



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

VALORACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO EN PROYECTOS DE URBANIZACIÓN

Autor: Luis Javier Díaz García
Director: Carlos Alba González-Fanjul

Fecha: Julio de 2014



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Objetivo.....	3
1.4. Alcance.....	4
1.5. Descripción del documento	5
2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. Introducción.....	7
2.2. Antecedentes históricos	7
2.3. Valor ganado en el PMBoK	8
2.4. El método del valor ganado	8
2.4.1. Dimensiones de aplicación del EVM.....	8
2.4.2. Necesidad de un método de control	9
2.4.3. Técnica del valor ganado	10
2.4.4. Variables del valor ganado	11
2.4.5. Procesos necesarios para implementar el valor ganado.....	12
2.4.6. Las cuentas de control.....	13
2.4.7. Métodos de medición del trabajo	15
2.4.8. La línea base del rendimiento	16
2.4.9. Cambios en las líneas base	17
2.4.10. Análisis del valor ganado	18
2.4.11. Análisis de las estimaciones del proyecto	20
2.4.12. El índice TCPI de conclusión del proyecto	23
2.4.13. Establecer el método del valor ganado	23
2.5. Análisis por otros autores	25
2.6. Conclusiones	26
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJEMPLO	27
3.1. Introducción.....	27
3.2. Situación y emplazamiento.....	27
3.3. Estado actual.....	27
3.4. Solución propuesta	28
3.4.1. Afirmando y pavimentación	29



3.4.2.	Redes de servicios urbanos	32
3.4.3.	Mobiliario y señalización	34
3.4.4.	Seguridad, residuos y calidad	34
4.	METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN DEL VALOR GANADO.....	37
4.1.	Introducción.....	37
4.2.	Definiciones del método.....	37
4.3.	Midiendo el valor ganado	39
4.3.1.	Primera parte	39
4.3.2.	Segunda parte	42
4.3.3.	Tercera parte.....	44
4.4.	Aplicación práctica del método	46
4.5.	Desarrollo de la tabla BCWS	48
4.6.	Desarrollo de la tabla ACWP.....	49
4.7.	Desarrollo de la tabla BCWP	49
4.8.	Análisis de los datos.....	50
5.	ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO.....	53
5.1.	Introducción.....	53
5.2.	Demoliciones y excavaciones.....	54
5.3.	Afirmado y pavimentación.....	58
5.4.	Red de saneamiento	63
5.5.	Red de abastecimiento	67
5.6.	Red de gas natural	72
5.7.	Red de electricidad	76
5.8.	Red de alumbrado.....	80
5.9.	Red de comunicaciones	85
5.10.	Mobiliario urbano	89
5.11.	Señalización	94
5.12.	Seguridad y salud	98
5.13.	Gestión de residuos	102
5.14.	Control de calidad	106
6.	ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN AL PROYECTO COMPLETO	111
6.1.	Introducción.....	111
6.2.	Aplicación al proyecto completo	111



7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO	117
7.1. Conclusiones	117
7.2. Líneas de futuro	118
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	119
ANEXOS.....	121
Anexo 1. Estructura de descomposición de los trabajos	121
Anexo 2. Resumen de presupuesto del proyecto	125
Anexo 3. Resumen de las certificaciones mensuales.....	127
Anexo 4. Cartel de presentación del proyecto.....	139





ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4.1: COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO PLANIFICADO BCWS DEL PROYECTO.....	48
TABLA 4.2: COSTE REAL DEL TRABAJO REALIZADO ACWP DEL PROYECTO.....	49
TABLA 4.3: COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO REALIZADO BCWP DEL PROYECTO.....	50
TABLA 4.4: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES DE EJECUCIÓN Y ESTIMACIONES DEL PROYECTO.....	51
TABLA 5.1: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES... 58	58
TABLA 5.2: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	62
TABLA 5.3: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE SANEAMIENTO.....	67
TABLA 5.4: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE ABASTECIMIENTO.....	71
TABLA 5.5: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE GAS NATURAL.....	76
TABLA 5.6: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE ELECTRICIDAD.....	80
TABLA 5.7: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE ALUMBRADO.....	85
TABLA 5.8: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN RED DE COMUNICACIONES.....	89
TABLA 5.9: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN MOBILIARIO URBANO.....	94
TABLA 5.10: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN SEÑALIZACIÓN.....	98
TABLA 5.11: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN SEGURIDAD Y SALUD.....	102
TABLA 5.12: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN GESTIÓN DE RESIDUOS.....	106
TABLA 5.13: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN CONTROL DE CALIDAD.....	110
TABLA 6.1: PARÁMETROS, DESVIACIONES, ÍNDICES Y ESTIMACIONES EN EL PROYECTO COMPLETO.....	115
TABLA 6.2: IMPORTES DE CONTRATO, LIQUIDACIÓN Y DIFERENCIA % EN EL PROYECTO COMPLETO.....	116





ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: CURVA S DE COSTE ACUMULADO Y TIEMPO TRANSCURRIDO DEL PROYECTO.	10
FIGURA 2.2: TRES HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL MÉTODO DEL VALOR GANADO.	12
FIGURA 2.3: CUENTAS DE CONTROL CA DEL PROYECTO, WBS Y OBS.	14
FIGURA 2.4: LÍNEA BASE DEL RENDIMIENTO DEL PROYECTO.	17
FIGURA 2.5: EVOLUCIÓN DE LAS LÍNEAS BASE DEL PROYECTO.	18
FIGURA 2.6: VARIABLES DE ANÁLISIS DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO.	20
FIGURA 2.7: ANÁLISIS DE LAS ESTIMACIONES DEL PROYECTO.	22
FIGURA 2.8: REPRESENTACIÓN DEL ÍNDICE TCPI DEL PROYECTO.	23
FIGURA 3.1: CALLE MANUEL ROMANO ANTES Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	29
FIGURA 3.2: CALLE NEMESIO SOBRINO ANTES Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	30
FIGURA 3.3: CALLE MERCADERES ANTES Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	31
FIGURA 3.4: CALLE CASTILLO ANTES Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	31
FIGURA 3.5: CALLE DE LAS BARQUERAS ANTES Y DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	32
FIGURA 3.6: PLANO DE PLANTA DEL PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE LAS CALLES DE LLANES.	35
FIGURA 3.7: PLAZA DEL AYUNTAMIENTO DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS PROYECTADAS.	35
FIGURA 4.1: REPRESENTACIÓN DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO.	39
FIGURA 4.2: REPRESENTACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN Y EL COSTE PLANIFICADOS.	40
FIGURA 4.3: REPRESENTACIÓN DEL AVANCE EN PROGRAMACIÓN Y EL VALOR GANADO.	41
FIGURA 4.4: REPRESENTACIÓN DE LA FECHA DE ESTADO Y EL AVANCE.	45
FIGURA 4.5: ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS TRABAJOS (WBS) DEL PROYECTO.	46
FIGURA 4.6: DIAGRAMA DE GANTT PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	47
FIGURA 4.7: PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) DEL PROYECTO.	47
FIGURA 4.8: COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO PLANIFICADO (BCWS) MENSUAL Y ACUMULADO.	48
FIGURA 4.9: COSTE REAL DEL TRABAJO REALIZADO (ACWP) MENSUAL Y ACUMULADO.	49
FIGURA 4.10: COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO REALIZADO (BCWP) MENSUAL Y ACUMULADO.	50
FIGURA 5.1: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP EN DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES.	54
FIGURA 5.2: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES.	55
FIGURA 5.3: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES.	56
FIGURA 5.4: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES. ...	57
FIGURA 5.5: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA EL AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN. .	58
FIGURA 5.6: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA EL AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.	59
FIGURA 5.7: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.	60
FIGURA 5.8: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.	61
FIGURA 5.9: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE SANEAMIENTO.	63



FIGURA 5.10: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE SANEAMIENTO	64
FIGURA 5.11: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE SANEAMIENTO	65
FIGURA 5.12: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE SANEAMIENTO.....	66
FIGURA 5.13: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE ABASTECIMIENTO.	67
FIGURA 5.14: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE ABASTECIMIENTO.	68
FIGURA 5.15: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ABASTECIMIENTO.	69
FIGURA 5.16: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ABASTECIMIENTO.	70
FIGURA 5.17: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE GAS NATURAL	72
FIGURA 5.18: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE GAS NATURAL.	73
FIGURA 5.19: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE GAS NATURAL.	74
FIGURA 5.20: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE GAS NATURAL.	75
FIGURA 5.21: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE ELECTRICIDAD.	76
FIGURA 5.22: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE ELECTRICIDAD.	77
FIGURA 5.23: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ELECTRICIDAD.	78
FIGURA 5.24: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ELECTRICIDAD.	79
FIGURA 5.25: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE ALUMBRADO.	81
FIGURA 5.26: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE ALUMBRADO.	82
FIGURA 5.27: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ALUMBRADO.....	83
FIGURA 5.28: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE ALUMBRADO.....	84
FIGURA 5.29: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA RED DE COMUNICACIONES.	85
FIGURA 5.30: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA RED DE COMUNICACIONES.....	86
FIGURA 5.31: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE COMUNICACIONES.....	87
FIGURA 5.32: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA RED DE COMUNICACIONES.	88
FIGURA 5.33: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA EL MOBILIARIO URBANO.	90
FIGURA 5.34: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA EL MOBILIARIO URBANO.	91
FIGURA 5.35: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL MOBILIARIO URBANO.	92
FIGURA 5.36: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL MOBILIARIO URBANO.	93
FIGURA 5.37: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA SEÑALIZACIÓN.	94
FIGURA 5.38: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA SEÑALIZACIÓN.	95
FIGURA 5.39: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA SEÑALIZACIÓN.	96
FIGURA 5.40: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA SEÑALIZACIÓN.	97
FIGURA 5.41: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA SEGURIDAD Y SALUD.	99
FIGURA 5.42: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA SEGURIDAD Y SALUD.	100
FIGURA 5.43: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA SEGURIDAD Y SALUD.	100
FIGURA 5.44: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA SEGURIDAD Y SALUD.	101
FIGURA 5.45: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	103
FIGURA 5.46: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.	104
FIGURA 5.47: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.	104
FIGURA 5.48: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.....	105
FIGURA 5.49: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA EL CONTROL DE CALIDAD.	107



FIGURA 5.50: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA EL CONTROL DE CALIDAD.	108
FIGURA 5.51: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL CONTROL DE CALIDAD.	108
FIGURA 5.52: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL CONTROL DE CALIDAD.	109
FIGURA 6.1: CURVAS DE LOS PARÁMETROS BCWS, ACWP Y BCWP PARA EL PROYECTO COMPLETO.....	111
FIGURA 6.2: CURVAS DE LAS DESVIACIONES SV% Y CV% PARA EL PROYECTO COMPLETO.	112
FIGURA 6.3: CURVAS DE LOS ÍNDICES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL PROYECTO COMPLETO.....	113
FIGURA 6.4: CURVAS DE LAS ESTIMACIONES SPI, CPI, SCI E IC PARA EL PROYECTO COMPLETO.....	114





1. INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de todas las fases que componen el ciclo de vida de un proyecto, es imprescindible implementar un sistema que monitorice y controle su plazo, coste y alcance. El objetivo de tal seguimiento es detectar cuanto antes las posibles discrepancias entre lo planificado y lo realmente ocurrido, con objeto de poner remedio enseguida, o replantear, en su caso, cambios en el alcance, coste o plazo.

Para llevar a cabo el desarrollo de un proyecto es necesaria la realización de una serie de actividades. La distribución en el tiempo de dichas actividades y la consideración de los recursos necesarios para la ejecución de las mismas, son las funciones a desarrollar en la planificación de proyectos. Por tanto, se considera el objetivo de la planificación de proyectos como una programación de actividades y una gestión de recursos para obtener un objetivo de coste cumpliendo con las condiciones de alcance exigidas por el cliente.

En el caso del plazo, el director de proyecto hace un seguimiento de la planificación realizada, para verificar que se encuentra dentro de la programación, la mayor parte de las veces se hace un seguimiento utilizando diagramas de Gantt o curvas en S, que representan el tanto por ciento de avance en relación al tiempo.

Para el tema del coste, también se hace un control del mismo por parte del director del proyecto, para verificar que el coste se encuentra dentro del presupuesto aprobado para la ejecución del proyecto, este control se realiza habitualmente con una simple hoja de cálculo o con un programa de gestión de costes.

Los seguimientos de plazo y coste, para la monitorización y control de la evolución del proyecto, se realizan de una forma independiente, pero en la práctica, plazo y coste están íntimamente relacionados, por lo que nos surge la necesidad de buscar un método que relacione el control económico con el de la planificación. A este respecto nos encontramos con el Método del Valor Ganado (EVM), siendo recomendada por el Project Management Institute (PMI, 2013) y por el Ministerio de Defensa Estadounidense, (Fleming y Koppelman, 2012).

La metodología del valor ganado requiere pocos datos adicionales a los utilizados para la gestión normal del proyecto (costes reales y costes programados) y a cambio, nos proporciona información sobre el desarrollo del proyecto, así como nuevas estimaciones del plazo y coste bajo diferentes hipótesis. Comparar los costes reales con los costes planificados es una práctica común en los proyectos, pero el valor ganado va más allá, y permite comparar el coste real con el coste planificado del trabajo realizado.

En este trabajo fin de máster se realizará una valoración de la aplicación del método de valor ganado al seguimiento de proyectos, basándonos en un proyecto de urbanización que se ha ejecutado y que se ha tomado como ejemplo.



1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Es bastante común, escuchar que determinado proyecto, especialmente los relacionados con las obras públicas, ha finalizado con un considerable sobrecoste sobre el presupuesto inicial.

En el año 1997 se realizó un estudio de los sobrecostes en las obras públicas en España, donde se analizaron los modificados en grande proyectos llevados a cabo por el Ministerio de Fomento. Se estudió una base de datos del propio ministerio que recogía todas las obras públicas de más de 500 millones de pesetas que se finalizaron en el año 1994.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: casi el 80% de las obras presentaba sobrecostes. Más de un tercio de las obras tenía un sobrecoste entre el 19 y el 20%. El estudio indica las siguientes causas de sobrecostes en los proyectos de la Administración Pública (Ganuzo, 1997):

- La corrección de los defectos del proyecto (en el 43,10% de los casos).
- Mejoras del proyecto original (19,67%).
- Cambios debidos a solicitudes externas (12,21%)
- Cambios debidos a la administración contratante (10,18%).

La propia Administración reconoce que en un 62% de los casos, los sobrecostes están asociados a un proyecto defectuoso o insuficiente.

De acuerdo con el estudio, el modelo de gestión de los contratos de obra que predomina en nuestro país viene definido por los siguientes rasgos (Rodríguez-Arana y del Guayo, 2002):

1. La Administración prefiere evitar los costes de obtención de información previa y de redacción de proyectos que den lugar a contratos cerrados, ya que puede obtener tal información a coste cero a lo largo de la ejecución de la obra.
2. Esto provoca sobrecostes al optar por un proyecto incompleto o defectuoso, como consecuencia de los proyectos reformados que deberán de ser ejecutados, pero tales sobrecostes ya han sido descontados por la empresa adjudicataria a la hora de trazar su estrategia en la licitación y presentar su oferta. Están incluidos en la cantidad total que sabe cobrará con toda probabilidad. Es decir, que el ahorro obtenido por la Administración por la baja en el concurso, quedará neutralizado por los sobrecostes.

Conocido esto, la pregunta que se hacen los autores del estudio, es la siguiente: ¿es preferible contratar por 100 y pagar 100, o contratar por 80 y pagar 20 en sobrecostes?

La respuesta debe ser inmediata. Un sistema sin sobrecostes es por definición un sistema fundamentalmente transparente y eficiente. Los sobrecostes se determinan en procesos de negociaciones bilaterales Administración-contratista, por lo que cualquier mecanismo de control sobre ellos será costoso e imperfecto.



Dado que parece, y es, altamente recomendable un sistema que evite los sobrecostes, también parece altamente recomendable, que junto con los adecuados procedimientos para asegurar la calidad del proyecto, exista un sistema que permita el control de los costes en fase de ejecución.

En cuanto al control de los plazos, éste es singular ya que el plazo habrá sido ofertado por el adjudicatario del contrato, y el que este plazo propuesto sea más o menos realista, en la inmensa mayoría de las veces, queda fuera de las posibilidades de control real por parte de la Administración Pública.

Sobre la variable plazo, y dado que la LCSP recoge, en su Art. 196 unas penalizaciones realmente pequeñas de 0,2€ por cada 1.000€ de precio de adjudicación (IVA excluido), que resultan muy poco eficaces como elemento motivador de la empresa, resulta muy recomendable la imposición, vía Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, la imposición de mayores penalidades.

Por otro lado, diversos informes de diferentes Juntas Consultivas de Contratación Administrativa (por ejemplo el informe 13/2004 de la Junta Consultiva del Ministerio de Hacienda), reconocen como fraude el incumpliendo del plazo de ejecución, si la reducción de plazo hubiera sido un criterio para la adjudicación del contrato.

1.3. OBJETIVO

El punto de partida de este trabajo es la experiencia práctica en una empresa de ingeniería encargada de la realización de proyectos de ingeniería civil y que para este caso concreto se ha tomado un proyecto de urbanización. Las labores de seguimiento se realizaban a través de informes basados en la separación entre plazos y costes.

Lo que se va a plantear ahora es la utilización de métodos de seguimiento donde los datos de plazos y costes se analizaran de una forma conjunta, concretamente mediante el método del valor ganado (EVM).

El objetivo es indicar, los criterios generales que se deben seguir en la aplicación del método del valor ganado a un proyecto de urbanización y que efecto tienen en él, como se realiza la interpretación de los resultados según el criterio seguido. Como objetivo adicional se plantea el definir unos criterios de elaboración de la planificación y el presupuesto inicialmente que faciliten su implantación en futuros proyectos.

El trabajo se circunscribe a proyectos de urbanización en los que pueden participar contratistas y subcontratistas en su ejecución, con plazos de ejecución inferiores a un año. En este trabajo se escoge un proyecto tipo, como ejemplo, del que se recaban todos los datos de seguimiento de obra y al que se aplica el método de seguimiento para confrontar sus resultados con la experiencia recabada a través de informes y de experiencia directa de la ejecución real del proyecto en cada momento y de su evolución posterior.



1.4. ALCANCE

Para realizar el estudio de este método, se parte de los datos disponibles de un proyecto que ya ha sido ejecutado, y a partir de ellos se realizan los siguientes desarrollos:

- Desarrollo de las tablas BCWS trabajo programado, ACWP coste real y BCWP valor ganado del trabajo que se ha realizado.
- Desarrollo de una tabla con los valores mensuales del trabajo programado, coste real u valor ganado, así como los índices de ejecución típicos del método y las variaciones de coste y de planificación.
- Análisis de cada fase, desarrollando una gráfica de las curvas del trabajo programado, coste real y valor ganado, otra gráfica de los índices de ejecución y la correspondiente gráfica de las variaciones.
- Análisis e interpretaciones de los resultados de todas las tablas y gráficas anteriores.

Para facilitar el análisis del método del valor ganado se divide el proyecto en trece fases, según la estructura de descomposición de los trabajos (Work Breakdown Structure, WBS), agrupando en cada una de las fases las actividades que tienen características similares.

A continuación se citan las fases en las que se ha dividido el proyecto objeto de estudio:

- Fase 1: Demoliciones y excavaciones
- Fase 2: Afirmado y pavimentación
- Fase 3: Red de saneamiento
- Fase 4: Red de abastecimiento
- Fase 5: Red de gas natural
- Fase 6: Red de electricidad
- Fase 7: Red de alumbrado
- Fase 8: Red de comunicaciones
- Fase 9: Mobiliario urbano
- Fase 10: Señalización
- Fase 11: Seguridad y salud
- Fase 12: Gestión de residuos
- Fase 13: Control de calidad

Como finalidad se busca comprobar la fiabilidad de la aplicación del método del valor ganado a las distintas fases del proyecto, verificando si los valores resultantes del estudio son similares a los que se han obtenido realmente durante la ejecución del proyecto. Por otro lado, se pretende encontrar la sistemática de cómo aplicar de una forma fiable el método del valor ganado a este tipo de proyectos de urbanización.



1.5. DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO

En el primer capítulo, se hace una introducción, una descripción del problema y la necesidad de utilizar un método que relacione el control de coste con el de plazo en los proyectos.

En el capítulo segundo, se hace una descripción del estado del arte, intentando dar referencias de algunas indicaciones apuntadas sobre el tema en la bibliografía consultada.

En el tercer capítulo, se hace una descripción completa del proyecto utilizado como ejemplo, indicando las características más importantes del mismo.

