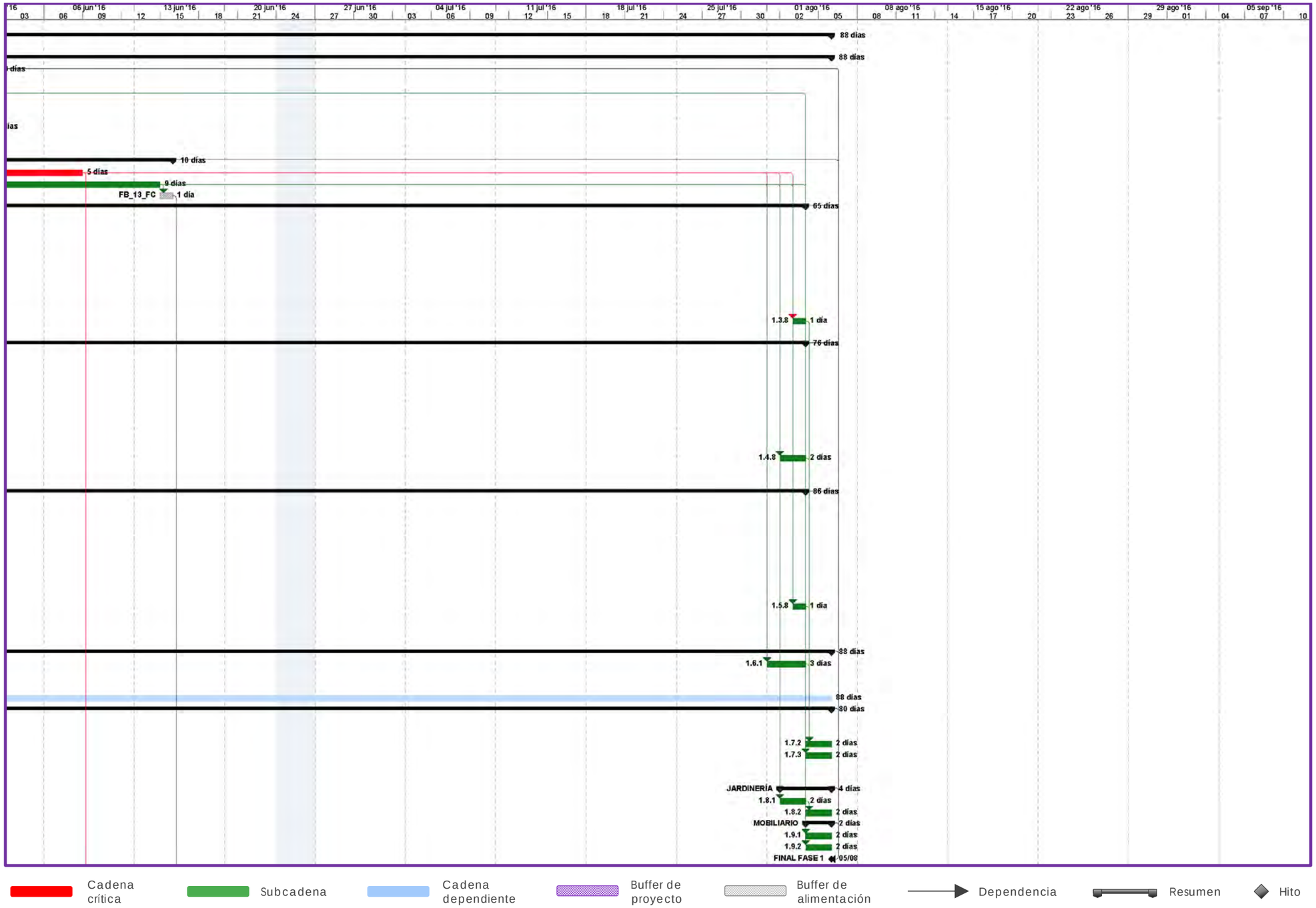
Ficha 132. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Cronograma director



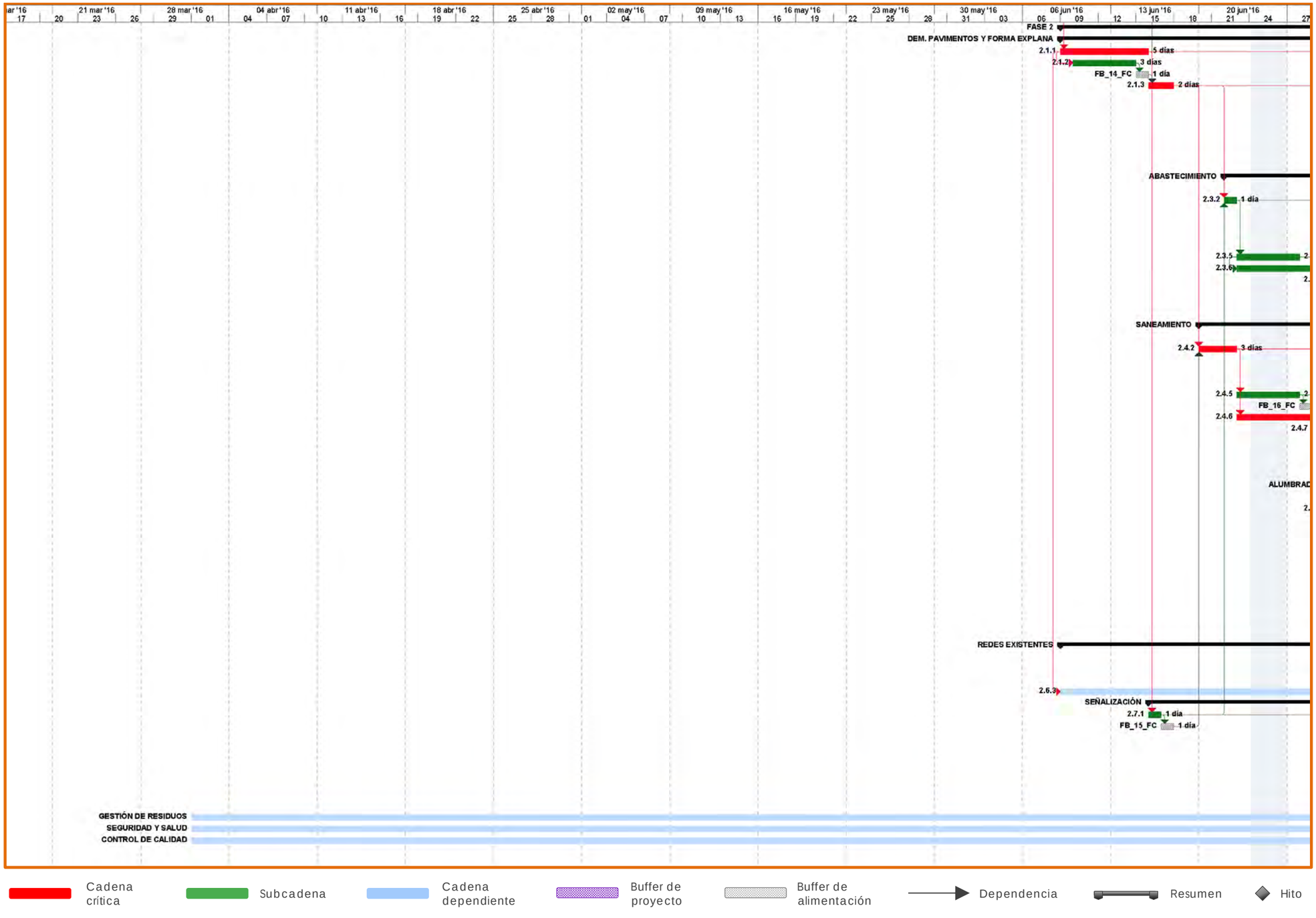
Ficha 133. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



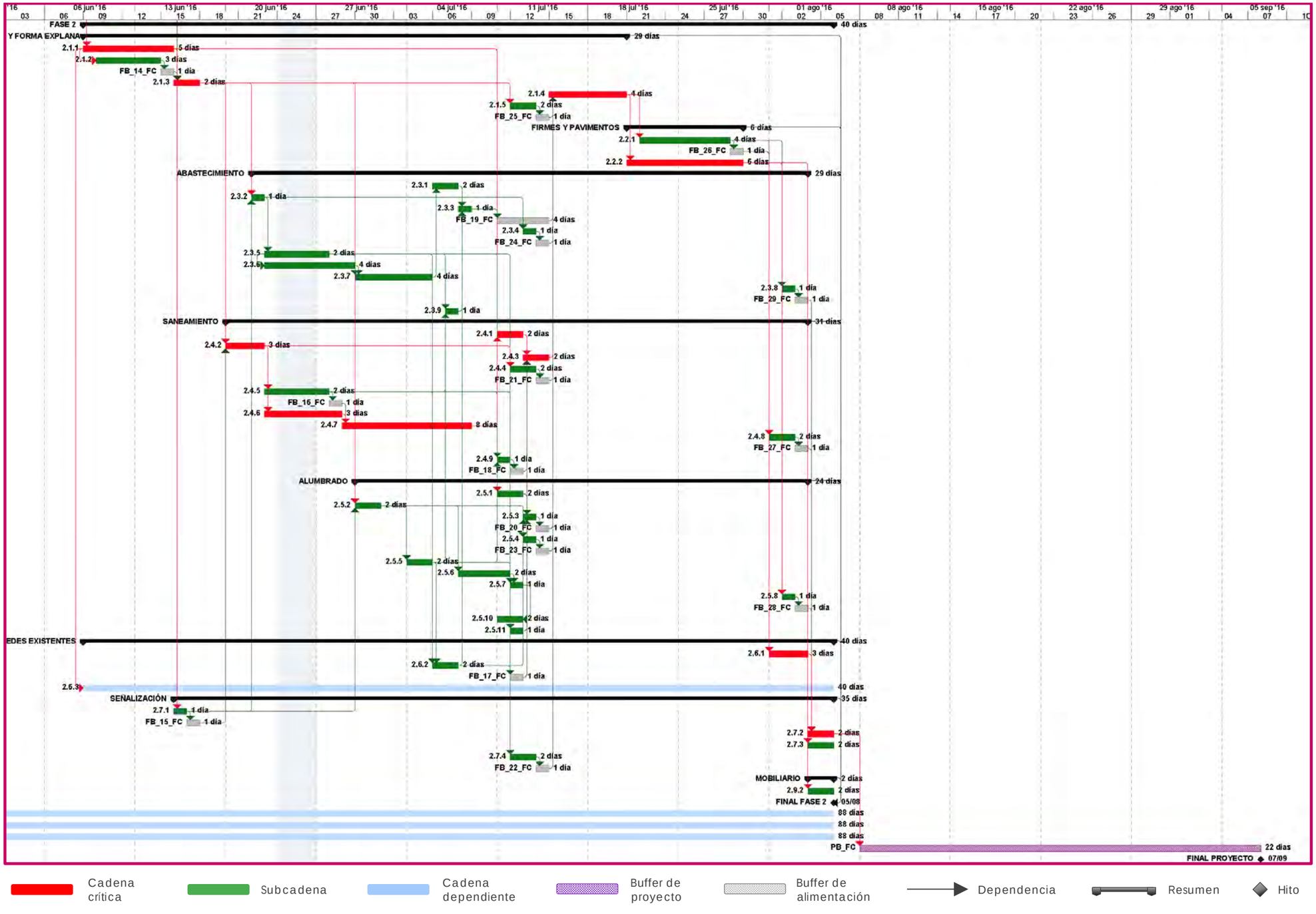
Ficha 134. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



Ficha 135. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



Ficha 136. Cronograma de la obra nº3 mediante la aplicación del método FC de dimensionamiento de buffers. (Fase 6 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



Ficha 137. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante los métodos CP y/o RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
1.1.1	3.294,23	16.471,14	6.588,46																
1.1.2		2.173,95	724,65																
1.1.3			1.330,69																
1.1.4									672,56	1.008,85									
1.1.5									2.854,86										
1.2.1										9.768,74	14.653,11								
1.2.2										6.583,28	16.458,21	6.583,28							
1.3.1								1.250,82	2.501,64										
1.3.2						1.059,31													
1.3.3									230,62										
1.3.4									206,92										
1.3.5						5.761,42	2.880,71												
1.3.6						1.102,55	4.410,19												
1.3.7							661,55	1.984,65											
1.3.8																			123,49
1.3.9									102,39										
1.4.1							2.583,43	2.583,43											
1.4.2			2.371,24	11.856,20															
1.4.3								835,32	1.252,98										
1.4.4									2.230,82										
1.4.5					14.795,88	8.877,53													
1.4.6						2.086,48													
1.4.7						1.437,05	2.155,58												
1.4.8																			775,14
1.4.9								102,39											
1.5.1								251,40	251,40										
1.5.2						224,69													
1.5.3									26,49										
1.5.4									21,04										
1.5.5						760,78	760,78												
1.5.6							7.932,25	11.898,37											
1.5.7								204,67	204,67										
1.5.8																			184,64
1.5.9	45,74	228,68	228,68	228,68	228,68	91,47													
1.5.10								140,25	140,25										
1.5.11									51,19										
1.6.1																			2.161,08
1.6.2							2.022,12												
1.6.3	23,91	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54
1.7.1			116,49																
1.7.2																			617,72
1.7.3																			947,50
1.7.4									242,67										
1.8.1																			100,30
1.8.2																			199,13
1.9.1																			5.624,58
1.9.2																			1.206,32

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 138. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante los métodos CP y/o RSEM. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
2.1.1											6.833,60	10.250,40							
2.1.2											723,52	1.447,05							
2.1.3												887,12							
2.1.4																280,24	840,71		
2.1.5																1.903,24			
2.2.1																	4.070,31	12.210,92	
2.2.2																	6.160,87	12.321,74	
2.3.1															1.381,51	1.381,51			
2.3.2														706,21					
2.3.3																153,74			
2.3.4																137,95			
2.3.5														5.761,42					
2.3.6														4.366,35					
2.3.7															2.840,23				
2.3.8																			61,75
2.3.9																62,97			
2.4.1																3.378,73			
2.4.2													6.612,68						
2.4.3																1.044,05			
2.4.4																1.487,21			
2.4.5													2.677,97	2.677,97					
2.4.6													438,88	877,76					
2.4.7														1.899,04	3.165,07				
2.4.8																			658,53
2.4.9																62,97			
2.5.1																377,10			
2.5.2															149,79				
2.5.3																17,66			
2.5.4																14,02			
2.5.5															1.014,38				
2.5.6																5.862,49			
2.5.7																268,18			
2.5.8																			61,55
2.5.10																280,51			
2.5.11																40,44			
2.6.1																			1.481,88
2.6.2															675,75	675,75			
2.6.3											70,13	175,32	140,25	175,32	175,32	175,32	175,32	140,25	175,32
2.7.1												67,44							
2.7.2																			1.066,85
2.7.3																			781,56
2.7.4																242,67			
2.9.2																			1.206,32
10	200,79	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93
11	79,99	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94
12	79,69	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45
$PV_{CP,\ RSEM}$																			
SEMANAL	3.724,34	20.795,63	13.282,05	14.006,73	16.946,41	23.323,14	25.328,47	20.788,79	12.912,36	19.282,73	40.660,42	21.332,47	11.407,26	18.385,92	11.323,90	19.768,60	13.169,06	26.210,40	19.355,51
A ORIGEN	3.724,34	24.519,96	37.802,02	51.808,75	68.755,17	92.078,31	117.406,78	138.195,57	151.107,93	170.390,65	211.051,08	232.383,54	243.790,81	262.176,73	273.500,63	293.269,23	306.438,28	332.648,68	352.004,19

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 139. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
1.1.1	3.294,23	16.471,14	6.588,46																
1.1.2		2.898,60																	
1.1.3			1.330,69																
1.1.4									672,56	1.008,85									
1.1.5									2.854,86										
1.2.1										9.768,74	14.653,11								
1.2.2										6.583,28	16.458,21	6.583,28							
1.3.1								2.501,64	1.250,82										
1.3.2						1.059,31													
1.3.3									230,62										
1.3.4									206,92										
1.3.5						8.642,14													
1.3.6						2.205,10	3.307,64												
1.3.7							1.323,10	1.323,10											
1.3.8																			123,49
1.3.9									102,39										
1.4.1							2.583,43	2.583,43											
1.4.2			2.371,24	11.856,20															
1.4.3								835,32	1.252,98										
1.4.4									2.230,82										
1.4.5					14.795,88	8.877,53													
1.4.6						2.086,48													
1.4.7						1.437,05	2.155,58												
1.4.8																			775,14
1.4.9								102,39											
1.5.1								502,80											
1.5.2						224,69													
1.5.3								26,49											
1.5.4									21,04										
1.5.5						760,78	760,78												
1.5.6							15.864,49	3.966,12											
1.5.7								409,34											
1.5.8																			184,64
1.5.9	45,74	228,68	228,68	228,68	228,68	91,47													
1.5.10								280,51											
1.5.11								51,19											
1.6.1																			2.161,08
1.6.2							2.022,12												
1.6.3	23,91	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54
1.7.1			116,49																
1.7.2																			617,72
1.7.3																			947,50
1.7.4									242,67										
1.8.1																			100,30
1.8.2																			199,13
1.9.1																			5.624,58
1.9.2																			1.206,32

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 140. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método TC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
2.1.1											6.833,60	10.250,40							
2.1.2											723,52	1.447,05							
2.1.3												887,12							
2.1.4																280,24	840,71		
2.1.5																1.903,24			
2.2.1																	8.140,61	8.140,61	
2.2.2																	6.160,87	12.321,74	
2.3.1															2.763,02				
2.3.2													706,21						
2.3.3															153,74				
2.3.4																137,95			
2.3.5													2.880,71	2.880,71					
2.3.6													1.091,59	3.274,76					
2.3.7														1.420,12	1.420,12				
2.3.8																			61,75
2.3.9															62,97				
2.4.1																3.378,73			
2.4.2													6.612,68						
2.4.3																1.044,05			
2.4.4																1.487,21			
2.4.5													2.677,97	2.677,97					
2.4.6													438,88	877,76					
2.4.7														1.899,04	3.165,07				
2.4.8																			658,53
2.4.9																62,97			
2.5.1																377,10			
2.5.2														149,79					
2.5.3																17,66			
2.5.4																14,02			
2.5.5															1.014,38				
2.5.6															2.931,25	2.931,25			
2.5.7																268,18			
2.5.8																			61,55
2.5.10																280,51			
2.5.11																40,44			
2.6.1																			1.481,88
2.6.2															1.351,49				
2.6.3											70,13	175,32	140,25	175,32	175,32	175,32	175,32	140,25	175,32
2.7.1												67,44							
2.7.2																			1.066,85
2.7.3																			781,56
2.7.4																242,67			
2.9.2																			1.206,32
10	200,79	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93
11	79,99	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94
12	79,69	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45
PV_{TC}																			
SEMANAL	3.724,34	21.520,28	12.557,40	14.006,73	16.946,41	27.306,40	29.939,00	14.119,82	10.987,53	19.282,73	40.660,42	21.332,47	16.085,77	15.277,32	14.959,21	14.563,38	17.239,36	22.140,09	19.355,51
A ORIGEN	3.724,34	25.244,61	37.802,02	51.808,75	68.755,17	96.061,57	126.000,57	140.120,40	151.107,93	170.390,65	211.051,08	232.383,54	248.469,32	263.746,64	278.705,84	293.269,23	310.508,59	332.648,68	352.004,19

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 141. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
1.1.1	3.294,23	16.471,14	6.588,46																
1.1.2		2.173,95	724,65																
1.1.3			1.330,69																
1.1.4									672,56	1.008,85									
1.1.5									2.854,86										
1.2.1										9.768,74	14.653,11								
1.2.2										6.583,28	16.458,21	6.583,28							
1.3.1								2.501,64	1.250,82										
1.3.2						1.059,31													
1.3.3									230,62										
1.3.4									206,92										
1.3.5						8.642,14													
1.3.6						2.205,10	3.307,64												
1.3.7							1.323,10	1.323,10											
1.3.8																			123,49
1.3.9									102,39										
1.4.1							2.583,43	2.583,43											
1.4.2			2.371,24	11.856,20															
1.4.3								835,32	1.252,98										
1.4.4									2.230,82										
1.4.5					14.795,88	8.877,53													
1.4.6						2.086,48													
1.4.7						1.437,05	2.155,58												
1.4.8																			775,14
1.4.9								102,39											
1.5.1								502,80											
1.5.2						224,69													
1.5.3									26,49										
1.5.4									21,04										
1.5.5						760,78	760,78												
1.5.6							11.898,37	7.932,25											
1.5.7								409,34											
1.5.8																			184,64
1.5.9	45,74	228,68	228,68	228,68	228,68	91,47													
1.5.10								280,51											
1.5.11								51,19											
1.6.1																			2.161,08
1.6.2							2.022,12												
1.6.3	23,91	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54	119,54	119,54	119,54	95,63	119,54
1.7.1			116,49																
1.7.2																			617,72
1.7.3																			947,50
1.7.4									242,67										
1.8.1																			100,30
1.8.2																			199,13
1.9.1																			5.624,58
1.9.2																			1.206,32

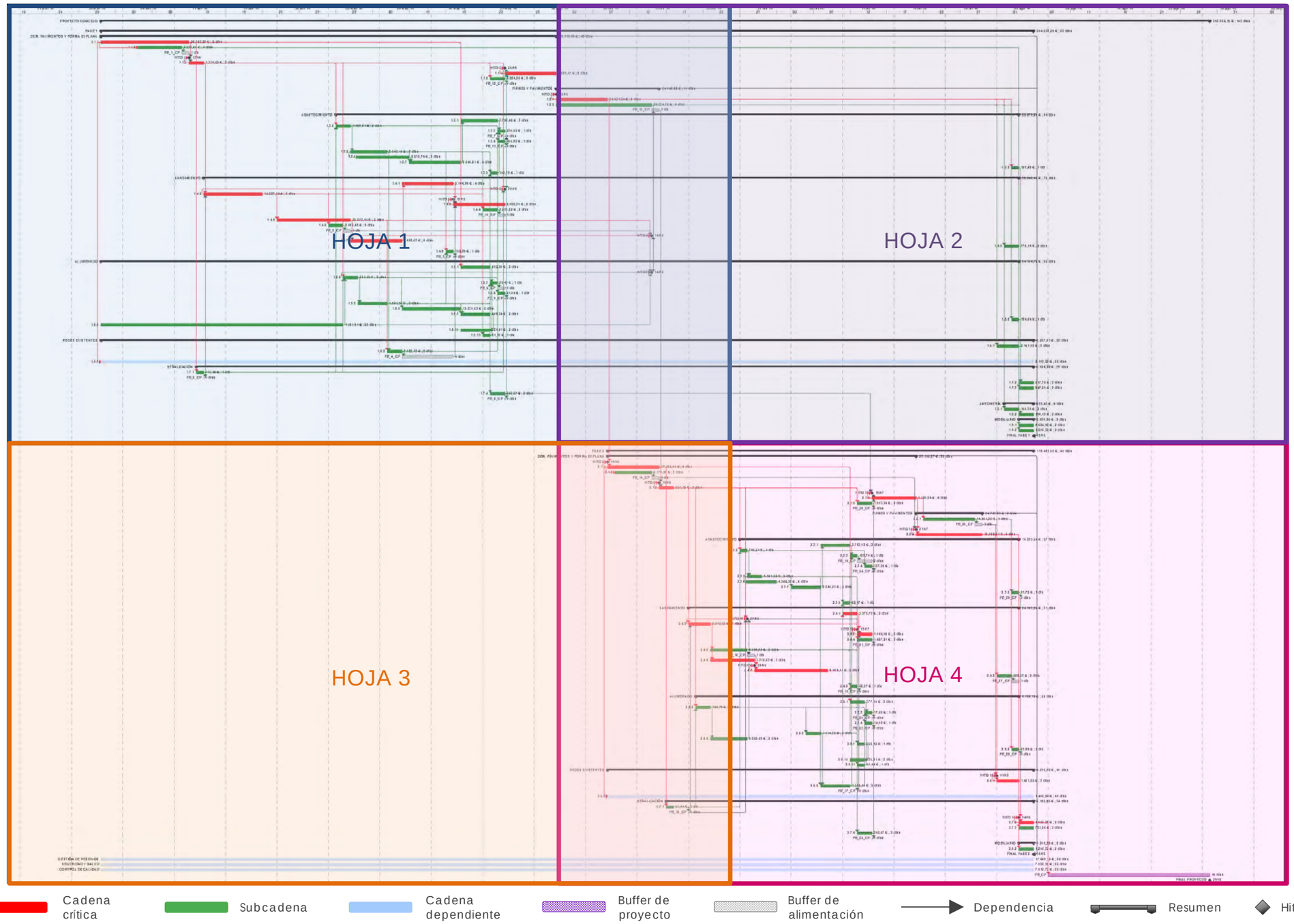
Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 142. Línea base del presupuesto del proyecto (PV) de la obra nº3 sobre la programación realizada mediante el método FC. (Fase 7 del modelo de planificación). Parte 2 de 2

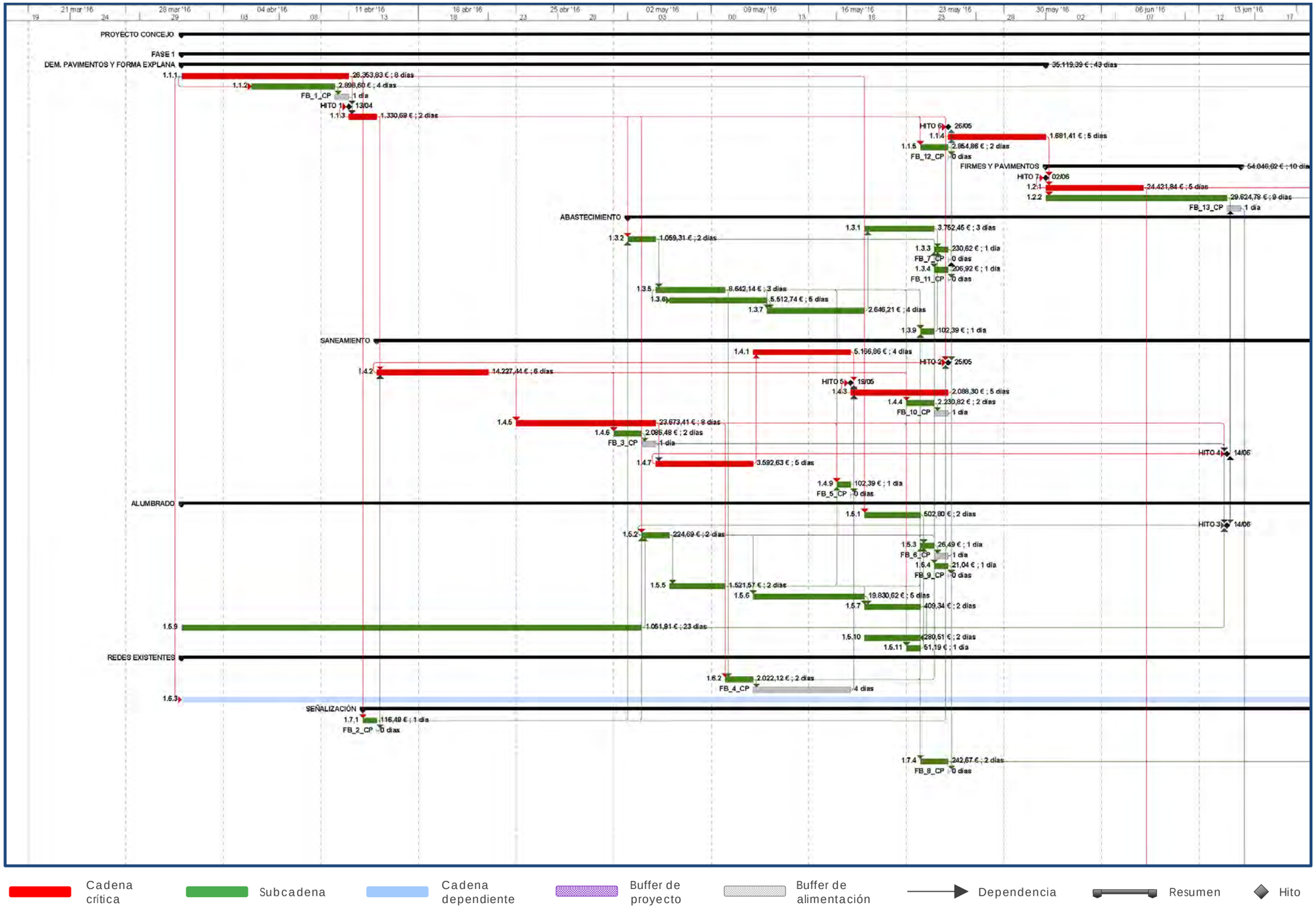
ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16
2.1.1											6.833,60	10.250,40							
2.1.2											723,52	1.447,05							
2.1.3												887,12							
2.1.4																280,24	840,71		
2.1.5																1.903,24			
2.2.1																	4.070,31	12.210,92	
2.2.2																	6.160,87	12.321,74	
2.3.1															2.763,02				
2.3.2													706,21						
2.3.3															153,74				
2.3.4																137,95			
2.3.5													2.880,71	2.880,71					
2.3.6													1.091,59	3.274,76					
2.3.7														1.420,12	1.420,12				
2.3.8																			61,75
2.3.9															62,97				
2.4.1																3.378,73			
2.4.2													6.612,68						
2.4.3																1.044,05			
2.4.4																1.487,21			
2.4.5													2.677,97	2.677,97					
2.4.6													438,88	877,76					
2.4.7														1.899,04	3.165,07				
2.4.8																			658,53
2.4.9																62,97			
2.5.1																377,10			
2.5.2														149,79					
2.5.3																17,66			
2.5.4																14,02			
2.5.5															1.014,38				
2.5.6															2.931,25	2.931,25			
2.5.7																268,18			
2.5.8																			61,55
2.5.10																280,51			
2.5.11																40,44			
2.6.1																			1.481,88
2.6.2															1.351,49				
2.6.3											70,13	175,32	140,25	175,32	175,32	175,32	175,32	140,25	175,32
2.7.1												67,44							
2.7.2																			1.066,85
2.7.3																			781,56
2.7.4																242,67			
2.9.2																			1.206,32
10	200,79	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93	1.003,93	1.003,93	1.003,93	803,14	1.003,93
11	79,99	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94	399,94	399,94	399,94	319,95	399,94
12	79,69	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45	398,45	398,45	398,45	318,76	398,45
PV_{FC}																			
SEMANAL	3.724,34	20.795,63	13.282,05	14.006,73	16.946,41	27.306,40	25.972,88	18.059,45	11.014,02	19.282,73	40.660,42	21.332,47	16.085,77	15.277,32	14.959,21	14.563,38	13.169,06	26.210,40	19.355,51
A ORIGEN	3.724,34	24.519,96	37.802,02	51.808,75	68.755,17	96.061,57	122.034,45	140.093,90	151.107,93	170.390,65	211.051,08	232.383,54	248.469,32	263.746,64	278.705,84	293.269,23	306.438,29	332.648,68	352.004,19

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

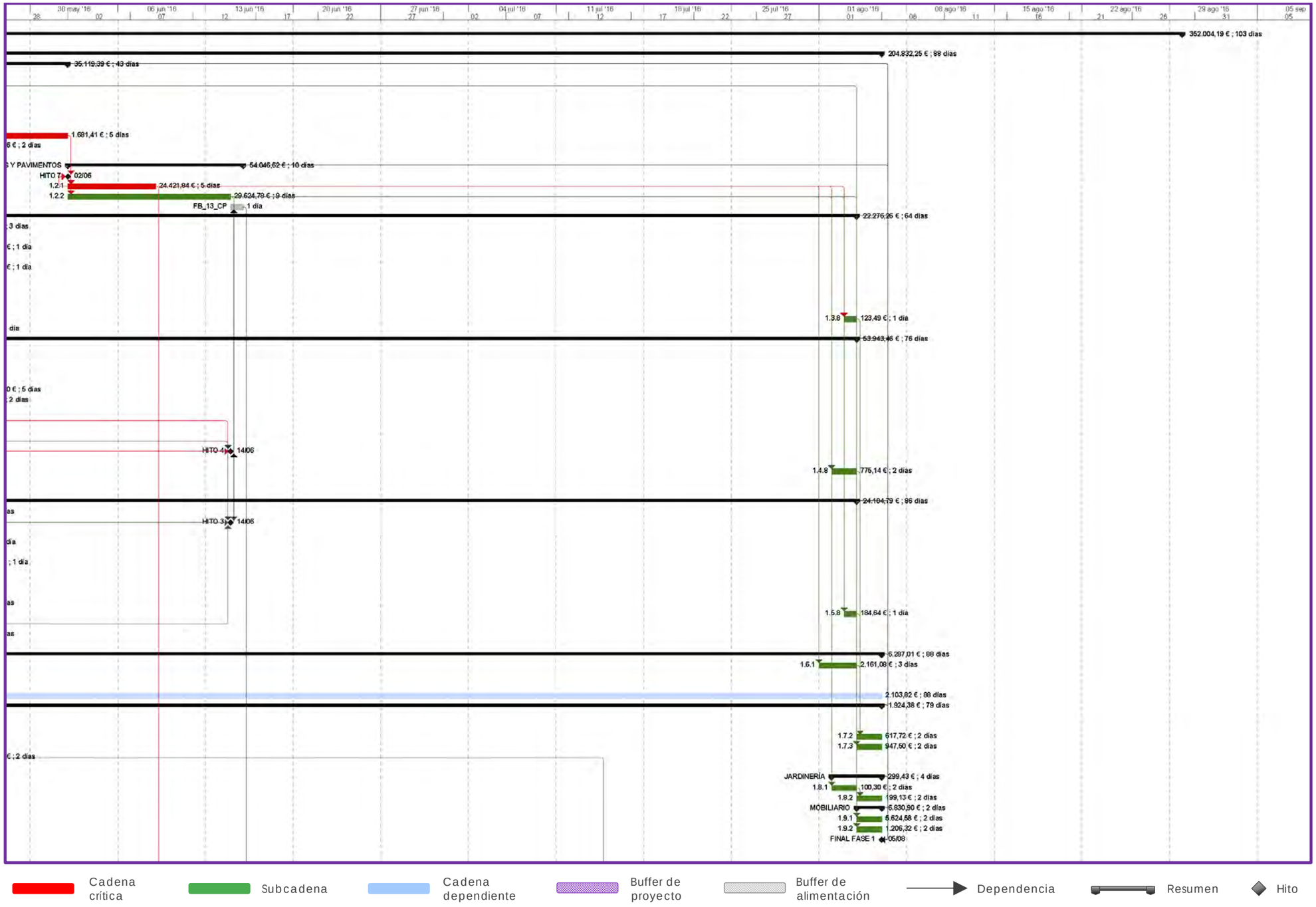
Ficha 143. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director



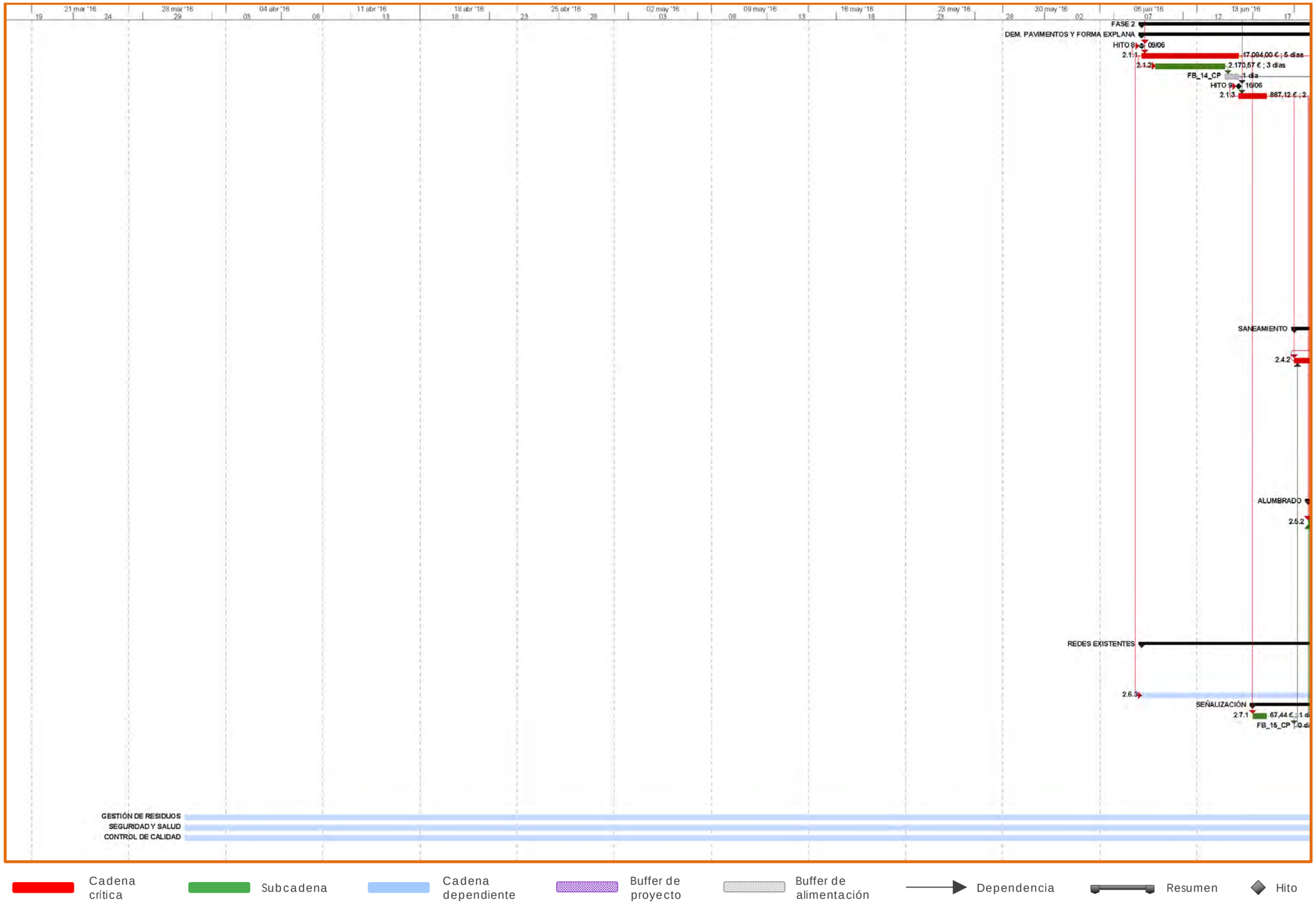
Ficha 144. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



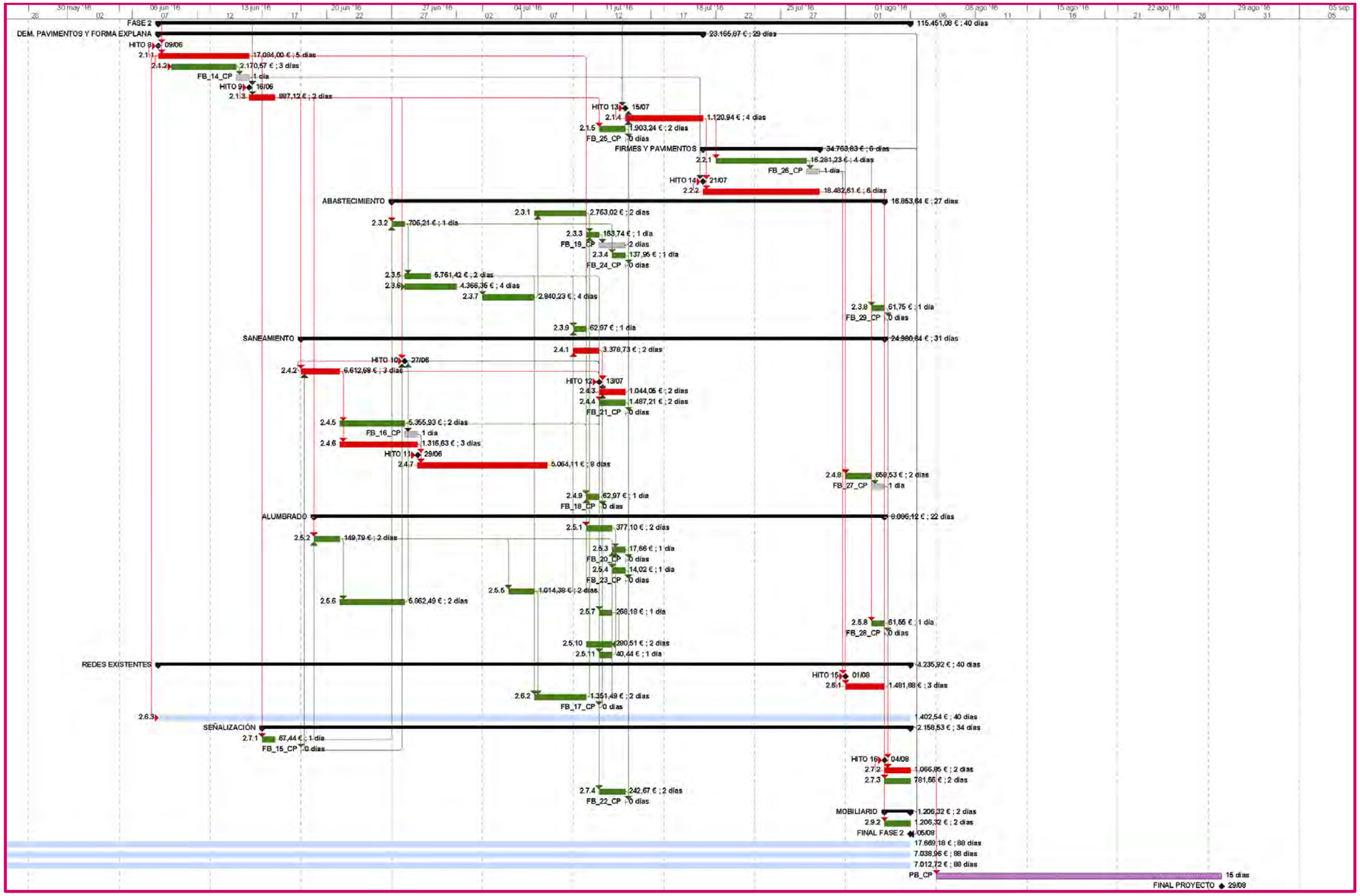
Ficha 145. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



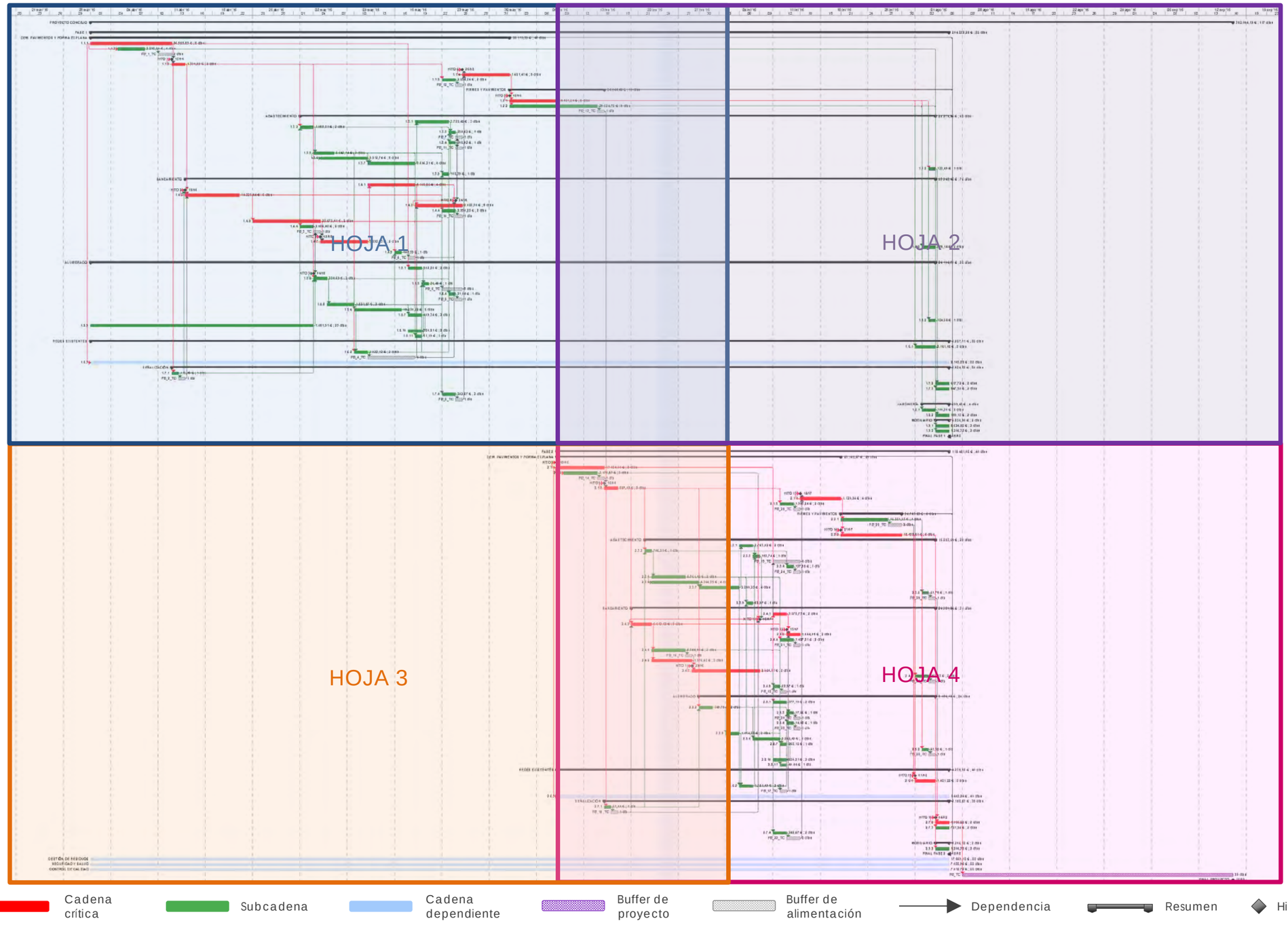
Ficha 146. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



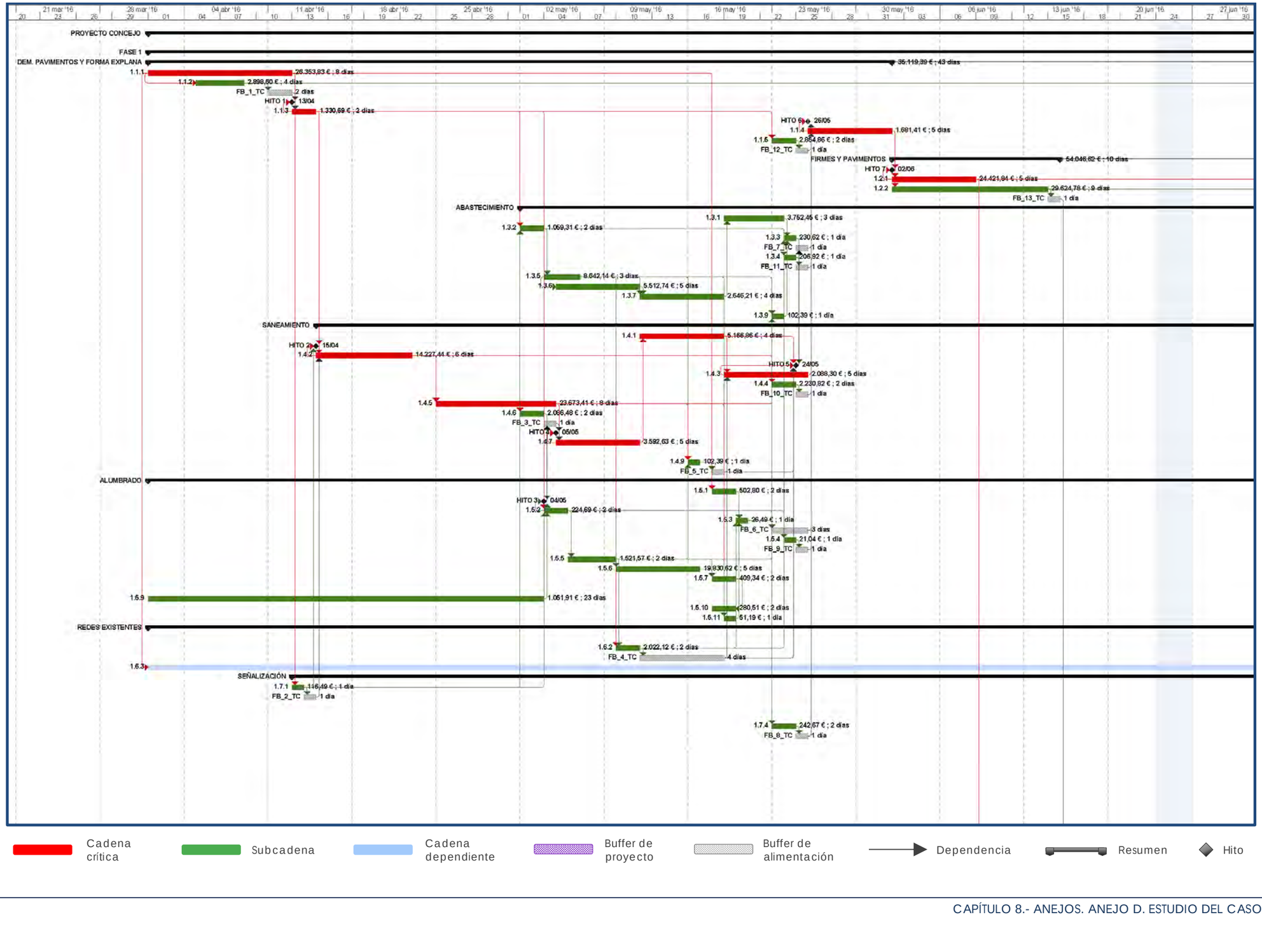
Ficha 147. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con CP. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



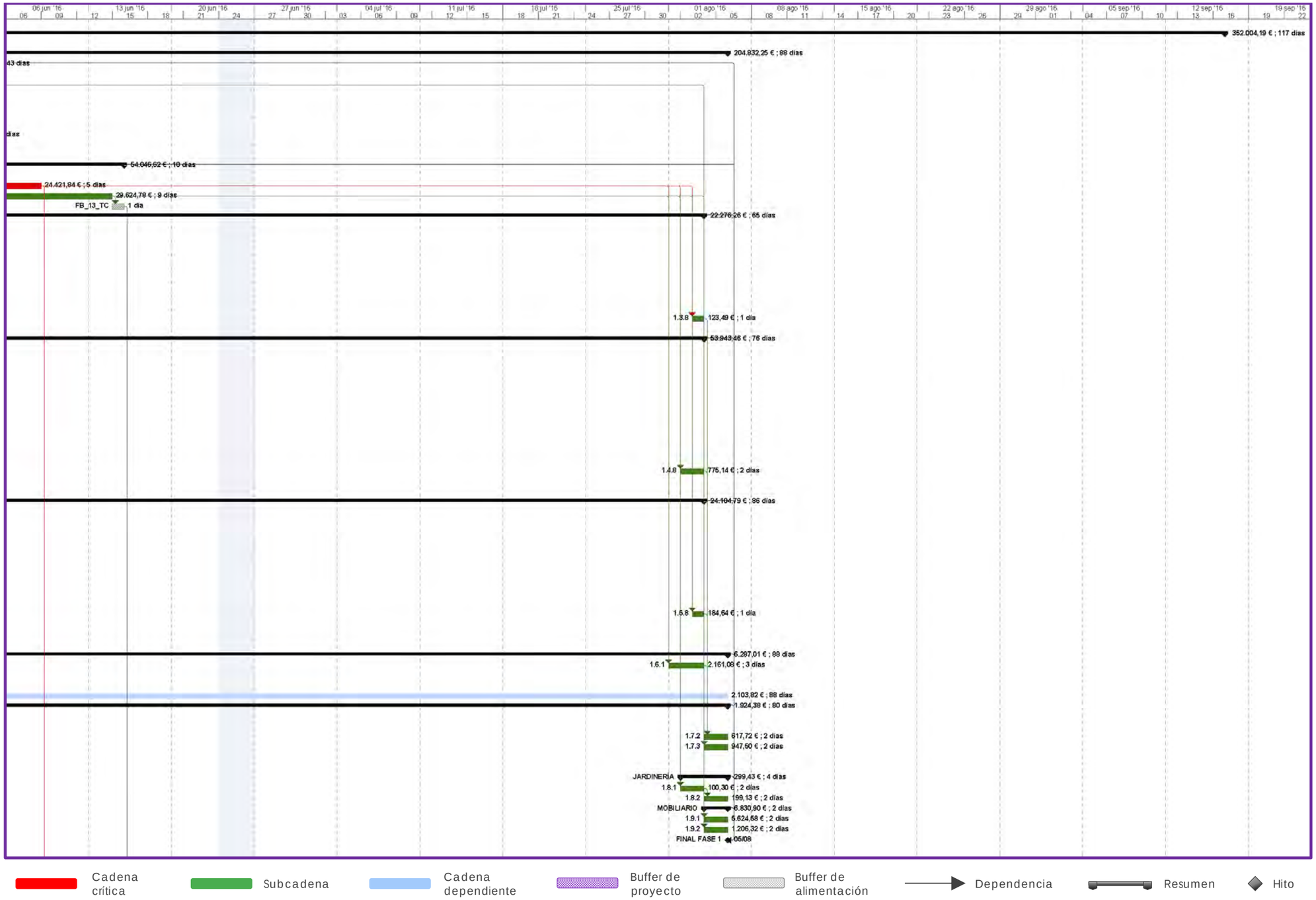
Ficha 148. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director