En el capítulo cuarto, se describe la metodología a utilizar en el desarrollo del trabajo, como se recopilan los datos, el desarrollo de las curvas del trabajo planificado BCWS, del valor ganado BCWP, del coste real para el trabajo que sea realizado ACWP, y el tratamiento de los datos.

En el quinto capítulo, se describe el análisis de la aplicación del método del valor ganado e interpretación de los resultados, estudiando su aplicación a cada una de las fases en las que hemos descrito el alcance del mismo.

En el capítulo sexto, se describe el análisis de la aplicación del método del valor ganado e interpretación de los resultados, estudiando su aplicación en este caso para todo el proyecto completo.

El séptimo capítulo, se hace un listado de las conclusiones que se obtienen del estudio realizado sobre la aplicación del método del valor ganado al proyecto ejemplo y las líneas de futuro sobre las que se puede trabajar para obtener unos conocimientos más amplios en este campo.

En el capítulo octavo y último, se incluye toda la bibliografía consultada, así como todas las referencias de autores, fechas, títulos de los trabajos y origen de los mismos.





2. ESTADO DEL ARTE

2.1. INTRODUCCIÓN

La gestión de Valor Ganado, EVM (del inglés Earned Value Management) es probablemente uno de los métodos más importantes, y al mismo tiempo menos comprendidos de la Dirección de Proyectos. Es importante, porque ha demostrado ser una técnica fundamental de seguimiento y control, y que no ha podido ser reemplazada con éxito por otra metodología similar. Y también poco comprendida, porque muchos conocedores de la técnica no han entendido todavía que se trata de un sistema complejo y no meramente de una herramienta aislada de análisis de la ejecución del proyecto.

EVM constituye parte de lo más puro de la Dirección de Proyectos. Permitirá al director detectar problemas desde el mismo comienzo del proyecto, permitiéndole tomar decisiones de una manera oportuna. La dirección de la empresa podrá, con esa información, tomar las decisiones oportunas de cara a encauzar el proyecto, (Alsina, 2013).

2.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Una versión rudimentaria de EVM surge por primera vez en el año 62 como parte del sistema PERT/COST en el proyecto de misiles balísticos Minuteman del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. En 1967 se convierte en el núcleo del C/SCSC Cost/Schedule Control System Criteria agrupando un conjunto de 35 criterios. Este sistema se mantiene más o menos estable por los siguientes treinta años, (Christensen, 1998) y (Hayes, 2001).

No es hasta 1998 cuando se publica la primera norma de EVMS bajo la designación ANSI/EIA-748 con 32 reglas o criterios, aunque con un contenido mucho más profundo y efectivo que el C/SCSC. En 1999 el gobierno americano da un paso hacia adelante y dispone que el estándar 748 deba ser en adelante, obligatorio para todos los contratos de las agencias federales (DoD, DoE o NASA). La última versión actualizada de esta norma es la ANSI/EIA 748-C que acaba de ser publicada el 1 de marzo de 2013. Sigue teniendo 32 criterios, aclara diversos términos, incluyendo cuentas de control y enfatiza riesgos y oportunidades, (Christensen, 1998).

En 1987 el Project Management Institute (PMI) ya había publicado en su borrador de lo que sería más tarde la Guía del PMBoK, algunos detalles sobre la técnica Earned Value Analysis (EVA). En 1996 EVM forma parte del PMBoK como un proceso de informes de ejecución como herramientas del área de comunicaciones.

En 2005 PMI publica la 1ª Versión del Estándar de Práctica de EVM. Con el cambio de siglo vienen los escándalos de Enron y de las www y en el 2002 se impone el acta Sarbanes-Oxley que regula los requisitos y auditorías de los sistemas contables de las empresas.

A partir de ese momento las empresas privadas a nivel mundial se toman muy en serio los sistemas de Gestión de Valor Ganado, para apoyar la seguridad de sus sistemas.



2.3. VALOR GANADO EN EL PMBOK

El Project Management Institute (PMI) publica y difunde la guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos o PMBoK, que es un estándar que revisa diez áreas de conocimiento básico. Su 5ª. Edición publicada recientemente, integra cinco grupos con un total de 47 procesos e incluye Valor Ganado como una técnica en la sección 7.4.2 de Control de Costes, de una manera bastante completa pero aún insuficiente.

También EVM es tratada en el proceso Control de Cronograma sección 6.7.2.1. Finalmente el hecho de que es una metodología que genera informes, estos deben ser distribuidos a los interesados del proyecto para informar de la ejecución del proyecto, como parte de los procesos de Comunicaciones.

En el PMBoK 1996 1ª Edición, Earned Value Analysis (EVA) se mencionaba únicamente en la sección 10.3.2.4 del área de comunicaciones y en forma breve, como una herramienta del proceso de Performance Reporting, demostrando que esta técnica estaba entonces todavía en pañales, según la visión del PMI.

Curiosamente en 1998, después de la divulgación de la 1ra. Edición del PMBoK, es que se publica el estándar ANSI/EIA-748.

En 1995 el PMI publicó su 1ª Edición del Practice Standard for Earned Value Management, muy lejos de ser una norma, pero ya incluía la mayoría de las siglas y definiciones que están estandarizadas en la EVM de hoy en día, dedicando un par de páginas a la implementación del sistema de gestión.

Finalmente en 2011 el PMI publicó la 2ª Edición de este estándar, mucho mejor estructurada que la 1ª, especialmente en su consideración como sistema y con cierta vinculación a la ANSI/EIA-748. En uno de los apéndices introduce también sobre ES Earned Schedule (Programación Ganada) de Walter Lipke, un concepto que tiene ya 10 años de su primera publicación y que extiende EVM aplicado específicamente al cronograma, (Lipke, 2003, 2004, 2009).

2.4. EL MÉTODO DEL VALOR GANADO

2.4.1. DIMENSIONES DE APLICACIÓN DEL EVM

El método del Valor Ganado puede ser aplicable a cualquier tipo de proyectos, grandes, medianos o menores (aunque con una gestión menos exigente).

Es aplicable a un proyecto entero, a cualquiera de las fases del ciclo de vida o inclusive a todos y cada uno de los paquetes de trabajo de la definición de alcance. Sin embargo, esto último es definitivamente no aconsejable. Como veremos más adelante, los puntos de control se deben establecer en una dimensión más arriba que el nivel de actividades. Es más sabio y más sencillo controlar EVM en los entregables o en puntos adecuados que reúnan grupos similares de paquetes de trabajo.



EVM es también perfectamente aplicable en programas y en portafolios de proyectos. En una gestión de portafolio de proyectos integramos todos los controles EVM de los proyectos y programas que lo integran. En los programas podemos integrar EVM de todos sus proyectos y del núcleo del propio programa.

En el pasado decisiones estratégicas han sido tomadas a nivel de programas de gran magnitud. Por ejemplo en Enero de 1991 el programa del avión de ataque A-12 Avenger II para portaviones, fue cancelado por el Secretario de Estado de EEUU, cuando a través de los informes de EVMS demostraron que el programa iba en mal camino y que no cumpliría con los plazos comprometidos, (Christensen, Antolini y McKinney, 1995). Debido a ello se tomó la decisión de cancelarlo y posteriormente reemplazarlo por el caza Boeing F/A-18E/F Super Hornet que tanto éxito ha tenido.

Adicionalmente, EVM puede ser usado en proyectos gestionados por ciclo de vida, sean éstos lineales, en cascada o iterativos con funcionalidad incremental tal como en Agile, (Rusk, 2009).

2.4.2. NECESIDAD DE UN MÉTODO DE CONTROL

En un mundo moderno, los proyectos tienden a disponer de menos recursos, cada vez con mayor frecuencia. Poseen un alcance definido, requieren ser ejecutados en el plazo de tiempo más corto que se pueda y al menor coste posible.

Pero el hecho cierto es que en cualquier proyecto de la clase que sea, estas tres variables de alcance, tiempo y coste están siendo constantemente acosadas e influenciadas por amenazas tanto internas como externas al proyecto. Surgen frecuentes cambios en los requisitos y por lo tanto en el alcance, en la calidad, en el programa de ejecución y en los costes que integran el presupuesto.

Por lo tanto todo proyecto está limitado por esas tres variables que están permanentemente en equilibrio. Cada vez que una de ellas cambia, las otras dos también lo hacen, buscando un equilibrio natural. Por ejemplo, un incremento de alcance requerirá con seguridad aumentos en tiempo, en coste o en ambos. Aunque menos frecuentes, las disminuciones también son posibles.

Después de la segunda guerra mundial y hasta los años 80, los grandes proyectos fueron realizados mayormente por el sector de la construcción. Procesos como la estructura de desglose del trabajo WBS, redes PDM, métodos CPM o PERT, estimación de costes y presupuesto, gestión de riesgos y otros, han ido evolucionando, para llegar a ser lo sólidos que son hoy en día. Ahora bien, uno de los grandes problemas que tenían esas empresas era la falta de un método de control con las características de EVM.

El seguimiento financiero del proyecto se basaba en el presupuesto distribuido en el tiempo, y posteriormente durante su seguimiento se obtenían los costes reales de la contabilidad y se comparaban con el presupuesto, no muy diferente de cómo se hace hoy con EVM. Sin embar-



go, se llevaba a cabo una medición de trabajo fuera de sincronismo y difícilmente comparable con el plan y que tenía por objetivo, más bien la facturación del trabajo realizado. Difícilmente se lograba tener una lectura correcta del valor ganado, o sea el trabajo logrado con los recursos a disposición del proyecto. Es así como en los proyectos de infraestructura se hace popular la legendaria curva S. Y bien o mal ha sido una herramienta de mucho valor en los proyectos de construcción.



Figura 2.1: Curva S de coste acumulado y tiempo transcurrido del proyecto.

2.4.3. TÉCNICA DEL VALOR GANADO

Dentro de la gestión, el núcleo de EVM lo constituye la técnica de análisis, que es una interrelación tridimensional entre lo planificado, el trabajo efectivamente realizado (valor ganado) y los costes reales incurridos en el proyecto. Sin embargo, para llegar a esa correspondencia es necesario poner a disposición de EVM un grupo de procesos o mejores prácticas de gestión de proyectos, que convierten a EVM en un método complejo de gestión (Anbari, 2003).

Efectivamente, EVM se alimenta de la información del WBS, del cronograma, del presupuesto y de la planificación de recursos, y establece puntos de control donde se integran alcance, tiempo y coste (o se planifican) y se compara el presupuesto de lo planificado o línea de base del rendimiento del proyecto (PMB), con el coste incurrido y la medición del trabajo efectivamente realizado.

Con esta información se obtienen variaciones de coste y cronograma (en términos de coste), se evalúan índices de ejecución, se observan las tendencias y finalmente se estiman las proyecciones del proyecto. Estas sirven como sustento al Director del Proyecto para identificar problemas y tomar decisiones con el objeto de mitigarlos.

La técnica de EVM es una herramienta que nos permite analizar el pasado del proyecto mientras avanzamos a toda velocidad hacia el futuro. En publicaciones de esta última década, se ha sugerido que EVM es como conducir un vehículo hacia adelante sin perder de vista el espejo retrovisor, (Vandevoorde y Vanhoucke, 2006, 2007). EVM no es en absoluto una panacea y requiere de una disciplina rigurosa para que el método tenga éxito en controlar el proyecto, algo



que no se logrará por sí solo. Los retrasos y los excesos de coste seguirán acechando al proyecto tan intensamente como si no tuviéramos el método implementado, pero nos permitirá darnos cuenta de que está pasando algo y que debemos reaccionar rápido para neutralizarlo.

El único modo de mitigar de una manera efectiva los problemas del proyecto que acechan en el horizonte, es mediante una gestión de riesgos efectiva (enfaticada en la reciente ANSI/EIA 748-C). Ésta en combinación con la gestión de Valor Ganado, se convertirá en un escudo casi impenetrable a los factores que afectan al proyecto de una manera continua y significativa, pero todavía queda mucho trabajo para lograr la integración de ambas gestiones.

EVM es una técnica que obtiene información del proyecto y que analizamos con unas reglas bien establecidas.

Su análisis nos permitirá:

- Revisar si estamos por encima o por debajo del presupuesto y en qué proporción.
- Si estamos adelantados o atrasados en el cronograma.
- Nos permitirá analizar la situación del proyecto en términos de coste y de tiempo.
- Observaremos que tan peligrosas o favorables son las tendencias que estamos observando.
- Con los datos obtenidos haremos proyecciones con hipótesis, que vendrán dadas por las diferentes situaciones del proyecto.
- Tomaremos acciones para mitigar el impacto de algunos problemas.
- La dirección dispondrá de la información necesaria que les permita seguir adelante con el proyecto o cancelarlo, solicitar más fondos, inyectar nuevos recursos o tomar otras decisiones corporativas, tanto en lo referente a nuestro proyecto, como a otros que forman parte del portafolio de la empresa.

2.4.4. VARIABLES DEL VALOR GANADO

Para gestionar EVM deberemos obtener tres valores durante el seguimiento del proyecto:

1. **BCWS Budgeted Cost of Work Scheduled o PV Planned Value:** coste presupuestado del trabajo programado o valor planificado, que nos indica el importe presupuestado de todo lo que teníamos planificado haber hecho. Su valor es el sumatorio de las cantidades planificadas por los costes estimados en el presupuesto, (Christensen, 1999).
2. **BCWP Budgeted Cost of Work Performed o EV Earned Value:** coste presupuestado del trabajo realizado o valor ganado, que representa el importe presupuestado del trabajo efectivamente realizado. Éste proviene de la medición física de lo que ya hemos hecho. Su valor es la suma de las cantidades instaladas por los costes estimados en el presupuesto, (Christensen, 1999).



3. **ACWP Actual Cost of Work Performed o AC Actual Cost:** coste real del trabajo realizado o coste real, que nos indica cuanto nos ha costado hasta ahora el trabajo que hemos hecho hasta la fecha. Su valor es el sumatorio de todas las cantidades ya instaladas por su coste de adquisición, (Christensen, 1999).

Cuando hablamos de instalación da la impresión que nos referimos a proyectos de infraestructura, pero el término es válido para escribir código en software, hacer pruebas clínicas de un fármaco o alcanzar una meta importante en un proyecto de investigación y desarrollo.

Las tres variables se obtendrán de ese método de gestión que tenemos que poner en funcionamiento. **BCWS** proviene de la integración de tres componentes del plan del proyecto: las líneas de base del WBS, cronograma y presupuesto. **BCWP** procede de la medición del trabajo durante la ejecución, una vez establecidas las métricas y la forma de medir y asignarle peso a los paquetes de trabajo. Finalmente, **ACWP** proviene del sistema contable del proyecto.

2.4.5. PROCESOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR EL VALOR GANADO

Para establecer el método del Valor Ganado necesitamos echar mano de las mejores prácticas de planificación que tiene la Dirección de Proyectos. Es necesario planificar alcance, tiempo y coste y después gestionar su integración en puntos específicos de control, (Alsina, 2013).

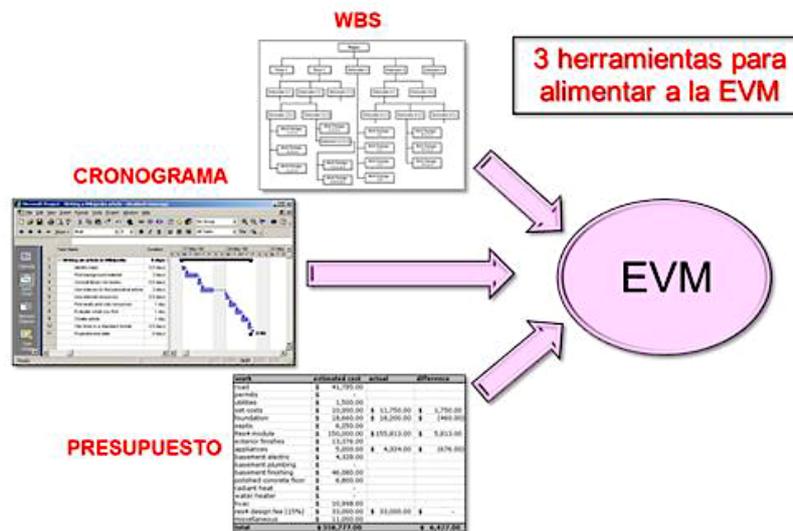


Figura 2.2: Tres herramientas necesarias para el método del valor ganado.

El WBS, que constituye la herramienta esencial para definición de alcance, nos permitirá desglosar el proyecto en entregables, disciplinas o áreas, que a su vez descompondremos en diversos niveles, hasta obtener paquetes de trabajo que sean perfectamente medibles y controlables. La suma de todos sus elementos constituye el total del proyecto.

Requeriremos también de la estructura de desglose de la organización OBS (Organization Breakdown Structure) que nos permite organizar los recursos humanos de una manera jerár-



quica similar al organigrama (puede o no coincidir), pero disponiendo solo del personal que tenga funciones de responsabilidad en las tareas del proyecto.

El cronograma permitirá programar cuando se realizarán los trabajos de los paquetes. Para ello podemos requerir descomponer los paquetes todavía más, en actividades fáciles de realizar, medir y controlar, preestablecer las secuencias y dependencias de los trabajos, asignar recursos y estimar las duraciones de las actividades. Finalmente, con estos datos optimizaremos la red, nivelando los recursos e identificando el camino crítico del proyecto (y los cuasi-críticos). Y de esta manera habremos obtenido la línea de base del cronograma.

A continuación deberemos estimar los costes correspondientes a todos los paquetes de trabajo, sumar los costes indirectos y de gestión, y determinar el presupuesto línea de base.

Tanto el cronograma como el presupuesto, deben ser autorizados como las líneas de base del proyecto, por un ente superior de la organización. En muchos proyectos, el sponsor o un gerente de alto nivel suele ser quién tiene la autoridad para aprobarlos. Y tal autorización debe obtenerse cada vez que el cronograma o el presupuesto cambian sustancialmente dando lugar a una nueva línea de base. Si el gerente del proyecto no tiene el control del financiamiento de los fondos, niveles superiores se encargarán, o de proveerlos, o de cancelar el proyecto.

2.4.6. LAS CUENTAS DE CONTROL

Para gestionar Valor Ganado requerimos controlar los trabajos en diversos puntos específicos del WBS, midiendo BCWP durante el seguimiento del proyecto y obteniendo ACWP de la contabilidad, y comparándolos contra el BCWS que obtendremos del presupuesto base, con pesos asignados y distribuido en el tiempo, el cual se designará como “línea base de medición del rendimiento” o PMB (Performance Measurement Baseline), (Christensen, 1998).

La cantidad de estos puntos de control dependerá del tamaño, clase y complejidad de los proyectos. En los de gran magnitud pueden requerir control hasta el nivel 4 o 5, mientras que en proyectos menores bastará efectuar el control total del proyecto o a lo sumo en el nivel 2, todo dependiendo de la variedad de los paquetes de trabajo.

También hay que tener en cuenta que los puntos de control son dinámicos, debidos a cambios constantes del WBS y por tanto, de las líneas de base de alcance, cronograma y presupuesto.

Cada cuenta de control CA (Control Account) requiere que se designe una persona del proyecto como el responsable para gestionar todos los trabajos de los paquetes que estén por debajo del punto de control. Un responsable puede controlar un solo paquete de trabajo o una agrupación de paquetes similares en diversos niveles del WBS

Una de las maneras de asegurar que todos los paquetes tienen su responsable asignado es utilizar el OBS (organization breakdown structure) para asignar una persona (o un equipo de trabajo) a cada paquete (o a un conjunto).

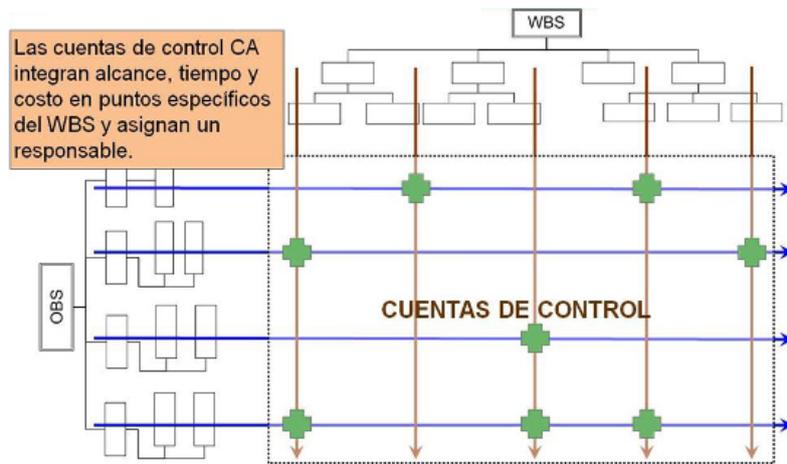


Figura 2.3: Cuentas de control CA del proyecto, WBS y OBS.

También se pueden asignar puntos de control a través de una matriz RAM de asignación de responsabilidades. De hecho, el cruce del OBS con el WBS coincide también con la matriz RAM, pero esta herramienta se usa para establecer los diferentes tipos de responsabilidad que incluyen tareas de apoyo, verificación, autorización, etc.

Durante la ejecución, el responsable de una cuenta de control gestionará y controlará el alcance, cronograma y presupuesto en todos los paquetes de trabajo debajo del punto de control asignado, comparándolos contra los mismos elementos del plan, y se encargará de informar a niveles superiores del proyecto.

Una cuenta de control contiene como mínimo los siguientes elementos:

- Descripción del alcance de los trabajos de la cuenta.
- Paquetes de trabajo incluidos y sus códigos del WBS.
- Fechas de inicio y de terminación de los trabajos incluidos en la cuenta.
- Coste asignado a la cuenta, según el presupuesto aprobado.
- Persona responsable por los trabajos de los paquetes bajo la cuenta.
- Atributos de medición de los paquetes de trabajo incluidos.
- Reglas de medición de los trabajos para obtener el valor ganado BCWP.
- Código de cuenta del sistema de contabilidad para obtener los costes reales ACWP.
- Adicionalmente una cuenta de control puede tener su PMB individual y su propia aplicación de la metodología EVM.

La suma de todas las cuentas de control debe coincidir con el monto total del presupuesto a la conclusión (BAC), para la totalidad del proyecto.

A nivel de gestión del portafolio de proyectos o programas, se consolidan todos los totales de los proyectos que forman parte y se pueden gestionar puntos de control específicos del PP



(Project Portfolio) y distribuir los informes de ejecución a los directores de áreas de negocios, en los cuales estén interesados. En estos informes se puede observar gráficamente la evolución de las tres variables acumuladas BCWS, BCWP y ACWP y calcular variaciones, tendencias y proyecciones de grupos, tal como en una cuenta de control de un proyecto individual.

2.4.7. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Para obtener el valor ganado BCWP es necesario que el responsable de la cuenta decida de qué manera se medirá el trabajo efectivamente realizado. Hay que definir el método de medición, el valor asignado en caso de variables no tangibles, el tipo de unidad y las reglas de asignación en el PBM, (Anbari, 2003).

Puede ser que la decisión de seleccionar el método y las unidades (o métricas) no sea suya y provenga de los sistemas estandarizados de gestión de los activos de la Compañía (Organizational Process Assets OPA) o esté establecido en una cláusula de contrato firmado con un cliente.

Existen diversos métodos o reglas de asignación del trabajo medido, (Navarro, 2006):

- Regla 0/100. Al concluir el trabajo se asignará la totalidad del valor.
- Fórmulas como 50/50, 40/60 o 25/75. El primer valor se asigna al autorizar el trabajo y el último al entregarlo. No hay que confundir el primer valor con un anticipo en la forma de pago.
- Logro por hitos alcanzados con pesos asignados. Al alcanzar un hito se asigna un porcentaje del valor o una cantidad fija pre-especificada. Una versión algo diferente es cuando los hitos son portales de paso de una a otra etapa del ciclo de vida.
- Por unidades terminadas y entregadas. Es similar a la regla 0/100, pero pensando más en partes, productos, sub-productos o entregables que en paquetes de trabajo. Puede ser aplicable también a funcionalidades alcanzadas en sistemas de software.
- Escala de valores discretos de progreso tal como 0/25/50/75/100%. Se trata de fórmulas usadas para actividades que llevan un tiempo significativo concluir las y donde se otorgan porcentajes fijos según se completan trabajos parciales o se alcanzan ciertos atributos. Es típico de la industria de la construcción.
- Por % completado del trabajo, el cual es un método que asigna un porcentaje de avance acordado entre las partes. El valor es algo subjetivo que puede no reflejar la realidad.
- Medición del nivel de esfuerzo LOE (Level of Effort). Es una regla basada en asignar al trabajo el tiempo incurrido para llevarlo a cabo (horas, días, horas-hombre, etc.). Tiene la desventaja de que BCWP suele coincidir con BCWS. Es el típico sistema de medición de los proyectos de construcción de antaño. Se usa también en proyectos de Ingeniería y en otros ámbitos que requieren informe de costes de personal contratados por tarifas.



- Asignación proporcional al esfuerzo. Es para trabajos o actividades, normalmente de gestión, que son proporcionales al trabajo directo. Por ejemplo puede incluir gestión de dirección de proyectos, calidad, inspección, servicios de procura, marketing, seguridad, servicios, etc. Se suele asignar como un porcentaje fijo de otros trabajos medidos con reglas.

Cómo decidir cuándo un trabajo ha sido concluido para asignarle el último valor de la regla de asignación, vendrá dado por los procedimientos de verificación de alcance y aceptación de los entregables, o simplemente mediante un acuerdo logrado con el cliente.

En proyectos de infraestructura podemos medir simplemente unidades absolutas, longitudes, áreas, volúmenes, peso o cualquier otra unidad y convertirlas a porcentaje de avance del total, según lo acordado previamente.

Donde se hace más difícil es en tecnologías de información, en proyectos de elaboración de fármacos, en proyectos de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías o de nuevos productos, donde las unidades a ser medidas, no suelen ser tan tangibles.

En el caso de software podemos medir progreso de requisitos utilizando una matriz de seguimiento, o de funcionalidades de sistemas o módulos, asegurando con un buen sistema de pruebas el no tener que rehacer demasiado trabajo, una vez certifiquemos la entrega de los paquetes.

2.4.8. LA LÍNEA BASE DEL RENDIMIENTO

La línea de base del rendimiento muestra el presupuesto distribuido en el tiempo y con pesos asignados, contra la que compararemos el valor ganado y el coste de los trabajos, se suele indicar como PMB en muchas publicaciones de EVM, incluyendo los dos estándares disponibles. Es la curva representativa de los valores BCWS a lo largo del proyecto, (Lipke, Zwikael, Hender-son y Anbari, 2009).

EL PMB será el resultado y el gráfico obtenido a partir de los resultados numéricos de integrar los valores planificados de los paquetes de trabajo del WBS, y distribuirlos en el periodo de tiempo que abarca el cronograma, utilizando los costes aplicables según el presupuesto y las reglas de asignación y medición del trabajo que hemos decidido usar.

El siguiente gráfico nos indica el cambio en el presupuesto coste acumulado según el plan del proyecto planificado a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto. Las ordenadas normalmente se representan en valores de presupuesto tal como moneda, pero pueden usarse horas, esfuerzo (horas-hombre) u otras unidades de progreso.

Para construir el PMB debemos definir primero las cuentas de control CA con sus códigos del WBS, sus fechas de inicio y terminación, su presupuesto asignado y establecer la regla de medición del trabajo en el período de tiempo del conjunto de actividades que integran los paquetes de trabajo del CA.



EL PRESUPUESTO LINEA DE BASE DEL PROYECTO DISTRIBUIDO EN EL TIEMPO (PMB)

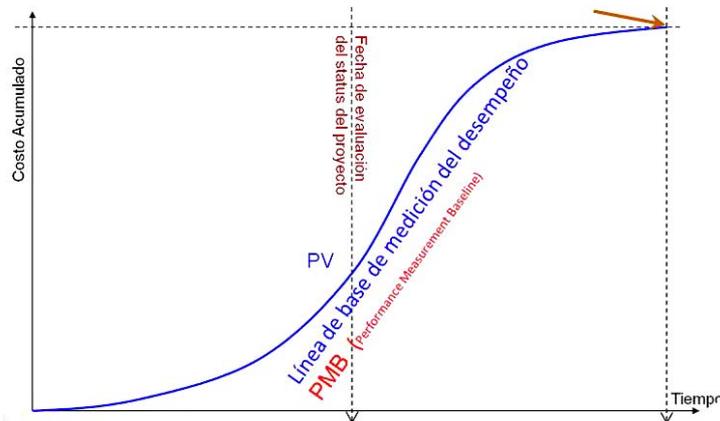


Figura 2.4: Línea base del rendimiento del proyecto.

Para obtener el valor con el cual cada CA contribuye a cada periodo, aplicamos la regla de asignación de valor ganado, obteniendo así la cuota de BCWS para el período de corte. La suma de todas las cuotas de BCWS de cada cuenta de control, nos indicará el valor de BCWS del período, y que cantidad de fondos requeriremos por período (ej.: mes a mes). Si aplicamos al PMB el financiamiento disponible y los términos de pago contractuales, podremos obtener una aproximación al flujo de caja del proyecto.

A su vez, la suma de estas cantidades periódicas coincidirá con el sumatorio de todas las cuentas de control CA y constituirá el valor total del presupuesto, conocido en gestión de Valor Ganado EVM como presupuesto a la conclusión y designado con la sigla BAC por Budget at Conclusion. Algunas de estas cuentas incluirán también los costes indirectos que afecten el proyecto, casi siempre cargados de una manera proporcional a otros costes directos. Sin embargo las reservas del proyecto que requieren autorización de algún nivel, deberán gestionarse fuera del PMB.

2.4.9. CAMBIOS EN LAS LÍNEAS BASE

A lo largo de su ejecución, el proyecto sufrirá de frecuentes, y a veces muy impactantes cambios en los requisitos, cambios de alcance, cambios de fechas de entrega y aumentos o disminuciones de costes que habíamos estimado de tal o cual manera, (Anbari, 2003).

Se trata de una serie de efectos causados por la incertidumbre del proyecto y donde necesitamos poner en marcha una gestión de riesgos efectiva que los identifique en su mayoría, calcule su impacto y enfrente las amenazas o aproveche las oportunidades que vayan surgiendo, con respuestas efectivas.

Será necesario luchar contra múltiples factores para mantener nuestras líneas de base intactas el mayor tiempo posible. Para ello será fundamental disponer de un sistema integrado de con-



trol de cambios, riguroso y efectivo, para que no se cuele cambios indeseados o poco importantes, para los objetivos del proyecto o para el negocio del producto del proyecto.

Debido pues a los cambios, será necesario modificar, quizás varias veces a lo largo del proyecto, la línea de base del rendimiento (PMB) con nuevos costes estimados y/o fechas de entrega diferentes a los del presupuesto original del proyecto. Recordemos que cada vez que cambie le PMB, está cambiando la curva de valores BCWS contra la que comparamos BCWP y ACWP.

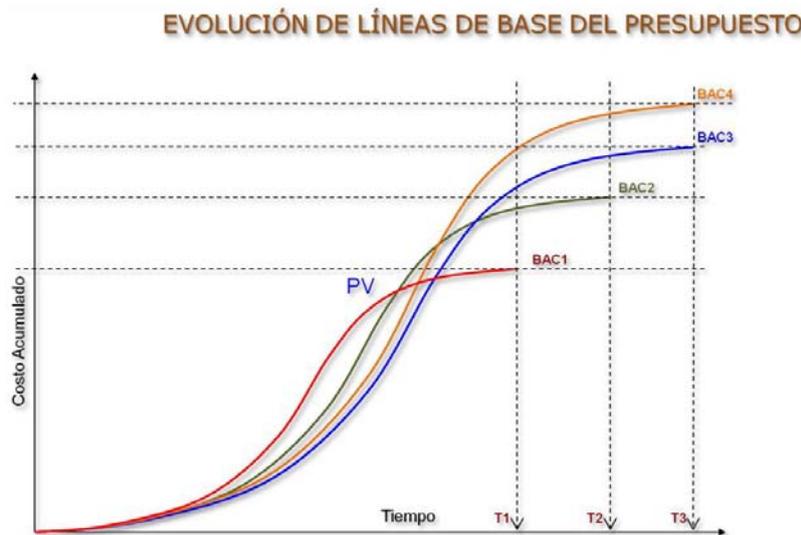


Figura 2.5: Evolución de las líneas base del proyecto.

2.4.10. ANÁLISIS DEL VALOR GANADO

Con todo el método montado, lo que nos queda es ejecutar el proyecto y hacerle seguimiento, recolectando los datos necesarios para obtener BCWP y ACWP y hacer una serie de cálculos y análisis para obtener información que nos permita hacer una radiografía de la ejecución del proyecto, con las cuales tomar decisiones rápidas y acertadas, con el fin de mantener el proyecto saludable en el futuro inmediato, (Anbari, 2003).

La técnica de análisis de EVM requiere evaluar las variaciones e índices de tendencia y finalmente hacer los cálculos de proyecciones.

Por un lado están las variaciones. Hay tres variaciones en EVM. Veremos dos a continuación:

- La variación del coste **CV** (cost variance) nos permite identificar si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha, y en qué cuantía. Un valor negativo indica que nos estamos excediendo en el presupuesto y por tanto no es deseable. La fórmula es:

$$CV = BCWP - ACWP$$



- La variación del cronograma **SV** (schedule variance) nos indica que tan adelantados o atrasados estamos en nuestro cronograma. SV compara el valor ganado BCWP (trabajo realizado) con el valor planificado BCWS. Un valor negativo indica que estamos atrasados y por lo tanto en situación desfavorable.

$$\mathbf{SV = BCWP-BCWS}$$

CV y SV son valores absolutos y si bien nos indican condiciones favorables o desfavorables, no nos dan idea de la magnitud. Las fórmulas que siguen y los índices nos indicarán el valor relativo de la situación:

- Este porcentaje nos indica cuanto atraso o adelanto llevamos con respecto al cronograma planificado:

$$\mathbf{SV\% = SV/BCWS}$$

- Este otro % nos indica cuan excedidos o por debajo de la línea de base del presupuesto estamos:

$$\mathbf{CV\% = CV/BCWP}$$

Por otro lado están los índices. Los índices nos mostrarán que es lo que estamos logrando hacer (o ganancia) con nuestros recursos (inversión).

Índices menores a la unidad son desfavorables.

- CPI es el índice de ejecución del presupuesto (Cost Performance Index):

$$\mathbf{CPI = BCWP/ACWP}$$

Ej.: Un CPI de 0,8 significa que por cada euro de los fondos del proyecto obtenemos solamente 80 céntimos de valor.

- SPI es el índice de ejecución del cronograma (Schedule Performance Index):

$$\mathbf{SPI = BCWP/BCWS}$$

- El producto CPI x SPI recibe el nombre de índice coste-cronograma o índice crítico.

El historial de los CPI y SPI pasados del proyecto nos indican las tendencias de los índices. Si graficamos a lo largo del eje del tiempo, los valores de CPI (o SPI) obtenidos, obtendremos una gráfica de control y podemos fijarle los límites de variación superior e inferior, y analizar las tendencias del índice identificando causas comunes o especiales que puedan surgir.

Con las 3 variables básicas, las variaciones y los índices, solo nos falta obtener un gráfico coste-tiempo con tres curvas, trazadas desde el inicio del proyecto: el BCWS (PMB) y las otras dos



curvas que trazamos con los valores obtenidos de BCWP y ACWP a lo largo del proyecto, hasta la fecha de corte (actual). Los gráficos nos permitirán visualizar el progreso y las tendencias del valor ganado BCWP y compararlo contra el plan BCWS y contra el coste real ACWP y observar las variaciones CV y SV en cada punto de corte.

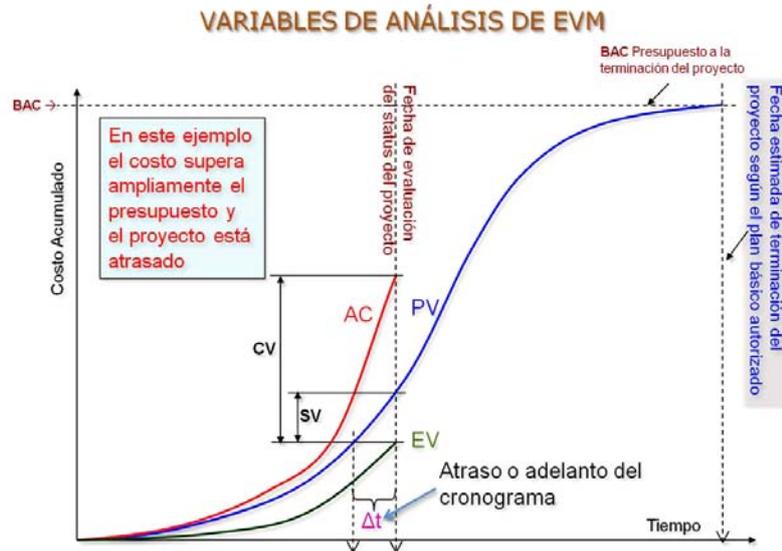


Figura 2.6: Variables de análisis del método del valor ganado.

Adicionalmente, si comparamos las pendientes de los gráficos BCWP y ACWP con respecto a la curva de BCWS hasta el momento de corte, podremos apreciar las tendencias de BCWP y ACWP desde el inicio, y si observamos visualmente la evolución de las variaciones CV y SV podremos darnos una idea del comportamiento de CPI y SPI.

Otro tema, aunque controversial hoy en día, es el significado de las diferencias en el eje de las abscisas. Si tomamos el tiempo del momento de corte en la curva BCWP y lo sustraemos del tiempo en que la curva BCWS registró el mismo coste que BCWP, obtendremos el retraso actual del proyecto en términos de tiempo (Δt).

2.4.11. ANÁLISIS DE LAS ESTIMACIONES DEL PROYECTO

Teniendo ya las variaciones, índices y la historia del proyecto hasta la fecha ¿Qué sigue a continuación? Pues debemos entender primero que es lo que está pasando en el proyecto y hacernos una serie de preguntas: ¿Los costes están aumentando más de lo previsto? ¿No logramos producir con eficiencia? ¿Nos estamos atrasando peligrosamente? ¿Hay errores en los estimados? Aún arriba de los costes, o bien atrasados en el programa, ¿que nos muestran las tendencias de las curvas ACWP y BCWP comparándolas con BCWS? ¿Atrasarse es simplemente un problema de coste adicional?, ¿o es que requeriremos acortar el plazo de entrega para poder lanzar un producto al mercado en una fecha comprometida? Estas y otras preguntas más, forman parte de la primera fase del análisis de EVM una vez recibimos los informes periódicos.

La segunda parte implica hacer proyecciones de cómo finalizará nuestro proyecto (o simplemente una de nuestras cuentas de control), y hay que empezar haciéndose este otro tipo de



preguntas: ¿Podemos mantener el actual PMB y como tal nos podremos recuperar en lo que queda del proyecto? El presupuesto a la conclusión o BAC, ¿ha cambiado? ¿Por qué? ¿Podemos recuperar tiempo perdido acelerando (fast-track) o comprimiendo el camino crítico (crashing)? ¿Cuánto nos costará acelerar el proyecto? ¿El estimado original era suficientemente confiable?

Esta serie de preguntas están destinadas a tomar decisiones sobre que vamos a hacer con el proyecto, a partir de ahora. Debemos proyectar nuestras dos variables BCWP y ACWP hacia el futuro y agregarle lo que ellas por si solo no nos dicen, pero que podemos estimar, basados en lo que sabemos que podemos hacer con el futuro inmediato del proyecto.

El “Estimado a la Conclusión” del proyecto o **EAC** (Estimate at Conclusion) es la proyección que nos interesa calcular. Para ello hay que tener las ideas claras de lo que podemos o de lo que no podemos hacer: el CPI (o SPI) ¿Podremos mejorar los índices, los mantendremos iguales, o empeorarán?

El **EAC** será igual a lo que ya hemos gastado (ACWP), más los fondos que necesitaremos para concluir o “Estimado hasta Finalizar” ETC (Estimate To Complete). Por lo tanto, (Anbari, 2003):

$$\mathbf{EAC = ACWP + ETC}$$

Toda la parte del análisis de proyecciones se basa en calcular ETC en diferentes situaciones de un proyecto o inclusive en diferentes tipos de proyectos. Cuando el CPI sea perfecto (o sea igual a 1), ETC se calcula como el total de los fondos aprobados para el proyecto (BAC), menos el trabajo que ya hemos logrado completar (BCWP). Hay diversas maneras de calcular ETC, entre ellas:

- Se asume que el proyecto se comportará como hasta la fecha, por lo que utilizamos el último CPI calculado:

$$\mathbf{ETC1 = [BAC - BCWP] / CPI}$$

- El gerente y equipo del proyecto están seguros que podrán recuperar el coste perdido, lo que significa que el proyecto asegura terminar en el presupuesto (BAC):

$$\mathbf{ETC2 = BAC - BCWP}$$

- En este caso el remanente del proyecto se comportará según una cierta combinación de CPI y SPI. Los factores a o b pueden ser cero o tomar cualquier valor. El uso de la combinación requiere de una explicación más amplia que no trataremos aquí:

$$\mathbf{ETC3 = [BAC - BCWP] / [a\%CPI \times b\%SPI]}$$

- Si tenemos la posibilidad de obtener un nuevo estimado, seguramente con menor incertidumbre, esta es la manera más correcta de obtener ETC:

$$\mathbf{ETC4 = \text{Un nuevo estimado}}$$

El estimado revisado más reciente se designa en ciertas publicaciones de EVM como LRE (Last Revised Estimate). Es el último estimado oficial disponible que ha sido autorizado.