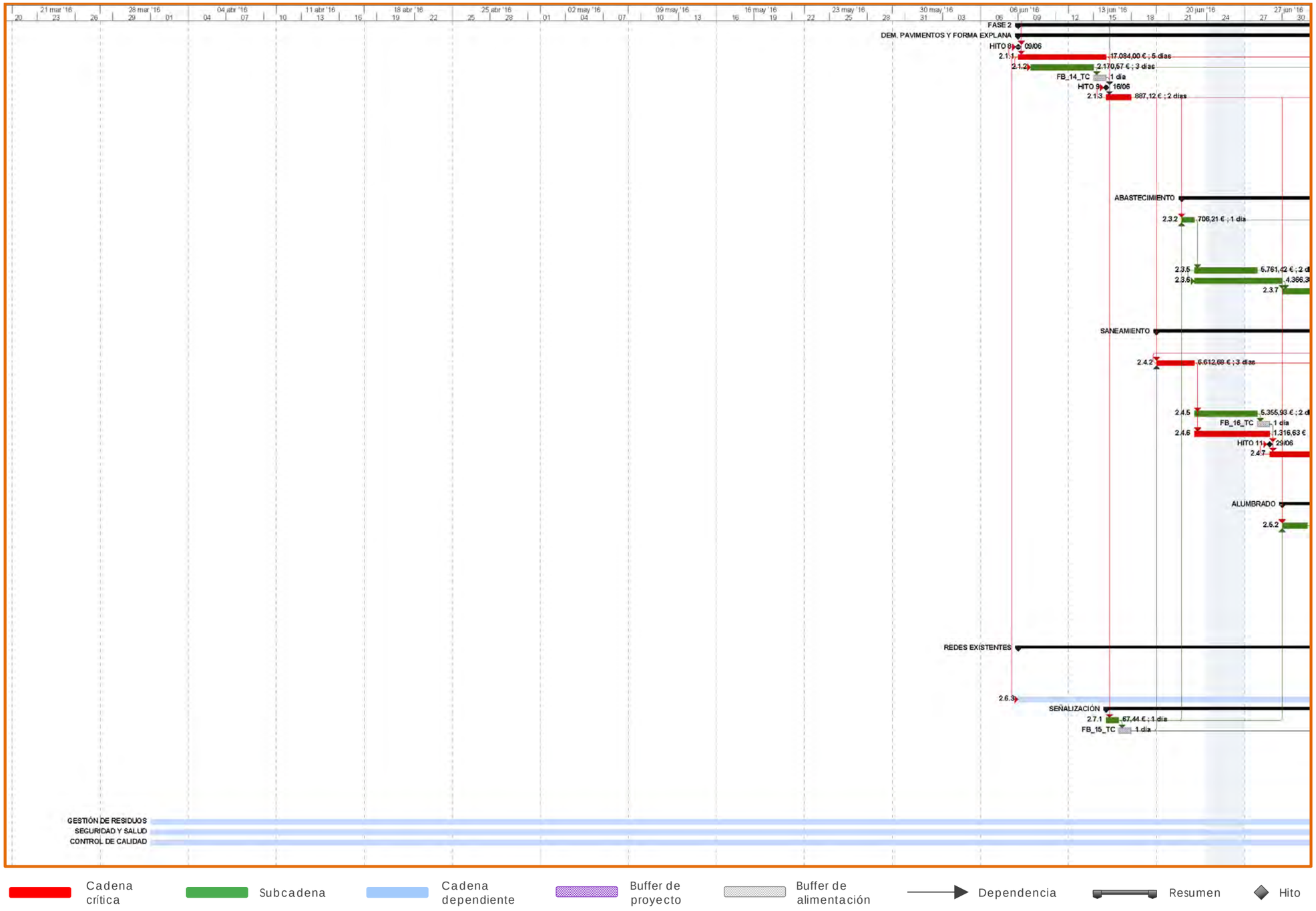
Ficha 149. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



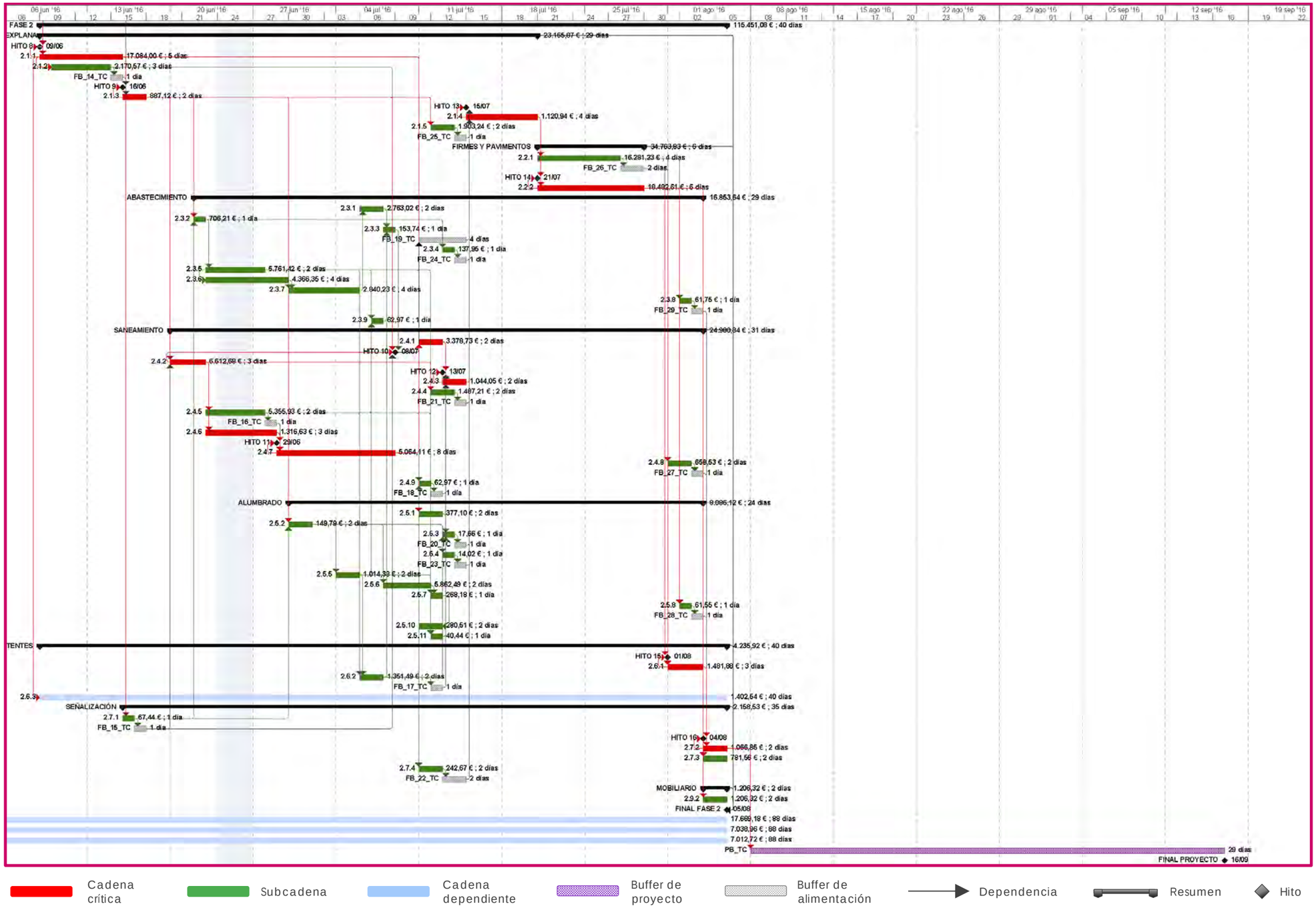
Ficha 150. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



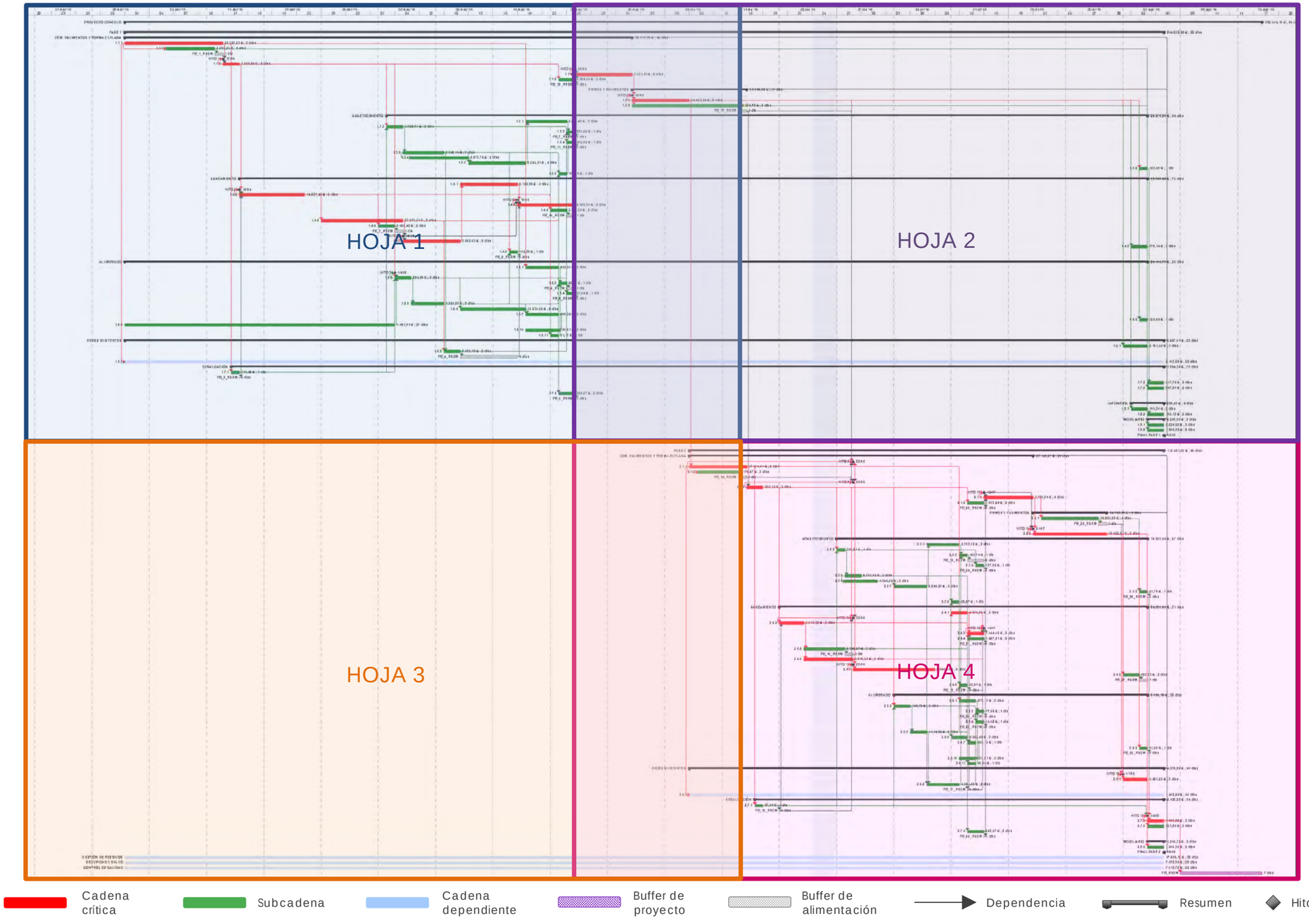
Ficha 151. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



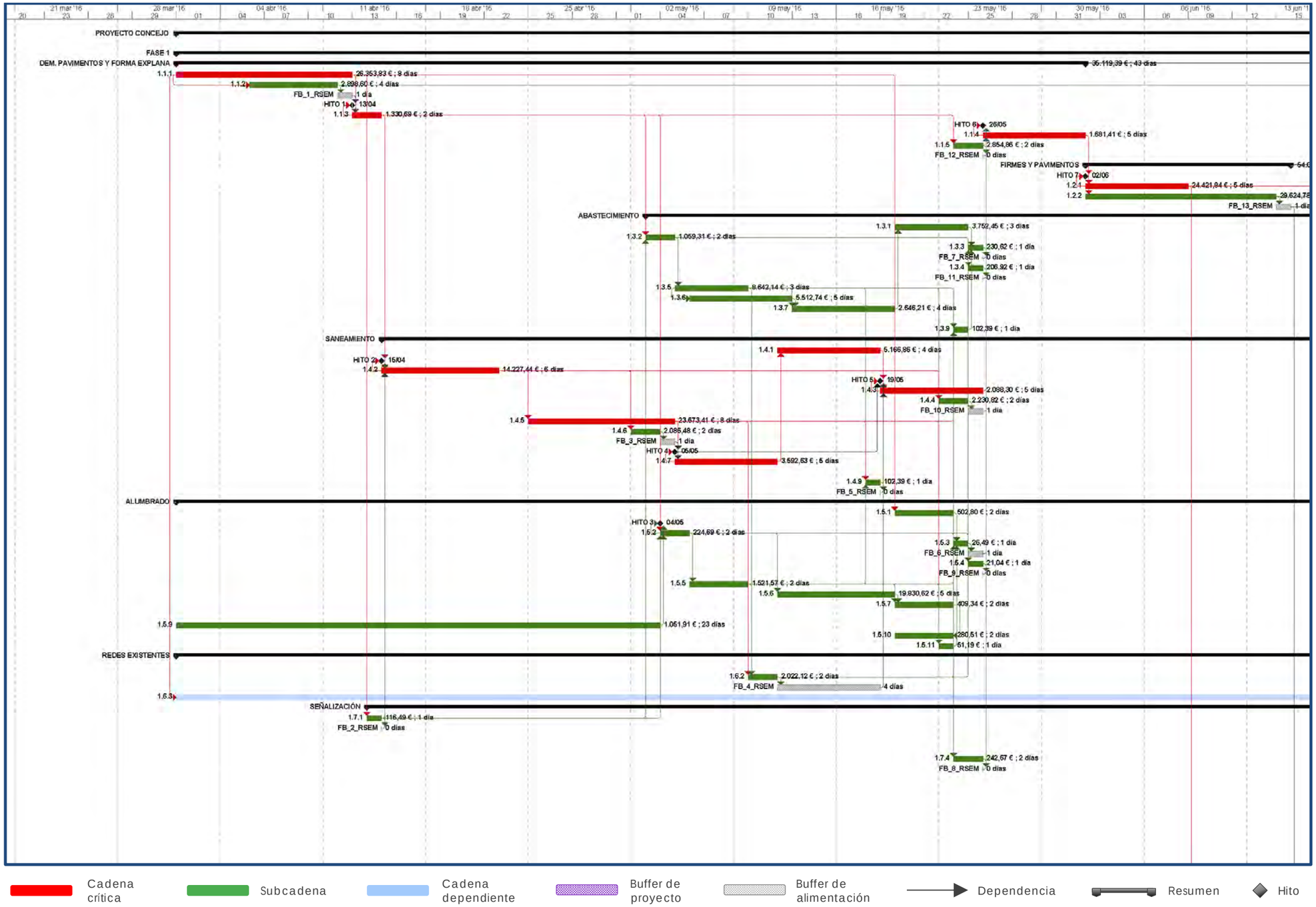
Ficha 152. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con TC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



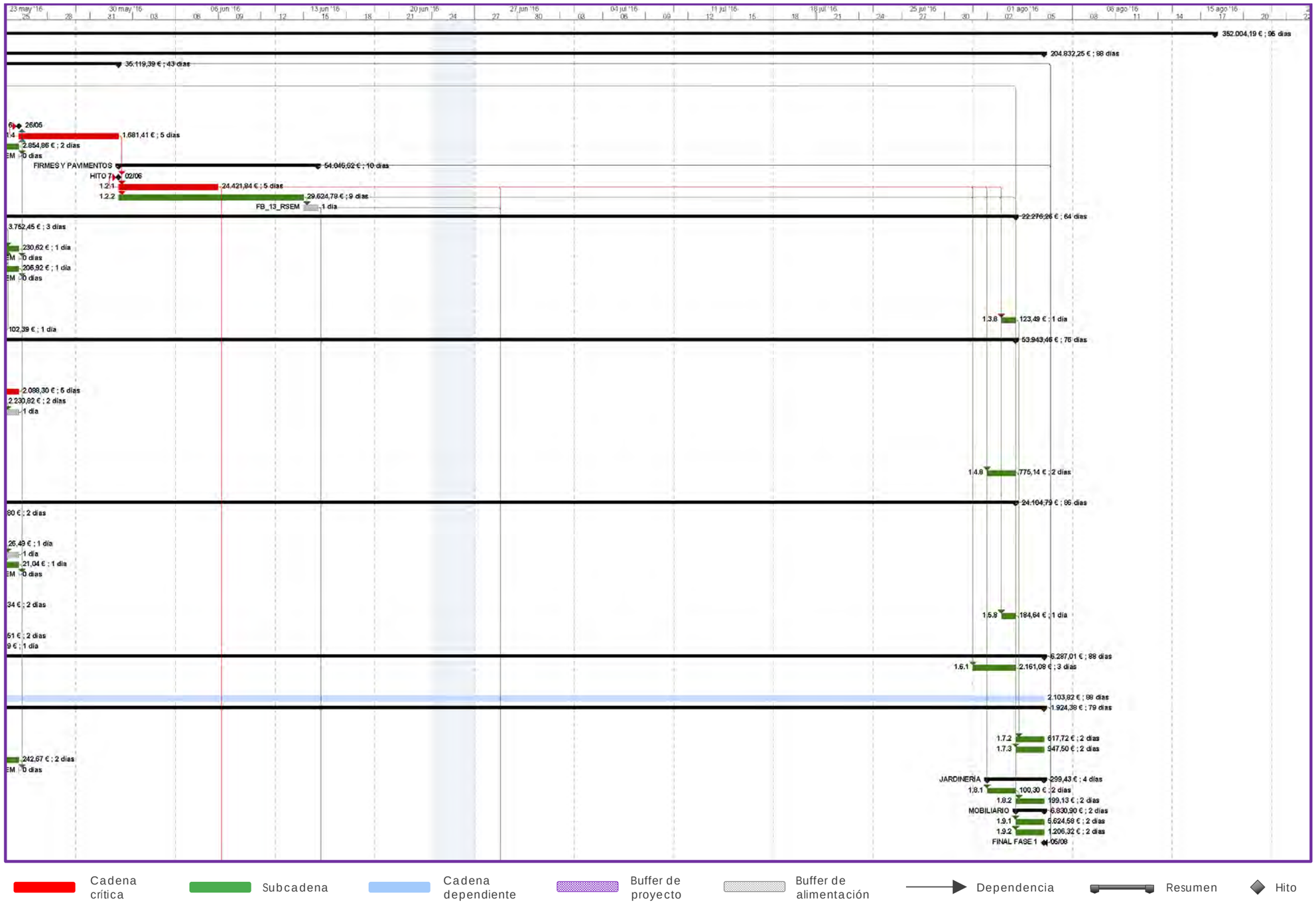
Ficha 153. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director



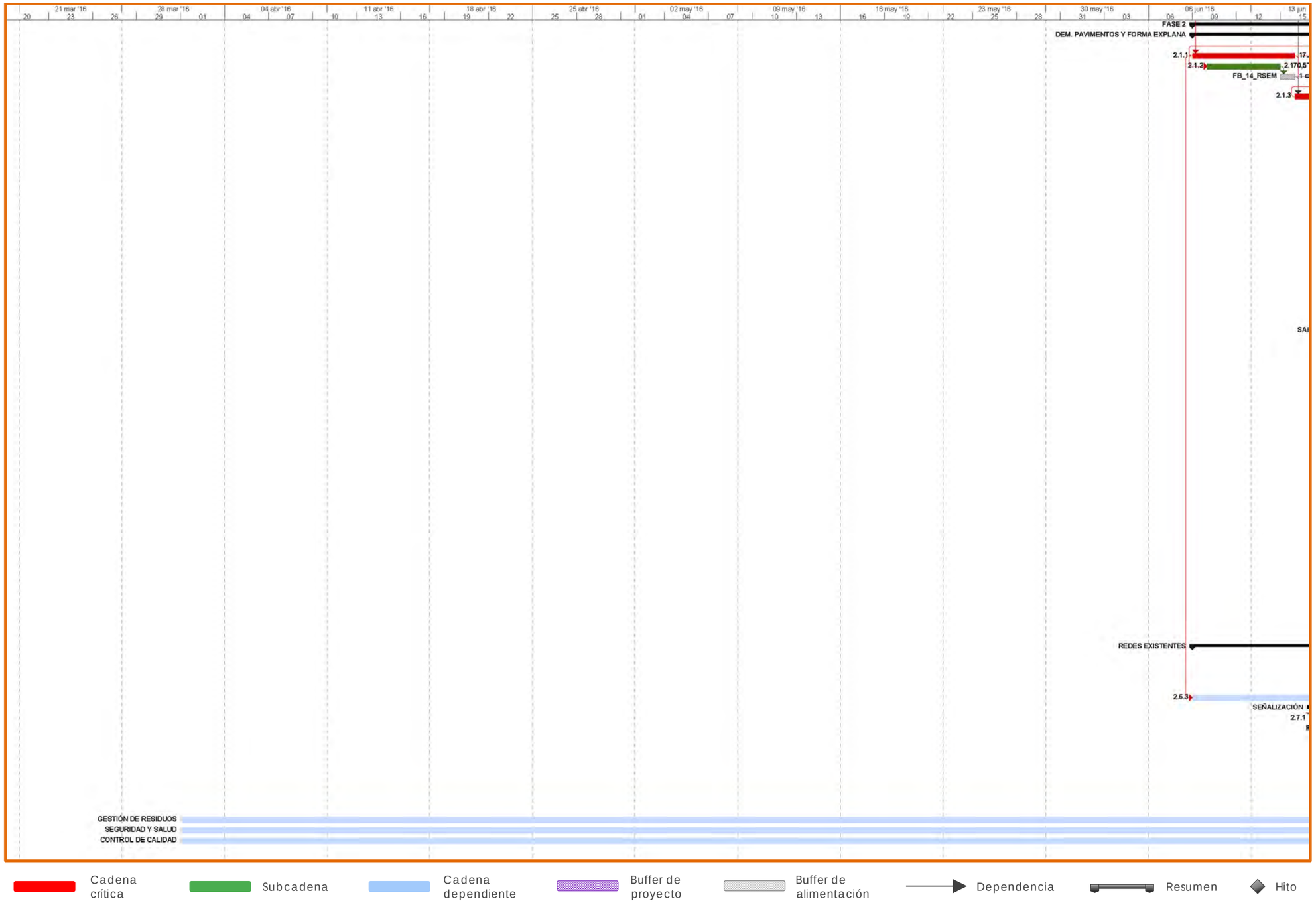
Ficha 154. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



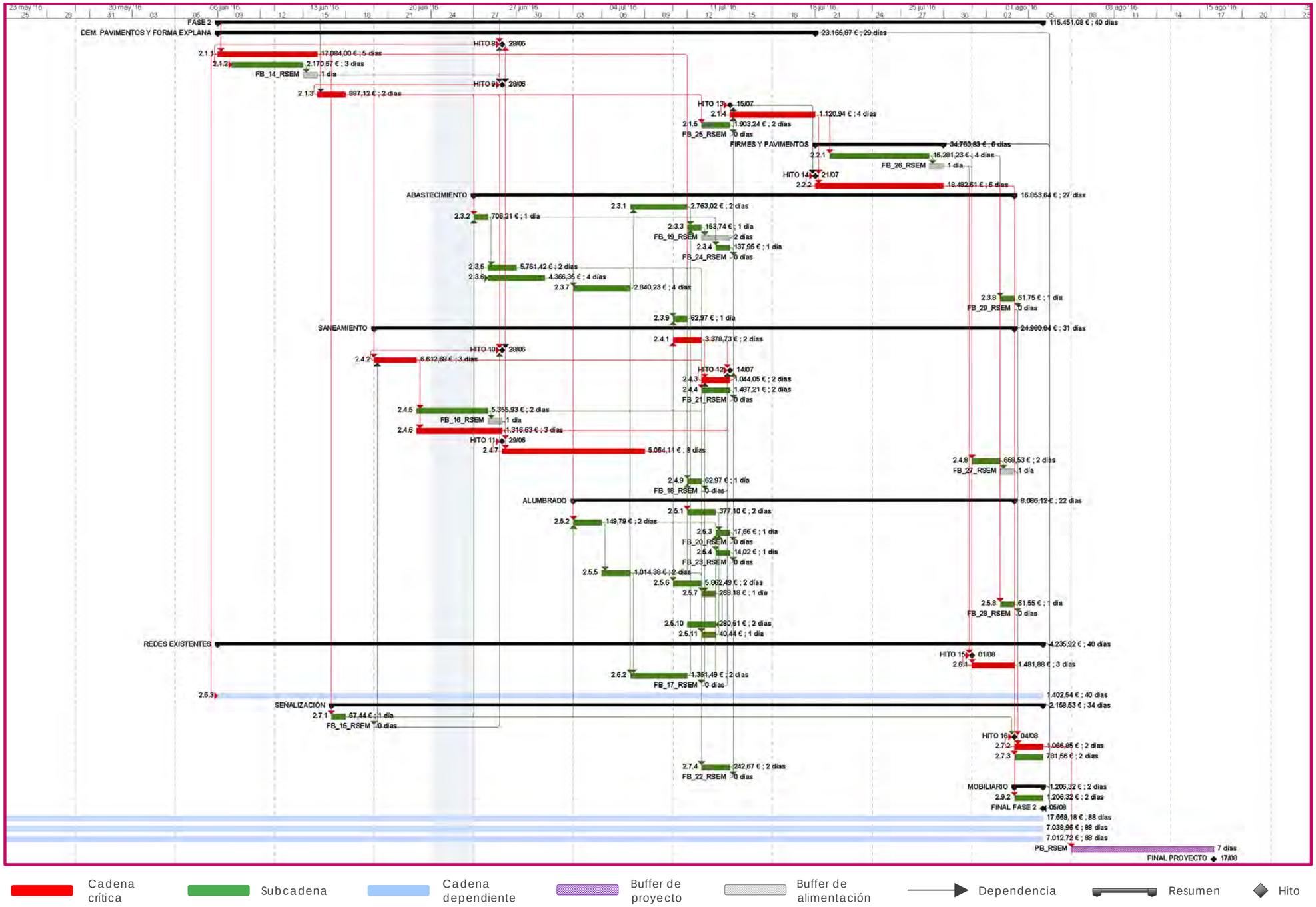
Ficha 155. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



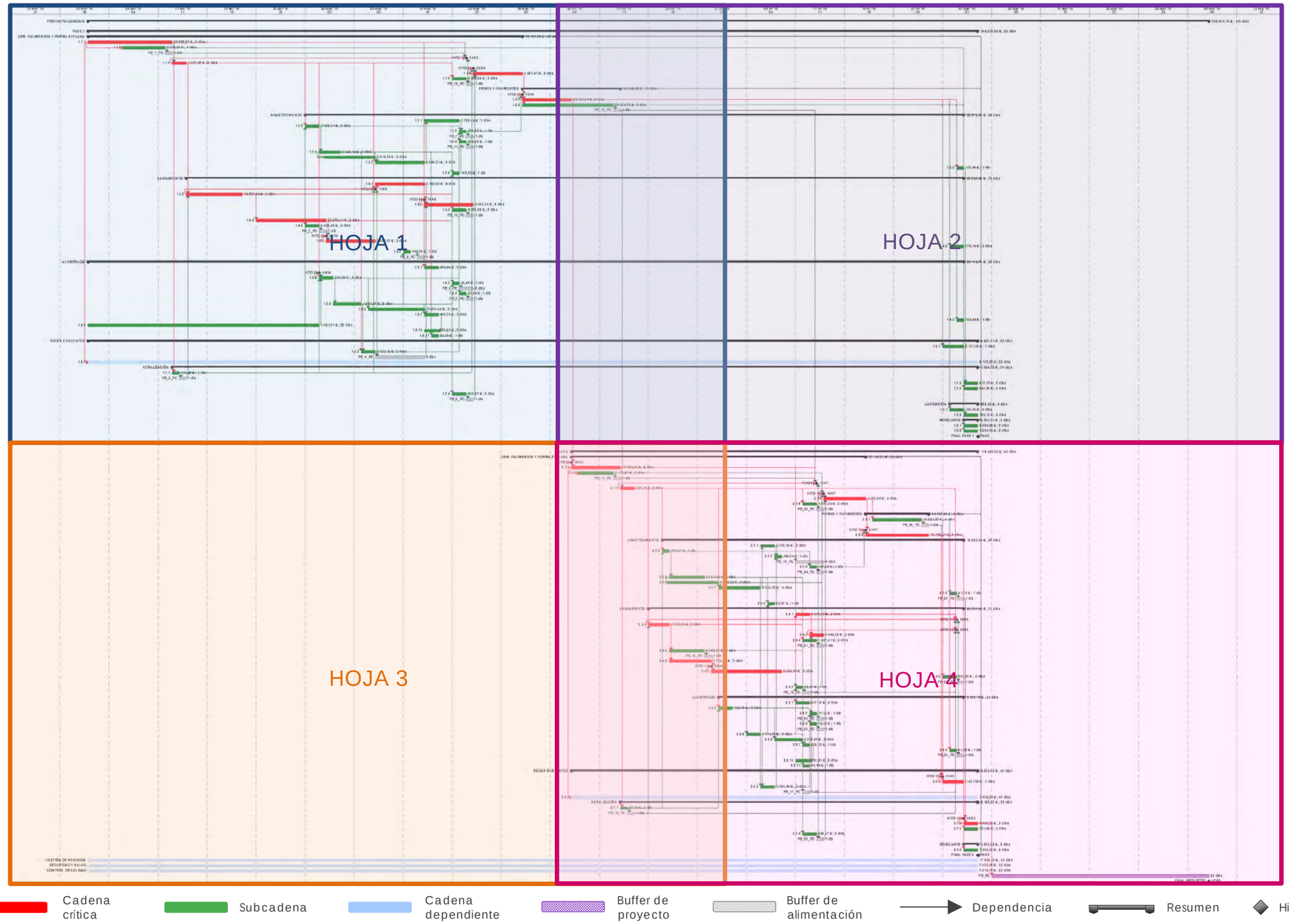
Ficha 156. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