Hay otras formas de cálculo en diferentes publicaciones. Como se calcule puede también depender de la industria o negocio del cual se trata el proyecto.

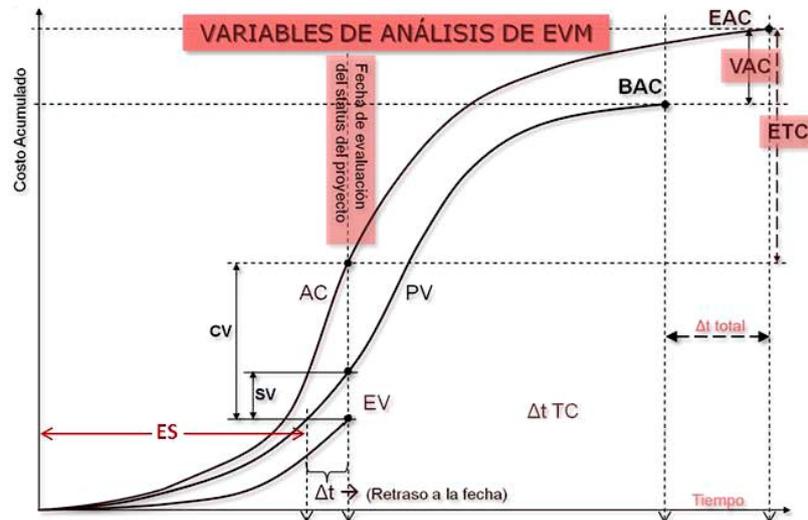


Figura 2.7: Análisis de las estimaciones del proyecto.

En la figura anterior podemos observar un ejemplo gráfico de evolución del PMB del plan (BCWS) a la nueva curva dada por el trazado de ACWP. Podemos visualizar en él, que significa ETC y EAC en ese cambio de PMB. En ella también observamos la “Variación a la Conclusión” VAC (Variation at Completion) que es la diferencia entre el presupuesto BAC y el nuevo estimado EAC, el cual seguramente una vez lograda una nueva autorización de línea de base, se convertirá en el próximo BAC2. La variación relativa al presupuesto aprobado calculado como porcentaje sería:

$$\text{VAC\%} = \text{VAC}/\text{BAC}$$

VAC% nos indica cuanto nos hemos excedido en el presupuesto autorizado.

Δt TC corresponde a la parte del cronograma que nos falta para concluir el proyecto y se denomina “cronograma para terminar” (Schedule to Complete STC) y el Δt total sería la variación entre la nueva fecha de conclusión dada por el nuevo EAC y la autorizada, dada por BAC.

El valor en el tiempo desde el inicio del proyecto hasta la fecha de corte del valor de BCWS obtenido prolongando el último valor de BCWP en el eje horizontal, es lo que se denomina en esta técnica como Cronograma Ganado - Earned Schedule (ES)

Este método de ES y sus proyecciones de tiempo, publicado en ciertos trabajos y textos, en su mayor parte liderados por Walter Lipke, no está todavía totalmente aceptado a nivel de la comunidad de EVM y algunos autores observan cierta cautela en su utilización, indicando que métodos como CPM, PERT y Montecarlo, son los que nos darán una mayor precisión para estimar proyecciones de fechas a futuro.



2.4.12. EL ÍNDICE TCPI DE CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

Si estamos en una situación con un índice CPI no favorable, nos podríamos preguntar: ¿Cómo debería cambiar a partir de ahora este índice, para poder finalizar el proyecto dentro de mi presupuesto? Para ello tenemos a disposición otro índice, que solo en los últimos años se ha consolidado como parte de la gestión de Valor Ganado. Se denomina “índice de ejecución para concluir” y se designa como TCPI (To Complete Performance Index), (Anbari, 2003).

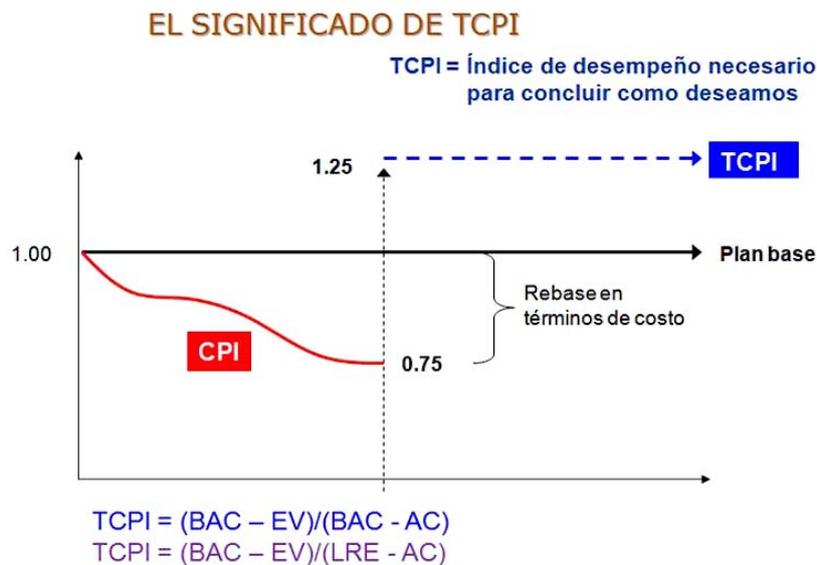


Figura 2.8: Representación del índice TCPI del proyecto.

La figura anterior corresponde a un ejemplo de la evolución del CPI hasta un valor de 0.75 a la fecha de corte. Para poder terminar el proyecto en el presupuesto necesitamos lograr un TCPI de 1.25. Significa que hay que tomar acciones para lograr revertir la productividad del proyecto.

El TCPI se calcula como el cociente entre “lo que nos queda de trabajo por hacer” y “lo que nos queda disponible de fondos”.

Si calculamos el TCPI para completar el proyecto según el presupuesto original, la fórmula es:

$$TCPI = (BAC - BCWP) / (BAC - ACWP)$$

Si en cambio consideramos EAC como el último estimado revisado (LRE) a ser autorizado, reemplazaremos BAC por LRE en el denominador.

$$TCPI = (BAC - BCWP) / (EAC - ACWP)$$

2.4.13. ESTABLECER EL MÉTODO DEL VALOR GANADO

El estándar ANSI/EIA-748-C es el documento disponible de mayor utilidad a la hora de implementar un método de Valor Ganado EVM. En Internet existen varias guías tales como la del



Departamento de Energía (DoE) y de la NDIA (The National Defense Industrial Association) que son muy útiles para interpretar los 32 criterios de la norma 748 y adaptarlos a nuestras organizaciones. La 2da versión del estándar de EVM del PMI también nos puede dar ciertas informaciones.

Cerraremos este documento tratando de guiar al lector con un resumen de los pasos que hay que dar con los procesos de gestión de proyectos que hemos revisado, con el fin de implementar EVM. Algunos procesos a seguir, sin entrar en su discusión, aunque dependerán de la cultura de Dirección de Proyectos establecida en la empresa, son:

- Definir el alcance con el WBS y su diccionario.
- Definir el cronograma (establecer secuencias, dependencias, recursos y duraciones) y optimizarlo nivelando recursos y aplicando CPM.
- Estimar costes y elaborar el presupuesto.
- Autorizar el cronograma y el presupuesto que serán las líneas de base.
- Definir los puntos de control de EVM.
- Crear los métodos de medición de trabajo y las reglas de su aplicación a valor ganado.
- Asegurar que se posee un buen sistema de aceptación de trabajo realizado y entregado.
- Crear las cuentas de control (CA).
- Asignar los responsables a las cuentas (cruzar OBS con WBS).
- Integrar toda la información en un sistema EPM (Enterprise Project Management).
- Establecer un procedimiento efectivo para construir la PMB.
- Establecer las posibles fórmulas de cálculo de proyecciones, adecuadas los proyectos de la Empresa.
- Establecer los informes de ejecución y la manera de distribuirlos a los interesados.
- Establecer un sistema de Project Review para analizar Valor Ganado y en base a ello, tomar decisiones oportunas.
- Asegurar la puesta en funcionamiento de un sistema de control de cambios efectivo y riguroso.
- Establecer un sistema de reinyección de nuevas informaciones a los procesos anteriores.
- Hacer todo lo posible para integrar todo esto con la gestión de cambios y la gestión de riesgos.

Adicionalmente debemos asegurar llevar a cabo todos los procesos del grupo de Seguimiento y Control (PMBok 5ª Edición) que están directamente relacionados con los de la lista anterior.



2.5. ANÁLISIS POR OTROS AUTORES

Así en el caso de seguimiento de proyectos con el análisis del valor ganado por el autor Diego Navarro, indica como un punto importante del que se debe partir es de un presupuesto desglosado y proyectado en el tiempo, como la base del método y destacando como sistema de medida requiere de unas magnitudes cuantitativas y unas unidades, (Navarro, 2006).

Los índices de eficiencia a medida que el proyecto se va acercando a su final, el poder informativo de estos indicadores va perdiendo fuerza, aunque esta flaqueza no quiere decir para nada que el valor ganado sea un mal concepto, sino todo lo contrario, es uno de los últimos conceptos más importantes que se han aportado a la disciplina de la Dirección de Proyectos, sólo el hecho de permitir obtener desviaciones en coste realistas frente a las malas prácticas, aunque muy extendidas, de medirlas respecto al presupuesto inicial, ya es un gran avance en sí mismo.

Lo único es que se ha encontrado que tiene sus limitaciones a la hora de tratar la programación. Unas limitaciones que se pueden superar extendiendo el método, donde se entra en el concepto de Programación Ganada (Earned Schedule "ES"), aunque en vez de utilizar unidades monetarias para medir desviaciones y eficiencias de programación se utilizan unidades de tiempo, (Pajares y López, 2007).

El método de gestión del valor ganado, no es muy habitual en el sector de la construcción, tanto por el lado de la obra civil, como por el lado de la construcción industrial, en el proyecto ejemplo que tratamos se encuentra en el lado de la obra civil, ya que se trata de un proyecto de urbanización.

El autor del artículo "dos modelos de aplicación del método del valor ganado para el sector de la construcción", define dos modelos de aplicación del EVM para los dos tipos de agentes involucrados en el proyecto. Un modelo reducido para la dirección de obra que representa el punto de vista del promotor y otro más amplio que representa a la empresa y la situación global del proyecto, (Valderrama y García, 2010).

Este análisis desarrolla dos formas distintas y complementarias para aplicar el método en la ejecución de una obra.

Desde el punto de vista de la dirección de obra, este método permite que estos agentes superen una actitud pasiva, basada en recopilar información para registrar lo que ha pasado en la obra, adoptando un enfoque estratégico que les permita conocer por adelantado lo que va a pasar, y tomar medidas para que se parezca a lo que debería pasar.

En relación al modelo de la empresa, el coste proporcionado por el departamento de presupuestos, o el ofertado finalmente por la dirección, pueden no reflejar en absoluto los costes previsibles, mientras que el preparado por el Director de Proyecto puede estar desviado al alza.



De esta forma, el valor ganado controla la desviación entre las previsiones y la realidad, pero no gestiona directamente la información económica más importante en la obra, que es la relación entre la realidad y los ingresos, y se adapta poco al entorno de contratación con mediciones abiertas, donde existen grandes desviaciones entre el presupuesto inicial y la ejecución real, que son definitivas para la rentabilidad del proyecto. La utilización de todas las combinaciones nos dan un control exhaustivo y fiable para conocer en cada momento la situación económica y temporal del proyecto.

También se aplica el método del valor ganado en el trabajo “Valoración de la Aplicación del Valor Ganado a Proyectos Industriales” en el que se aplica la metodología EVM a un proyecto de construcción de una planta industrial y se estudian los efectos se realizan las interpretaciones de resultados según los criterios del método. Como objetivo adicional se plantea definir unos criterios de elaboración de la planificación y el presupuesto inicial que faciliten su implantación en futuros proyectos, (Granda, 2012).

2.6. CONCLUSIONES

El método del Valor Ganado es uno de los grandes baluartes de la Dirección de Proyectos. Abarca muchos de los procesos de planificación y de seguimiento y control y está fuertemente vinculado con los de ejecución. Se trata de una gestión construida principalmente con el WBS, el cronograma y el presupuesto, que se integran en puntos específicos del WBS donde controlamos el rendimiento, midiendo el trabajo realizado BCWP y su coste real ACWP, y comparándolos con el trabajo planificado BCWS.

Con esa información los responsables de las cuentas de control aplican el método del valor ganado, y calculan variaciones, índices de tendencia y estiman proyecciones de coste. El director del proyecto observa los valores y la suma de todas las cuentas de control CA, vigilando la ejecución del proyecto completo y de los entregables más importantes, y haciéndose preguntas de que es lo que pasa, para finalmente entregar los resultados a los interesados del proyecto, tomar decisiones y llevar a cabo las acciones necesarias.

El método se puede montar y administrar alrededor de un software EPM con sistema de colaboración incluido, disponible comercialmente y que será necesario mantenerlo actualizado en todo momento, pero que habrá que adaptar profundamente pues muchos de estos productos no entienden bien el funcionamiento del método del valor ganado. Será indispensable también contar con un control integrado de cambios sólido y riguroso y buenos procesos de medición y verificación de trabajo.

Los verdaderos pasos requeridos para implementar un método de control basado en EVM dependerán de muchas circunstancias, de los activos disponibles en la empresa y de si hay una PMO en funcionamiento (o se planifica implementar). Es recomendable que la empresa consulte con un consultor experto que conozca no solo la metodología EVM sino todos los procesos que integran el sistema necesario, como una guía para implementar un buen método de control basado en EVM.



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJEMPLO

3.1. INTRODUCCIÓN

Como ejemplo para la aplicación del método del valor ganado se ha escogido un proyecto de urbanización de varias calles en el núcleo urbano de Llanes (Asturias), denominado “Proyecto de urbanización de las calles Manuel Romano, Nemesio Sobrino, Castillo, Mercaderes y las Barqueras (Llanes)”, redactado por encargo del Excmo. Ayuntamiento de Llanes.

El objeto del proyecto es la definición y valoración de las obras necesarias para redefinir las estructuras viarias y renovar las redes de servicios urbanos existentes dichas calles, que componen el tramo central del callejero de la Villa de Llanes.

El presupuesto de ejecución material de la valoración económica de las obras proyectadas en la las calles Manuel Romano, Nemesio Sobrino, Castillo, Mercaderes y de las Barqueras se eleva a la cantidad de 2.295.450,25 €.

Asimismo se ha estimado que las obras se ejecutarán en un plazo máximo de 9 meses contados a partir del acta de comprobación del replanteo.

3.2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El conjunto de calles sobre el que se actúa constituye el principal eje vertebrador de Llanes, toda vez que resulta la prolongación de la vía principal de acceso rodado (AS-263) desde la Autovía del Cantábrico (A-8); según acta de 24 de febrero de 2009, dicho tramo de carretera tiene cedida su titularidad al Ayuntamiento de Llanes, de modo que en lo sucesivo nos referiremos a este conjunto como “calle principal”.

Las intervenciones se hacen extensibles a la calle Manuel Romano, perpendicular a Nemesio Sobrino en su inicio, así como a algunas bocacalles y callejones perpendiculares al resto del eje (parte de La Calzada y de San Agustín), con el afán de acometer una acción integradora y de conjunto.

3.3. ESTADO ACTUAL

Respecto al conjunto de calles que constituye la “calle principal”, actualmente se ven atravesadas por tráfico de doble sentido, con un vial central con dos carriles, viéndose las aceras para los peatones reducidas a la mínima expresión en algunos puntos del trazado.

El problema, ya de por sí importante, se acentúa aún más si cabe durante los periodos vacacionales (Semana Santa y verano, principalmente) dado que la gran afluencia de turistas provoca que en muchas ocasiones los peatones se vean obligados, al encontrarse las exiguas aceras saturadas, a usar la calzada, igualmente saturada, con el correspondiente riesgo para la seguridad vial que esto conlleva.



La pavimentación existente en las aceras difiere enormemente de un tramo a otro, y comprende tanto baldosa hidráulica en diferentes formatos y despieces (Nemesio Sobrino y Barqueras), como losas de piedra caliza en tonalidades roja (Mercaderes), gris (zona del puente de las Barqueras) y en combinaciones de ambas (Castillo).

En cuanto al vial reservado al tráfico, la capa de rodadura se encuentra bastante parcheada, y las marcas viales presentan la mayoría un acusado desgaste.

La red eléctrica existente discurre en su mayor parte de forma aérea por las fachadas hasta las acometidas aéreas a las distintas edificaciones (pasando las líneas de un lado a otro de la calle a la altura de un primer piso en muchos puntos); y en una pequeña parte lo hace ya en canalización subterránea, principalmente en conducciones de uso mixto para media y baja tensión.

La zona recibe suministro principalmente de los C.T. “Manuel Romano”, “Residencia de Pensionistas” y “Ayuntamiento (Nemesio Sobrino)”; y en menor medida de los C.T. “Cotiello” y “La Calzada”.

El alumbrado presenta variedad de tipologías, que van desde las luminarias “de carretera” sobre las fachadas (que constituyen la gran mayoría de las luminarias de la zona) a las farolas de pie, tanto en diseño rectilíneo contemporáneo (zona del puente de las Barqueras) como del tipo “fernandino” (zona de Mercaderes adyacente a Barres Sobrino, y zona del Ayuntamiento, estas últimas sobre fachadas).

La red de telefonía se encuentra en parte bajo canalización subterránea. En los tramos con edificios más antiguos, dado que éstos carecen de posibilidad de acometida subterránea, la entrada de las líneas y sus distribuidores se da por fachada. Existen varios pasos aéreos entre aceras opuestas a lo largo de la zona de actuación.

La red de abastecimiento existente resulta obsoleta e infradimensionada en prácticamente todas las calles de este conjunto, si bien hay ya un pequeño tramo de material y diámetro adecuados frente al Ayuntamiento y el Casino.

La red de saneamiento es unitaria, vertiendo al mismo colector las aguas pluviales y las residuales de los edificios, aunque posee aliviaderos que permiten enviar sobrantes puntuales por lluvias intensas directamente al río. Las aguas pluviales se recogen en imbornales en las márgenes del vial que desaguan al colector de cada tramo.

La red de gas discurre canalizada bajo las aceras, dando servicio a todas las calles de la actuación (aunque aproximadamente la mitad de los inmuebles carecen de acometida).

3.4. SOLUCIÓN PROPUESTA

Las actuaciones propuestas comprenden la mejora del espacio público mediante la reorganización del tráfico rodado y una nueva pavimentación, alternando tramos de carácter neutro con zonas representativas en puntos concretos del recorrido. También se contempla la reposición y



mejora de las redes de abastecimiento, saneamiento, electricidad, alumbrado, telecomunicaciones y gas.

3.4.1. AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN

A lo largo del actual eje principal de circulación rodada de Llanes, toda vez que la ronda de circunvalación permite la reducción de los niveles de tráfico del mismo, se plantea la reducción del ancho de la actual calzada de los dos carriles actuales a uno sólo de 3,50 m. El vial se va adaptando a los distintos anchos de calle, lateralizándose o centrándose, de modo que el tránsito peatonal se beneficia al ensancharse las aceras y generarse nuevos espacios estanciales.

Las soleras serán de 20 cm con doble mallazo inferior y superior bajo todas las zonas de la actuación. Los pavimentos serán en las aceras de piedra caliza en tonalidades roja y gris, con despieces y encintados diversos según la zona. Se usará la piedra gris predominantemente en las zonas de “ensanche”, y la roja en las proximidades del casco antiguo. El vial de circulación rodada irá en adoquín de hormigón envejecido, y su bordillo será de caliza en bisel, con una altura máxima de 2 cm.

Según las zonas, se ubicarán bolardos retráctiles que eviten la invasión de algunos ámbitos concretos por parte de los vehículos a motor.

CALLE MANUEL ROMANO

Se propone para este conjunto de espacios heterogéneos una actuación muy geométrica que unifique el desorden visual de la zona. Únicamente se empleará caliza, en colores gris y rojo para los paños, y blanca para los encintados. La retícula se modula según las medidas de la cuadrícula de la fachada del antiguo cine, en una suerte de homenaje a esta pieza singular de arquitectura racionalista.

Se prevén dos bandas laterales despejadas de arbolado y mobiliario urbano de unos 5,50 m que faciliten la carga y descarga y permitan la circulación de vehículos hacia el futuro acceso trasero a los garajes del interior de la manzana. La actuación se completa con plantación de arbolado y la colocación farolas de pie, bancos y papeleras.



Figura 3.1: Calle Manuel Romano antes y después de la ejecución de las obras.



CALLE NEMESIO SOBRINO

En este tramo se realiza una operación drástica de reorganización del espacio urbano, al eliminar la línea de plácanos actualmente existente. Esto permite la creación de un espacio verde que, ocupando la explanada resultante de dicha tala, genera un pequeño espacio estancial arbolado además de resolver el desnivel de 0,50 m y permitir juegos de perspectivas desde la zona de acceso hacia el interior de la villa.

Toda la pavimentación entre las zonas de césped será en caliza gris, al igual que en la acera opuesta, donde además se plantará arbolado. En la zona más próxima al Ayuntamiento, se proyecta una zona de aparcamiento con medidas aptas para minusválidos, que dé servicio a la gente que se acerque a realizar gestiones en vehículo particular.



Figura 3.2: Calle Nemesio Sobrino antes y después de la ejecución de las obras.

CALLE MERCADERES

Desde el antiguo casino hasta llegar al puente, parte de la calle Castillo y toda la calle Mercaderes se pavimentarán con piedra caliza roja en las aceras, y el mismo adoquín de hormigón envejecido en el vial que en el resto del eje principal. Esto se hace extensible a una pequeña calle peatonal que se pavimenta del mismo modo, integrándola en la actuación.

En la confluencia con la calle Mayor, donde antiguamente se encontraban unos soportales mandados levantar por Felipe II (“Puerta de la Villa”), se propone un pequeño espacio conmemorativo. En él se marca el contorno aproximado que tuvieron los soportales, incluyendo una cenefa con leyenda conmemorativa grabada, y se recrea parte del pórtico derecho mediante un fragmento del escaño de piedra y dos de las columnas que lo formaban; el pórtico de la izquierda se rememora con dos tondos de bronce encastrados en recuerdo de las columnas, sobre un despiece de pavimento que señala la ubicación de escaño.

Con esta intervención se pretende devolver el carácter estancial y simbólico a lo que hoy se ha convertido en una mera confluencia de calles, pero que una vez fue el germen del gobierno local. Donde la calle se abre tangencialmente a la plaza de Barres Sobrino, se prevé una zona de carga y descarga motivada por la proximidad de dos farmacias.



Figura 3.3: Calle Mercaderes antes y después de la ejecución de las obras.

CALLE CASTILLO

Dada la alta representatividad de la zona en que se ubican el Ayuntamiento y el edificio del antiguo casino, se opta por transformar un espacio actualmente lineal y claramente de paso en una “plaza” centralizada y estancial. Se propone ubicar en posición central un posible monumento que aporte simbolismo y defina un nuevo hito visual de centralidad.

El pavimento se basará en calizas rojas y grises, en despieces con encintados que prolongan y enmarcan las líneas compositivas de ambos edificios citados, haciéndolos protagonistas de la actuación. Enrasado con el pavimento peatonal, contorneado con bordillos embebidos, se integra un vial auxiliar que da servicio eventual para carga y descarga de los comercios de la calle paralela a la del Castillo.



Figura 3.4: Calle Castillo antes y después de la ejecución de las obras.

CALLE DE LAS BARQUERAS

Sobre el puente, ambas aceras hoy desvinculadas entre sí se unifican mediante una misma pavimentación en caliza gris y unos trazados en cuadrícula a base de encintados blancos (piedra



en formato 25 cm de ancho), donde aparece inserta en grandes caracteres de chapa de bronce la fecha conmemorativa MMXI (2011 en números romanos).

La acera recientemente pavimentada se integra en la cuadrícula mediante la inserción de “tacos” de piedra blanca de 25x25 cm que señalan únicamente las intersecciones de dicha geometría. El resto de la calle de las Barqueras hasta la oficina de Correos se pavimenta asimismo con caliza gris, reservando dos zonas de carga y descarga (para la farmacia y para los hoteles) y arbolando por completo una de las aceras.

Se integra en esta actuación una bocacalle que se unifica visualmente con el conjunto. En el vial, excéntrico en algunos de estos tramos, se coloca el mismo adoquín de hormigón envejecido y el mismo bordillo biselado de 5 cm que en el resto de las calles del eje, excepto en la zona de la plaza de las barqueras, donde al conservarse la pavimentación existente en la acera norte, el bordillo de la nueva acera sur será igual que el opuesto, de unos 20 cm de ancho.



Figura 3.5: Calle de las Barqueras antes y después de la ejecución de las obras.

3.4.2. REDES DE SERVICIOS URBANOS

RED DE ABASTECIMIENTO

La red existente se renueva en esta calle, sustituyendo la actual de fundición gris de 150 mm y polietileno de 75 mm por fundición dúctil de 300 mm de diámetro. Asimismo, se amplía colocando una nueva tubería de fundición de 150 mm de diámetro en la acera opuesta a la red actualmente existente. En la calle Manuel Romano se instala una red de fundición de 150 mm, que se unirá a la anteriormente citada de 150 mm y a la existente en la calle Román Romano de 100 mm.

Se procederá a la renovación de todas las acometidas domiciliarias (llaves de toma tipo PAVA y ramales), así como todos los nudos afectados (mediante T de fundición y tres llaves de corte por nudo en arqueta cónica prefabricada).



RED DE SANEAMIENTO

Se plantea la previsión de una red de saneamiento unitaria, que recogerán tanto las aguas pluviales como las aguas residuales generadas, cuyo funcionamiento será por gravedad.

Actualmente discurre bajo la calle principal hasta la zona del puente un ovoide de HA 1000 mm, que se conserva y al que vierte toda la red de este tramo. Desde el puente hacia Correos, se propone un ramal de HA 400 mm hasta un nuevo pozo en el cruce con la calle La Calzada. Desde correos hasta este pozo, y de aquí hasta el final del tramo renovado de la calle La Calzada, se colocan colectores de HA 1000 mm.

El drenaje superficial se confía a una línea de canaletas prefabricadas de hormigón con reja de fundición dúctil, de medidas exteriores 75x36x30 y 100x58x66,5 que recorre todo el eje del vial, adaptándose a los caudales demandados y a los pozos de saneamiento existentes en el colector principal. Cada ramal entre las canaletas grandes y los pozos se realiza en tubo PVC 310 mm, a través de un imbornal a modo de remate sifónico registrable del mismo ancho que la canaleta correspondiente, que actuará además como desarenador.

Bajo la calle Manuel Romano se renueva el colector existente de HM 250 mm, sustituyéndose por uno de HM 400 mm. El drenaje superficial de esta calle se realiza mediante sumideros sifónicos puntuales, que vierten al colector anterior mediante pozos nuevos a los que acometen con tubos PVC 315 mm. Se reparan las arquetas de pie de bajantes en mal estado de los edificios, así como sus arquetas finales, codos y ramales a los colectores.

RED DE ELECTRICIDAD

Se propone el soterramiento de los tramos de red de distribución de energía eléctrica que actualmente discurren por las fachadas de las calles afectadas. Asimismo se renovarán las arquetas de cruce y las acometidas.

Una vez ejecutada la obra civil será la compañía quien se hará cargo del tendido de los cables subterráneos, de los proyectos específicos necesarios y de la puesta en funcionamiento de la red.

RED DE ALUMBRADO

La red de alumbrado público se renovará en su totalidad a lo largo de estas calles. Las luminarias se han elegido según zonas, en modalidades de pared y de columna (simple y doble) y son de tipo LED, lo cual redundará en un mantenimiento de los equipos prácticamente nulo durante más de 20 años y en un consumo eléctrico muy reducido en comparación con los sistemas tradicionales.

Además de las arquetas requeridas para los cambios de dirección, se dispondrá una arqueta de 40x40 cm. por cada luminaria colocada.



RED DE TELECOMUNICACIONES

Las mejoras en la red de telefonía se han diseñado en contacto con la compañía propietaria, y tanto su trazado como las características de los elementos de obra civil obedecen a las prescripciones de la misma.

Al tratarse de una actuación en un casco antiguo, la mayoría de los inmuebles reciben servicio telefónico por la fachada, concretamente a través de las ventanas de cada vivienda. Esto hace complicado el soterramiento completo de las líneas existentes, pese a lo cual en proyecto se prevé tanto el soterramiento de los cruces aéreos como de los ramales principales que ahora van por fachada.

Las conducciones se realizarán con conductos de PVC de diámetro 110 según planos, y arquetas tipo "M", prefabricadas. Una vez ejecutada la obra civil será la compañía quien se hará cargo del tendido de los cables subterráneos, de los proyectos específicos necesarios y de la puesta en funcionamiento de la red.

En cuanto a la red de fibra óptica, dado que actualmente discurre muy superficial, se hace inviable su conservación, de modo que se proyecta la reposición completa de canalizaciones y arquetas. Sin embargo, se deberán mantener íntegramente las líneas en servicio durante la ejecución de la obra, mediante su ubicación aérea provisional por fachadas.

El proyecto incluye el trazado de la red de cable y las características de los elementos de obra civil a ejecutar por la propiedad; la compañía concesionaria se ocupará del tendido del cable por los conductos dispuestos al efecto.

RED DE GAS

La red existente de gas natural se mantiene según su trazado. Únicamente se añaden las acometidas a los inmuebles que hoy en día no disponen de este servicio, así como sus ramales correspondientes.

La compañía una vez ejecutada la obra civil de la red se hará cargo del tendido de toda la red de gas, de todas las conducciones, válvulas, elementos técnicos, proyectos específicos y medidas de seguridad.

3.4.3. MOBILIARIO Y SEÑALIZACIÓN

Se dotará a las calles centrales de la Villa de Llanes del correspondiente mobiliario urbano así como la señalización horizontal y vertical necesaria.

3.4.4. SEGURIDAD, RESIDUOS Y CALIDAD

Se completa el presupuesto de las obras proyectadas con las partidas correspondientes a seguridad y salud, gestión de residuos y control de calidad.

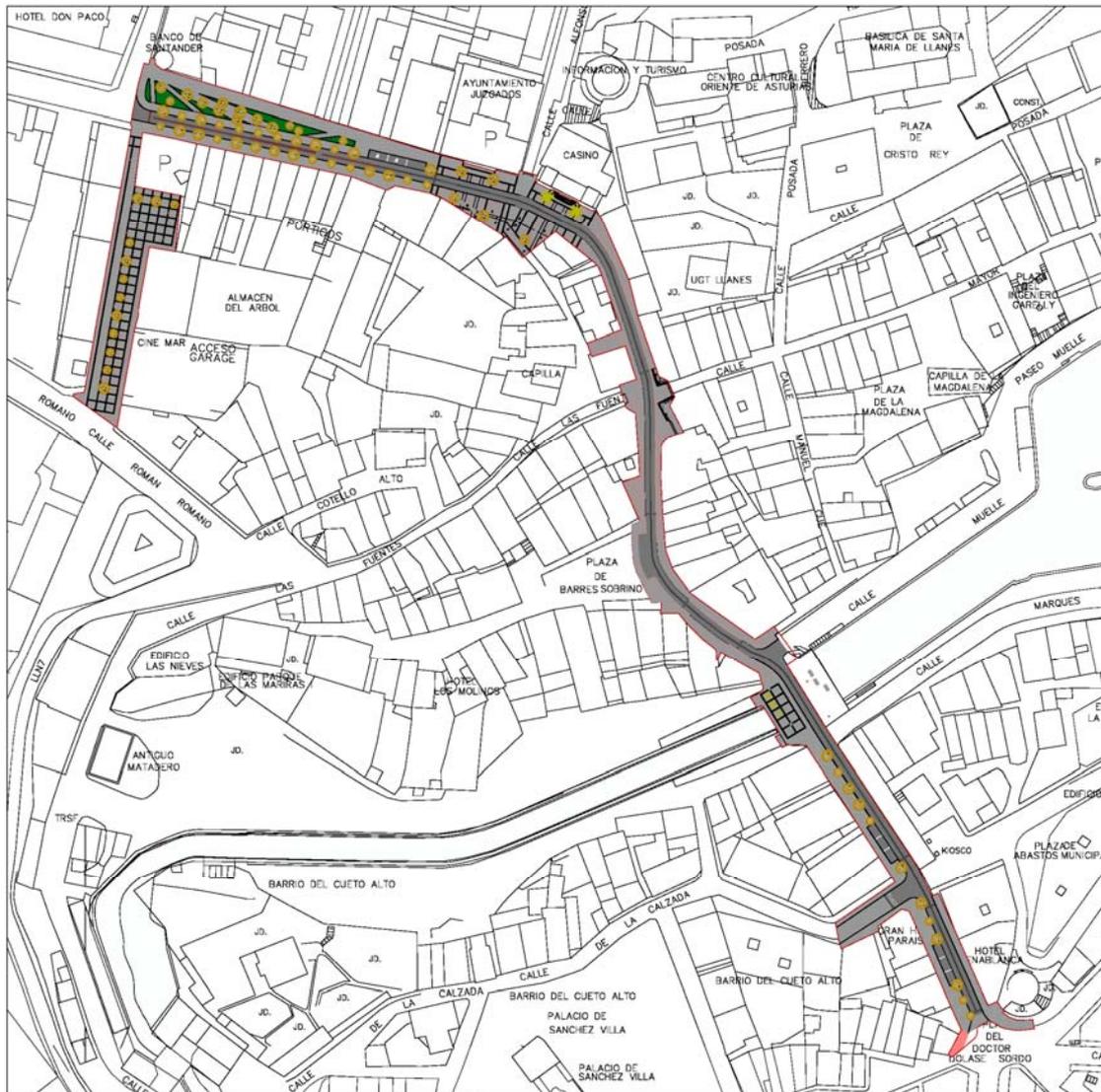


Figura 3.6: Plano de planta del proyecto de urbanización de las calles de Llanes.



Figura 3.7: Plaza del Ayuntamiento después de la ejecución de las obras proyectadas.





4. METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN DEL VALOR GANADO

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se describe la metodología a utilizar en el desarrollo del trabajo. En primer lugar se muestran, a modo de recordatorio, las definiciones del método del valor ganado, posteriormente se describe exhaustivamente la metodología de medición del EVM.

Posteriormente se indica cómo se realiza la aplicación práctica del método, como se recopilan los datos, el desarrollo de las curvas del trabajo planificado BCWS, del valor ganado BCWP, del coste real para el trabajo que sea realizado ACWP, y el tratamiento de los datos.

4.2. DEFINICIONES DEL MÉTODO

En este apartado se realizará descripción de algunos términos que se utilizarán en el trabajo, así como recordar la definición de algunas variables e índices que se utilizan en el método del valor ganado y que ya se han comentado en el estado del arte:

- **Control:** periodo de tiempo en el que se miden los avances, será mensual en este trabajo.
- **Tarea:** Una tarea es un conjunto de operaciones y, en ocasiones, de otras tareas, las cuales representan elementos de trabajo que sean reconocibles.
- **Hito:** punto de referencia que marca un evento importante en un proyecto y se utiliza para controlar el progreso del proyecto. Toda tarea con una duración cero se muestra automáticamente como hito. También se puede marcar cualquier otra tarea de cualquier duración como hito.
- **Fases:** grupo de tareas relacionadas que completan el paso principal de un proyecto. La organización de tareas e hitos en fases proporciona cierta estructura al proyecto y lo hace más fácil de evaluar en cuanto a su progreso. En este caso las fases se obtienen de la estructura de descomposición de los trabajos (WBS).
- **Presupuesto:** es el plan de acción dirigido a cumplir con la meta económica prevista, expresada en valores y términos financieros que, debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas, este concepto se aplica a cada centro de responsabilidad del proyecto. El presupuesto es la previsión numérica de las metas físicas a lograr y la cuantificación monetaria y real de los recursos a emplear en el proyecto.

A continuación se muestra, a modo de recordatorio, una lista de los términos utilizados en el método del valor ganado con sus acrónimos y su definición en inglés, que es la estructura con la que más fácil se identifica el autor, así como su traducción al español, (Navarro, 2006).



VARIABLES DEL MÉTODO:

- **BCWS:** Budgeted Cost of Work Scheduled (Coste presupuestado para el trabajo programado).
- **BCWP:** Budgeted Cost of Work Performed (Valor Ganado, coste presupuestado para el trabajo que se ha realizado).
- **ACWP:** Actual Cost of Work Performed (Coste real para el trabajo que se ha realizado).

PRESUPUESTOS A LA FINALIZACIÓN:

- **BAC:** Budget at Completion (Estimación original del coste).
- **EAC:** Estimated At Completion (Presupuesto estimado a la finalización o estimación del coste final de acuerdo con el desarrollo del proyecto).
- **VAC = BAC – EAC:** Variance at Completion (Desviación final prevista del presupuesto).
- **ETC:** Estimated to Completion (Presupuesto remanente hasta la finalización).

DESVIACIONES:

- **SV:** Schedule Variance (Desviación de la planificación).
- **SV = BCWP - BCWS:** Varianza del plazo, **SV% = SV / BCWS.**
- **CV:** Cost Variance (Desviación del coste).
- **CV = BCWP – ACWP:** Varianza del coste, **CV% = CV / BCWP.**

ÍNDICES DE RENDIMIENTO:

- **SPI:** Schedule Performance Index (Índice de eficiencia en programación o índice de rendimiento de la planificación), **SPI = BCWP / BCWS**
- **CPI:** Cost Performance Index (Índice de eficiencia en coste o índice de rendimiento del coste), **CPI = BCWP / ACWP**
- **SCI = SPI x CPI:** Schedule Performance Index por Cost Performance Index.

ESTIMACIONES A LA FINALIZACIÓN

- **EAC = BAC / CPI:** Estimación del coste final a partir de los índices de rendimiento.
- **EAC = ACWP_{CUM} + (BAC – BCWP_{CUM}) / CPI,** otra manera de calcular la estimación.

ÍNDICES DE RENDIMIENTO DEL TRABAJO POR COMPLETAR:

- **TCPI_{EAC} = (BAC – BCWP_{CUM}) / (EAC – ACWP_{CUM}),** índice para concluir con el EAC.
- **TCPI_{BAC} = (BAC – BCWP_{CUM}) / (BAC – ACWP_{CUM}),** índice para concluir con el BAC.



Todo lo anterior, a modo de resumen se puede ver en el siguiente gráfico de coste/tiempo y el significado de cada uno de los términos:

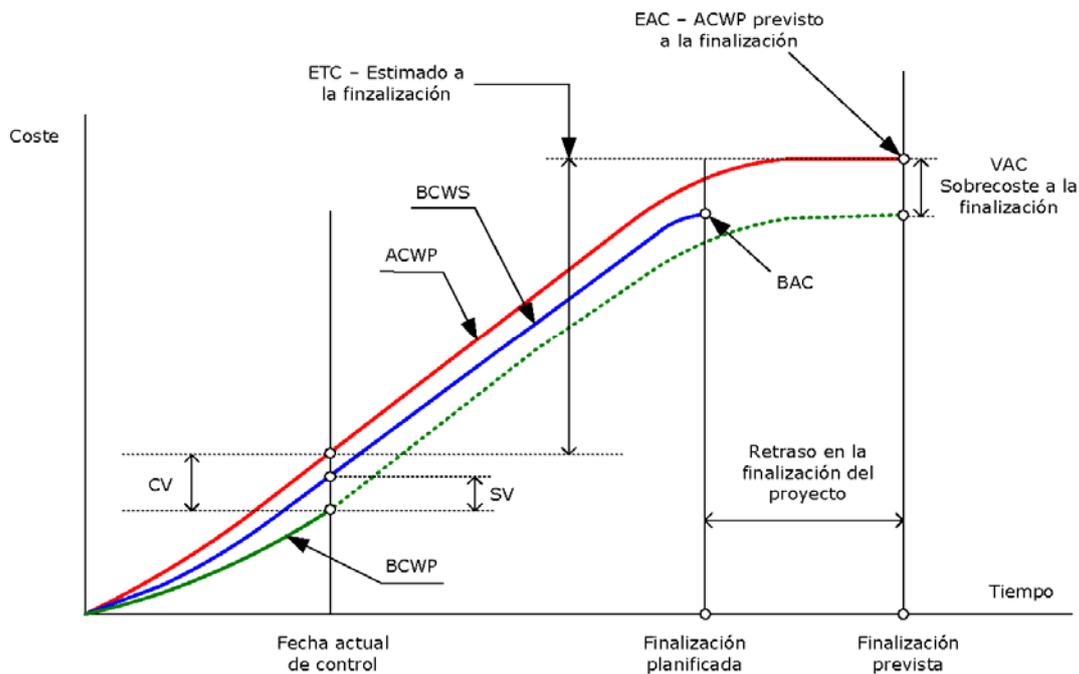


Figura 4.1: Representación de los diferentes parámetros del método del valor ganado.