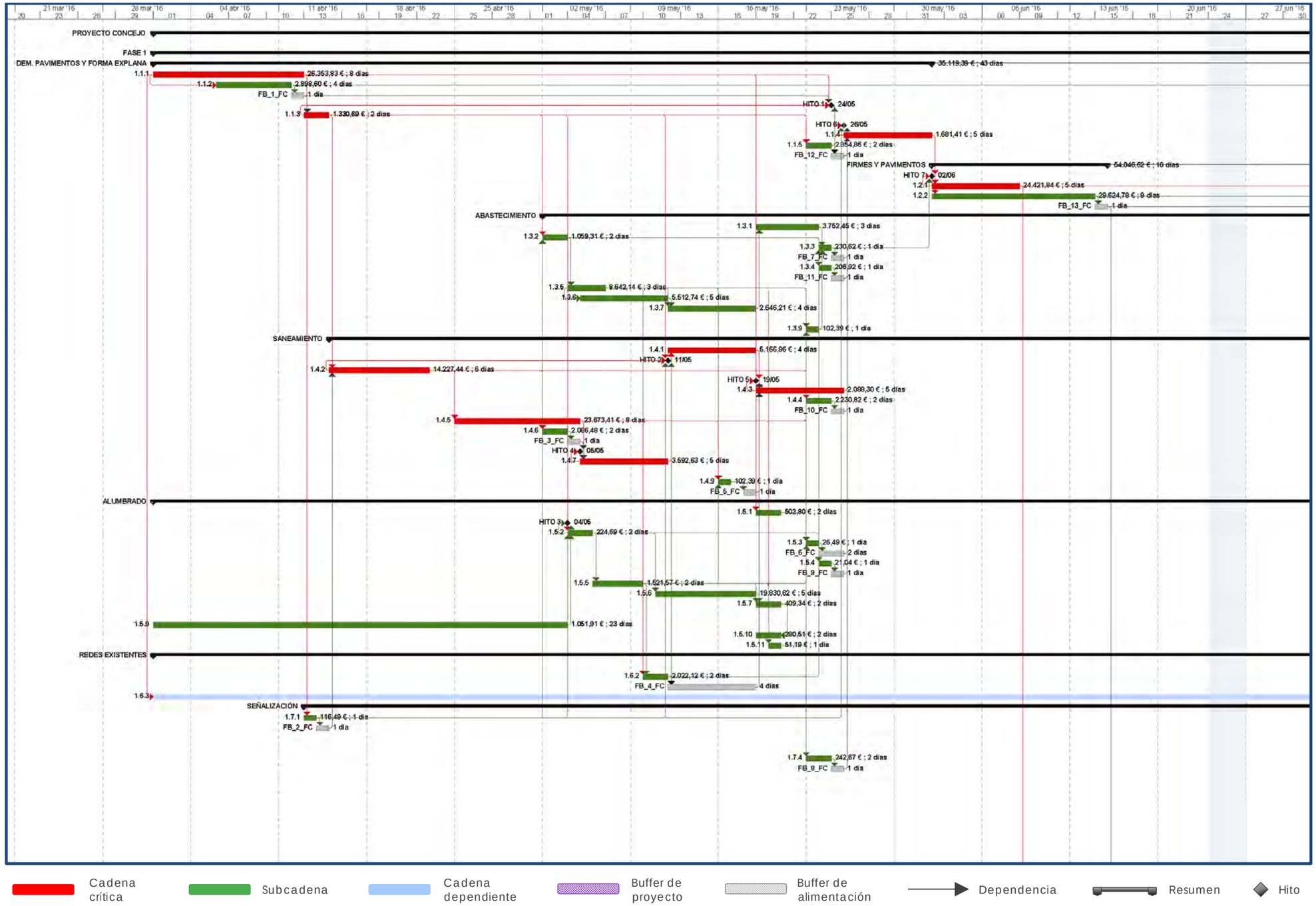
Ficha 157. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con RSEM. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



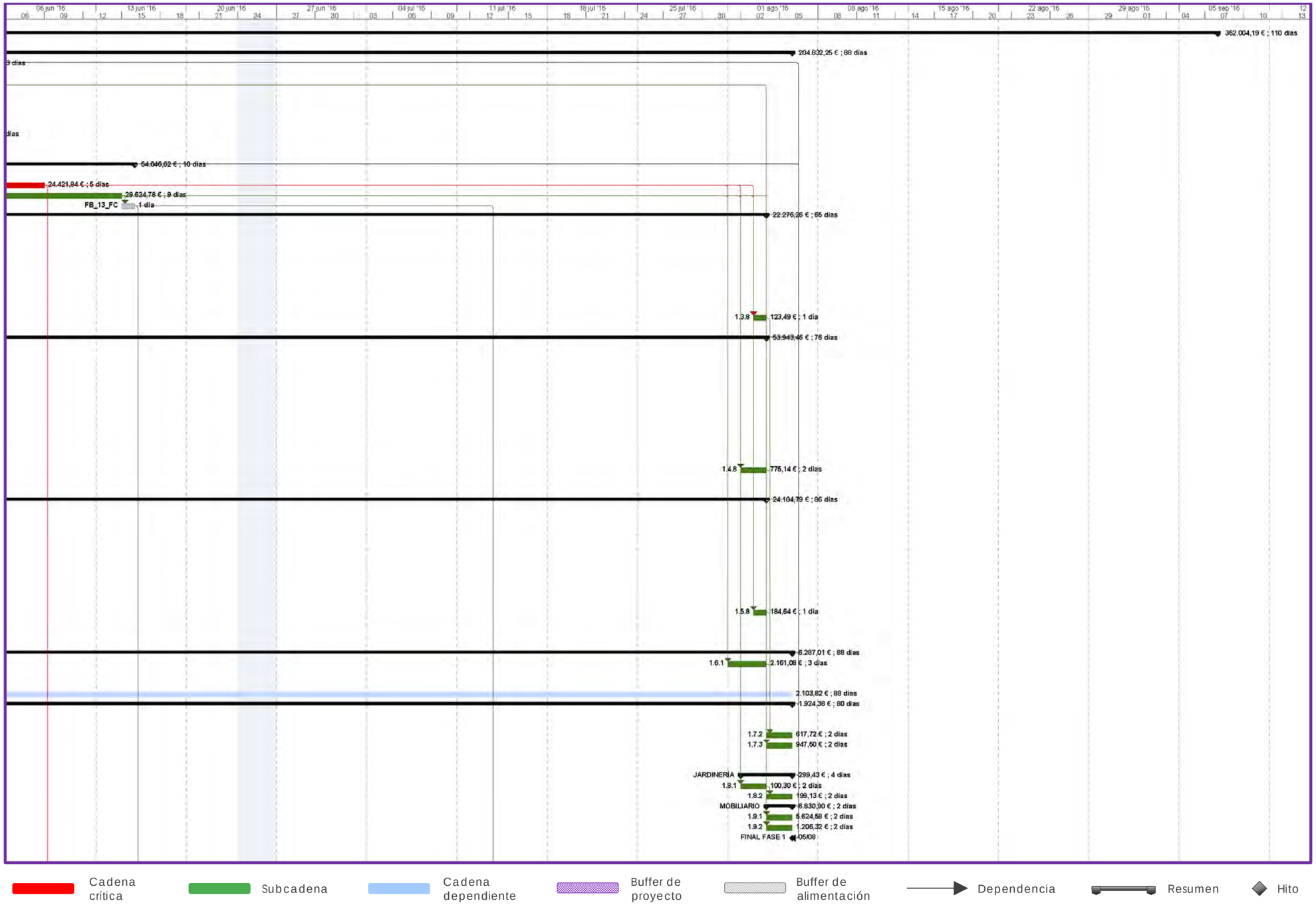
Ficha 158. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Cronograma director



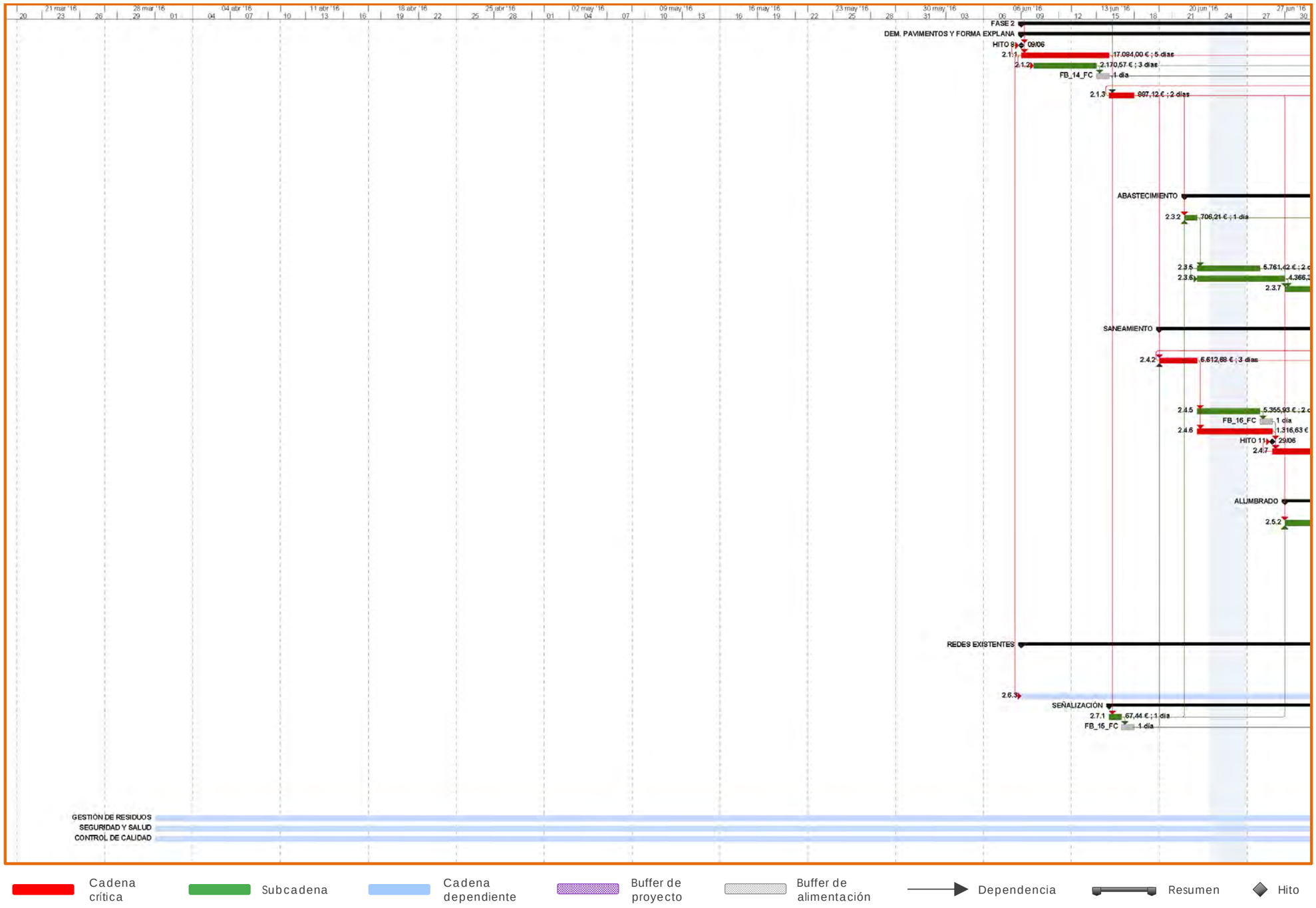
Ficha 159. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 1 del cronograma director



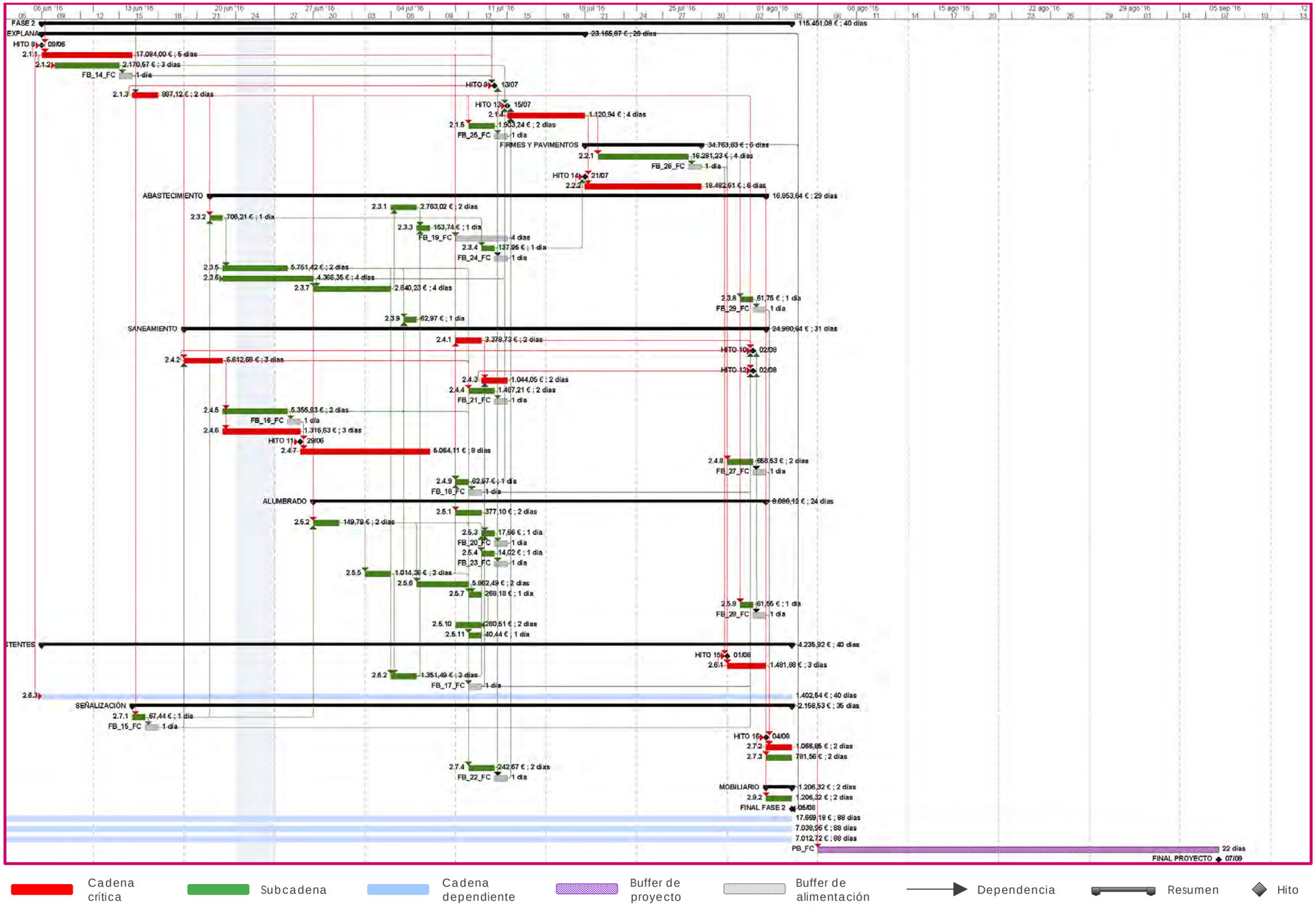
Ficha 160. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 2 del cronograma director



Ficha 161. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 3 del cronograma director



Ficha 162. Cronograma final de la obra nº3 integrando el CCPM y el EVM. Buffers dimensionados con FC. (Fase 8 del modelo de planificación). Hoja 4 del cronograma director



Ficha 163. Valor ganado (EV) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16	15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16
1.1.1	2.298,83	6.896,49	5.747,07	3.448,24	4.597,66	5.172,69																		
1.1.2			249,82	1.449,86	1.249,12																			
1.1.3				279,29	1.396,47																			
1.1.4									903,41															
1.1.5				1.125,84	2.251,68																			
1.2.1										8.710,51	7.686,42	5.124,28												
1.2.2										2.514,26	4.337,09	10.119,89	14.456,98											
1.3.1								2.251,47	1.500,98															
1.3.2						1.219,63																		
1.3.3									205,38															
1.3.4						164,97																		
1.3.5							5.185,28	3.456,86																
1.3.6								3.752,08	2.501,39															
1.3.7									2.373,42															
1.3.8									123,49															
1.3.9							793,49																	
1.4.1					200,57	1.057,52	1.480,52	1.692,03																
1.4.2				3.335,68	2.223,78	981,08																		
1.4.3								472,98	1.103,63															
1.4.4						68,88																		
1.4.5						8.656,83	10.821,04	2.164,21																
1.4.6						201,65	806,60	1.008,25																
1.4.7								3.592,63																
1.4.8					624,22																			
1.4.9					793,49																			
1.5.1																				506,57				
1.5.2									224,69															
1.5.3										27,97														
1.5.4																			20,85					
1.5.5										1.689,16														
1.5.6										121,16										15.833,26	3.958,31			
1.5.7																				409,34				
1.5.8																					184,64			
1.5.9																		175,32			613,61 €		262,98 €	
1.5.10																				196,36	84,15			
1.5.11										46,07														
1.6.1														2.099,33										
1.6.2					628,65		1.944,31																	
1.6.3																								
1.7.1				245,23																				
1.7.2																							438,03	410,59
1.7.3																								950,98
1.7.4					242,67																			
1.8.1																								100,30
1.8.2																								
1.9.1														8.124,39										
1.9.2																							1.206,32	
																					Fin PB_{RSEM}		Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}

* En la semana del 12/09/2016 (y fuera de esta representación) → Fin PB_{TC}

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 164. Valor ganado (EV) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 1 del modelo de seguimiento). Parte 2 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16	15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16
2.1.1													7.164,38	4.391,07	4.043,23									
2.1.2														2.132,91	178,86									
2.1.3															1.039,05									
2.1.4																			517,59	1.381,35				
2.1.5														1.030,73	1.416,12									
2.2.1																					16.531,99	6.114,57		
2.2.2																					5.062,90	11.813,43		
2.3.1																638,24	2.124,78							
2.3.2																545,89								
2.3.3																			178,98					
2.3.4																			301,44					
2.3.5																4.806,26	955,16							
2.3.6																	4.732,37							
2.3.7																		4.046,63						
2.3.8																61,75								
2.3.9																			486,33					
2.4.1																1.028,74	1.645,98	1.440,23						
2.4.2																2.954,39								
2.4.3																			144,60					
2.4.4																			1.571,62					
2.4.5																1.418,12	2.836,23							
2.4.6																	1.899,33							
2.4.7																		5.064,11						
2.4.8																539,18	359,45							
2.4.9																			486,33					
2.5.1																			62,10	248,38				
2.5.2																			149,79					
2.5.3																			16,18					
2.5.4																			14,21					
2.5.5																			1.035,92					
2.5.6																				6.597,19	545,87			
2.5.7																				268,18				
2.5.8																				61,55				
2.5.10																			126,23	154,28				
2.5.11																			48,63					
2.6.1																							1.543,63	
2.6.2																			800,66					
2.6.3																								
2.7.1																122,62								
2.7.2																							438,03	958,04
2.7.3																								778,08
2.7.4																			242,67					
2.9.2																							1.206,32	
10				2.630,30	6.137,36				1.717,51					543,09	1.016,23			4.064,90			4.427,06			84,15
11	2.426,65		808,88			692,70				846,64			606,59				606,59		2.302,54					2.002,19
12						1.227,23				525,95	1.753,18					1.402,54			911,65					1.192,16
EV																					Fin PB_{RSEM}		Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}
SEMAN.	4.725,48	6.896,49	6.805,78	12.514,45	20.345,68	19.443,18	21.031,25	18.390,51	10.653,90	14.481,72	13.776,70	15.244,17	22.227,95	18.321,53	7.693,48	13.517,72	15.159,89	14.791,19	9.418,33	25.656,45	31.408,55	17.928,01	5.095,30	6.476,49
ACUM.	4.725,48	11.621,97	18.427,75	30.942,20	51.287,87	70.731,06	91.762,31	110.152,82	120.806,72	135.288,44	149.065,13	164.309,30	186.537,25	204.858,77	212.552,25	226.069,97	241.229,86	256.021,05	265.439,38	291.095,84	322.504,39	340.432,40	345.527,70	352.004,19

* En la semana del 12/09/2016 (y fuera de esta representación) → Fin PB_{TC}

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 165. Coste real (AC) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16	15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16
1.1.1	2.298,83	6.896,49	5.747,07	3.448,24	4.597,66	5.172,69																		
1.1.2			249,82	1.449,86	1.249,12																			
1.1.3				279,29	1.396,47																			
1.1.4									3.997,93															
1.1.5				1.125,84	2.251,68																			
1.2.1										8.710,51	7.686,42	5.124,28												
1.2.2										2.514,26	4.337,09	10.119,89	14.456,98											
1.3.1								2.251,47	1.500,98															
1.3.2						1.219,63																		
1.3.3									302,43															
1.3.4						164,97																		
1.3.5							5.185,28	3.456,86																
1.3.6								3.752,08	2.501,39															
1.3.7									2.373,42															
1.3.8									123,49															
1.3.9							793,49																	
1.4.1					200,57	1.853,11	2.594,35	2.964,97																
1.4.2				5.070,91	3.380,61	4.515,81																		
1.4.3								905,12	2.111,94															
1.4.4						2.471,87																		
1.4.5						8.772,24	10.965,30	2.193,06																
1.4.6						201,65	806,60	1.008,25																
1.4.7								3.592,63																
1.4.8					624,22																			
1.4.9					793,49																			
1.5.1																				506,57				
1.5.2									224,69															
1.5.3										27,97														
1.5.4																			22,82					
1.5.5										1.780,78														
1.5.6										121,16										15.833,26	3.958,31			
1.5.7																				409,34				
1.5.8																					184,64			
1.5.9																		175,32			613,61		262,98 €	
1.5.10																				196,36	84,15			
1.5.11										46,07														
1.6.1														2.284,57										
1.6.2					948,60		1.944,31																	
1.6.3																								
1.7.1				245,23																				
1.7.2																							1.064,53	828,25
1.7.3																								950,98
1.7.4					364,01																			
1.8.1																								100,30
1.8.2																								
1.9.1														8.124,39										
1.9.2																							1.206,32	
																					Fin PB_{RSEM}		Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}

* En la semana del 12/09/2016 (y fuera de esta representación) → Fin PB_{TC}

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 166. Coste real (AC) de la obra nº3 integrando CCPM y EVM. (Fase 2 del modelo de seguimiento). Parte 1 de 2

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16	15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16
2.1.1													7.164,38	4.391,07	4.043,23									
2.1.2														2.132,91	178,86									
2.1.3															1.039,05									
2.1.4																			517,59	1.381,35				
2.1.5														1.030,73	1.416,12									
2.2.1																					16.531,99	6.114,57		
2.2.2																					5.325,41	12.425,97		
2.3.1																638,24	2.124,78							
2.3.2																745,60								
2.3.3																			220,57					
2.3.4																			301,44					
2.3.5																4.806,26	955,16							
2.3.6																	4.732,37							
2.3.7																		4.046,63						
2.3.8																61,75								
2.3.9																			486,33					
2.4.1																1.559,13	2.494,61	2.182,78						
2.4.2																7.238,91								
2.4.3																			1.585,06					
2.4.4																			1.838,62					
2.4.5																1.514,29	3.028,58							
2.4.6																	1.899,33							
2.4.7																		5.064,11						
2.4.8																539,18	359,45							
2.4.9																			486,33					
2.5.1																			62,10	248,38				
2.5.2																			149,79					
2.5.3																			19,03					
2.5.4																			14,21					
2.5.5																			1.127,54					
2.5.6																				6.597,19	545,87			
2.5.7																				268,18				
2.5.8																				61,55				
2.5.10																			126,23	154,28				
2.5.11																			48,63					
2.6.1																							1.543,63	
2.6.2																			1.760,52					
2.6.3																								
2.7.1																122,62								
2.7.2																							948,51	1.723,76
2.7.3																								538,29
2.7.4																			364,01					
2.9.2																							1.206,32	
10				2.630,30	6.137,36				1.717,51					944,21	1.016,23			4.064,90			4.427,06			184,43
11	2.426,65		808,88			692,70				846,64			606,59				606,59		2.302,54					2.002,19
12						1.227,23				525,95	1.753,18					1.402,54			911,65					1.192,16
AC																					Fin PB_{RSEM}		Fin PB_{CP}	Fin PB_{FC}
SEMAN.	4.725,48	6.896,49	6.805,78	14.249,68	21.943,79	26.291,90	22.289,33	20.124,44	14.853,79	14.573,34	13.776,70	15.244,17	22.227,95	18.907,88	7.693,48	18.628,52	16.200,87	15.533,74	12.345,01	25.656,45	31.671,07	18.540,54	6.232,28	7.520,38
ACUM.	4.725,48	11.621,97	18.427,75	32.677,43	54.621,22	80.913,12	103.202,45	123.326,89	138.180,68	152.754,02	166.530,72	181.774,89	204.002,83	222.910,71	230.604,19	249.232,71	265.433,58	280.967,32	293.312,33	318.968,78	350.639,85	369.180,39	375.412,67	382.933,04