4.3. MIDIENDO EL VALOR GANADO

4.3.1. PRIMERA PARTE

De los cuatro grupos de magnitudes que hemos definido hasta este momento, el primero es el realmente fundamental y crítico, (Navarro, 2006).

Pero el análisis que hemos visto se quedara sin utilidad práctica si no tratamos de hallar esos inputs necesarios. No en vano este es precisamente el aspecto más peliagudo del EVM, no por complejo sino, más bien, por ser un problema de actitud, tesón e incluso ética, tres aspectos que entran dentro del resbaladizo ámbito humano.

Recordemos que el primer grupo está compuesto por el coste planificado BCWS, el valor ganado BCWP y el coste realizado ACWP. EL BCWS es una proyección temporal, y acumulada, del presupuesto del proyecto desglosado en sus actividades y distribuido en el tiempo.

Esto se consigue a partir de la programación de las actividades (diagrama de Gantt) y, lo que va a ser clave para el asunto que nos ocupa, del criterio que hayamos establecido para distribuir temporalmente el coste de cada una de las actividades.

La siguiente figura es bastante esclarecedora de lo que acabamos de decir:

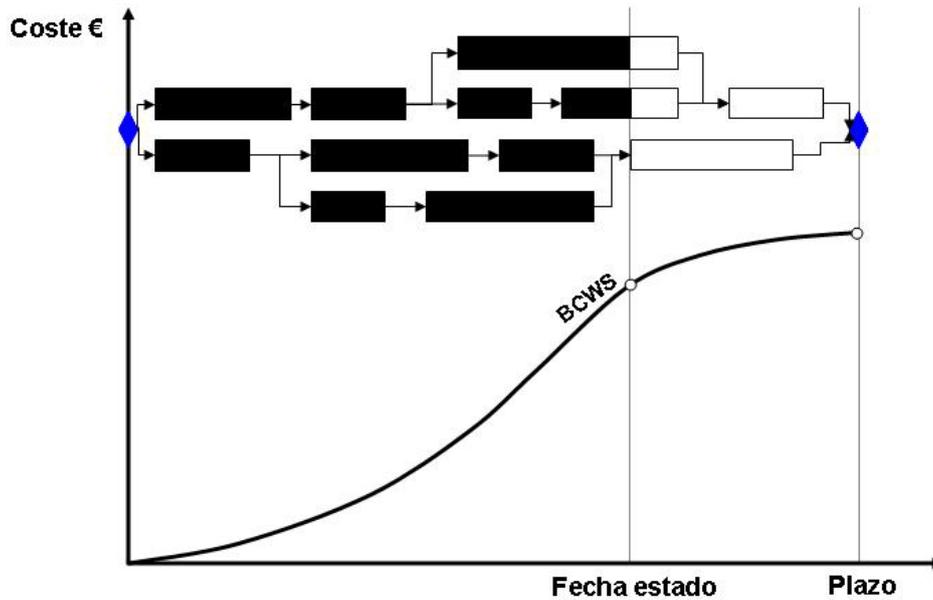


Figura 4.2: Representación de la programación y el coste planificados.

Así, el coste planificado BCWS en un momento dado del proyecto es la suma de las siguientes contribuciones:

- Todas aquellas tareas cuya finalización planificada se haya dado en una fecha anterior a la fecha de estado dada, contribuirán con todo su coste planificado al coste planificado acumulado del proyecto.
- Todas aquellas tareas cuyo inicio planificado ocurra en una fecha posterior a la fecha de estado dada, no contribuirán aun al coste planificado acumulado del proyecto.
- Todas aquellas tareas que deberían estar en curso en la fecha de estado dada contribuirán con su fracción de coste planificado según el modelo de distribución que se haya aplicado.

Tan solo queda, pues, determinar ese modelo de distribución del coste para cada actividad. Debemos tener en cuenta que, hasta este punto, ya hemos asumido que hemos sido capaces de determinar todo el trabajo que hay que hacer, estructurado y desglosado en actividades, y programar estas actividades en el tiempo. En definitiva, hemos podido construir un diagrama de Gantt de todo el proyecto.

El hecho de determinar todas las actividades a un nivel de detalle equilibrado, junto con todas sus interdependencias y su duración estimada, es una labor que exige más trabajo, participación y compromisos de todas las partes implicadas, y una comunicación más fluida, de lo que el nivel de madurez de muchas organizaciones puede ofrecer, o simplemente están dispuestas a aceptar.



El modelo que escojamos va a ser la referencia para la posterior medición del valor ganado BCWP, que va a consistir en ir acreditando como se va alcanzando el valor planificado BCWS, es por ello que a estos modelos de distribución también se les suele llamar técnicas de medida del valor ganado.

La esencia de todo esto es que BCWS y BCWP están estrechamente relacionados en cuanto que el modelo elegido para distribuir el BCWS de cada actividad individual va a ser la referencia para medir posteriormente como se va ganando ese valor según el modelo de distribución. La siguiente figura debería clarificar este hecho.

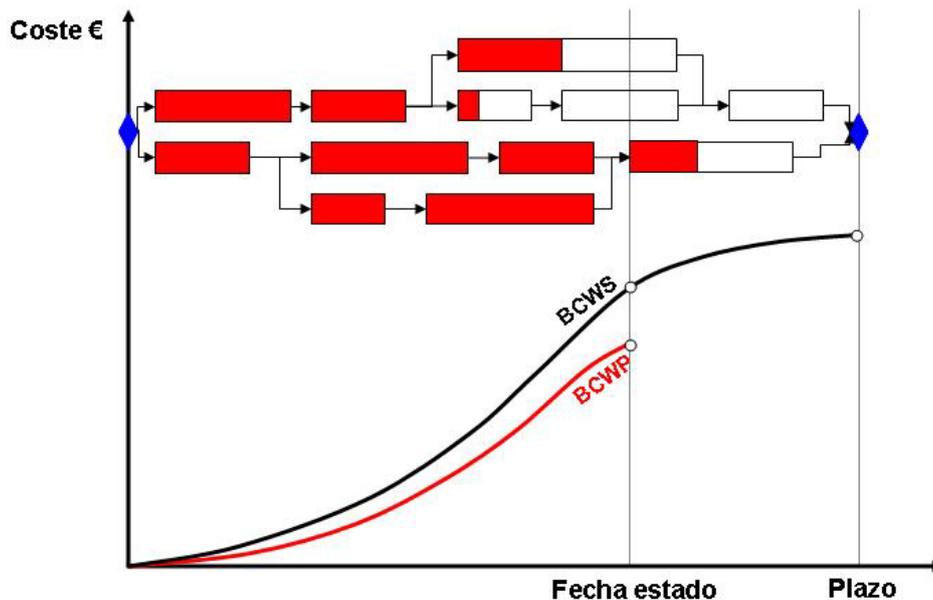


Figura 4.3: Representación del avance en programación y el valor ganado.

Comparando esta figura con la figura 4.2, en la que teníamos el coste planificado, vemos que para todas aquellas tareas que han finalizado, están completamente rellenas de color rojo, su valor ganado coincidirá con su coste planificado.

Esto es así porque una vez finalizadas podemos acreditar que se ha realizado todo el trabajo previsto, independientemente de que haya habido adelantos o retrasos, o incluso se haya hecho con más o menos coste del inicialmente previsto.

Lo que importa en este caso es que se ha completado el trabajo inicialmente previsto o, en caso de no haber finalizado aun, que porcentaje llevamos. Sin embargo, hay otras cuyo relleno en rojo no coincide con el relleno negro planificado. En estos casos el valor ganado BCWP diferirá del coste planificado BCWS y, cuando se calcule el acumulado, tendremos una curva S (en rojo) diferente a la planificada (en negro).

Se pueden ver tareas en las que se ha acreditado menos trabajo del inicialmente previsto, y otras en el que se ha acreditado más del previsto, aunque en el cómputo acumulado sale menos trabajo del previsto. Esto es la esencia de la medición del valor ganado. A continuación abordaremos las diferentes técnicas para realizar esta medición.



4.3.2. SEGUNDA PARTE

Vamos a ocuparnos de lo que indistintamente nos hemos referido como modelos de distribución del coste de una tarea o técnicas de medida del valor ganado, porque el modelo de distribución que escojamos va a ser la referencia para la posterior medición del valor ganado, (Navarro, 2006).

Si tenemos una tarea de dos semanas de duración (10 días laborables) con un coste asociado de 3.500€, debemos establecer cuando se hace efectivo dicho coste, si al inicio de la tarea, a su finalización, o si se reparte diaria y uniformemente. La distribución de ese coste dependerá en gran medida de la propia estructura intrínseca de la tarea y de cómo nos interesa que se haga esa distribución.

Aunque los manuales nos dicen que cuanto más preciso sea el modelo más exacto son los datos, puede llegar a ser bastante relativo, por mucho que se lo adorne con adjetivos de exactitud, no hay nada como la experiencia sensata para matizar lo que se hace en cada momento para determinar cuan precisa es la estimación de coste de la tarea, y si entramos dentro de ella para detallar más.

En la práctica es muy difícil partir con datos precisos, pero aunque se crea que no se dispone de una precisión exquisita, aun se puede beneficiar uno del uso del EVM; lo que no hay que hacer es ser exquisito donde ya no hace falta, y además va a ser incluso contraproducente.

Cualquier modelo analítico contiene una secuencia lógica de pasos que, una vez asumidos, ya no discutimos; pero el problema no radica ahí, sino con que fidelidad refleja ese modelo la parcela de realidad que pretendemos explicar con él, donde hay que ser especialmente cuidadosos y críticos.

En el caso del EVM, la secuencia lógica es todo lo que hemos explicado hasta la sección anterior; siendo la aproximación del modelo el factor limitante.

El modelo más sencillo sea, quizás, el de reparto uniforme, conocido como “nivel de esfuerzo” (LOE de su acrónimo en inglés), y está siendo actualmente popularizado por el PMI (Project Management Institute). Para una tarea cuyo coste tenga una relación directa con mano de obra, este simple modelo puede reflejar bastante bien la realidad.

Sin embargo, si no existe esta relación directa, bien porque la dedicación no es uniforme, o porque se le imputan otro tipo de recursos aparte de la mano de obra directa, la aproximación ya no es tan buena. Precisamente, el PMI recomienda su uso en aquellas tareas que no tienen un resultado tangible y que están caracterizadas por un trabajo realizado a una tasa uniforme a lo largo del periodo de realización de la tarea.

Existe otro modelo estrechamente relacionado con este que, por su denominación, puede crear confusión: el “apportioned effort”, que literalmente se puede traducir por esfuerzo repartido o prorrateado, término este último que han escogido al traducir el PMBOK al español.



El término prorrateado nos puede inducir a pensar que es el mismo que el anterior, aunque realmente se refiere a tareas cuyo trabajo está ligado a otras, como auditoras y controles de calidad, revisión de material de aprovisionamiento, etc., y en las que su grado de avance está ligado al grado de avance de la tarea a la que da soporte.

Estos modelos, consistentes en distribuir de forma más o menos continua el coste de una tarea a lo largo de su duración, se pueden complicar para intentar reflejar con mayor precisión la realidad, haciendo el reparto en forma de campana de Gauss para reflejar que el mayor esfuerzo se concentra en la zona central.

Los dos modelos anteriores tienen en común el hecho de distribuir uniformemente el coste. El resto de métodos que vamos a abordar lo hacen de forma discreta, en los que acreditamos el coste al final de la tarea. Pero también se puede acreditar un porcentaje al inicio de la tarea y el restante al final.

Ejemplos son 0/100 (acreditar todo el coste al finalizar la tarea), 50/50 (mitad y mitad), 25/75 (el 25% al inicio y el 75% a la finalización), y cualquier otra combinación. El PMI llama a este modelo "formula fija".

El modelo se puede generalizar con la inclusión de varios hitos a lo largo de la tarea en los que acreditar coste. Por ejemplo dos hitos más, aparte del inicio y fin de la tarea, y acreditar un 15%, 35%, 35% y 15% del coste respectivamente. El PMI lo llama "hitos promediados".

Estos modelos son más apropiados para tareas que tiene un resultado tangible (o resultados intermedios tangibles) a los que se puede asociar la acreditación de coste.

El último modelo de estas características es el de medir el porcentaje completado de la tarea, en este caso el valor ganado es el resultado de multiplicar dicho porcentaje por el coste total planificado de la tarea en cuestión. Este puede que sea el más sencillo de todos, incluso más que el LOE, aunque arrastrara la subjetividad acerca de con que se ha medido el grado de avance de la tarea.

Se trata es de escoger aquel que se considere razonablemente más adecuado para cada contexto, y que seamos también capaces de utilizar. Ante la duda o la falta de medios para la recolección de datos, lo mejor es utilizar modelos simples como el LOE o porcentaje completado.

Cuanto mayor sea el presupuesto del proyecto, en mayor medida se diluirá su inexactitud. Después de todo, las posibles inexactitudes se darán en aquellas tareas que están en curso, porque en aquellas que ya hayan finalizado ya se habrá acreditado todo el valor ganado. Y tampoco habrá muchas tareas en curso en un momento dado.

En proyectos de grandes magnitudes se puede ser bastante generoso en el uso del EVM y, lo que es importante, se puede obtener muy buena información al orden de magnitud correspondiente.



Por lo que respecta a proyectos de pequeña entidad, sí que hay que cuidar más la precisión, aunque también hay que estudiar si merece la pena realmente aplicar el EVM. También se puede optar por la aplicación de versiones simplificadas del AVG a este tipo de proyectos y, sobretodo, a situaciones en las que se dispone de poca metodología a la hora de recabar datos.

4.3.3. TERCERA PARTE

Una tarea no puede tener un grado de avance mayor al 100% ni haber ganado mayor valor que su coste presupuestado, hablando en términos de valor ganado. El grado de avance de una tarea PC, y en general de un proyecto, debe ser una magnitud cuyo recorrido vaya desde 0% (tarea cuyo inicio aún no se ha acreditado, que no significa que no se haya iniciado) a 100% (acreditación de que se han alcanzado sus resultados).

De la misma manera, el valor ganado BCWP de dicha tarea variara entre cero y el coste planificado BCWS para la misma. Cuando una tarea se da por finalizada, se asume que su grado de avance es del 100% y se ha ganado todo el valor inicialmente presupuestado: $BCWP = BCWS$.

Para el modelo sencillo de “grado de avance”, el cálculo del valor ganado es: $BCWP = PC \times BCWS$, (Navarro, 2006).

Otra cosa muy distinta es que en un momento dado el grado de avance que, según la planificación debería ser del 20%, sea del 25%, que indica que vamos adelantados en programación. Pero, independientemente de que finalicemos la tarea (o proyecto) con antelación o retraso, nos hayamos gastado más o menos de lo presupuestado, siempre ocurrirá que en ese momento el grado de avance es del 100% y el valor ganado será igual al coste planificado.

Si por ejemplo llevamos una tarea estaba estimada en 10 días a razón de 500 Ud. diarios (el coste planificado será de $BCWS = 5.000$ Ud.), y en cierto momento se nos dice que se han imputado ya 12 días, tenemos un grado de avance del 120% y un valor ganado de 6.000 Ud. obviamente se han invertido dos días más de los inicialmente previstos, pero eso no quiere decir que le hemos cogido gusto a la tarea y nos hemos salido del área inicialmente prevista (este caso supondría un cambio en el alcance y, por ende, en la línea base y el BCWS y el BAC).

Lo que ha ocurrido en realidad es que vamos con retraso. Vamos a considerar las dos posibles situaciones:

1. que hemos finalizado en 12 días
2. que aún no hemos finalizado

En el primer caso he finalizado en 12 días, por lo que el grado de avance será del 100% y el valor ganado $BCWP = BCWS = 5.000€$. Ahora bien, el coste realizado será de $ACWP = 6.000€$. Las desviaciones serán de $CV = -1.000€$ y $SV = 0€$ respectivamente.



En el segundo caso aún no se ha finalizado, aunque ya llevamos invertidos dos días más de los inicialmente presupuestados. La referencia inicial ya no nos vale porque la hemos sobrepasado, eso nos daría un grado de avance irreal del 120%, cuando aún no hemos finalizado, por lo que se necesita una nueva estimación de lo que resta para finalizar.

Supongamos una estimación para finalizar de 3 días, eso quiere decir que la nueva duración estimada es de 15 días. El grado de avance será entonces de $12/15=80\%$.

El valor ganado será el 80% del coste inicialmente presupuestado de la tarea, que era de 5.000€, siendo BCWP = 4.000€. Así tenemos que BCWS = 5.000€ y ACWP = 6.000€. Las desviaciones son CV = -2.000€ y SV = -1.000€ (vamos con retraso). Este cálculo es clave para comprender en toda su amplitud el concepto de valor ganado.

Para finalizar, la figura siguiente ilustra de forma simple la relación entre los conceptos de coste planificado, valor ganado y modelos de distribuir el coste planificado en el tiempo y medir el valor ganado:

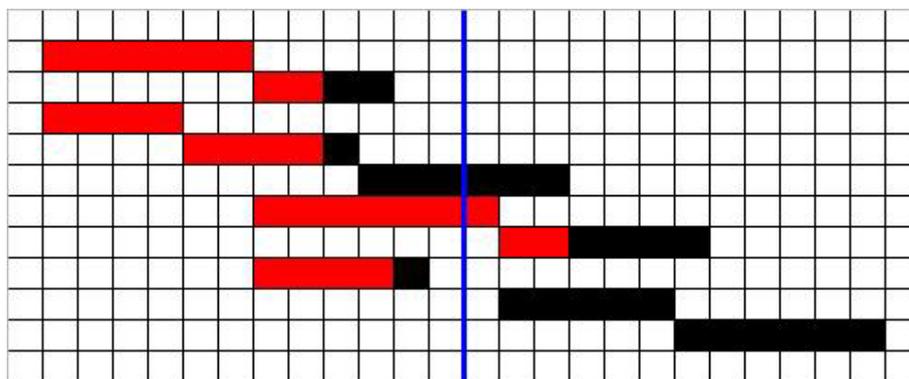


Figura 4.4: Representación de la fecha de estado y el avance.

La figura anterior representa un diagrama de Gantt en el que las barras horizontales son las tareas. La línea vertical de color azul representa la fecha de estado del proyecto. El color negro de las barras de tarea representa la planificación, mientras que el rojo representa lo que se ha hecho hasta la fecha representada por la línea azul.

El modelo de distribución es el siguiente: cada cuadrado de la rejilla que ocupan las barras de tarea representa un euro. Así pues, el coste planificado acumulado hasta la fecha marcada por la línea azul vendrá dado por la suma de todos los cuadrados, tanto negros como rojos (notar que en planificación son todos negros) que estén situados a la izquierda de la línea azul.

Son 33 cuadrados: BCWS = 33€. Eso es todo lo que se debería haber hecho según lo planificado. El valor ganado es todo lo que se ha hecho hasta la fecha y vendrá dado por la suma de todos los cuadrados de color rojo, tanto si están a la izquierda como a la derecha de la línea azul.

Notar que en algunas tareas puedo ir retrasado y en otras adelantado. Son 29 cuadraditos: BCWP = 29€. La desviación en programación es $SV = BCWP - BCWS = -4€$. El proyecto en su totalidad va con retraso.



4.4. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO

Antes de comenzar con la aplicación práctica del método, deben definirse dos cuestiones importantes:

1. ¿Cómo va a ser medido el valor ganado?
2. ¿Qué base de medida va a ser utilizada como elemento de medición?

La respuesta a la primera pregunta es sencilla: basta con utilizar las certificaciones mensuales ordinarias como medida del avance del proyecto, lo que implica, de facto, un periodo de análisis de un mes.

La respuesta a la segunda pregunta es igualmente sencilla. De los diferentes valores que aparecen recogidos en la certificación de obra se ha mostrado como más recomendable el correspondiente al presupuesto de ejecución material. De esta forma se evitará arrastrar en todas las operaciones los coeficientes de Gastos Generales, Beneficio Industrial, baja del licitador, IVA.

La empresa constructora presentará una planificación de obra la cual, una vez aprobada por la propiedad, será considerada la “línea base” del proyecto, mientras no existan modificaciones.

Debe tenerse en cuenta que esta planificación es la que ha definido el adjudicatario del concurso, y que, habitualmente, diferirá de la realizada por el redactor del proyecto, siendo la primera bastante más optimista que la segunda. En el caso que nos ocupa, la duración planificada del proyecto por parte del redactor del mismo fue de 10 meses, mientras que la ofertada en el concurso público por la empresa adjudicataria del contrato fue de 9 meses.