* En la semana del 12/09/2016 (y fuera de esta representación) → Fin PB_{TC}

Cadena crítica Subcadena Cadena dependiente

Ficha 167. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016
Días laborables (máx. 5)	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Semana laborable = 5 días	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de semana de trabajo	0,20	1,20	2,20	3,20	4,20	5,20	6,20	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{CP})	3.724,34 €	24.519,96 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €	92.078,31 €	117.406,78 €	138.195,57 €	151.107,93 €	170.390,65 €	211.051,08 €	232.383,54 €
Valor ganado (EV)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €	149.065,13 €	164.309,30 €
Coste real (AC)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €	166.530,72 €	181.774,89 €
Programación ganada (ES_{CP})	0,25	0,58	0,91	1,68	3,16	4,28	5,19	5,91	6,36	7,06	7,84	8,68
Variación en coste (CV)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
Variación en plazo (SV_{CP})	1.001,14 €	-12.897,99 €	-19.374,27 €	-20.866,55 €	-17.467,30 €	-21.347,25 €	-25.644,47 €	-28.042,75 €	-30.301,21 €	-35.102,21 €	-61.985,95 €	-68.074,24 €
Desviación programación: SV_{CP} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,92	-1,01	-1,09	-1,64	-1,94	-2,16	-2,32
Eficiencia en coste (CPI)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,90	0,90
Eficiencia en plazo (SPI_{CP})	1,27	0,47	0,49	0,60	0,75	0,77	0,78	0,80	0,80	0,79	0,71	0,71
Eficiencia en Programación: SV_{CP} (t)	1,24	0,48	0,41	0,53	0,75	0,82	0,84	0,84	0,80	0,78	0,78	0,79
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{CP})	1,27	0,47	0,49	0,57	0,70	0,67	0,69	0,71	0,70	0,70	0,63	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	353.739,42 €	355.337,54 €	362.186,25 €	363.444,33 €	365.178,26 €	369.378,15 €	369.469,78 €	369.469,78 €	369.469,78 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	321.061,99 €	300.716,32 €	281.273,13 €	260.241,88 €	241.851,37 €	231.197,47 €	216.715,75 €	202.939,06 €	187.694,89 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	371.744,51 €	374.881,95 €	402.676,81 €	395.889,08 €	394.103,24 €	402.628,09 €	397.447,54 €	393.247,63 €	389.421,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	339.067,08 €	320.260,73 €	321.763,69 €	292.686,62 €	270.776,35 €	264.447,41 €	244.693,51 €	226.716,91 €	207.646,29 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-19.740,32 €	-22.877,76 €	-50.672,62 €	-43.884,89 €	-42.099,05 €	-50.623,90 €	-45.443,35 €	-41.243,44 €	-37.416,99 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{CP})	278.429,84 €	729.758,53 €	702.714,57 €	600.401,86 €	483.954,29 €	499.787,89 €	477.685,11 €	463.037,61 €	468.957,82 €	460.936,21 €	487.523,62 €	475.450,17 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{CP})	273.704,36 €	718.136,56 €	684.286,82 €	567.724,43 €	429.333,07 €	418.874,77 €	374.482,66 €	339.710,71 €	330.777,14 €	308.182,19 €	320.992,90 €	293.675,29 €
Variación a conclusión (VAC_{CP})	73.574,35 €	-377.754,34 €	-350.710,38 €	-248.397,67 €	-131.950,10 €	-147.783,70 €	-125.680,92 €	-111.033,42 €	-116.953,63 €	-108.932,02 €	-135.519,43 €	-123.445,98 €
Porcentaje finalizado (%)	1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%	20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%	42,35%	46,68%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 168. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{CP} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016

Semana	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016
Días laborables (máx. 5)	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00
Semana laborable = 5 días	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,40
Número de semana de trabajo	11,80	12,80	13,80	14,80	15,80	16,60	17,60	18,60	19,40	20,40	21,40	21,80
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{CP})	243.790,81 €	262.176,73 €	273.500,63 €	293.269,23 €	306.438,28 €	332.648,68 €	352.004,19 €					
Valor ganado (EV)	186.537,25 €	204.858,77 €	212.552,25 €	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €
Coste real (AC)	204.002,83 €	222.910,71 €	230.604,19 €	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €
Programación ganada (ES_{CP})	9,40	9,85	10,07	10,70	11,78	12,47	13,09	14,69	16,41	17,00	17,27	17,60
Variación en coste (CV)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
Variación en plazo (SV_{CP})	-57.253,56 €	-57.317,96 €	-60.948,38 €	-67.199,26 €	-65.208,42 €	-76.627,63 €	-86.564,81 €	-60.908,35 €	-29.499,80 €	-11.571,79 €	-6.476,49 €	-0,00 €
Desviación programación: SV_{CP} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,02	-4,13	-4,51	-3,91	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
Eficiencia en coste (CPI)	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Eficiencia en plazo (SPI_{CP})	0,77	0,78	0,78	0,77	0,79	0,77	0,75	0,83	0,92	0,97	0,98	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{CP} (t)	0,80	0,77	0,73	0,72	0,75	0,75	0,74	0,79	0,85	0,83	0,81	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{CP})	0,70	0,72	0,72	0,70	0,72	0,70	0,68	0,75	0,84	0,89	0,90	0,92
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	369.469,78 €	370.056,13 €	370.056,13 €	375.166,93 €	376.207,90 €	376.950,45 €	379.877,13 €	379.877,13 €	380.139,65 €	380.752,18 €	381.889,16 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	165.466,94 €	147.145,42 €	139.451,94 €	125.934,22 €	110.774,33 €	95.983,14 €	86.564,81 €	60.908,35 €	29.499,80 €	11.571,79 €	6.476,49 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	384.962,54 €	383.022,43 €	381.899,71 €	388.069,93 €	387.322,41 €	386.302,89 €	388.967,03 €	385.709,22 €	382.713,22 €	381.729,37 €	382.449,32 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	180.959,71 €	160.111,72 €	151.295,52 €	138.837,22 €	121.888,83 €	105.335,57 €	95.654,70 €	66.740,44 €	32.073,38 €	12.548,98 €	7.036,65 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-32.958,35 €	-31.018,24 €	-29.895,52 €	-36.065,74 €	-35.318,22 €	-34.298,70 €	-36.962,84 €	-33.705,03 €	-30.709,03 €	-29.725,18 €	-30.445,13 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{CP})	440.504,20 €	427.820,50 €	425.283,00 €	429.339,28 €	420.270,97 €	417.830,04 €	420.161,83 €	399.673,86 €	385.647,01 €	382.155,92 €	382.581,21 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{CP})	236.501,36 €	204.909,78 €	194.678,81 €	180.106,56 €	154.837,39 €	136.862,72 €	126.849,51 €	80.705,08 €	35.007,16 €	12.975,54 €	7.168,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{CP})	-88.500,01 €	-75.816,31 €	-73.278,81 €	-77.335,09 €	-68.266,78 €	-65.825,85 €	-68.157,64 €	-47.669,67 €	-33.642,82 €	-30.151,73 €	-30.577,02 €	-30.928,86 €
Porcentaje finalizado (%)	52,99%	58,20%	60,38%	64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%	91,62%	96,71%	98,16%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 169. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016
Días laborables (máx. 5)	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Semana laborable = 5 días	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de semana de trabajo	0,20	1,20	2,20	3,20	4,20	5,20	6,20	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{TC})	3.724,34 €	25.244,61 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €	96.061,57 €	126.000,57 €	140.120,40 €	151.107,93 €	170.390,65 €	211.051,08 €	232.383,54 €
Valor ganado (EV)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €	149.065,13 €	164.309,30 €
Coste real (AC)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €	166.530,72 €	181.774,89 €
Programación ganada (ES_{TC})	0,25	0,57	0,88	1,65	3,16	4,27	5,04	5,67	6,03	6,86	7,81	8,68
Variación en coste (CV)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
Variación en plazo (SV_{TC})	1.001,14 €	-13.622,64 €	-19.374,27 €	-20.866,55 €	-17.467,30 €	-25.330,51 €	-34.238,26 €	-29.967,58 €	-30.301,21 €	-35.102,21 €	-61.985,95 €	-68.074,24 €
Desviación programación: SV_{TC} (t)	0,05	-0,63	-1,32	-1,55	-1,04	-0,93	-1,16	-1,33	-1,97	-2,14	-2,19	-2,32
Eficiencia en coste (CPI)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,90	0,90
Eficiencia en plazo (SPI_{TC})	1,27	0,46	0,49	0,60	0,75	0,74	0,73	0,79	0,80	0,79	0,71	0,71
Eficiencia en Programación: SV_{TC} (t)	1,23	0,47	0,40	0,52	0,75	0,82	0,81	0,81	0,75	0,76	0,78	0,79
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{TC})	1,27	0,46	0,49	0,57	0,70	0,64	0,65	0,70	0,70	0,70	0,63	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	353.739,42 €	355.337,54 €	362.186,25 €	363.444,33 €	365.178,26 €	369.378,15 €	369.469,78 €	369.469,78 €	369.469,78 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	321.061,99 €	300.716,32 €	281.273,13 €	260.241,88 €	241.851,37 €	231.197,47 €	216.715,75 €	202.939,06 €	187.694,89 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	371.744,51 €	374.881,95 €	402.676,81 €	395.889,08 €	394.103,24 €	402.628,09 €	397.447,54 €	393.247,63 €	389.421,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	339.067,08 €	320.260,73 €	321.763,69 €	292.686,62 €	270.776,35 €	264.447,41 €	244.693,51 €	226.716,91 €	207.646,29 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-19.740,32 €	-22.877,76 €	-50.672,62 €	-43.884,89 €	-42.099,05 €	-50.623,90 €	-45.443,35 €	-41.243,44 €	-37.416,99 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{TC})	278.429,84 €	750.981,96 €	702.714,57 €	600.401,86 €	483.954,29 €	517.908,20 €	505.096,01 €	467.769,20 €	468.957,82 €	460.936,21 €	487.523,62 €	475.450,17 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{TC})	273.704,36 €	739.359,99 €	684.286,82 €	567.724,43 €	429.333,07 €	436.995,08 €	401.893,56 €	344.442,31 €	330.777,14 €	308.182,19 €	320.992,90 €	293.675,29 €
Variación a conclusión (VAC_{TC})	73.574,35 €	-398.977,77 €	-350.710,38 €	-248.397,67 €	-131.950,10 €	-165.904,01 €	-153.091,82 €	-115.765,01 €	-116.953,63 €	-108.932,02 €	-135.519,43 €	-123.445,98 €
Porcentaje finalizado (%)	1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%	20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%	42,35%	46,68%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 170. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{TC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016

Semana	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016
Días laborables (máx. 5)	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00
Semana laborable = 5 días	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,40
Número de semana de trabajo	11,80	12,80	13,80	14,80	15,80	16,60	17,60	18,60	19,40	20,40	21,40	21,80
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{TC})	248.469,32 €	263.746,64 €	278.705,84 €	293.269,23 €	310.508,59 €	332.648,68 €	352.004,19 €					
Valor ganado (EV)	186.537,25 €	204.858,77 €	212.552,25 €	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €
Coste real (AC)	204.002,83 €	222.910,71 €	230.604,19 €	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €
Programación ganada (ES_{TC})	9,40	9,85	10,07	10,70	11,55	12,29	12,91	14,65	16,34	17,00	17,27	17,60
Variación en coste (CV)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
Variación en plazo (SV_{TC})	-61.932,07 €	-58.887,87 €	-66.153,59 €	-67.199,26 €	-69.278,73 €	-76.627,63 €	-86.564,81 €	-60.908,35 €	-29.499,80 €	-11.571,79 €	-6.476,49 €	-0,00 €
Desviación programación: SV_{TC} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,25	-4,31	-4,69	-3,95	-3,06	-3,40	-4,13	-4,20
Eficiencia en coste (CPI)	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Eficiencia en plazo (SPI_{TC})	0,75	0,78	0,76	0,77	0,78	0,77	0,75	0,83	0,92	0,97	0,98	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{TC} (t)	0,80	0,77	0,73	0,72	0,73	0,74	0,73	0,79	0,84	0,83	0,81	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{TC})	0,69	0,71	0,70	0,70	0,71	0,70	0,68	0,75	0,84	0,89	0,90	0,92
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	369.469,78 €	370.056,13 €	370.056,13 €	375.166,93 €	376.207,90 €	376.950,45 €	379.877,13 €	379.877,13 €	380.139,65 €	380.752,18 €	381.889,16 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	165.466,94 €	147.145,42 €	139.451,94 €	125.934,22 €	110.774,33 €	95.983,14 €	86.564,81 €	60.908,35 €	29.499,80 €	11.571,79 €	6.476,49 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	384.962,54 €	383.022,43 €	381.899,71 €	388.069,93 €	387.322,41 €	386.302,89 €	388.967,03 €	385.709,22 €	382.713,22 €	381.729,37 €	382.449,32 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	180.959,71 €	160.111,72 €	151.295,52 €	138.837,22 €	121.888,83 €	105.335,57 €	95.654,70 €	66.740,44 €	32.073,38 €	12.548,98 €	7.036,65 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-32.958,35 €	-31.018,24 €	-29.895,52 €	-36.065,74 €	-35.318,22 €	-34.298,70 €	-36.962,84 €	-33.705,03 €	-30.709,03 €	-29.725,18 €	-30.445,13 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{TC})	445.042,82 €	429.047,49 €	428.988,09 €	429.339,28 €	422.327,62 €	417.830,04 €	420.161,83 €	399.673,86 €	385.647,01 €	382.155,92 €	382.581,21 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{TC})	241.039,98 €	206.136,78 €	198.383,90 €	180.106,56 €	156.894,04 €	136.862,72 €	126.849,51 €	80.705,08 €	35.007,16 €	12.975,54 €	7.168,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{TC})	-93.038,63 €	-77.043,30 €	-76.983,90 €	-77.335,09 €	-70.323,43 €	-65.825,85 €	-68.157,64 €	-47.669,67 €	-33.642,82 €	-30.151,73 €	-30.577,02 €	-30.928,86 €
Porcentaje finalizado (%)	52,99%	58,20%	60,38%	64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%	91,62%	96,71%	98,16%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 171. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016
Días laborables (máx. 5)	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Semana laborable = 5 días	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de semana de trabajo	0,20	1,20	2,20	3,20	4,20	5,20	6,20	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{RSEM})	3.724,34 €	24.519,96 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €	92.078,31 €	117.406,78 €	138.195,57 €	151.107,93 €	170.390,65 €	211.051,08 €	232.383,54 €
Valor ganado (EV)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €	149.065,13 €	164.309,30 €
Coste real (AC)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €	166.530,72 €	181.774,89 €
Programación ganada (ES_{RSEM})	0,25	0,58	0,91	1,68	3,16	4,28	5,19	5,91	6,36	7,06	7,84	8,68
Variación en coste (CV)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
Variación en plazo (SV_{RSEM})	1.001,14 €	-12.897,99 €	-19.374,27 €	-20.866,55 €	-17.467,30 €	-21.347,25 €	-25.644,47 €	-28.042,75 €	-30.301,21 €	-35.102,21 €	-61.985,95 €	-68.074,24 €
Desviación programación: SV_{RSEM} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,92	-1,01	-1,09	-1,64	-1,94	-2,16	-2,32
Eficiencia en coste (CPI)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,90	0,90
Eficiencia en plazo (SPI_{RSEM})	1,27	0,47	0,49	0,60	0,75	0,77	0,78	0,80	0,80	0,79	0,71	0,71
Eficiencia en Programación: SV_{RSEM} (t)	1,24	0,48	0,41	0,53	0,75	0,82	0,84	0,84	0,80	0,78	0,78	0,79
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{RSEM})	1,27	0,47	0,49	0,57	0,70	0,67	0,69	0,71	0,70	0,70	0,63	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	353.739,42 €	355.337,54 €	362.186,25 €	363.444,33 €	365.178,26 €	369.378,15 €	369.469,78 €	369.469,78 €	369.469,78 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	321.061,99 €	300.716,32 €	281.273,13 €	260.241,88 €	241.851,37 €	231.197,47 €	216.715,75 €	202.939,06 €	187.694,89 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	371.744,51 €	374.881,95 €	402.676,81 €	395.889,08 €	394.103,24 €	402.628,09 €	397.447,54 €	393.247,63 €	389.421,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	339.067,08 €	320.260,73 €	321.763,69 €	292.686,62 €	270.776,35 €	264.447,41 €	244.693,51 €	226.716,91 €	207.646,29 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-19.740,32 €	-22.877,76 €	-50.672,62 €	-43.884,89 €	-42.099,05 €	-50.623,90 €	-45.443,35 €	-41.243,44 €	-37.416,99 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{RSEM})	278.429,84 €	729.758,53 €	702.714,57 €	600.401,86 €	483.954,29 €	499.787,89 €	477.685,11 €	463.037,61 €	468.957,82 €	460.936,21 €	487.523,62 €	475.450,17 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{RSEM})	273.704,36 €	718.136,56 €	684.286,82 €	567.724,43 €	429.333,07 €	418.874,77 €	374.482,66 €	339.710,71 €	330.777,14 €	308.182,19 €	320.992,90 €	293.675,29 €
Variación a conclusión (VAC_{RSEM})	73.574,35 €	-377.754,34 €	-350.710,38 €	-248.397,67 €	-131.950,10 €	-147.783,70 €	-125.680,92 €	-111.033,42 €	-116.953,63 €	-108.932,02 €	-135.519,43 €	-123.445,98 €
Porcentaje finalizado (%)	1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%	20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%	42,35%	46,68%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 172. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{RSEM} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016

Semana	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016
Días laborables (máx. 5)	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00
Semana laborable = 5 días	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,40
Número de semana de trabajo	11,80	12,80	13,80	14,80	15,80	16,60	17,60	18,60	19,40	20,40	21,40	21,80
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{RSEM})	243.790,81 €	262.176,73 €	273.500,63 €	293.269,23 €	306.438,28 €	332.648,68 €	352.004,19 €					
Valor ganado (EV)	186.537,25 €	204.858,77 €	212.552,25 €	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €
Coste real (AC)	204.002,83 €	222.910,71 €	230.604,19 €	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €
Programación ganada (ES_{RSEM})	9,40	9,85	10,07	10,70	11,78	12,47	13,09	14,69	16,41	17,00	17,27	17,60
Variación en coste (CV)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
Variación en plazo (SV_{RSEM})	-57.253,56 €	-57.317,96 €	-60.948,38 €	-67.199,26 €	-65.208,42 €	-76.627,63 €	-86.564,81 €	-60.908,35 €	-29.499,80 €	-11.571,79 €	-6.476,49 €	-0,00 €
Desviación programación: SV_{RSEM} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,02	-4,13	-4,51	-3,91	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
Eficiencia en coste (CPI)	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Eficiencia en plazo (SPI_{RSEM})	0,77	0,78	0,78	0,77	0,79	0,77	0,75	0,83	0,92	0,97	0,98	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{RSEM} (t)	0,80	0,77	0,73	0,72	0,75	0,75	0,74	0,79	0,85	0,83	0,81	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{RSEM})	0,70	0,72	0,72	0,70	0,72	0,70	0,68	0,75	0,84	0,89	0,90	0,92
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	369.469,78 €	370.056,13 €	370.056,13 €	375.166,93 €	376.207,90 €	376.950,45 €	379.877,13 €	379.877,13 €	380.139,65 €	380.752,18 €	381.889,16 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	165.466,94 €	147.145,42 €	139.451,94 €	125.934,22 €	110.774,33 €	95.983,14 €	86.564,81 €	60.908,35 €	29.499,80 €	11.571,79 €	6.476,49 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	384.962,54 €	383.022,43 €	381.899,71 €	388.069,93 €	387.322,41 €	386.302,89 €	388.967,03 €	385.709,22 €	382.713,22 €	381.729,37 €	382.449,32 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	180.959,71 €	160.111,72 €	151.295,52 €	138.837,22 €	121.888,83 €	105.335,57 €	95.654,70 €	66.740,44 €	32.073,38 €	12.548,98 €	7.036,65 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-32.958,35 €	-31.018,24 €	-29.895,52 €	-36.065,74 €	-35.318,22 €	-34.298,70 €	-36.962,84 €	-33.705,03 €	-30.709,03 €	-29.725,18 €	-30.445,13 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{RSEM})	440.504,20 €	427.820,50 €	425.283,00 €	429.339,28 €	420.270,97 €	417.830,04 €	420.161,83 €	399.673,86 €	385.647,01 €	382.155,92 €	382.581,21 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{RSEM})	236.501,36 €	204.909,78 €	194.678,81 €	180.106,56 €	154.837,39 €	136.862,72 €	126.849,51 €	80.705,08 €	35.007,16 €	12.975,54 €	7.168,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{RSEM})	-88.500,01 €	-75.816,31 €	-73.278,81 €	-77.335,09 €	-68.266,78 €	-65.825,85 €	-68.157,64 €	-47.669,67 €	-33.642,82 €	-30.151,73 €	-30.577,02 €	-30.928,86 €
Porcentaje finalizado (%)	52,99%	58,20%	60,38%	64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%	91,62%	96,71%	98,16%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 173. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 28/03/2016 a la 13/06/2015

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016
Días laborables (máx. 5)	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Semana laborable = 5 días	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de semana de trabajo	0,20	1,20	2,20	3,20	4,20	5,20	6,20	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{FC})	3.724,34 €	24.519,96 €	37.802,02 €	51.808,75 €	68.755,17 €	96.061,57 €	122.034,45 €	140.093,90 €	151.107,93 €	170.390,65 €	211.051,08 €	232.383,54 €
Valor ganado (EV)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €	149.065,13 €	164.309,30 €
Coste real (AC)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €	166.530,72 €	181.774,89 €
Programación ganada (ES_{FC})	0,25	0,58	0,91	1,68	3,16	4,27	5,04	5,74	6,15	6,93	7,81	8,68
Variación en coste (CV)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
Variación en plazo (SV_{FC})	1.001,14 €	-12.897,99 €	-19.374,27 €	-20.866,55 €	-17.467,30 €	-25.330,51 €	-30.272,14 €	-29.941,08 €	-30.301,21 €	-35.102,21 €	-61.985,95 €	-68.074,24 €
Desviación programación: SV_{FC} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,93	-1,16	-1,26	-1,85	-2,07	-2,19	-2,32
Eficiencia en coste (CPI)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,90	0,90
Eficiencia en plazo (SPI_{FC})	1,27	0,47	0,49	0,60	0,75	0,74	0,75	0,79	0,80	0,79	0,71	0,71
Eficiencia en Programación: SV_{FC} (t)	1,24	0,48	0,41	0,53	0,75	0,82	0,81	0,82	0,77	0,77	0,78	0,79
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{FC})	1,27	0,47	0,49	0,57	0,70	0,64	0,67	0,70	0,70	0,70	0,63	0,64
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	353.739,42 €	355.337,54 €	362.186,25 €	363.444,33 €	365.178,26 €	369.378,15 €	369.469,78 €	369.469,78 €	369.469,78 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	321.061,99 €	300.716,32 €	281.273,13 €	260.241,88 €	241.851,37 €	231.197,47 €	216.715,75 €	202.939,06 €	187.694,89 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	371.744,51 €	374.881,95 €	402.676,81 €	395.889,08 €	394.103,24 €	402.628,09 €	397.447,54 €	393.247,63 €	389.421,18 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	347.278,71 €	340.382,22 €	333.576,44 €	339.067,08 €	320.260,73 €	321.763,69 €	292.686,62 €	270.776,35 €	264.447,41 €	244.693,51 €	226.716,91 €	207.646,29 €
Variación a conclusión (VAC)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-19.740,32 €	-22.877,76 €	-50.672,62 €	-43.884,89 €	-42.099,05 €	-50.623,90 €	-45.443,35 €	-41.243,44 €	-37.416,99 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{FC})	278.429,84 €	729.758,53 €	702.714,57 €	600.401,86 €	483.954,29 €	517.908,20 €	492.445,61 €	467.704,06 €	468.957,82 €	460.936,21 €	487.523,62 €	475.450,17 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{FC})	273.704,36 €	718.136,56 €	684.286,82 €	567.724,43 €	429.333,07 €	436.995,08 €	389.243,15 €	344.377,17 €	330.777,14 €	308.182,19 €	320.992,90 €	293.675,29 €
Variación a conclusión (VAC_{FC})	73.574,35 €	-377.754,34 €	-350.710,38 €	-248.397,67 €	-131.950,10 €	-165.904,01 €	-140.441,42 €	-115.699,87 €	-116.953,63 €	-108.932,02 €	-135.519,43 €	-123.445,98 €
Porcentaje finalizado (%)	1,34%	3,30%	5,24%	8,79%	14,57%	20,09%	26,07%	31,29%	34,32%	38,43%	42,35%	46,68%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 174. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM al PV_{FC} de la obra nº3. (Fase 3 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2016 a la 05/09/2016

Semana	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016
Días laborables (máx. 5)	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00
Semana laborable = 5 días	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,40
Número de semana de trabajo	11,80	12,80	13,80	14,80	15,80	16,60	17,60	18,60	19,40	20,40	21,40	21,80
BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_{FC})	248.469,32 €	263.746,64 €	278.705,84 €	293.269,23 €	306.438,29 €	332.648,68 €	352.004,19 €					
Valor ganado (EV)	186.537,25 €	204.858,77 €	212.552,25 €	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €
Coste real (AC)	204.002,83 €	222.910,71 €	230.604,19 €	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €
Programación ganada (ES_{FC})	9,40	9,85	10,07	10,70	11,55	12,29	12,91	14,65	16,41	17,00	17,27	17,60
Variación en coste (CV)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
Variación en plazo (SV_{FC})	-61.932,07 €	-58.887,87 €	-66.153,59 €	-67.199,26 €	-65.208,43 €	-76.627,63 €	-86.564,81 €	-60.908,35 €	-29.499,80 €	-11.571,79 €	-6.476,49 €	-0,00 €
Desviación programación: SV_{FC} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,25	-4,31	-4,69	-3,95	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
Eficiencia en coste (CPI)	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Eficiencia en plazo (SPI_{FC})	0,75	0,78	0,76	0,77	0,79	0,77	0,75	0,83	0,92	0,97	0,98	1,00
Eficiencia en Programación: SV_{FC} (t)	0,80	0,77	0,73	0,72	0,73	0,74	0,73	0,79	0,85	0,83	0,81	0,81
Eficiencia en coste - plazo (CSI_{FC})	0,69	0,71	0,70	0,70	0,72	0,70	0,68	0,75	0,84	0,89	0,90	0,92
DESVIACIONES ATÍPICAS												
Presupuesto estimado (EAC)	369.469,78 €	370.056,13 €	370.056,13 €	375.166,93 €	376.207,90 €	376.950,45 €	379.877,13 €	379.877,13 €	380.139,65 €	380.752,18 €	381.889,16 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	165.466,94 €	147.145,42 €	139.451,94 €	125.934,22 €	110.774,33 €	95.983,14 €	86.564,81 €	60.908,35 €	29.499,80 €	11.571,79 €	6.476,49 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-17.465,59 €	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS OPTIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC)	384.962,54 €	383.022,43 €	381.899,71 €	388.069,93 €	387.322,41 €	386.302,89 €	388.967,03 €	385.709,22 €	382.713,22 €	381.729,37 €	382.449,32 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC)	180.959,71 €	160.111,72 €	151.295,52 €	138.837,22 €	121.888,83 €	105.335,57 €	95.654,70 €	66.740,44 €	32.073,38 €	12.548,98 €	7.036,65 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC)	-32.958,35 €	-31.018,24 €	-29.895,52 €	-36.065,74 €	-35.318,22 €	-34.298,70 €	-36.962,84 €	-33.705,03 €	-30.709,03 €	-29.725,18 €	-30.445,13 €	-30.928,86 €
DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_{FC})	445.042,82 €	429.047,49 €	428.988,09 €	429.339,28 €	420.270,97 €	417.830,04 €	420.161,83 €	399.673,86 €	385.647,01 €	382.155,92 €	382.581,21 €	382.933,05 €
Estimación hasta conclu. (ETC_{FC})	241.039,98 €	206.136,78 €	198.383,90 €	180.106,56 €	154.837,40 €	136.862,72 €	126.849,51 €	80.705,08 €	35.007,16 €	12.975,54 €	7.168,54 €	0,00 €
Variación a conclusión (VAC_{FC})	-93.038,63 €	-77.043,30 €	-76.983,90 €	-77.335,09 €	-68.266,78 €	-65.825,85 €	-68.157,64 €	-47.669,67 €	-33.642,82 €	-30.151,73 €	-30.577,02 €	-30.928,86 €
Porcentaje finalizado (%)	52,99%	58,20%	60,38%	64,22%	68,53%	72,73%	75,41%	82,70%	91,62%	96,71%	98,16%	100,00%

Valores comunes con los distintos métodos de dimensionamiento de buffers

Valores diferentes según el método de dimensionamiento de buffers empleado

Ficha 175. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº3. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Semana: de la 31/08/2015 a la 14/10/2015

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Desviación en programación: SV_{CP} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,92	-1,01	-1,09	-1,64	-1,94	-2,16	-2,32
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_CP}$)	-1,60%	20,67%	43,10%	50,55%	34,57%	30,51%	33,78%	36,21%	54,55%	64,66%	71,94%	77,18%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Desviación en programación: SV_{TC} (t)	0,05	-0,63	-1,32	-1,55	-1,04	-0,93	-1,16	-1,33	-1,97	-2,14	-2,19	-2,32
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_TC}$)	-0,80%	10,91%	22,70%	26,66%	17,88%	15,99%	19,96%	22,92%	34,03%	36,93%	37,69%	39,92%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Desviación en programación: SV_{RSEM} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,92	-1,01	-1,09	-1,64	-1,94	-2,16	-2,32
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_RSEM}$)	-3,44%	44,30%	92,35%	108,32%	74,08%	65,38%	72,40%	77,60%	116,89%	138,56%	154,16%	165,38%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FÓRMULA CRÍTICA												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Desviación en programación: SV_{FC} (t)	0,05	-0,62	-1,29	-1,52	-1,04	-0,93	-1,16	-1,26	-1,85	-2,07	-2,19	-2,32
% de buffer consumido ($\%CB_{PB_FC}$)	-1,09%	14,10%	29,39%	34,47%	23,57%	21,08%	26,31%	28,58%	41,98%	46,96%	49,67%	52,62%

Ficha 176. Consumo del buffer de proyecto de la obra nº3. (Fase 4 del modelo de seguimiento). Semana: de la 20/06/2015 a la 05/09/2015

Semana	20/06/2016	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: CORTAR Y PEGAR												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_CP})	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Desviación en programación: SV_{CP} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,02	-4,13	-4,51	-3,91	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
% de buffer consumido (%CB_{PB_CP})	80,10%	98,41%	124,32%	136,53%	134,15%	137,83%	150,40%	130,33%	99,57%	113,26%	137,82%	140,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: TERCIO CRÍTICO												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_TC})	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Desviación en programación: SV_{TC} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,25	-4,31	-4,69	-3,95	-3,06	-3,40	-4,13	-4,20
% de buffer consumido (%CB_{PB_TC})	41,43%	50,90%	64,30%	70,62%	73,28%	74,24%	80,81%	68,09%	52,73%	58,58%	71,29%	72,41%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: RAÍZ CUADRADA DE LA SUMA DE CUADRADOS												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_RSEM})	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Desviación en programación: SV_{RSEM} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,02	-4,13	-4,51	-3,91	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
% de buffer consumido (%CB_{PB_RSEM})	171,64%	210,88%	266,40%	292,57%	287,46%	295,34%	322,28%	279,28%	213,36%	242,70%	295,33%	300,00%
MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO DE BUFFERS: FÓRMULA CRÍTICA												
Duración (en días) del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Duración (en semanas) del buffer de proyecto (t_{PB_FC})	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Desviación en programación: SV_{FC} (t)	-2,40	-2,95	-3,73	-4,10	-4,25	-4,31	-4,69	-3,95	-2,99	-3,40	-4,13	-4,20
% de buffer consumido (%CB_{PB_FC})	54,61%	67,10%	84,76%	93,09%	96,59%	97,86%	106,52%	89,76%	67,89%	77,22%	93,97%	95,45%

Ficha 177. Programación tradicional de la obra nº3 presentada por la UTE en el momento de la licitación. Semana: de la 28/03/2016 a la 18/07/2016

ACT.	28/03/16	04/04/16	11/04/16	18/04/16	25/04/16	02/05/16	09/05/16	16/05/16	23/05/16	30/05/16	06/06/16	13/06/16	20/06/16	27/06/16	04/07/16	11/07/16	18/07/16
1.1.1	2.635,38 €	13.176,91 €	10.541,53 €														
1.1.2		2.318,88 €	579,72 €														
1.1.3			443,56 €	887,12 €													
1.1.4												1.201,01 €	480,40 €				
1.1.5				2.854,86 €													
1.2.1													6.977,67 €	17.444,17 €			
1.2.2													4.937,46 €	12.343,66 €	12.343,66 €		
1.3.1							3.752,45 €										
1.3.2				1.059,31 €													
1.3.3									230,62 €								
1.3.4				206,92 €													
1.3.5				2.160,53 €	6.481,60 €												
1.3.6					4.593,95 €	918,79 €											
1.3.7						2.116,96 €	529,24 €										
1.3.8															123,49 €		
1.3.9									102,39 €								
1.4.1									2.066,75 €	3.100,12 €							
1.4.2				5.335,29 €	8.892,15 €												
1.4.3										596,66 €	1.491,64 €						
1.4.4						2.230,82 €											
1.4.5						11.836,70 €	11.836,70 €										
1.4.6						2.086,48 €											
1.4.7								2.052,93 €	1.539,70 €								
1.4.8																775,14 €	
1.4.9									102,39 €								
1.5.1			251,40 €	251,40 €													
1.5.2							112,34 €	112,34 €									
1.5.3										26,49 €							
1.5.4								21,04 €									
1.5.5								1.521,57 €									
1.5.6								9.915,31 €	9.915,31 €								
1.5.7									409,34 €								
1.5.8																184,64 €	
1.5.9	35,06 €	175,32 €	175,32 €	175,32 €	175,32 €	175,32 €	140,25 €										
1.5.10									280,51 €								
1.5.11									51,19 €								
1.6.1																2.161,08 €	
1.6.2									2.022,12 €								
1.6.3	28,05 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	112,20 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	112,20 €	140,25 €	140,25 €	140,25 €	28,05 €
1.7.1			116,49 €														
1.7.2																308,86 €	308,86 €
1.7.3																947,50 €	
1.7.4								242,67 €									
1.8.1																100,30 €	
1.8.2																199,13 €	
1.9.1																5.624,58 €	
1.9.2																1.206,32 €	
10	151,02 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	604,07 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	604,07 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €
11	60,16 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	240,65 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	240,65 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €
12	59,94 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	239,75 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	239,75 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €

Camino crítico Subcamino Camino dependiente

Ficha 178. Programación tradicional de la obra nº3 presentada por la UTE en el momento de la licitación. Semana: de la 04/07/2016 a la 12/09/2016

ACT.	04/07/16	11/07/16	18/07/16	25/07/16	01/08/16	08/08/16	15/08/16	22/08/16	29/08/16	05/09/16	12/09/16
2.1.1	12.202,85 €	4.881,14 €									
2.1.2	2.170,57 €										
2.1.3		887,12 €									
2.1.4								1.120,94 €			
2.1.5		951,62 €	951,62 €								
2.2.1									16.281,23 €		
2.2.2									11.551,63 €	6.930,98 €	
2.3.1					2.763,02 €						
2.3.2		706,21 €									
2.3.3					153,74 €						
2.3.4			137,95 €								
2.3.5			5.761,42 €								
2.3.6			4.366,35 €								
2.3.7				2.272,19 €	568,05 €						
2.3.8										61,75 €	
2.3.9				62,97 €							
2.4.1						2.252,49 €	1.126,24 €				
2.4.2		1.653,17 €	4.959,51 €								
2.4.3							1.044,05 €				
2.4.4			1.487,21 €								
2.4.5			3.570,62 €	1.785,31 €							
2.4.6			658,32 €	658,32 €							
2.4.7				1.012,82 €	2.532,05 €	1.519,23 €					
2.4.8										439,02 €	219,51 €
2.4.9				62,97 €							
2.5.1		377,10 €									
2.5.2		74,90 €	74,90 €								
2.5.3				17,66 €							
2.5.4			14,02 €								
2.5.5			1.014,38 €								
2.5.6			5.862,49 €								
2.5.7			268,18 €								
2.5.8										61,55 €	
2.5.10			280,51 €								
2.5.11				40,44 €							
2.6.1										740,94 €	740,94 €
2.6.2				1.351,49 €							
2.6.3	132,32 €	132,32 €	132,32 €	105,85 €	132,32 €	132,32 €	105,85 €	132,32 €	132,32 €	132,32 €	132,32 €
2.7.1		67,44 €									
2.7.2											1.066,85 €
2.7.3										781,56 €	
2.7.4			242,67 €								
2.9.2										1.206,32 €	
10	755,09 €	755,09 €	755,09 €	604,07 €	755,09 €	755,09 €	604,07 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €	755,09 €
11	300,81 €	300,81 €	300,81 €	240,65 €	300,81 €	300,81 €	240,65 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €	300,81 €
12	299,69 €	299,69 €	299,69 €	239,75 €	299,69 €	299,69 €	239,75 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €	299,69 €

Camino crítico Subcamino Camino dependiente

Ficha 179. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº3 planificada de forma tradicional. Semana: de la 28/03/2016 a la 20/06/2016

Semana	28/03/2016	04/04/2016	11/04/2016	18/04/2016	25/04/2016	02/05/2016	09/05/2016	16/05/2016	23/05/2016	30/05/2016	06/06/2016	13/06/2016	20/06/2016
Días laborables (máx. 5)	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
Semana laborable = 5 días	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
Número de semana de trabajo	0,20	1,20	2,20	3,20	4,20	5,20	6,20	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	11,80

BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_T)	2.969,62 €	20.136,58 €	33.740,44 €	48.167,05 €	69.805,92 €	90.666,84 €	108.533,69 €	123.596,22 €	141.812,37 €	147.031,49 €	150.018,98 €	152.715,83 €	166.308,05 €
Valor ganado (EV)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	30.942,20 €	51.287,87 €	70.731,06 €	91.762,31 €	110.152,82 €	120.806,72 €	135.288,44 €	149.065,13 €	164.309,30 €	186.537,25 €
Coste real (AC)	4.725,48 €	11.621,97 €	18.427,75 €	32.677,43 €	54.621,22 €	80.913,12 €	103.202,45 €	123.326,89 €	138.180,68 €	152.754,02 €	166.530,72 €	181.774,89 €	204.002,83 €
Programación ganada (ES_T)	0,30	0,70	1,10	1,99	3,34	4,24	5,26	6,31	7,01	7,64	9,68	11,85	12,45

Variación en coste (CV)	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.735,23 €	-3.333,35 €	-10.182,06 €	-11.440,14 €	-13.174,07 €	-17.373,96 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €	-17.465,59 €
Variación en plazo (SV_T)	1.755,86 €	-8.514,61 €	-15.312,70 €	-17.224,85 €	-18.518,04 €	-19.935,78 €	-16.771,38 €	-13.443,40 €	-21.005,65 €	-11.743,05 €	-953,84 €	11.593,47 €	20.229,20 €
Desviación en programación: SV_T (t)	0,10	-0,50	-1,10	-1,21	-0,86	-0,96	-0,94	-0,69	-0,99	-1,36	-0,32	0,85	0,65
Eficiencia en coste (CPI)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	0,87	0,89	0,89	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91
Eficiencia en plazo (SPI_T)	1,59	0,58	0,55	0,64	0,73	0,78	0,85	0,89	0,85	0,92	0,99	1,08	1,12
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	1,51	0,59	0,50	0,62	0,80	0,82	0,85	0,90	0,88	0,85	0,97	1,08	1,05
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	1,59	0,58	0,55	0,61	0,69	0,68	0,75	0,80	0,74	0,81	0,89	0,97	1,03

DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS													
Presupuesto estimado (EAC_T)	222.964,63 €	601.378,75 €	629.192,47 €	560.495,81 €	490.515,54 €	493.366,96 €	449.383,35 €	427.149,66 €	448.609,72 €	418.686,96 €	394.698,36 €	374.769,90 €	365.338,20 €
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	218.239,15 €	589.756,78 €	610.764,72 €	527.818,38 €	435.894,32 €	412.453,84 €	346.180,89 €	303.822,77 €	310.429,04 €	265.932,93 €	228.167,64 €	192.995,02 €	161.335,37 €
Variación a conclusión (VAC_T)	129.039,56 €	-249.374,56 €	-277.188,28 €	-208.491,62 €	-138.511,35 €	-141.362,77 €	-97.379,16 €	-75.145,47 €	-96.605,53 €	-66.682,77 €	-42.694,17 €	-22.765,71 €	-13.334,01 €

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

Ficha 180. Cálculos obtenidos mediante la aplicación del EVM a la obra nº2 planificada de forma tradicional. Semana: de la 27/06/2016 a la 12/09/2016

Semana	27/06/2016	04/07/2016	11/07/2016	18/07/2016	25/07/2016	01/08/2016	08/08/2016	15/08/2016	22/08/2016	29/08/2016	05/09/2016	12/09/2016
Días laborables (máx. 5)	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	2,00	5,00
Semana laborable = 5 días	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,40	1,00
Número de semana de trabajo	12,80	13,80	14,80	15,80	16,60	17,60	18,60	19,40	20,40	21,40	21,80	22,80

BAC	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €	352.004,19 €
Coste planificado (PV_T)	197.591,73 €	226.060,46 €	248.794,86 €	280.269,83 €	288.724,32 €	296.229,10 €	301.488,72 €	304.849,34 €	307.458,19 €	336.778,95 €	348.488,98 €	352.004,19 €
Valor ganado (EV)	204.858,77 €	212.552,25 €	226.069,97 €	241.229,86 €	256.021,05 €	265.439,38 €	291.095,84 €	322.504,39 €	340.432,40 €	345.527,70 €	352.004,19 €	
Coste real (AC)	222.910,71 €	230.604,19 €	249.232,71 €	265.433,58 €	280.967,32 €	293.312,33 €	318.968,78 €	350.639,85 €	369.180,39 €	375.412,67 €	382.933,04 €	
Programación ganada (ES_T)	13,06	13,33	13,80	14,47	15,03	15,33	16,92	20,91	21,71	22,15	22,80	

Variación en coste (CV)	-18.051,94 €	-18.051,94 €	-23.162,74 €	-24.203,71 €	-24.946,26 €	-27.872,94 €	-27.872,94 €	-28.135,46 €	-28.747,99 €	-29.884,97 €	-30.928,86 €	
Variación en plazo (SV_T)	7.267,05 €	-13.508,21 €	-22.724,89 €	-39.039,97 €	-32.703,27 €	-30.789,71 €	-10.392,89 €	17.655,05 €	32.974,21 €	8.748,74 €	3.515,21 €	
Desviación en programación: SV_T (t)	0,26	-0,47	-1,00	-1,33	-1,57	-2,27	-1,68	1,51	1,31	0,75	1,00	
Eficiencia en coste (CPI)	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	
Eficiencia en plazo (SPI_T)	1,04	0,94	0,91	0,86	0,89	0,90	0,97	1,06	1,11	1,03	1,01	
Eficiencia en Programación: SV_T (t)	1,02	0,97	0,93	0,92	0,91	0,87	0,91	1,08	1,06	1,03	1,05	
Eficiencia en coste - plazo (CSI_T)	0,95	0,87	0,82	0,78	0,81	0,81	0,88	0,97	1,02	0,94	0,93	

DESVIACIONES TÍPICAS PESIMISTAS												
Presupuesto estimado (EAC_T)	377.342,72 €	391.514,90 €	402.026,06 €	407.048,55 €	399.758,10 €	400.062,52 €	388.092,02 €	380.957,41 €	380.513,87 €	382.271,15 €	382.933,05 €	
Estimación hasta conclu. (ETC_T)	154.432,00 €	160.910,71 €	152.793,35 €	141.614,97 €	118.790,78 €	106.750,19 €	69.123,24 €	30.317,56 €	11.333,49 €	6.858,48 €	0,00 €	
Variación a conclusión (VAC_T)	-25.338,53 €	-39.510,71 €	-50.021,87 €	-55.044,36 €	-47.753,91 €	-48.058,33 €	-36.087,83 €	-28.953,22 €	-28.509,68 €	-30.266,96 €	-30.928,86 €	

Valor no dependiente del factor plazo

Valor dependiente del factor plazo

APÉNDICE 2

PRESUPUESTO Y MEDICIONES DE LA OBRA Nº3

Presupuesto y mediciones del proyecto original

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C01 DEMOLICION PAVIMENTOS Y FORMACIÓN EXPLANADA				
	SUBCAPÍTULO SC01.1 DEMOLICIÓN				
D001	**m2 DEMOLICIÓN ADOQUÍN C/COMPR.**				
	M2. Demolición, con martillo compresor, de adoquinado sentado con mortero de cemento ó cama de arena, i/retirada de escombros a pie de carga, maquinaria auxiliar de obra. Sin incluir demolición de solera.				
	TRAMO 1	1.140,000			
		7,200			
	TRAMO 2	738,000			
			1.885,20	11,47	21.623,24
D002	**m2 DEMOLICIÓN SOLER. 15/20 CM. RETROMART.**				
	M2. Demolición solera o pavimento de hormigón en masa de 15 a 20 cm. de espesor, con retromartillo rompedor, i/corte previo en puntos críticos, retirada de escombros a pie de carga.				
	TRAMO 1	1.140,000			
		7,200			
		517,800			
		21,000			
	TRAMO 2	933,200			
		160,000			
			2.779,20	12,47	34.656,62
D003	**m2 DEMOLICIÓN DE ACERAS**				
	M2 Demolición y levantado de aceras de loseta hidráulica o equivalente, con retromartillo rompedor, sin incluir la demolición de solera, incluso retirada de escombors a pie de carga.				
	TRAMO 1	517,800			
		21,000			
	TRAMO 2	195,200			
		160,000			
			894,00	10,49	9.378,06
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC01.1 DEMOLICIÓN.....				**65.657,93**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC01.2 LEVANTADOS				
D004	**m. LEVANTADO BORDILLO A MÁQUINA**				
	Ml. Levantado de bordillo por medios mecánicos, con recuperación del mismo mediante corte lateral con disco de diamante, i/retirada de escombros a pie de carga. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	255,000			
		12,000			
	TRAMO 2	218,000			
			485,00	15,05	7.299,25
D005	**m2 LEVANTADO BARANDILLAS**				
	M2. Levantado de barandilla, por medios manuales, i/traslado y apilado de material válido en el lugar de acopio, retirada de escombros a pie de carga, según NTE/ADD-18.				
	TRAMO 1	44,000			
			44,00	8,25	363,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC01.2 LEVANTADOS.....				**7.662,25**
	SUBCAPÍTULO SC01.3 EXCAVACIONES				
D006	**m3 EXCAVACIÓN MECÁNICA TERRENO DURO**				
	M3 Excavación a cielo abierto, en terreno de consistencia dura, con excavadora de 2 m3. de capacidad de cuchara, con extracción de tierra a los bordes, en vaciado.				
	TRAMO 1	984,300			
		-387,450			
	TRAMO 2	487,300			
		-89,400			
			994,75	3,37	3.352,31
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC01.3 EXCAVACIONES.....				**3.352,31**
	SUBCAPÍTULO SC01.4 RELLENOS				
D008	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL PRÉSTAMO**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de préstamos de material seleccionado, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	347,200			
	TRAMO 2	231,470			
			578,67	7,32	4.235,86
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC01.4 RELLENOS.....				**4.235,86**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC01.5 TRANSPORTE DE TIERRAS				
D007	**m3 TRANS. TIERRAS 10/20 KM. CARG. MEC.**				
	M3. Transporte de tierras procedentes de excavación a vertedero, con un recorrido total comprendido entre 10 y 20 Km., en camión volquete de 10 Tm., I/carga por medios mecánicos. Sin incluir canon de vertido.				
	TRAMO 1	984,300			
		-387,450			
	TRAMO 2	487,300			
		-89,400			
			994,75	7,23	7.192,04
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC01.5 TRANSPORTE DE				**7.192,04**
	TOTAL CAPÍTULO C01 DEMOLICION PAVIMENTOS Y FORMACIÓN EXPLANADA.....				**88.100,39**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C02 FIRMES Y PAVIMENTOS				
	SUBCAPÍTULO SC02 1 FIRMES				
D009	**m3 ZAHORRA ARTIFICIAL BASE 60% MACHAQUEO**				
	M3. Zahorra artificial, husos ZA(40)/ZA(25) en capas de base, con 60 % de caras de fractura, puesta en obra, extendida y compactada, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm. de espesor, medido sobre perfil. Desgaste de los ángeles de los áridos < 30.				
	TRAMO 1	455,400			
	TRAMO 2	303,600			
			759,00	29,08	22.071,72
D010	**m2 RIEGO DE IMPRIMACIÓN C60BF5 IMP**				
	m2 Riego de imprimación, con emulsión bituminosa catiónica de imprimación C60BF5 IMP, de capas granulares, con una dotación de 1 kg/m2, incluso barrido y preparación de la superficie.				
	TRAMO 1	894,000			
	TRAMO 2	596,000			
			1.490,00	0,57	849,30
D011	**t. MBC AC22S BIN DESGASTE ANGELES<30**				
	T. Mezcla bituminosa en caliente tipo AC 22 BIN S, áridos con desgaste de los ángeles < 30, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto filler de aportación y betún.				
	TRAMO 1	214,560			
	TRAMO 2	143,040			
			357,60	31,87	11.396,71
D012	**m2 RIEGO DE ADHERENCIA C60B4 ADH**				
	M2 Riego de adherencia, con emulsión bituminosa catiónica C60B4 ADH con una dotación de 0,60 kg/m2, incluso barrido y preparación de la superficie.				
	TRAMO 1	1.788,000			
	TRAMO 2	1.192,000			
			2.980,00	0,42	1.251,60
D013	**t. MBC AC16S SURF DESGASTE ANGELES <25**				
	T. Mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 SURF S, áridos con desgaste de los ángeles < 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto filler de aportación y betún.				
	TRAMO 1	128,740			
	TRAMO 2	85,820			
			214,56	32,36	6.943,16
D014	**t. FILLER CALIZO EN MBC**				
	T. Filler calizo empleado en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente, puesto a pie de obra.				
	TRAMO 1	16,780			
	TRAMO 2	11,180			
			27,96	71,02	1.985,72
D015	**t. BETÚN ASFÁLTICO B 50/70 EN M.B.C.**				
	T. Betún asfáltico B 50/70 en MBC.				
	TRAMO 1	14,700			
	TRAMO 2	9,800			
			24,50	694,94	17.026,03

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC02.1 FIRMES.....				61.524,24
	SUBCAPÍTULO SC02.2 PAVIMENTOS				
D016	**m BORDILLO GRANITO 12/15x35 CM**				
	M. Bordillo de granito de 12/15x35 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2. Tmáx. 40 mm. de 10 cm. de espesor, totalmente rematado.				
	TRAMO 1	262,680			
		5,000			
	TRAMO 2	173,120			
			440,80	37,06	16.336,05
D017	**m BORDILLO GRANITO REBAJADO**				
	M. Bordillo de granito rebajado para entradas de garaje con formación de pendiente y vados peatonales, sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2. Tmáx. 40 mm. de 10 cm. de espesor, totalmente rematado.				
	TRAMO 1	36,720			
	TRAMO 2	24,480			
			61,20	62,39	3.818,27
D018	**m2 PAV. BALDOSA 30x30x5cm**				
	M2 Pavimento de baldosa hidráulica de cemento tipo Vibro Sil Gris o similar, de 30x30x5 cm., sentada con mortero de cemento, i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.				
	TRAMO 1	690,600			
	TRAMO 2	460,400			
			1.151,00	19,48	22.421,48
D019	**m2 PAV. TACTIL BOTÓN 30X30X5cm Roja**				
	M2 Pavimento de baldosa hidráulica de cemento para pavimento táctil tipo botón, de 30x30x5 cm., de color rojo, sentada con mortero de cemento, i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.				
	TRAMO 1	26,670			
	TRAMO 2	17,780			
			44,45	20,54	913,00
D020	**m2 PAV. ACANALADO DIRECCIONAL 30x30x5cm**				
	M2 Pavimento de baldosa hidráulica de cemento acanalada direccional, de 30x30x5 cm., sentada con mortero de cemento, i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.				
	TRAMO 1	19,560			
	TRAMO 2	13,040			
			32,60	21,60	704,16
D021	**m2 PAV.ADOQ.HORM. RECTO GRIS 20x10x8cm**				
	M2 Pavimento de adoquín prefabricado de hormigón bicapa en color gris, de forma rectangular de 20x10x8 cm., sentados sobre capa de arena de río de 5 cm. de espesor, afirmados con maceta y retacado de juntas, barrido, regado con agua, limpieza y curado periódico durante 15 días, totalmente terminado.				
	TRAMO 1	41,150			
			41,15	23,19	954,27
D022	**m FAJA DE GRANITO SERRADO Lx20x10**				
	M. Faja de de granito serrado de 20cm de espesor, 10cm de alto, y largo libre, colocada sobre solera de 0.10m de hormigón HM-20 N/mm2. Tmáx. 40 mm. de 10 cm. de espesor, totalmente rematado.				
	TRAMO 1	7,200			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
			7,20	51,79	372,89
D023	m3 HORM. HM-20/P/20/ IIa CENTRAL				
	M3. Hormigón en masa de resistencia HM-20/P/20/ IIa Nmm2, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 20 mm., de central para vibrar y consistencia plástica, puesto en obra, con p.p. de mermas y cargas incompletas. Según EHE.				
	TRAMO 1	110,530			
	TRAMO 2	73,680			
			184,21	77,38	14.254,17
D024	m3 HOR. LIMP. HM-20/P/40 VERT.MANUAL				
	M3. Hormigón en masa HM-20/P/40 N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.				
	TRAMO 1	74,295			
		3,500			
	TRAMO 2	49,120			
			126,92	95,21	12.084,05
D025	m3 HORMIGÓN COMPACTADO EN BASE				
	M3 Hormigón compactado en base de firme, de consistencia seca, en espesores de 20/25 cm., con 150 kg. de cemento y 50 kg. de cenizas, puesto en obra, extendido, compactado, rasanteado y curado, incluyendo vibrado, aplicación de producto filmógeno de curado y ejecución de juntas.				
	TRAMO 1	8,230			
			8,23	104,23	857,81
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC02.2 PAVIMENTOS.....				72.716,15
	TOTAL CAPÍTULO C02 FIRMES Y PAVIMENTOS.....				134.240,39

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C03 ABASTECIMIENTO				
	SUBCAPÍTULO SC03.1 DEMOLICIÓN				
D026	**m. DEMOLICIÓN Y RETIRADA DE CONDUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO**				
	M Demolición y retirada de conducción de abastecimiento existente, incluso carga y retirada de escombros a pie de carga.				
	TRAMO 1	23,000			
		158,600			
	TRAMO 2	24,000			
		102,400			
			308,00	4,70	1.447,60
D027	**m. DEMOL. GALERIA ABASTECIMIENTO HORM EN MASA C/COMPR.**				
	M. Demolición de colector de hormigón en masa, con martillo compresor de 2.000 l/min., i/retirada de escombros a pie de carga. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	140,800			
		5,000			
	TRAMO 2	87,200			
		24,000			
			257,00	30,36	7.802,52
D028	**ud DEMOL. ARQUETA VOL< 150 L.**				
	Ud. Demolición de arqueta de hasta 150 l. de volumen interior, por medios manuales, i/acopio de tapas o material aprovechable, Y retirada de escombros a pie de carga.				
	TRAMO 1	19,000			
	TRAMO 2	10,000			
			29,00	20,63	598,27
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.1 DEMOLICIÓN.....				**9.848,39**
	SUBCAPÍTULO SC03.2 PREPARACIÓN DE ZANJAS				
D029	**m3 EXCAVACIÓN ZANJA TIERRA PARA INSTALACIONES**				
	M3 Excavación en zanja en tierra para alojamiento de instalaciones, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a lugar de empleo. Sin incluir transporte a vertedero.				
	TRAMO 1	107,120			
	TRAMO 2	51,410			
		20,000			
			178,53	11,88	2.120,94
D030	**m3 RELLENO ZANJAS C/ARENA**				
	M3 Relleno con arena de rio para vertido en zanja de canalización, incluso extensión y compactación en formación de cama de asiento de servicios.				
	TRAMO 1	10,210			
		4,000			
	TRAMO 2	9,470			
			23,68	23,13	547,72
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.2 PREPARACIÓN DE				**2.668,65**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC03.3 RELLENOS				
D008	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL PRÉSTAMO**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de préstamos de material seleccionado, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	20,100			
		7,020			
	TRAMO 2	18,080			
			45,20	7,32	330,86
D031	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL EXCAVACIÓN**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	63,860			
	TRAMO 2	42,570			
			106,43	2,35	250,11
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.3 RELLENOS.....				**580,97**
	SUBCAPÍTULO SC03.4 TRANSPORTE DE TIERRAS				
D007	**m3 TRANS. TIERRAS 10/20 KM. CARG. MEC.**				
	M3. Transporte de tierras procedentes de excavación a vertedero, con un recorrido total comprendido entre 10 y 20 Km., en camión volquete de 10 Tm., i/carga por medios mecánicos. Sin incluir canon de vertido.				
	TRAMO 1	43,260			
	TRAMO 2	28,840			
			72,10	7,23	521,28
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.4 TRANSPORTE DE				**521,28**
	SUBCAPÍTULO SC03.5 TUBERÍA				
D032	**m. TUBERÍA FUNDICIÓN DÚCTIL D=150 mm**				
	Tubería de fundición dúctil de 150 mm. de diámetro interior colocada en zanja sobre cama de arena, i/p.p. de junta estándar colocada y medios auxiliares, sin incluir excavación y posterior relleno de la cama de arena y resto de zanja, colocada s/NTE-IFA-11.				
	TRAMO 1	284,100			
	TRAMO 2	189,400			
			473,50	45,98	21.771,53
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.5 TUBERÍA.....				**21.771,53**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC03.6 ELEMENTOS				
	APARTADO SC03.6.1 BOCA DE RIEGO				
D033	**ud BOCA DE RIEGO "BARCELONA" DN=65**				
	Ud. Boca riego "Barcelona" DN=65, i/conexión a la red de distribución, instalada.				
	TRAMO 1	4,000			
	TRAMO 2	2,000			
			6,00	90,10	540,60
D034	**ud ARQUETA REGISTRABLE PREF. HM 40x40x60 cm**				
	Ud. Arqueta prefabricada registrable de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 40x40x40 cm., medidas interiores, completa: con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexiones de tubos. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior.				
	TRAMO 1	4,000			
	TRAMO 2	2,000			
			6,00	79,12	474,72
D035	**m TUBERIA PVC CORRUG.200mm**				
	M. Tubería de PVC corrugada para saneamiento de 200 mm. de diámetro nominal, unión por junta elástica, color naranja, colocada sobre cama de arena, I/p.p. de piezas especiales según UNE 53332.				
	TRAMO 1	8,000			
	TRAMO 2	4,000			
			12,00	11,64	139,68
	TOTAL APARTADO SC03.6.1 BOCA DE RIEGO.....				**1.155,00**
	APARTADO SC03.6.2 BOCA DE INCENDIO				
D036	**ud LLAVE DE COMPUERTA 2 1/2"**				
	Ud. Llave compuerta de 2 1/2" de latón roscada, totalmente instalada.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	35,00	70,00
D037	**ud CODO ACERO 4"**				
	Codo acero 4"				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	23,59	47,18
D038	**ud HIDRANTE "HERMES ENTERRADO" D=100mm.**				
	Suministro e instalación de hidrante para incendios tipo "Hermes enterrado" D=100 mm.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	1.166,00	2.332,00
D039	**ud ARQUETA REGISTRABLE PREF. HM 50x50x50 cm**				
	Arqueta prefabricada registrable de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 50x50x50 cm., medidas interiores, completa: con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexiones de tubos. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm. de espesor y p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior.				
	TRAMO 1	1,000			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	123,96	247,92

D035 m TUBERIA PVC CORRUG.200mm

M. Tubería de PVC corrugada para saneamiento de 200 mm. de diámetro nominal, unión por junta elástica, color naranja, colocada sobre cama de arena, i/p.p. de piezas especiales según UNE 53332.

TRAMO 1	2,400			
TRAMO 2	1,600			
		4,00	11,64	46,56

TOTAL APARTADO SC03.6.2 BOCA DE INCENDIO..... 2.743,66

APARTADO SC03.6.3 BRIDAS CIEGAS

D040 ud BRIDA CIEGA FUNDICIÓN D=150mm.

Ud. Brida ciega de fundición de 150 mm. de diámetro, colocada en tubería de fundición para abastecimiento de agua tipo junta enchufe, incluso uniones y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalado.

TRAMO 1	1,000			
		1,00	144,75	144,75

TOTAL APARTADO SC03.6.3 BRIDAS CIEGAS..... 144,75

APARTADO SC03.6.4 LLAVE DE PASO

D041 ud VÁLV.COMPUE.CIERRE ELÁST.D=150mm

Ud. Válvula de compuerta de fundición PN 16 de 150 mm. de diámetro interior, cierre elástico, colocada en tubería de abastecimiento de agua, incluso uniones y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.

TRAMO 1	4,000			
TRAMO 2	3,000			
		7,00	479,58	3.357,06

D042 ud ARQUETA VÁLV.Y VENT.D=60-250 mm

Ud. Arqueta para alojamiento de válvulas en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 250mm., de 110x110x150cm. interior, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie de espesor, recibido con mortero de cemento, colocado sobre solera de hormigón en masa HM/20/P/20/I de 10cm. de espesor, enfoscada y bruñida por el interior con mortero de cemento, losa de hormigón 20 cm. y tapa de fundición, terminada y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación, ni el relleno perimetral posterior.

TRAMO 1	4,000			
TRAMO 2	3,000			
		7,00	533,74	3.736,18

D043 ud ANCLAJE VÁLV.COMPUER.D=100-160mm

Ud. Dado de anclaje para llave de paso en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 100 y 160mm., con hormigón HA-25/P/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras, s/NTE-IFA-19.

TRAMO 1	4,000			
TRAMO 2	3,000			
		7,00	31,88	223,16

TOTAL APARTADO SC03.6.4 LLAVE DE PASO..... 7.316,40

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	APARTADO SC03.6.5 LLAVE DE PASO CON DESAGÜES				
D044	**m TUBERIA FUNDICION D=150 mm.**				
	Ml. Tubería de fundición dúctil de D=150 mm., con junta Standar, incluso p.p. de piezas especiales, junta, excavación, cama de arena de 20 cm., rasanteo de la misma, colocación de la tubería, relleno de arena de 15 cm., y terminación de relleno con tierra procedente de excavación, colocada.				
	TRAMO 1	1,300			
	TRAMO 2	0,900			
			2,20	28,50	62,70
D045	**m TUBERIA PVC CORRUG.200MM**				
	Ml. Tubería de PVC corrugada para saneamiento de 200 mm. de diámetro nominal, unión por junta elástica, color naranja, colocada sobre cama de arena, i/p.p. de piezas especiales según UNE 53332.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	12,08	48,32
D046	**ud VÁLV.COMPUE.CIERRE ELAST.D=150mm**				
	Ud. Válvula de compuerta de fundición PN 16 de 150 mm. de diámetro interior, cierre elástico, colocada en tubería de abastecimiento de agua, incluso uniones y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	454,14	908,28
D047	**ud ARQUETA VÁLV.Y VENT.D=60-250 mm**				
	Ud. Arqueta para alojamiento de válvulas en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 250 mm., de 110x110x150 cm. interior, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie de espesor, recibido con mortero de cemento, colocado sobre solera de hormigón en masa HM/20/P/20/I de 10 cm. de espesor, enfoscada y bruñida por el interior con mortero de cemento, losa de hormigón 20 cm. y tapa de fundición, terminada y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación, ni el relleno perimetral posterior.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	533,74	1.067,48
D048	**ud ANCLAJE VÁLV.COMPUER.D=150-160mm**				
	Ud. Dado de anclaje para llave de paso en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 150 y 160 mm., con hormigón HA-25/P/20/IIa, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras, s/NTE-IFA-19.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	33,98	67,96
	TOTAL APARTADO SC03.6.5 LLAVE DE PASO CON				**2.154,74**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	APARTADO SC03.6.6 PIEZAS EN T				
D049	**ud TE FUNDICIÓN I/JUNTAS D=150mm.**				
	Ud. Te de fundición con dos enchufes de 100 y uno de 40 mm. de diámetro, colocado en tubería de fundición de abastecimiento de agua, i/juntas, sin incluir dado de anclaje, completamente instalado.				
	TRAMO 1	3,000			
	TRAMO 2	2,000			
			5,00	105,27	526,35
D050	**ud ANCLAJE T COND. AGUA. D=100-160 mm**				
	Ud. Dado de anclaje para pieza en T en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 100 y 160 mm., con hormigón HA-25/P/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras, s/NTE-IFA-17.				
	TRAMO 1	3,000			
	TRAMO 2	2,000			
			5,00	31,88	159,40
	TOTAL APARTADO SC03.6.6 PIEZAS EN T.....				**685,75**
	APARTADO SC03.6.7 CODOS				
D051	**ud CODO FUNDICIÓN I/JUNTAS D=150mm.**				
	Ud. Codo de fundición con dos enchufes de 150 mm. de diámetro, colocado en tubería de fundición de abastecimiento de agua, i/juntas, sin incluir dado de anclaje, completamente instalado.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	124,83	499,32
D052	**ud ANCLAJE CODO COND. AGUA. D=60-225**				
	Dado de anclaje para codo de 45° o 90° en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 225mm., con hormigón HA-25/P/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras, s/NTE-IFA-15-16.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	58,25	233,00
	TOTAL APARTADO SC03.6.7 CODOS.....				**732,32**
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.6 ELEMENTOS.....				**14.932,62**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC03.7 ACOMETIDAS				
	APARTADO SC03.7.1 ACOMETIDA A RED GENERAL				
D053	**ud ACOMETIDA RED GRAL.ABASTEC. FD D=150**				
	Ud. Acometida de abastecimiento a la red general municipal SEGÚN NORMATIVA DE EMPRESA SUMINISTRADORA, formada por: corte de pavimento por medio de sierra de disco, rotura del pavimento con martillo picador, excavación mecánica de zanjas de abastecimiento en terrenos de consistencia dura, rotura, conexión y reparación del colector existente, colocación de tubería de fundición ductil de 150mm de diámetro, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa HM-20/P/40/I, incluyendo formación del pozo en el punto de acometida y con p.p. de medios auxiliares.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	1,000			
			3,00	765,12	2.295,36
	TOTAL APARTADO SC03.7.1 ACOMETIDA A RED				**2.295,36**
	APARTADO SC03.7.2 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS				
D055	**ud ACOMETIDA DOMICILIARIA**				
	Ud Acometida de agua potable realizada con tubería de polietileno de baja densidad de 32 mm. PN10, conectada a la red principal de abastecimiento, con collarín de toma de fundición salida 1" y racor rosca-macho de latón y llave de corte de 1", con una longitud máxima de 2 m. Medida la unidad terminada.				
	TRAMO 1	7,000			
	TRAMO 2	10,000			
			17,00	280,44	4.767,48
D056	**ud ARQUETA ACOM.EN ACERA 40x40x60 cm.**				
	Ud Arqueta para alojamiento de válvula de corte en acometida de 40x40x80 cm. interior, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento, colocado sobre solera de hormigón en masa HM/20/P/20/I, enfoscada y bruñida por el interior con mortero de cemento, y con tapa de fundición, terminada y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación, ni el relleno perimetral posterior.				
	TRAMO 1	7,000			
	TRAMO 2	10,000			
			17,00	72,36	1.230,12
	TOTAL APARTADO SC03.7.2 ACOMETIDAS				**5.997,60**
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.7 ACOMETIDAS.....				**8.292,96**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC03.8 REPOSICIONES				
D054	**ud RECRECIDO DE POZOS Y ARQUETAS**				
	Ud. Recrecido cabeza de pozos existentes y recolocación de tapas de arquetas existentes para ajustar a la cota definitiva del pavimento de la calle modificada, enrasada al pavimento.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	1,000			
			3,00	93,33	279,99
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.8 REPOSICIONES.....				**279,99**
	SUBCAPÍTULO SC03.9 HORMIGONADO CRUCE				
D023	**m3 HORM. HM-20/P/20/ IIa CENTRAL**				
	M3. Hormigón en masa de resistencia HM-20/P/20/ IIa Nmm2. con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 20 mm., de central para vibrar y consistencia plástica, puesto en obra, con p.p. de mermas y cargas incompletas. Según EHE.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	1,230			
			3,23	77,38	249,94
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC03.9 HORMIGONADO				**249,94**
	TOTAL CAPÍTULO C03 ABASTECIMIENTO.....				**59.146,34**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C04 SANEAMIENTO				
	SUBCAPÍTULO SC04.1 DEMOLICIONES				
D057	**Ud DEM. POZO SANEAM. HGÓN. C/COMP.**				
	Ud. Demolición, mediante martillo compresor, de pozo de saneamiento enterrado realizado con hormigón en masa,, i/demolición de la solera, acopio de tapas y cercos aprovechables, retirada de escombros a pie de carga.Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	6,000			
	TRAMO 2	4,000			
			10,00	82,62	826,20
D058	**Ud DEMOL. SUMIDERO TRANSV. C/COMP.**				
	Ud. Demolición, mediante compresor, de arqueta-sumidero transversal en calzadas,i/desmontado de rejillas y cercos, acopio de material aprovechable, y retirada de escombros a pie de carga.Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	12,000			
	TRAMO 2	8,000			
			20,00	44,11	882,20
D059	**m. DEMOL. GALERIA SANEAMIENTO HORM EN MASA C/COMPR.**				
	M. Demolición de colector de hormigón en masa, con martillo compresor de 2.000 l/min., i/retirada de escombros a pie de carga. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	101,000			
			101,00	61,67	6.228,67
D060	**m. DEMOL. TUBERÍA SANEAMIENTO PVC <500**				
	M. Levantado de colector de saneamiento de hasta 500 mm. de diámetro, y retirada de escombros a pie de carga. Totalmente rematado.				
	TRAMO 1	15,000			
	TRAMO 2	10,200			
			25,20	37,08	934,42
D061	**m. DEMOL. TUBERÍA SANEAMIENTO PVC <800**				
	M. Levantado de colector de saneamiento de hasta 800 mm. de diámetro, y retirada de escombros a pie de carga. Totalmente rematado.				
	TRAMO 2	87,000			
			87,00	46,50	4.045,50
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.1 DEMOLICIONES.....				**12.916,99**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC04.2 PREPARACIÓN DE ZANJAS				
D029	**m3 EXCAVACIÓN ZANJA TIERRA PARA INSTALACIONES**				
	M3 Excavación en zanja en tierra para alojamiento de instalaciones, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a lugar de empleo. Sin incluir transporte a vertedero.				
	TRAMO 1	634,400			
		83,720			
	TRAMO 2	318,280			
		8,670			
			1.045,07	11,88	12.415,43
D062	**m2 ENTIBACIÓN CUAJADA EN ZANJA**				
	M2 Entibación cuajada en zanjas, mediante tablestacado de chapa de acero, correas y codales metálicos, incluyendo medios auxiliares necesarios para el montaje y posterior desentibado.				
	TRAMO 1	422,236			
		29,930			
		136,530			
		169,330			
		32,060			
		191,600			
		130,000			
		78,430			
		12,580			
		14,620			
	TRAMO 2	116,030			
		157,030			
		112,504			
		158,620			
		20,400			
		14,620			
			1.796,52	9,69	17.408,28
D030	**m3 RELLENO ZANJAS C/ARENA**				
	M3 Relleno con arena de río para vertido en zanja de canalización, incluso extensión y compactación en formación de cama de asiento de servicios.				
	TRAMO 1	50,940			
	TRAMO 2	21,560			
			72,50	23,13	1.676,93
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.2 PREPARACIÓN DE				**31.500,64**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC04.3 RELLENOS				
D008	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL PRÉSTAMO**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de préstamos de material seleccionado, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	315,990			
		56,420			
	TRAMO 2	188,440			
			560,85	7,32	4.105,42
D031	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL EXCAVACIÓN**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	183,190			
	TRAMO 2	84,570			
			267,76	2,35	629,24
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.3 RELLENOS.....				**4.734,66**
	SUBCAPÍTULO SC04.4 TRANSPORTE E TIERRAS				
D007	**m3 TRANS. TIERRAS 10/20 KM. CARG. MEC.**				
	M3. Transporte de tierras procedentes de excavación a vertedero, con un recorrido total comprendido entre 10 y 20 Km., en camión volquete de 10 Tm., I/carga por medios mecánicos. Sin incluir canon de vertido.				
	TRAMO 1	416,090			
		50,300			
	TRAMO 2	310,920			
			777,31	7,23	5.619,95
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.4 TRANSPORTE E TIERRAS				**5.619,95**
	SUBCAPÍTULO SC04.5 TUBERÍA				
D063	**m. T.ENTER PVC COMP.J.ELAS SN4 C.TEJA 400mm**				
	M Colector de saneamiento enterrado de PVC de pared compacta de color teja y rigidez 4 kN/m2; con un diámetro 400 mm. y de unión por junta elástica. Colocado en zanja, sobre una cama de arena de río de 15 cm. debidamente compactada y nivelada (no incluida en la unidad). Con p.p. de medios auxiliares y sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas.				
	TRAMO 1	44,800			
		9,000			
		35,000			
		43,000			
		32,700			
	TRAMO 2	46,000			
			210,50	62,30	13.114,15
D064	**m. T.ENTER PVC COMP.J.ELAS SN4 C.TEJA 630mm**				
	M Colector de saneamiento enterrado de PVC de pared compacta de color teja y rigidez 4 kN/m2; con un diámetro 630 mm. y de unión por junta elástica. Colocado en zanja, sobre una cama de arena de río de 15 cm. debidamente compactada y nivelada (no incluida en la unidad). Con p.p. de medios auxiliares y sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas.				
	TRAMO 1	49,600			
		34,200			
		50,000			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TRAMO 2	32,500			
			166,30	160,92	26.761,00
D065	m. T.ENTER PVC COMP.J.ELAS SN4 C.TEJA 800mm				
	M Colector de saneamiento enterrado de PVC de pared compacta de color teja y rigidez 4 kN/m2; con un diámetro 800 mm. y de unión por junta elástica. Colocado en zanja, sobre una cama de arena de río de 15 cm. debidamente compactada y nivelada (no incluida en la unidad). Con p.p. de medios auxiliares y sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas.				
	TRAMO 1	17,200			
			17,20	232,78	4.003,82
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.5 TUBERÍA.....				43.878,96
	SUBCAPÍTULO SC04.6 ELEMENTOS				
D066	ud POZO HM M-H IN SITU D=100cm. h=1,80m.				
	Ud Pozo de registro completo de 100 cm. de diámetro interior y 1,80m. de altura útil interior, formado por solera de hormigón HA-25/P/40/IIa, de 20 cm. de espesor, ligeramente armada con mallazo, cuerpo del pozo de hormigón en masa HM-20/P/40/I encofrado a doble cara y 20 cm. de espesor con encofrado metálico mediante molde de cuerpo y otro para formación de cono asimétrico de 40 cm. de altura como brocal para 20 posturas, con cierre de marco y tapa de fundición, recibido de pates, con medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior (a ejecutar al tiempo que se ejecuta la formación del pozo).				
	TRAMO 1	8,000			
	TRAMO 2	5,000			
			13,00	338,67	4.402,71
D067	m. INCR. PROF.POZO HM M-H D=100cm.				
	Incremento de profundidad de pozo de 100 cm. de diámetro, construido con hormigón en masa HM-20/P/40/I encofrado a una cara con molde metálico y con p.p. de medios auxiliares, pates y su recibido, sin incluir la excavación y con el relleno perimetral al tiempo que se ejecuta la formación del pozo.				
	TRAMO 1	0,400			
		0,200			
		1,160			
	TRAMO 2	0,300			
		1,050			
		0,200			
			3,31	191,48	633,80
D068	ud MACIZADO TUBO PVC 250mm DE POZO DE RESALTO				
	Ud. Macizado del tubo d250mm en pozo de resalto, incluyendo solera en HA-25/P/40/IIa armada con mallazo #15x30x5mm, tubo de by-pass en PVC liso con junta elástica SN4 d250mm, y macizado del mismo en hormigón en masa HM-20/P/40/I. Totalmente rematado.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	107,43	107,43
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.6 ELEMENTOS.....				5.143,94

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC04.7 ACOMETIDAS				
D069	**ud CONEXIÓN A POZO EXISTENTE**				
	Ud. Entronque de nueva conducción de saneamiento a pozo existente totalmente rematado, y con p.p. de medios auxiliares.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	1,000			
			2,00	240,59	481,18
D071	**ud ACOMETIDA RED GRAL.SANEAM. PVC D=250**				
	Ud. Acometida domiciliaria de saneamiento a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 4m., formada por: excavación mecánica de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia dura, rotura, conexión y reparación del colector existente, colocación de tubería de PVC corrugado de 25 cm. de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa HM-20/P/40/I, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida.				
	TRAMO 1	14,000			
	TRAMO 2	20,000			
			34,00	370,70	12.603,80
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.7 ACOMETIDAS.....				**13.084,98**
	SUBCAPÍTULO SC04.8 REPOSICIONES				
D070	**ud SUMIDERO CALZADA FUND.50x20x50cm**				
	TRAMO 1	8,000			
	TRAMO 2	6,000			
			14,00	134,79	1.887,06
D054	**ud RECRECIDO DE POZOS Y ARQUETAS**				
	Ud. Recrecido cabeza de pozos existentes y recolocación de tapas de arquetas existentes para ajustar a la cota definitiva del pavimento de la calle modificada, enrasada al pavimento.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	2,000			
			3,00	93,33	279,99
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.8 REPOSICIONES.....				**2.167,05**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC04.9 HORMIGONADO CRUCE				
D023	**m3 HORM. HM-20/P/20/ IIa CENTRAL**				
	M3. Hormigón en masa de resistencia HM-20/P/20/ IIa Nmm2, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 20 mm., de central para vibrar y consistencia plástica, puesto en obra, con p.p. de mermas y cargas incompletas. Según EHE.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	1,230			
			3,23	77,38	249,94
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC04.9 HORMIGONADO				**249,94**
	TOTAL CAPÍTULO C04 SANEAMIENTO				**119.297,10**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C05 ALUMBRADO				
	SUBCAPÍTULO SC05.1 DESMONTAJE				
D072	**ud DESMONTAJE Y RETIRADA DE EQUIPOS EXISTENTES. ENTREGA A CONCELLO**				
	Ud. Ejecución del desmontaje y retirada de equipos existentes. De acuerdo con las instrucciones y supervisión del personal Municipal. Con transporte y entrega en almacén del Concello de Ourense. Incluso carga por medios mecánicos y parte proporcional de medios auxiliares. Unidad completamente ejecutada.				
	TRAMO 1	8,000			
	TRAMO 2	6,000			
			14,00	95,00	1.330,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.1 DESMONTAJE.....				**1.330,00**
	SUBCAPÍTULO SC05.2 PREPARACIÓN DE ZANJAS				
D029	**m3 EXCAVACIÓN ZANJA TIERRA PARA INSTALACIONES**				
	M3 Excavación en zanja en tierra para alojamiento de instalaciones, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a lugar de empleo. Sin incluir transporte a vertedero.				
	TRAMO 1	15,600			
		6,080			
	TRAMO 2	14,460			
			36,14	11,88	429,34
D030	**m3 RELLENO ZANJAS C/ARENA**				
	M3 Relleno con arena de río para vertido en zanja de canalización, incluso extensión y compactación en formación de cama de asiento de servicios.				
	TRAMO 1	3,550			
	TRAMO 2	2,360			
			5,91	23,13	136,70
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.2 PREPARACIÓN DE				**566,04**
	SUBCAPÍTULO SC05.3 RELLENOS				
D031	**m3 RELLENO ZANJAS/MATERIAL EXCAVACIÓN**				
	M3 Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.				
	TRAMO 1	17,040			
	TRAMO 2	11,360			
			28,40	2,35	66,74
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.3 RELLENOS.....				**66,74**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC05.4 TRANSPORTE DE TIERRAS				
D007	**m3 TRANS. TIERRAS 10/20 KM. CARG. MEC.**				
	M3. Transporte de tierras procedentes de excavación a vertedero, con un recorrido total comprendido entre 10 y 20 Km., en camión volquete de 10 Tm., I/carga por medios mecánicos. Sin incluir canon de vertido.				
	TRAMO 1	4,400			
	TRAMO 2	2,930			
			7,33	7,23	53,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.4 TRANSPORTE DE				**53,00**
	SUBCAPÍTULO SC05.5 CANALIZACIONES				
D073	**m CANALIZACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR.ENTERRADA.1 TUBO.DN:110 MM.PE.**				
	Canalización enterrada. Para línea de iluminación exterior pública/telegestión/comunicaciones. Constituida por: * Un tubo de doble pared, corrugado exteriormente y de pared interior lisa, fabricado en PEHD. Color verde. Características mecánicas conformes a la norma UNE-EN 50089-2.4: - Resistencia a la compresión: 450 N. - Resistencia al impacto (a -5°C): Normal. Índice de protección contra la penetración de cuerpos extraños y el agua: IP-47. Grado de protección contra el impacto mecánico de IK-08, de acuerdo con la norma UNE 20324-EN 60529-CEI 529 Instalación en bobinas con guías plásticas pasacables o en barras con guías sintéticas y manguitos incorporados. Diámetro nominal: 110 mm. Designación: 1 tubo de PEHD, diámetro:110 mm. Color Verde. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con las ITC-BT-007 y 021, del REBT y la NTE-IER/19.				
	CONDUCTO TELECOMUNICACIONES				
	TRAMO 1	177,300			
	TRAMO 2	118,200			
			295,50	4,20	1.241,10
D074	**m CANALIZACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR.ENTERRADA.2 TUBOS.DN:90 MM.PE.**				
	Canalización enterrada. Para Alumbrado Exterior Público. Constituida por: Dos tubos fabricados en polietileno de alta densidad, doble pared, corrugados exteriormente y pared interior lisa. Color rojo. Características mecánicas conforme a la norma UNE-EN 50089-2.4: - Resistencia a la compresión: 450 N. - Resistencia al impacto (a -5°C): Normal. IP-47/IK08. Disposición en bobinas con guías plásticas o en barras con manguitos de unión incorporados y guías sintéticas de paso. Diámetro nominal: 90 mm. Designación: 2 tubos PEHD. DN:90 mm. Color rojo. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con las ITC-BT-007 y 021, del REBT y la NTE-IER/19.				
	TRAMO 1	150,600			
	TRAMO 2	100,400			
			251,00	7,59	1.905,09

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D075	m CANALIZACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR. ENTERRADA. 4 TUBOS. DN:90 MM. PE.				
	Canalización enterrada. Para Alumbrado Exterior Público. Constituida por: Cuatro tubos fabricados en polietileno de alta densidad, doble pared, corrugados exteriormente y pared interior lisa. Color rojo. Características mecánicas conforme a la norma UNE-EN 50089-2.4: - Resistencia a la compresión: 450 N. - Resistencia al impacto (a -5°C): Normal. IP-47/IK08. Disposición en bobinas con guías plásticas o en barras con manguitos de unión incorporados y guías sintéticas de paso. Diámetro nominal: 90 mm. Designación: 4 tubos PEHD. DN:90 mm. Color rojo. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con las ITC-BT-007 y 021, del REBT y la NTE-IER/19.				
	TRAMO 1	6,900			
	TRAMO 2	4,600			
			11,50	13,71	157,67
D076	m CANALIZACIÓN ALUMBRADO EXTERIOR. ENTERRADA. 5 TUBOS. DN:90 MM. PE.				
	Canalización enterrada. Para Alumbrado Exterior Público. Constituida por: Cinco tubos fabricados en polietileno de alta densidad, doble pared, corrugados exteriormente y pared interior lisa. Color rojo. Características mecánicas conforme a la norma UNE-EN 50089-2.4: - Resistencia a la compresión: 450 N. - Resistencia al impacto (a -5°C): Normal. IP-47/IK08. Disposición en bobinas con guías plásticas o en barras con manguitos de unión incorporados y guías sintéticas de paso. Diámetro nominal: 90 mm. Designación: 5 tubos PEHD. DN:90 mm. Color rojo. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con las ITC-BT-007 y 021, del REBT y la NTE-IER/19.				
	TRAMO 1	19,800			
	TRAMO 2	13,200			
			33,00	16,04	529,32
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.5 CANALIZACIONES.....				**3.833,18**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC05.6 ELEMENTOS				
D077	**ud ARQUETA/REGISTRO 40x40 PARA PASO/CONEXIONES ELÉCTRICAS.**				
	Arqueta para registro y conexiones eléctricas exteriores. Para instalaciones eléctricas y de comunicación. Dimensiones interiores: 400x400x600 mm. Construida en fábrica de ladrillo macizo de 12 cm de espesor y resistencia característica de 100 kg/cm2, colocado a medio pie con juntas de mortero M-40, de 10 mm de espesor. Enfoscado sin maestrear en paredes interiores con mortero de 1:3, de 15 mm de espesor, con acabado bruñido y ángulos redondeados. Relleno del fondo de la arqueta, hasta una altura de 100 mm, con gravilla del tipo A 10/5, con un tamaño máximo de 30 mm. Solera de hormigón en masa, de HM-200, con desagüe en su punto más bajo, con posibilidad de ejecutar una solera drenante, de acuerdo con los criterios de la DO. Conjunto de cierre interior compuesto por marco cuadrado en forma de U y tapa con un pie de apoyo, fabricado en fundición de hierro, de grafito esferoidal, tipo GE-500/7, según norma ISO 1073 (1987) y conforme a la clase B125, de la Norma UNE-EN 124 (1994), con una carga de rotura mayor de 125 kN. revestimiento con pintura hidrosoluble del color negro. Dimensiones. Marco: 460x460x38 mm y Tapa: 390x390x30 mm. Con rotulación del servicio y acerrojado. Conexión a la red de alcantarillado público mediante un tubo de PVC, con un diámetro nominal de 63 mm y una longitud de 1.500 mm. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con la NBE/IER-20.				
	TRAMO 1	7,000			
	TRAMO 2	4,000			
			11,00	91,57	1.007,27
D078	**ud ARQUETA/REGISTRO 60x60 PARA PASO/CONEXIONES ELÉCTRICAS.**				
	Arqueta para registro y conexiones eléctricas exteriores. Para instalaciones eléctricas y de comunicación. Dimensiones interiores: 600x600x600 mm. Construida en fábrica de ladrillo macizo de 12 cm de espesor y resistencia característica de 100 kg/cm2, colocado a medio pie con juntas de mortero M-40, de 10 mm de espesor. Enfoscado sin maestrear en paredes interiores con mortero de 1:3, de 15 mm de espesor, con acabado bruñido y ángulos redondeados. Relleno del fondo de la arqueta, hasta una altura de 100 mm, con gravilla del tipo A 10/5, con un tamaño máximo de 30 mm. Solera de hormigón en masa, de HM-200, con desagüe en su punto más bajo, con posibilidad de ejecutar una solera drenante, de acuerdo con los criterios de la DO. Conjunto de cierre interior compuesto por marco cuadrado en forma de U y tapa con un pie de apoyo, fabricado en fundición de hierro, de grafito esferoidal, tipo GE-500/7, según norma ISO 1073 (1987) y conforme a la clase B125, de la Norma UNE-EN 124 (1994), con una carga de rotura mayor de 125 kN. revestimiento con pintura hidrosoluble del color negro. Dimensiones. Marco: 660x660x38 mm y Tapa: 590x590x30 mm. Con rotulación del servicio y acerrojado. Conexión a la red de alcantarillado público mediante un tubo de PVC, con un diámetro nominal de 63 mm y una longitud de 1.500 mm. Unidad completamente ejecutada, de acuerdo con la NBE/IER-20.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	184,12	736,48

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE

D080 m **CABLE TENDIDO.RV1-K(4x1x6+T16 MM2).COBRE.ALUMBRADO.**

Suministro e instalación de línea eléctrica.
Para instalaciones de alumbrado exterior.
Disposición tendida, montaje enterrado y bajo tubo.
Compuesta por cuatro conductores de potencia, fabricados en cobre electrolítico recocido, segun UNE 21022, formación en cuerda y clase 5, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) especial para intemperie y marcado "RV 0,6/1 kV (sección) (año) UNE 21123". Identificación de los conductores con marca indeleble, con indicación del numero de conductor (1, 2, 3) y tensión de aislamiento 600/1.000 V.
Se suministrará en bobinas de contraplacado de madera.
Incluyendo transporte a pie de obra, recogida, retirada y entrega de los restos de su manipulación a un gestor autorizado.
Designación: RV 0,6/1 kV 4x1x6 + H07VV-K 1x16 mm2 Cu.
Unidad completamente instalada, de acuerdo con ITC-BT 007/009 del vigente REBT.

TRAMO 1	205,200			
TRAMO 2	136,800			
		342,00	16,26	5.560,92

D081 ud **BRAZO MURAL**

Ud. Brazo mural doble Decorativo de 1.50m. Galvanizado y Pintado, con conexión a puesta a tierra, incluyendo elementos de fijación. Totalmente montado.

TRAMO 1	7,000			
TRAMO 2	5,000			
		12,00	395,40	4.744,80

D082 ud **BGP204 LED 100/740 PSR II DM (REG.) 480/60**

Ud. Suministro, montaje e intalación de luminaria tipo BGP204 LED 100/740 PSR II DM (REG.) 480/60 o similar. Potencia unitaria de 89.5 W. La conexión de la luminaria con la línea eléctrica de potencia, se realizará por medio de elementos conectores de presión, con mordaza, protegidos con grasa neutra y cubiertos por un capuchón aislante. Unidad completamente ejecutada, probada y en condiciones de funcionar, incluyendo pica de puesta a tierra, cable de conexión a PAT, cableado de enlace entre la luminaria y la red de iluminación, conexionado por medio de conectores, colocación del conjunto y pruebas de funcionamiento.

TRAMO 1	7,000			
TRAMO 2	5,000			
		12,00	723,39	8.680,68

D083 ud. **PROTECCIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEA PARA LÍNEAS**

Ud. Protección aéreo-subterránea para líneas de alumbrado público mediante tubo de acero, incluyendo conexión de puesta a tierra. Totalmente rematada.

TRAMO 1	7,000			
TRAMO 2	5,000			
		12,00	34,98	419,76

D084 ud **CENTRO DE MANDO Y MEDIDA.45 kVA/400V/50 Hz 7S**

Unidad de cuadro de mando y protección de alumbrado público modelo Smart Tower ourense, trifásico, con siete salidas, formado por armario envolvente exterior de acero inox. Aisi 304 de 2 mm. de espesor, color normalizado gris Ral 7021, plantilla para empotrar en cimentación, módulos auxiliares, paneles para alojar antenas, dos puertas con cerraduras de seguridad y separadores interiores para alojar diferentes servicios, grado de protección del conjunto IP-65, de 700x700 mm. de dimensiones de la base, con bancada, dispositivos de acometida y medición de la compañía suministradora, dispositivos de mando y protección del alumbrado (magnetotérmicos, diferenciales rearmables, contactores, etc.), control y comunicación (terminal de inteligencia de control urbilux y terminal de comunicaciones GSM o similar) y equipo de ahorro energético (estabilizador-reductor de tensión), incluso cableado, bornes y demás elementos auxiliares, todo ello montado, probado y en disposición de funcionar.

TRAMO 1	1,000			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
			1,00	17.070,23	17.070,23
D085	ud PUESTA A TIERRA. PARA CUADROS de BT				
	Suministro y montaje de puesta a tierra. Para cuadros de mando, medida y protección. Compuesta por una línea de enlace con tierra, en cobre recocido y desnudo, de 35 mm2; electrodos cilíndricos, en forma de pica de acero con recubrimiento de cobre, acoplables mediante manguito roscado, de 2.000 mm x 14,6 mm. Con un espesor medio de cobre de 300 micrometros; línea principal de tierra en cable aislado, de 1x35 mm2 cu; tubo de acero roscado y galvanizado de diámetro M-25; grapas, accesorios para picas y herrajes de conexión de la línea de conexión con tierra a las bornas de conexión en las envolventes de los armarios de mando y cuadros de protección y medida. Incluyendo la apertura, tapado y compactado de la zanja, la medida del valor de la resistencia a tierra y la emisión del certificado de la misma por parte del instalador autorizado. Unidad completamente ejecutada.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	93,97	93,97
D086	ud CONEXIÓN PUESTA A TIERRA ELEMENTOS METÁLICOS				
	Ud. Conexión a puesta a tierra de red de alumbrado municipal de elementos metálicos situados a menos de 2m de los elementos de alumbrado. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	8,000			
	TRAMO 2	4,000			
			12,00	33,41	400,92
D087	ud CIMENTACIÓN DE CENTRO DE MANDO				
	Cimentación para centro de mando, ejecutada en HM-20/P/20/IIa de dimensiones 1.00x1.00x0.40m, armado interiormente con mallazo #12/150x150mm. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	121,08	121,08
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.6 ELEMENTOS.....				38.836,11
	SUBCAPÍTULO SC05.7 ACOMETIDAS				
D088	ud ACOMETIDA SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN				
	Unidad de acometida subterránea de baja tensión al sistema de medida del centro de mando trifásico de alumbrado, incluso línea eléctrica a base de conductor RV 0,6/1Kv, terminales, derivaciones, conexionado, pequeño material necesario para su montaje, tramites y gestión con la compañía suministradora y la administración. Unidad montada, instalada y en condiciones de funcionamiento.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	213,38	213,38
D089	ud DESENGANCHE Y CONEXIÓN REDES EXISTENTES				
	Desenganche y conexión de redes existentes a nuevo cuadro de mando. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	202,68	810,72
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.7 ACOMETIDAS.....				1.024,10

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC05.8 REPOSICIONES				
D079	**ud REPOSICIÓN DE TAPA EN ARQUETA DE ALUMBRADO EXISTENTE**				
	Ud. Reposición de tapa en arqueta de alumbrado existente. Icluso retirada de tapa y marco existente y preparación de la arqueta para recibir el nuevo marco y tapa. Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	3,000			
	TRAMO 2	1,000			
			4,00	93,03	372,12
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.8 REPOSICIONES.....				**372,12**
	SUBCAPÍTULO SC05.9 PROYECTO Y LEGALIZACIÓN				
PA001	**P.a. PROYECTO TÉCNICO DE INSTALAC. ALUMBRADO**				
	Unidad de realización de proyecto técnico de instalación de alumbrado y alta de la misma.				
		1,000			
			1,00	1.060,00	1.060,00
PA002	**P.a. LEGALIZACIÓN DE INSTALACIÓN**				
	Partida Alzada a justificar para Legalización de la instalación.				
		1,000			
			1,00	530,00	530,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.9 PROYECTO Y				**1.590,00**
	SUBCAPÍTULO SC05.10 CONTROL				
PA003	**P.a. ORGANISMO DE CONTROL AUTORIZADO**				
	Partida Alzada a justificar para inspección de la instalación por Organismo de Control Autorizado.				
		1,000			
			1,00	848,00	848,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.10 CONTROL.....				**848,00**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC05.11 HORMIGONADO CRUCE				
D023	**m3 HORM. HM-20/P/20/ IIa CENTRAL**				
	M3. Hormigón en masa de resistencia HM-20/P/20/ IIa Nmm2, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 20 mm., de central para vibrar y consistencia plástica, puesto en obra, con p.p. de mermas y cargas incompletas. Según EHE.				
	TRAMO 1	1,000			
	TRAMO 2	0,790			
			1,79	77,38	138,51
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC05.11 HORMIGONADO				**138,51**
	TOTAL CAPÍTULO C05 ALUMBRADO				**48.657,79**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C06 REDES EXISTENTES				
	SUBCAPÍTULO SC06.1 RECRECIDO DE POZOS Y ARQUETAS				
D054	**ud RECRECIDO DE POZOS Y ARQUETAS**				
	Ud. Recrecido cabeza de pozos existentes y recolocación de tapas de arquetas existentes para ajustar a la cota definitiva del pavimento de la calle modificada, enrasada al pavimento.				
	TRAMO 1	35,000			
	TRAMO 2	24,000			
			59,00	93,33	5.506,47
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC06.1 RECRECIDO DE POZOS				**5.506,47**
	SUBCAPÍTULO SC06.2 HORMIGONADO DE PROTECCIÓN				
D023	**m3 HORM. HM-20/P/20/ IIa CENTRAL**				
	M3. Hormigón en masa de resistencia HM-20/P/20/ IIa Nmm2, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 20 mm., de central para vibrar y consistencia plástica, puesto en obra, con p.p. de mermas y cargas incompletas. Según EHE.				
	TRAMO 1	39,500			
	TRAMO 2	26,400			
			65,90	77,38	5.099,34
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC06.2 HORMIGONADO DE				**5.099,34**
	SUBCAPÍTULO SC06.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS				
PA004	**PA OBRAS COMPLEMENTARIAS SERVICIOS NO MUNICIPALES_TRAMO 1**				
	Partida Alzada a justicar correspondiente a obras complementarias en los servicios no municipales desarrolladas en el tramo 1.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	3.180,00	3.180,00
PA005	**PA OBRAS COMPLEMENTARIAS SERVICIOS NO MUNICIPALES_TRAMO 2**				
	Partida Alzada a justicar correspondiente a obras complementarias en los servicios no municipales desarrolladas en el tramo 1.				
	TRAMO 2	1,000			
			1,00	2.120,00	2.120,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC06.3 OBRAS				**5.300,00**
	TOTAL CAPÍTULO C06 REDES EXISTENTES				**15.905,81**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C07 SEÑALIZACIÓN				
	SUBCAPÍTULO SC07.1 DEMOLICION ZAPATA SEÑALES				
D090	**m3 DEM. ZAPATA HORMIGÓN C/COMP.**				
	M3. Demolición, mediante martillo compresor, de zapatas de señales y semáforos, realizado con hormigón en masa, retirada de escombros a pie de carga.Totalmente rematada.				
	TRAMO 1	1,900			
	TRAMO 2	1,100			
			3,00	92,67	278,01
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC07.1 DEMOLICION ZAPATA				**278,01**
	SUBCAPÍTULO SC07.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				
D091	**m. PINTURA TERMOPLASTICA EN MARCA VIAL 10CM**				
	M. Marca vial reflexiva de 10cm de ancho, ejecutada con pintura termoplástica en frío dos componentes, reflexiva, con una dotación de pintura de 3 kg/m2, y 0,6 kg/m2 de microesferas de vidrio, realmente pintado, incluso barrido y premarcaje sobre el pavimento.				
	TRAMO 1	172,020			
	TRAMO 2	94,680			
		30,000			
		28,000			
		15,000			
			339,70	2,18	740,55
D092	**m2 PINTURA TERMOPLÁSTICA EN CEBREADOS**				
	M2. Pintura termoplástica en frío dos componentes, reflexiva, con una dotación de pintura de 3 kg/m2, y 0,6 kg/m2 de microesferas de vidrio, en cebreados, realmente pintado, incluso barrido y premarcaje sobre el pavimento.				
	TRAMO 1	20,550			
	TRAMO 2	20,550			
			41,10	25,24	1.037,36
D093	**m2 PINTURA TERMOPLÁSTICA EN SÍMBOLOS**				
	M2. Pintura termoplástica en frío dos componentes, reflexiva, con una dotación de pintura de 3 kg/m2, y 0,6 kg/m2 de microesferas de vidrio, en simbolos, realmente pintado, incluso barrido y premarcaje sobre el pavimento.				
	TRAMO 1	1,500			
	TRAMO 2	3,600			
		10,800			
		9,900			
		3,000			
			28,80	26,68	768,38
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC07.2 SEÑALIZACIÓN				**2.546,29**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	SUBCAPÍTULO SC07.3 SEÑALIZACIÓN VERTICAL				
D094	**ud SEÑAL CIRCULAR ø=60cm NIVEL 1**				
	Ud. Señal reflectante circular D=60 cm. nivel 1, i/p.p. poste galvanizado, tornillería, cimentación y anclaje, totalmente colocada.				
	TRAMO 1	4,000			
	TRAMO 2	4,000			
			8,00	149,26	1.194,08
D095	**ud PLACA COMPLEM. 60X20cm NIVEL 1**				
	Ud. Placa complementaria reflexiva, para señal de 60x20 cm., nivel 1, totalmente colocada.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	78,98	315,92
D096	**ud SEÑAL RECTANGULAR 60X90cm NIVEL 1**				
	Ud. Señal rectangular de 60*90 cm. nivel 1, i/p.p. poste galvanizado, tornillería, cimentación y anclaje, totalmente colocada.				
	TRAMO 1	2,000			
	TRAMO 2	2,000			
			4,00	213,18	852,72
D097	**m2 SEÑAL INFORMATIVA CHAPA HIERRO NIVEL 1**				
	M2. Señal informativa reflexiva nivel 1, en chapa de hierro, i/p.p. poste galvanizado, tornillería, cimentación y anclaje, totalmente colocado.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	250,82	250,82
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC07.3 SEÑALIZACIÓN				**2.613,54**
	SUBCAPÍTULO SC07.4 CIMENTACIÓN SEÑALES LUMÍNICAS				
D098	**ud TRASLADO Y CIMENTACIÓN DE SEÑALES, SEMÁFOROS Y PARQUIMETROS**				
	Ud. Cimentación para señales y semáforos, incluido la colocación de los mismos en su nueva ubicación, i/excavación, hormigonado, colocación y conexionado.				
	TRAMO 1	3,000			
	TRAMO 2	3,000			
			6,00	122,27	733,62
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC07.4 CIMENTACIÓN				**733,62**
	TOTAL CAPÍTULO C07 SEÑALIZACIÓN.....				**6.171,46**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C08 JARDINERÍA				
	SUBCAPÍTULO SC08.1 TIERRA VEGETAL				
D099	**m2 EXTENSIÓN TIERRA VEGETAL MANUAL**				
	Extendido manual de tierra vegetal almacenada en zonas no accesibles a la maquinaria. No se incluye el transporte de la tierra vegetal.				
	TRAMO 1_JARDÍN	20,000			
			20,00	7,58	151,60
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC08.1 TIERRA VEGETAL.....				**151,60**
	SUBCAPÍTULO SC08.2 CÉSPED SEMILLADO				
D100	**m2 CESPED SEMILLADO,SUPERF. <1.000**				
	M2 Césped semillado con mezcla de Lolium, Agrostis, Festuca y Poa, incluso preparación del terreno, mantillo, siembra y riegos hasta la primera siega, en superficies menores de 1.000 m2.				
	TRAMO 1_JARDÍN	20,000			
			20,00	15,05	301,00
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC08.2 CÉSPED SEMILLADO.....				**301,00**
	TOTAL CAPÍTULO C08 JARDINERÍA.....				**452,60**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C09 MOBILIARIO				
	SUBCAPÍTULO SC09.1 BARANDILLAS				
D101	**m BARANDILLA ACERO INOX EN JARDÍN**				
	Ml. Barandilla de acero inoxidable en jardín de 100 cm. de altura, con pasamanos de ø=50mm., pilastras de 40x40 mm., cada 70 cm., barandal superior a 12 cm. del pasamanos e inferior a 3 cm., en perfil de 40x40 mm., y barrotes verticales de 30x15 mm. a 10cm., incluso p/p de terminales, soldaduras y despuntes, totalmente terminado.				
	TRAMO 1	36,000			
			36,00	236,16	8.501,76
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC09.1 BARANDILLAS.....				**8.501,76**
	SUBCAPÍTULO SC09.2 PAPELERAS				
D102	**ud PAPELERA DE ACERO GALVANIZADO**				
	Ud. Suministro y colocación de papelera de acero galvanizado Tipo Argo-Plus de FD Beniro o similar, con imprimación epoxi y pintura poliéster en polvo color gris RAL9006, apoyada en una estructura maciza y base de anclaje triangular con agujeros para su fijación al suelo, incluyendo anclaje mediante tres pernos de expansión M8. Totalmente colocada.				
	TRAMO 1	5,000			
	TRAMO 2	5,000			
			10,00	364,68	3.646,80
	TOTAL SUBCAPÍTULO SC09.2 PAPELERAS.....				**3.646,80**
	TOTAL CAPÍTULO C09 MOBILIARIO.....				**12.148,56**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C10 GESTIÓN DE RESIDUOS				
GR001	**PA GESTIÓN DE RESIDUOS_TRAMO 1**				
	Partida Alzada a justificar según presupuesto recogido en el Anejo de Gestión de Residuos.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	16.024,58	16.024,58
GR002	**PA GESTIÓN DE RESIDUOS_TRAMO 2**				
	Partida Alzada a justificar según presupuesto recogido en el Anejo de Gestión de Residuos.				
	TRAMO 2	1,000			
			1,00	10.683,06	10.683,06
	TOTAL CAPÍTULO C10 GESTIÓN DE RESIDUOS.....				**26.707,64**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C11 SEGURIDAD Y SALUD				
SS001	**PA SEGURIDAD Y SALUD TRAMO 1**				
	Partida Alzada a justificar por el presupuesto presentado en el Documento nº5 Seguridad y Salud del proyecto.				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	6.383,80	6.383,80
SS002	**PA SEGURIDAD Y SALUD TRAMO 1**				
	Partida Alzada a justificar por el presupuesto presentado en el Documento nº5 Seguridad y Salud del proyecto.				
	TRAMO 2	1,000			
			1,00	4.255,86	4.255,86
	TOTAL CAPÍTULO C11 SEGURIDAD Y SALUD				**10.639,66**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO C12 CONTROL DE CALIDAD				
CC001	**PA CONTROL DE CALIDAD_TRAMO 1**				
	Partida Alzada a justificar para Control de Calidad				
	TRAMO 1	1,000			
			1,00	6.360,00	6.360,00
CC002	**PA CONTROL DE CALIDAD_TRAMO 2**				
	Partida Alzada a justificar para Control de Calidad				
	TRAMO 2	1,000			
			1,00	4.240,00	4.240,00
	TOTAL CAPÍTULO C12 CONTROL DE CALIDAD				**10.600,00**
	TOTAL				**532.067,76**

Resumen del presupuesto del proyecto original

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y FORMACIÓN DE EXPLANADA.....	88.100,39	16,56
02	FIRMES Y PAVIMENTOS	134.240,39	25,23
03	ABASTECIMIENTO	59.146,34	11,12
04	SANEAMIENTO.....	119.297,10	22,42
05	ALUMBRADO	48.657,79	9,15
06	REDES EXISTENTES.....	15.905,81	2,99
07	SEÑALIZACIÓN	6.171,46	1,16
08	JARDINERÍA.....	452,60	0,09
09	MOBILIARIO	12.148,56	2,28
10	GESTIÓN DE RESIDUOS	26.707,64	5,02
11	SEGURIDAD Y SALUD.....	10.639,66	2,00
12	CONTROL DE CALIDAD.....	10.600,00	1,99
	TOTAL PRESUPUESTO PROGRAMADO /	532.067,76	
	TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE PROYECTO /		

Asciende el presupuesto de ejecución material programado y recogido en proyecto a la expresada cantidad de QUINIENTOS TREINTA Y DOS MIL SESENTA Y SIETE EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Resumen del presupuesto de adjudicación

Aplicando el coeficiente de adjudicación de 0,66157775280 presentado por la UTE contratada, se obtienen los siguientes importes para los diferentes capítulos en los que se divide el proyecto, siendo, estos valores, los empleados para el seguimiento y control de la obra mediante el método de la cadena crítica que se propone en la presente tesis.

CAPÍTULO	RESUMEN	**PARCIALES (€)**	TOTALES **(€)**	%
01	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y FORMACIÓN DE EXPLANADA		58.285,26	16,56
01.1	Demoliciones	43.437,82		
01.2	Levantados	5.069,17		
01.3	Excavaciones	2.217,81		
01.4	Rellenos	2.802,35		
01.5	Transporte de tierras	4.758,10		
02	FIRMES Y PAVIMENTOS		88.810,46	25,23
02.1	Firmes	40.703,07		
02.2	Pavimentos	48.107,39		
03	ABASTECIMIENTO		39.129,90	11,12
03.1	Demolición	6.515,48		
03.2	Preparación de zanjas	1.765,52		
03.3	Rellenos	384,36		
03.4	Transporte de tierras	344,87		
03.5	Tubería	14.403,56		
03.6	Elementos	9.879,09		
03.7	Acometidas	5.486,44		
03.8	Reposiciones	185,24		
03.9	Hormigonado de cruce	165,35		
04	SANEAMIENTO		78.924,31	22,42
04.1	Demolición	8.545,59		
04.2	Preparación de zanjas	20.840,12		
04.3	Rellenos	3.132,34		
04.4	Transporte de tierras	3.718,03		
04.5	Tubería	29.029,34		
04.6	Elementos	3.403,12		
04.7	Acometidas	8.656,73		
04.8	Reposiciones	1.433,67		
04.9	Hormigonado de cruce	165,35		

CAPÍTULO		RESUMEN	PARCIALES (€)	TOTALES (€)	%
05		ALUMBRADO		32.190,91	9,15
	05.1	Desmontaje	879,90		
	05.2	Preparación de zanjas	374,48		
	05.3	Rellenos	44,15		
	05.4	Transporte de tierras	35,06		
	05.5	Canalizaciones	2.535,94		
	05.6	Elementos	25.693,11		
	05.7	Acometidas	677,52		
	05.8	Reposiciones	246,19		
	05.9	Proyecto y legalización	1.051,91		
	05.10	Control	561,02		
	05.11	Hormigonado de cruce	91,64		
06		REDES EXISTENTES		10.522,93	2,99
	06.1	Recrecido de pozos y arquetas	3.642,96		
	06.2	Hormigonado de protección	3.373,61		
	06.3	Obras complementarias	3.506,36		
07		SEÑALIZACIÓN		4.082,90	1,16
	07.1	Demolición de las zapatas de señales	183,93		
	07.2	Señalización horizontal	1.684,57		
	07.3	Señalización vertical	1.729,06		
	07.4	Cimentación de señales lumínicas	485,35		
08		JARDINERÍA		299,43	0,09
	08.1	Tierra vegetal	100,30		
	08.2	Césped semillado	199,13		
09		MOBILIARIO		8037,22	2,28
	09.1	Barandillas	5.624,58		
	09.2	Papeleras	2.412,64		
10		GESTIÓN DE RESIDUOS	17.669,18	17.669,18	5,02
11		SEGURIDAD Y SALUD	7.038,96	7.038,96	2,00
12		CONTROL DE CALIDAD	7.012,72	7.012,72	1,99

TOTAL PRESUPUESTO DE ADJUDICACIÓN /	352.004,19
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE ADJUDICACIÓN /	
PRESUPUESTO HASTA LA CONCLUSIÓN (BAC) /	
VALOR PLANIFICADO ACUMULADO (PV) /	

Asciende el presupuesto de ejecución material programado y recogido en proyecto a la expresada cantidad de TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

CAMPUS TERRA

Las debilidades de las técnicas de dirección de proyectos utilizadas en la actualidad obligan a las empresas del sector de la construcción a la búsqueda de nuevas herramientas de gestión. En este contexto, la adaptación del método de la cadena crítica, de contrastada eficacia dentro de los procesos productivos, al ambiente real de las obras puede ser la clave para la administración de los proyectos de manera eficaz y flexible. Dentro de la investigación realizada se presenta un modelo de planificación y seguimiento de las obras, basado en la adecuación y mejora de los procedimientos de cálculo de los parámetros propios de la cadena crítica, el cual ha sido utilizado en tres casos prácticos reales de ingeniería civil.