Esta planificación deberá ser coherente con el presupuesto del proyecto de forma que sea posible asignar, al menos, a las tareas de nivel más alto de la estructura de descomposición de los trabajos (NASA, 2010a, 2010b, 2010c), su correspondiente partida presupuestaria.

Para empezar con la aplicación del EVM, en primer lugar partimos de la estructura de descomposición de los trabajos, WBS, que constituye la herramienta esencial para definición de alcance del proyecto, y en este caso se divide el proyecto en fases.

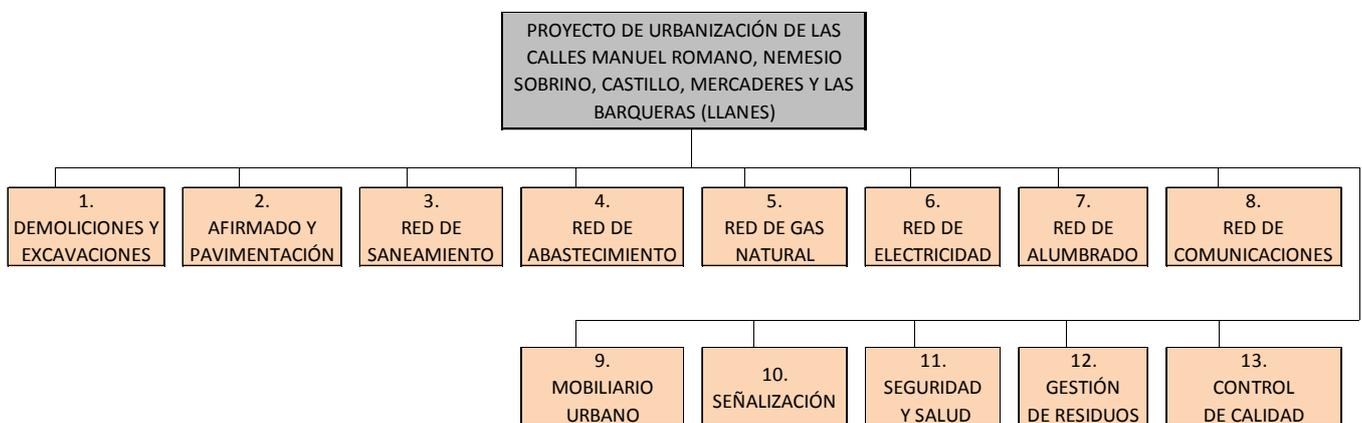


Figura 4.5: Estructura de descomposición de los trabajos (WBS) del proyecto.



Continuamos la aplicación del EVM con la planificación de los trabajos. En este caso, la siguiente figura muestra la planificación, por fases, presentada por la empresa constructora. Una vez aprobada por la propiedad, será la línea base del proyecto.

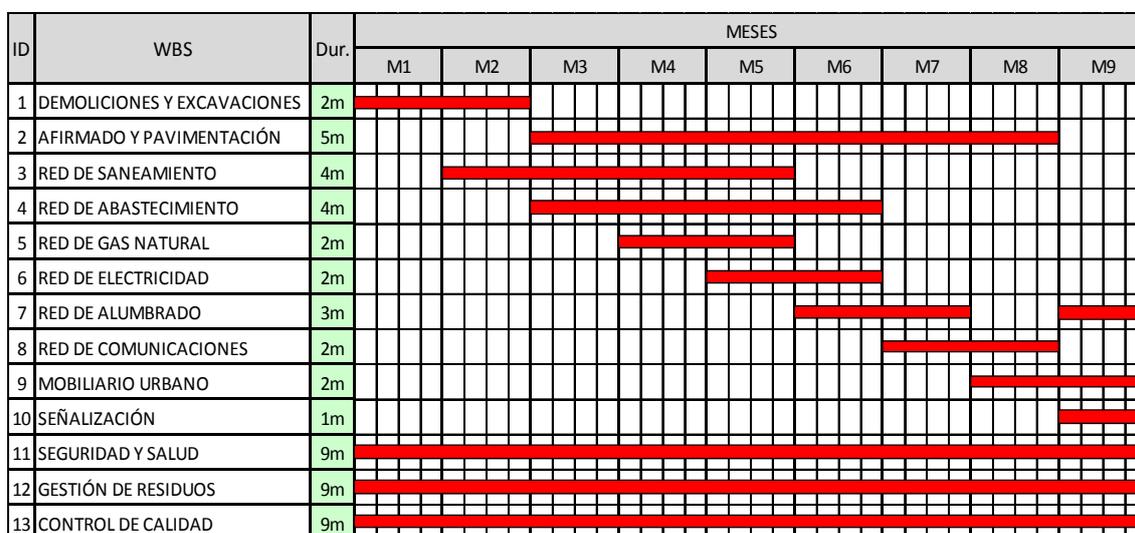


Figura 4.6: Diagrama de Gantt para la ejecución del proyecto.

Por último, la imagen siguiente muestra el resumen del presupuesto del proyecto en cuestión. Sobre este presupuesto, debería aplicarse la baja del adjudicatario del concurso público.

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE (€)	PORCENT. (%)
1	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	205.593,92	8,96%
2	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN	1.066.063,95	46,44%
3	RED DE SANEAMIENTO	217.787,31	9,49%
4	RED DE ABASTECIMIENTO	191.916,98	8,36%
5	RED DE GAS NATURAL	37.521,80	1,63%
6	RED DE ELECTRICIDAD	104.332,24	4,55%
7	RED DE ALUMBRADO	217.812,55	9,49%
8	RED DE COMUNICACIONES	90.416,60	3,94%
9	MOBILIARIO URBANO	114.747,85	5,00%
10	SEÑALIZACIÓN	2.167,33	0,09%
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72	1,44%
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00	0,28%
13	CONTROL DE CALIDAD	7.500,00	0,33%
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		2.295.450,25	100,00%

Figura 4.7: Presupuesto de ejecución material (PEM) del proyecto.

El presupuesto de cada fase se denominará BAC (Budget at Completion), y es el valor que como máximo puede alcanzar el valor ganado en cada fase del presupuesto.

A la vista de la WBS, la planificación del proyecto y del presupuesto, es posible obtener los costes presupuestados para los trabajos planificados (BCWS - Budgeted Cost of Work Scheduled) por unidad de tiempo (en este caso, un mes), sin más que dividir cada tarea en las unidades menores de tiempo que sea posible, y asignar la parte correspondiente a cada mes de obra.



Tras cada certificación mensual, es posible completar los datos en la tabla obteniendo las diferentes desviaciones, índices de ejecución y estimaciones.

Debe recordarse que las certificaciones de obra son certificaciones a origen, por lo que los datos son acumulados y para obtener el valor de cada mes deberá ser descontado lo certificado en el mes anterior.

4.5. DESARROLLO DE LA TABLA BCWS

En esta sección se indica el presupuesto desglosado y proyectado en el tiempo, y va a ser la referencia respecto de la cual se va a medir el rendimiento del proyecto. No solamente en términos de coste, sino también en términos de plazo. Se actuará según se ha explicado en el apartado anterior.

Partiendo de la anterior planificación del proyecto, presentada por la empresa constructora en forma de diagrama de Gantt, del presupuesto de ejecución material, desglosado para todas las actividades en que se ha estructurado el proyecto por medio de la estructura de descomposición de los trabajos (WBS); es posible obtener el coste presupuestado para el trabajo planificado (BCWS) por unidad de tiempo, sin más que dividir cada tarea en las unidades menores de tiempo que sea posible, y asignar la parte correspondiente a cada mes de obra.

ID	CAPÍTULO	BCWS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
1	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	205.593,92	102.797	102.797							
2	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN	1.066.063,95			177.677	177.677	177.677	177.677	177.677	177.677	
3	RED DE SANEAMIENTO	217.787,31		54.447	54.447	54.447	54.447				
4	RED DE ABASTECIMIENTO	191.916,98			47.979	47.979	47.979	47.979			
5	RED DE GAS NATURAL	37.521,80				18.761	18.761				
6	RED DE ELECTRICIDAD	104.332,24					52.166	52.166			
7	RED DE ALUMBRADO	217.812,55						72.604	72.604		72.604
8	RED DE COMUNICACIONES	90.416,60							45.208	45.208	
9	MOBILIARIO URBANO	114.747,85								57.374	57.374
10	SEÑALIZACIÓN	2.167,33									2.167
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00	722,22	722	722	722	722	722	722	722	722
13	CONTROL DE CALIDAD	7.500,00	833,33	833	833	833	833	833	833	833	833
BCWS parciales mensuales			108.029	162.476	285.336	304.096	356.263	355.659	300.722	285.492	137.378
BCWS _{CUM} mensual			108.029	270.505	555.841	859.937	1.216.200	1.571.859	1.872.581	2.158.073	2.295.450

Tabla 4.1: Coste presupuestado del trabajo planificado BCWS del proyecto.

A continuación se muestra un gráfico con la proyección mensual del coste presupuestado para el trabajo planificado (BCWS) y una curva S con dichos costes acumulados (BCWS_{CUM}):

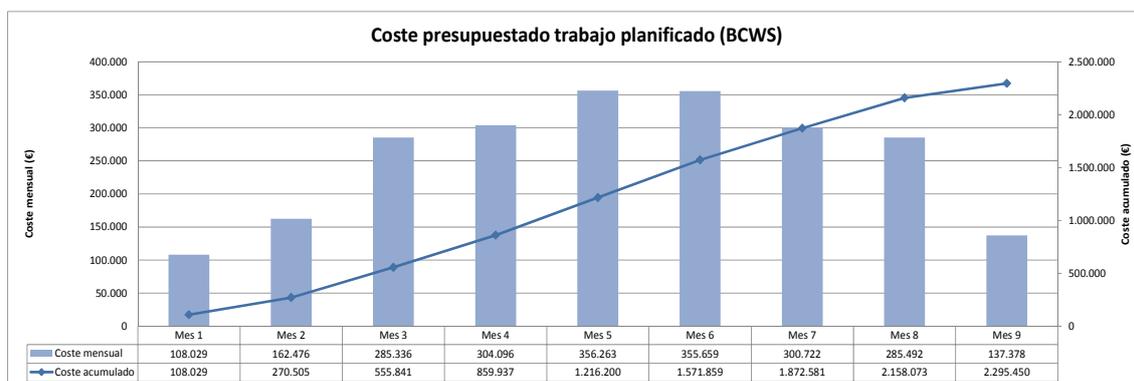


Figura 4.8: Coste presupuestado del trabajo planificado (BCWS) mensual y acumulado.



4.6. DESARROLLO DE LA TABLA ACWP

En esta sección se indica el coste realizado a la fecha de control. Se basa en el avance de las certificaciones realizadas en cada control, para este caso mensual, el coste real que se está teniendo para el avance realizado.

Cada mes se certifica el avance que ha realizado la empresa constructora en la obra, utilizando las certificaciones mensuales ordinarias como medida del avance del proyecto, obteniéndose el coste real del trabajo realizado (ACWP), que se indica en la siguiente tabla.

ID CAPÍTULO	ACWP	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1 DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	209.987,43	38.015	3.414	862	1.014	14.458	32.617	29.782	4.441	66.143	10.961	8.281	
2 AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN	1.144.552,43	7.019	30.113	76.647	58.686	114.629	195.347	60.289	267.439	178.451	27.668	96.542	31.722
3 RED DE SANEAMIENTO	197.140,03	30.313	36.564	6.767	10.957	17.284	13.275	29.333	2.439	4.916	9.484	24.541	11.266
4 RED DE ABASTECIMIENTO	201.712,70		36.229	11.800	5.964	36.413	47.516	2.142	38.839	9.863	5.846	7.099	
5 RED DE GAS NATURAL	35.050,00	917	5.139	393	2.684	8.517	3.503	13.896					
6 RED DE ELECTRICIDAD	108.034,64	25.180	10.885	14.081	13.874	3.033	16.256	16.797	5.428	1.981	521		
7 RED DE ALUMBRADO	231.340,07	1.190	2.079	5.240	8.651	6.539	20.887	2.660	16.407	66.431	67.322	19.216	14.716
8 RED DE COMUNICACIONES	82.892,62		12.803	728	443	24.719	14.490	1.630	11.286	7.942	8.853		
9 MOBILIARIO URBANO	120.565,87							4.162	6.510	3.255	20.075	55.280	31.284
10 SEÑALIZACIÓN	2.260,07										659	439	1.162
11 SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677			
12 GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00	722	722	722	722	722	722	722	722	722			
13 CONTROL DE CALIDAD	7.500,00	833	833	833	833	833	833	833	833	833			
ACWP Parciales mensuales		107.866	142.458	121.751	107.506	230.825	349.123	165.925	358.021	344.212	151.389	211.399	90.150
ACWP _{CUM} mensual		107.866	250.324	372.076	479.582	710.407	1.059.531	1.225.456	1.583.476	1.927.689	2.079.077	2.290.476	2.380.626

Tabla 4.2: Coste real del trabajo realizado ACWP del proyecto.

A continuación se muestra un gráfico con la proyección mensual del coste real para el trabajo realizado (ACWP) y una curva S con dichos costes reales acumulados (ACWP_{CUM}):

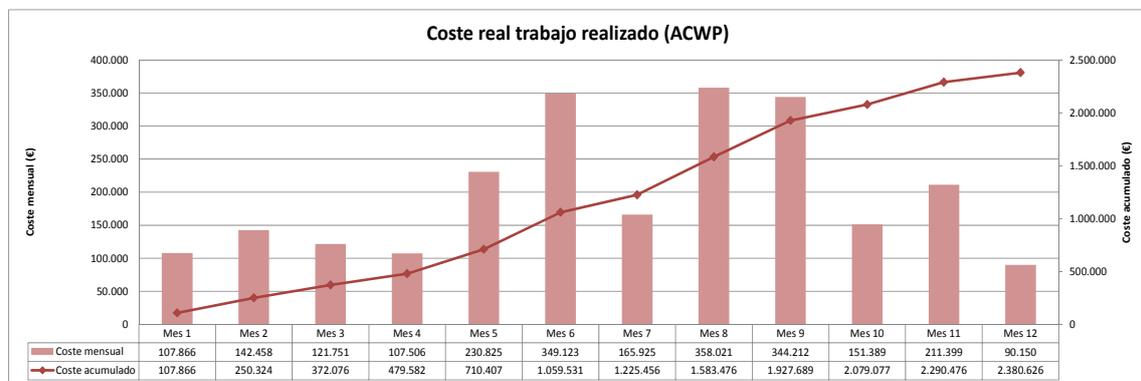


Figura 4.9: Coste real del trabajo realizado (ACWP) mensual y acumulado.

4.7. DESARROLLO DE LA TABLA BCWP

En esta sección se indica el presupuesto del trabajo realizado, que es una foto instantánea del progreso del trabajo en un momento dado del proyecto, valorado de acuerdo al coste presupuestado.

Basándose en el presupuesto desglosado de todas las actividades del proyecto y el avance real del proyecto, se distribuye el coste presupuestado de cada actividad mensualmente en función del avance mensual, es decir, por el tanto por ciento real para cada actividad.



ID CAPÍTULO	BCWP	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1 DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	205.593,92	38.015	3.414	818	970	14.062	31.782	28.992	4.309	64.517	10.653	8.061	
2 AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN	1.066.063,95	7.019	30.113	76.647	58.686	114.629	195.347	60.289	267.439	136.067	21.389	73.780	24.658
3 RED DE SANEAMIENTO	217.787,31	30.313	36.564	6.767	10.957	17.284	16.166	35.528	3.059	5.948	11.549	29.909	13.743
4 RED DE ABASTECIMIENTO	191.916,98		36.229	11.800	5.964	36.413	47.516	1.849	32.766	8.393	4.964	6.022	
5 RED DE GAS NATURAL	37.521,80	917	5.139	393	2.684	8.517	3.997	15.874					
6 RED DE ELECTRICIDAD	104.332,24	25.180	10.885	14.081	13.874	3.033	16.256	14.279	4.613	1.685	447		
7 RED DE ALUMBRADO	217.812,55	1.190	2.079	5.240	8.651	6.539	20.887	2.660	15.054	61.155	62.723	17.864	13.769
8 RED DE COMUNICACIONES	90.416,60		12.803	728	443	24.719	14.490	1.630	14.296	10.048	11.261		
9 MOBILIARIO URBANO	114.747,85							4.162	6.510	3.255	18.970	52.255	29.596
10 SEÑALIZACIÓN	2.167,33										659	439	1.069
11 SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677			
12 GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00	722	722	722	722	722	722	722	722	722			
13 CONTROL DE CALIDAD	7.500,00	833	833	833	833	833	833	833	833	833			
BCWP Parciales mensuales		107.866	142.458	121.707	107.463	230.430	351.674	170.494	353.277	296.300	142.614	188.330	82.836
BCWP_{CUM} mensual		107.866	250.324	372.032	479.494	709.924	1.061.598	1.232.092	1.585.369	1.881.670	2.024.284	2.212.614	2.295.450

Tabla 4.3: Coste presupuestado del trabajo realizado BCWP del proyecto.

A continuación se muestra un gráfico con la proyección mensual del coste presupuestado para el trabajo realizado (BCWP) y una curva S con dichos costes acumulados (BCWP_{CUM}):

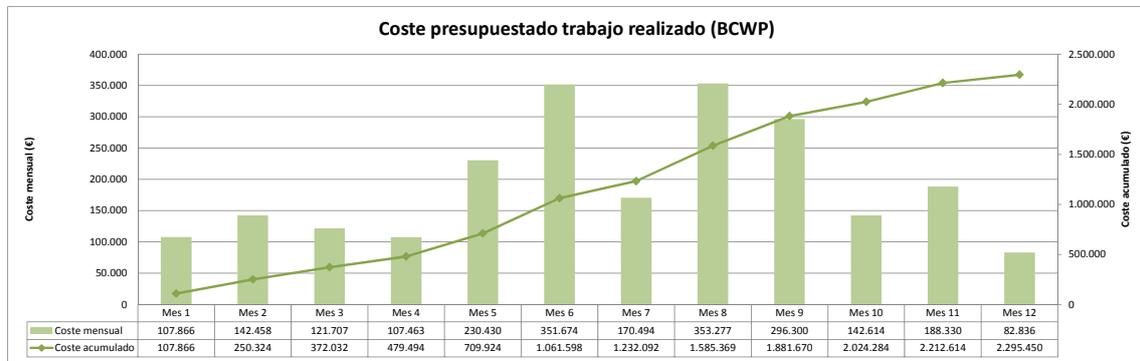


Figura 4.10: Coste presupuestado del trabajo realizado (BCWP) mensual y acumulado.

4.8. ANÁLISIS DE LOS DATOS

A partir de las tablas descritas en los apartados anteriores, se construye la tabla siguiente donde se van colocando los valores acumulados que toman los parámetros BCWS (coste presupuestado del trabajo planificado), ACWP (coste real del trabajo realizado) y BCWP (coste presupuestado del trabajo realizado) a lo largo de los meses.

A partir de los valores que toman los parámetros anteriores, se obtienen los valores que toman las desviaciones SV (desviación de la planificación) y CV (desviación del coste), así como los índices de ejecución a lo largo de los periodos de control en la vida del proyecto y se calculan la estimación a la finalización en función de los anteriores índices.

Posteriormente se crean las curvas acumuladas del coste presupuestado del trabajo planificado BCWS, coste real del trabajo realizado ACWP y coste presupuestado del trabajo realizado BCWP, sobre un gráfico de coste-tiempo. Trazándolas desde el inicio del proyecto vemos las evoluciones de las mismas a lo largo del tiempo que dura la ejecución del mismo.



CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN DEL VALOR GANADO

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	108.029	162.476	285.336	304.096	356.263	355.659	300.722	285.492	137.378	0	0	0
BCWS _{CUM}	108.029	270.505	555.841	859.937	1.216.200	1.571.859	1.872.581	2.158.073	2.295.450	2.295.450	2.295.450	2.295.450
ACWP	107.866	142.458	121.751	107.506	230.825	349.123	165.925	358.021	344.212	151.389	211.399	90.150
ACWP _{CUM}	107.866	250.324	372.076	479.582	710.407	1.059.531	1.225.456	1.583.476	1.927.689	2.079.077	2.290.476	2.380.626
BCWP	107.866	142.458	121.707	107.463	230.430	351.674	170.494	353.277	296.300	142.614	188.330	82.836
BCWP _{CUM}	107.866	250.324	372.032	479.494	709.924	1.061.598	1.232.092	1.585.369	1.881.670	2.024.284	2.212.614	2.295.450
BAC												2.295.450

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	-163	-20.181	-183.809	-380.443	-506.276	-510.261	-640.489	-572.703	-413.781	-271.167	-82.836	0
SV%	-0,15%	-7,46%	-33,07%	-44,24%	-41,63%	-32,46%	-34,20%	-26,54%	-18,03%	-11,81%	-3,61%	0,00%
CV	0	0	-44	-88	-483	2.067	6.636	1.893	-46.019	-54.793	-77.862	-85.175
CV%	0,00%	0,00%	-0,01%	-0,02%	-0,07%	0,19%	0,54%	0,12%	-2,45%	-2,71%	-3,52%	-3,71%
VAC	0	0	-271	-421	-1.563	4.469	12.364	2.741	-56.138	-62.133	-80.777	-85.175
VAC%	0,00%	0,00%	-0,01%	-0,02%	-0,07%	0,19%	0,54%	0,12%	-2,45%	-2,71%	-3,52%	-3,71%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	0,998	0,925	0,669	0,558	0,584	0,675	0,658	0,735	0,820	0,882	0,964	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,002	1,005	1,001	0,976	0,974	0,966	0,964
SCI	0,998	0,925	0,669	0,557	0,583	0,677	0,662	0,736	0,800	0,859	0,931	0,964
0.2SPI+0.8CPI	1,000	0,985	0,934	0,911	0,916	0,937	0,936	0,948	0,945	0,955	0,966	0,971
PC%	4,70%	10,91%	16,21%	20,89%	30,93%	46,25%	53,68%	69,07%	81,97%	88,19%	96,39%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	2.298.752	2.460.325	3.245.792	3.736.363	3.426.637	2.886.440	2.841.589	2.550.069	2.432.460	2.386.568	2.376.414	2.380.626
EAC _{CPI}	2.295.450	2.295.450	2.295.721	2.295.871	2.297.013	2.290.981	2.283.087	2.292.710	2.351.589	2.357.584	2.376.227	2.380.626
EAC _{SCI}	2.298.752	2.460.325	3.246.132	3.736.959	3.428.486	2.882.883	2.832.884	2.548.915	2.444.805	2.394.892	2.379.438	2.380.626
EAC _{IC}	2.296.110	2.326.427	2.431.921	2.472.134	2.440.953	2.376.854	2.361.613	2.332.601	2.365.621	2.362.935	2.376.265	2.380.626
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,994	0,997	1,125	1,253	16,653	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	0,998	0,925	0,669	0,558	0,584	0,675	0,658	0,735	0,820	0,882	0,964	1,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,002	1,005	1,001	0,976	0,974	0,966	1,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	0,998	0,925	0,669	0,557	0,583	0,677	0,662	0,736	0,800	0,859	0,931	1,000
TCPI _{EAC_{IC}}	1,000	0,985	0,934	0,911	0,916	0,937	0,936	0,948	0,945	0,955	0,966	1,000

Tabla 4.4: Parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones del proyecto.

Por otro lado, también se obtienen los valores de las variaciones de coste y de cronograma en cada control, así como los índices de rendimiento o de ejecución que serán factores que nos irán indicando la evolución del proyecto, éstos los podemos representar también en una gráfica de porcentaje-tiempo, que nos permite ver de una forma fácil la evolución de los mismos en el tiempo, como más tarde veremos.

Para facilitar el trabajo, primeramente se realizará la aplicación del método y el análisis de cada fase del proyecto, de acuerdo con la estructura de descomposición de los trabajos (WBS) del mismo, y finalmente se realizará la aplicación del método y el análisis de los resultados sobre el proyecto completo.





5. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO

5.1. INTRODUCCIÓN

Para facilitar el análisis de la aplicación del método del valor ganado al proyecto, se realiza la aplicación del método a cada una de las trece fases en las que se divide el proyecto, según la estructura de descomposición de los trabajos (WBS), agrupando en cada una de las fases las actividades que tienen características similares.

A continuación se citan las fases en las que se ha dividido el proyecto objeto de estudio:

- Fase 1: Demoliciones y excavaciones
- Fase 2: Afirmado y pavimentación
- Fase 3: Red de saneamiento
- Fase 4: Red de abastecimiento
- Fase 5: Red de gas natural
- Fase 6: Red de electricidad
- Fase 7: Red de alumbrado
- Fase 8: Red de comunicaciones
- Fase 9: Mobiliario urbano
- Fase 10: Señalización
- Fase 11: Seguridad y salud
- Fase 12: Gestión de residuos
- Fase 13: Control de calidad

Como finalidad se busca el analizar las predicciones que indica el método del valor ganado en las distintas fases del proyecto, y cuál es la fiabilidad del método a la hora de indicar los valores estimados al compararlos con los que se han obtenido realmente durante la ejecución del mismo, así como por otro lado, el encontrar la sistemática de cómo aplicar de una forma fiable el método del valor ganado a este tipo de proyectos de urbanización.

Para el desarrollo de este análisis utilizaremos la metodología anteriormente descrita para el método del valor ganado EVM. Con el análisis de cada fase, se puede componer el análisis del proyecto completo de la misma forma, creando una gráfica con las curvas BCWS, ACWP, BCWP y calculando los índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación del proyecto, así como las variaciones de coste y de planificación.

El análisis de las fases en que se ha dividido el proyecto permite poder analizar en más detalle algunas desviaciones que estén distorsionando la marcha establecida para el proyecto completo, y problemas que puedan aparecer en alguna parte del mismo y de una forma general no somos capaces de solucionar.

En este caso, se ha realizado el análisis de la aplicación por fases para realizar un estudio profundo del método del valor ganado y describir la manera de cómo aplicar esta metodología en proyectos similares al descrito.



5.2. DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con demoliciones y excavaciones necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Partiendo de las tablas BCWS, ACWP y BCWP, de acuerdo a como se ha descrito en el apartado anterior, se elabora la tabla de valores acumulados a lo largo del proyecto obteniendo todos los valores que toman los índices de ejecución y las variaciones de coste y de planificación, a partir de las cuales podemos elaborar las gráficas siguientes, por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del coste real y del valor ganado del trabajo que se ha realizado, representadas sobre un gráfico de coste-tiempo, trazándolas desde el inicio del proyecto se pueden ver las evoluciones de las mismas y valorar cómo evoluciona esta fase del proyecto.

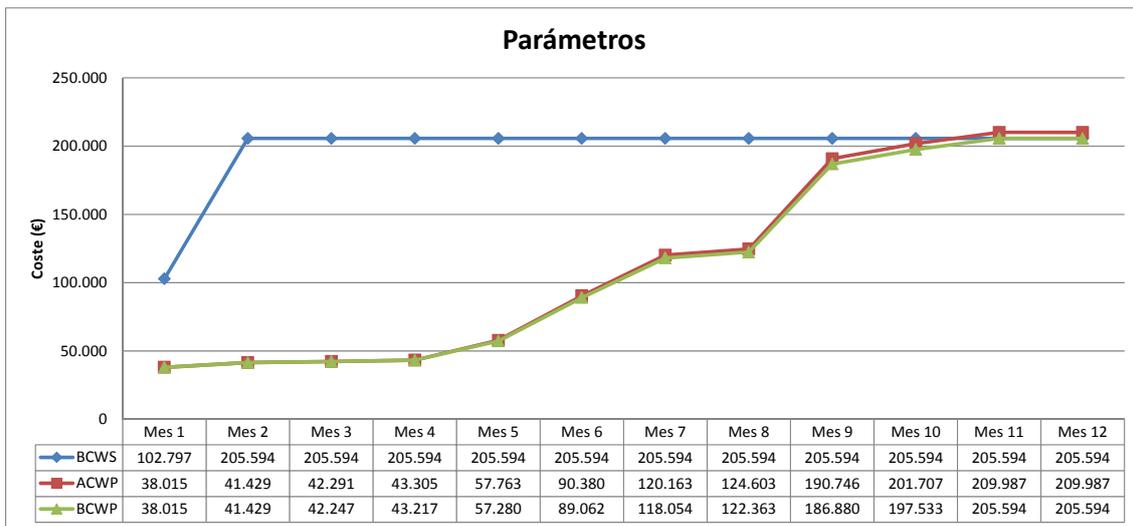


Figura 5.1: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para las demoliciones y excavaciones.

En este caso se puede observar, para la fase de demoliciones y excavaciones, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 102.797€ para el primer mes y 205.594€ para el segundo, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 2 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 38.015€ para el primer mes, 41.429€ para el segundo, 42.291€ para el tercero, 43.305€ para el cuarto, 57.763€ para el quinto, 90.380€ para el sexto, 120.163€ para el séptimo, 124.603€ para el octavo, 190.746€ para el noveno, 201.707€ para el décimo y 209.987€ para el undécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 11 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 38.015€ para el primer mes, 41.429€ para el segundo, 42.247€ para el tercero, 43.217€ para el cuarto, 57.280€ para el quinto, 89.062€ para el sexto, 118.054€ para el séptimo, 122.363€ para el octavo, 186.880€ para el noveno, 197.533€ para el décimo y 205.594€ para el undécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 11 meses.



Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de demoliciones y excavaciones ha finalizado con un retraso de 9 meses por encima de la programación, como se puede observar la curva BCWP está por debajo de la curva BCWS desde el primero hasta el undécimo mes, y ha tenido un $VAC = -4.394€$, es decir, un coste de 4.394€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por encima de la curva BCWP en el undécimo mes.

Por otro lado, la gráfica que representa las curvas de las desviaciones o variaciones del coste y de la planificación se puede observar si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control. Siguiendo las fórmulas que nos indica el método para obtener la desviación en programación $SV = BCWP - BCWS$ y $CV = BCWP - ACWP$; entonces $SV\% = SV/BCWS$ y $CV\% = CV/BCWP$.

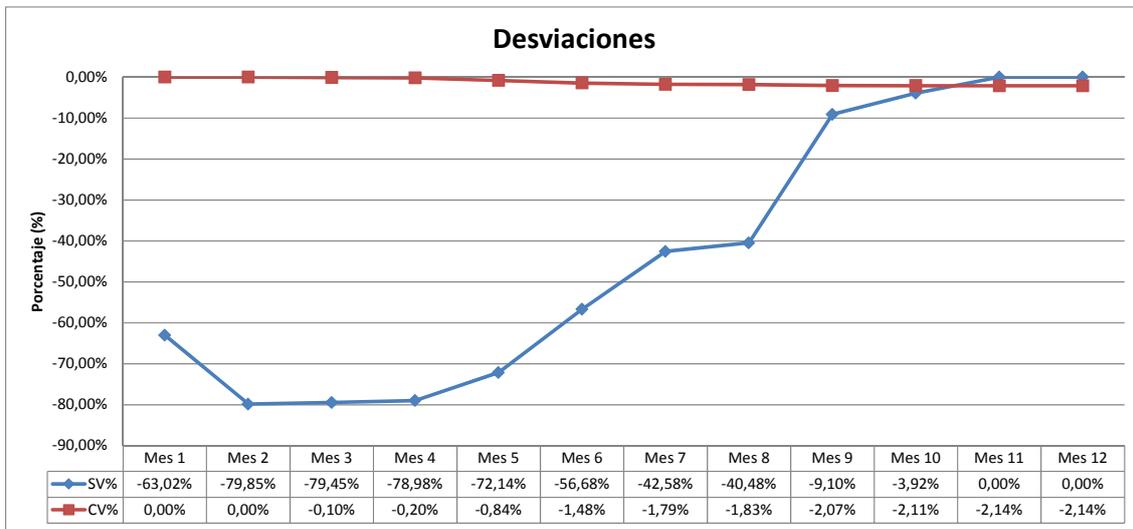


Figura 5.2: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para las demoliciones y excavaciones.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de demoliciones y excavaciones, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses del primero al undécimo, existe un retraso en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos los meses de este tramo, desde el primer mes, donde $SV\% = -63,02\%$, pasando por una desviación máxima en el segundo mes, donde $SV\% = -79,85\%$, hasta el llegar al undécimo, donde $SV\% = 0,00\%$, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 11 meses, con 9 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses primero y segundo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los dos primeros meses, donde $CV\% = 0,00\%$, pero a partir del tercer mes y hasta el undécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el tercer mes, donde $CV\% = -0,10\%$, para aumentar progresivamente hasta el undécimo mes, donde termina con un valor de $CV\% = -2,14\%$, es decir, con un sobrecoste del 2,14% sobre el coste presupuestado para los trabajos.



Asimismo, la gráfica que representa las curvas de los índices de ejecución o rendimiento SPI, CPI, SCI e IC, que nos indican las evoluciones de la planificación y el coste de esta fase del proyecto, para poder tomar en función de los valores que tomen estos índices en cada control unas determinadas medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto si fuese necesario, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

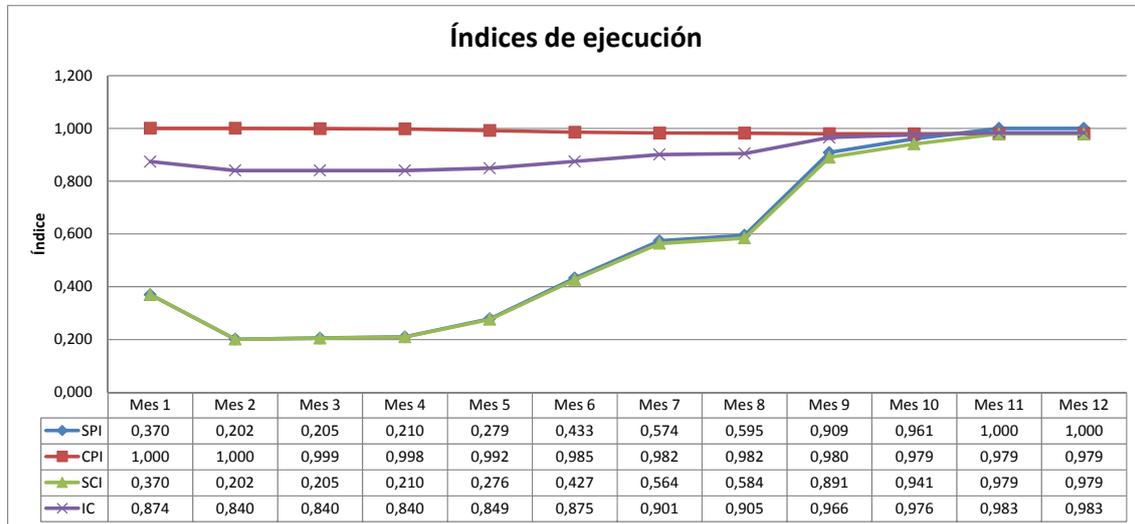


Figura 5.3: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para las demoliciones y excavaciones.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de demoliciones y excavaciones, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses del primero al undécimo, existe un retraso en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos los meses de este tramo, desde el primer mes, donde SPI=0,370, pasando por un rendimiento mínimo en el segundo mes, donde SPI=0,202, hasta el llegar al undécimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución de la fase con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses primero y segundo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los dos primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del tercer mes y hasta el undécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el tercer mes, donde CPI=0,999, para aumentar progresivamente hasta el undécimo mes, donde termina con un valor de CPI=0,979, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos.

La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.



Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, representando estas estimaciones en un gráfico de coste-tiempo, permite reflejar las expectativas acerca del proyecto, como se puede comprobar en la gráfica siguiente, en la que podemos ver valor va tomando la estimación del coste de la fase en función del índice de ejecución que utilicemos para su cálculo y con cuál de ellos obtenemos una aproximación mejor al valor final.

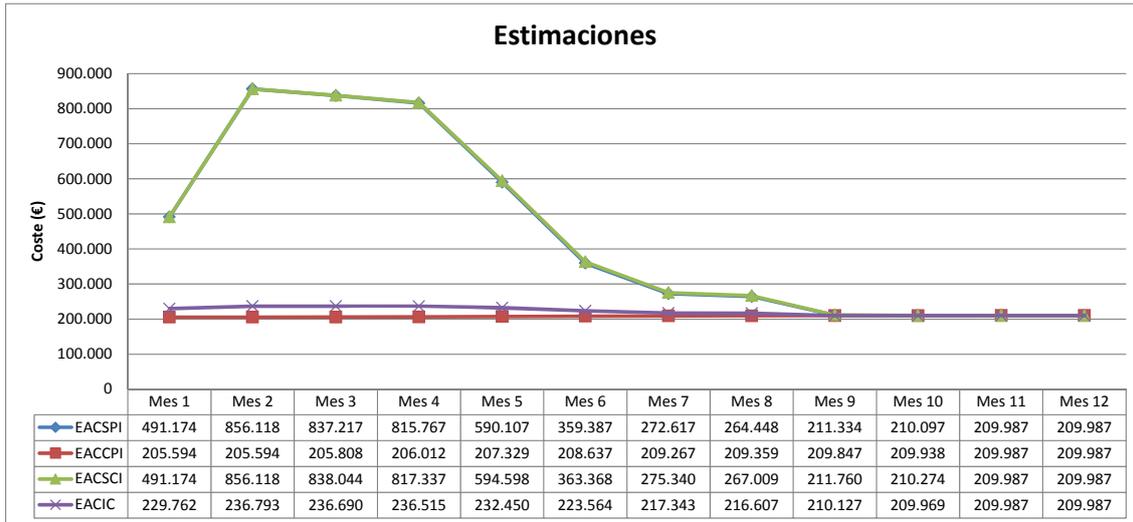


Figura 5.4: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para las demoliciones y excavaciones.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable.

Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de demoliciones y excavaciones, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	102.797	102.797	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	102.797	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594	205.594
ACWP	38.015	3.414	862	1.014	14.458	32.617	29.782	4.441	66.143	10.961	8.281	0
ACWP _{CUM}	38.015	41.429	42.291	43.305	57.763	90.380	120.163	124.603	190.746	201.707	209.987	209.987
BCWP	38.015	3.414	818	970	14.062	31.782	28.992	4.309	64.517	10.653	8.061	0
BCWP _{CUM}	38.015	41.429	42.247	43.217	57.280	89.062	118.054	122.363	186.880	197.533	205.594	205.594
BAC												205.594

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	-64.782	-164.165	-163.347	-162.377	-148.314	-116.532	-87.540	-83.231	-18.714	-8.061	0	0
SV%	-63,02%	-79,85%	-79,45%	-78,98%	-72,14%	-56,68%	-42,58%	-40,48%	-9,10%	-3,92%	0,00%	0,00%
CV	0	0	-44	-88	-483	-1.318	-2.109	-2.241	-3.866	-4.174	-4.394	-4.394
CV%	0,00%	0,00%	-0,10%	-0,20%	-0,84%	-1,48%	-1,79%	-1,83%	-2,07%	-2,11%	-2,14%	-2,14%
VAC	0	0	-214	-418	-1.735	-3.043	-3.673	-3.765	-4.253	-4.344	-4.394	-4.394
VAC%	0,00%	0,00%	-0,10%	-0,20%	-0,84%	-1,48%	-1,79%	-1,83%	-2,07%	-2,11%	-2,14%	-2,14%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	0,370	0,202	0,205	0,210	0,279	0,433	0,574	0,595	0,909	0,961	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	0,999	0,998	0,992	0,985	0,982	0,982	0,980	0,979	0,979	0,979
SCI	0,370	0,202	0,205	0,210	0,276	0,427	0,564	0,584	0,891	0,941	0,979	0,979
0.2SPI+0.8CPI	0,874	0,840	0,840	0,840	0,849	0,875	0,901	0,905	0,966	0,976	0,983	0,983
PC%	18,49%	20,15%	20,55%	21,02%	27,86%	43,32%	57,42%	59,52%	90,90%	96,08%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	491.174	856.118	837.217	815.767	590.107	359.387	272.617	264.448	211.334	210.097	209.987	209.987
EAC _{CPI}	205.594	205.594	205.808	206.012	207.329	208.637	209.267	209.359	209.847	209.938	209.987	209.987
EAC _{SCI}	491.174	856.118	838.044	817.337	594.598	363.368	275.340	267.009	211.760	210.274	209.987	209.987
EAC _{IC}	229.762	236.793	236.690	236.515	232.450	223.564	217.343	216.607	210.127	209.969	209.987	209.987
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,001	1,003	1,011	1,025	1,028	1,260	2,074	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	0,370	0,202	0,205	0,210	0,279	0,433	0,574	0,595	0,909	0,961	1,000	1,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	0,999	0,998	0,992	0,985	0,982	0,982	0,980	0,979	1,000	1,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	0,370	0,202	0,205	0,210	0,276	0,427	0,564	0,584	0,891	0,941	1,000	1,000
TCPI _{EAC_{IC}}	0,874	0,840	0,840	0,840	0,849	0,875	0,901	0,905	0,966	0,976	1,000	1,000

Tabla 5.1: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en demoliciones y excavaciones.

5.3. AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN

En esta fase se incluye la totalidad de las tareas relacionadas con del afirmado y la pavimentación necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que para el caso anterior, se realiza todo el proceso hasta llegar a representar para esta fase del proyecto una gráfica con las curvas BCWS, ACWP y BCWP y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación en esta fase del proyecto.

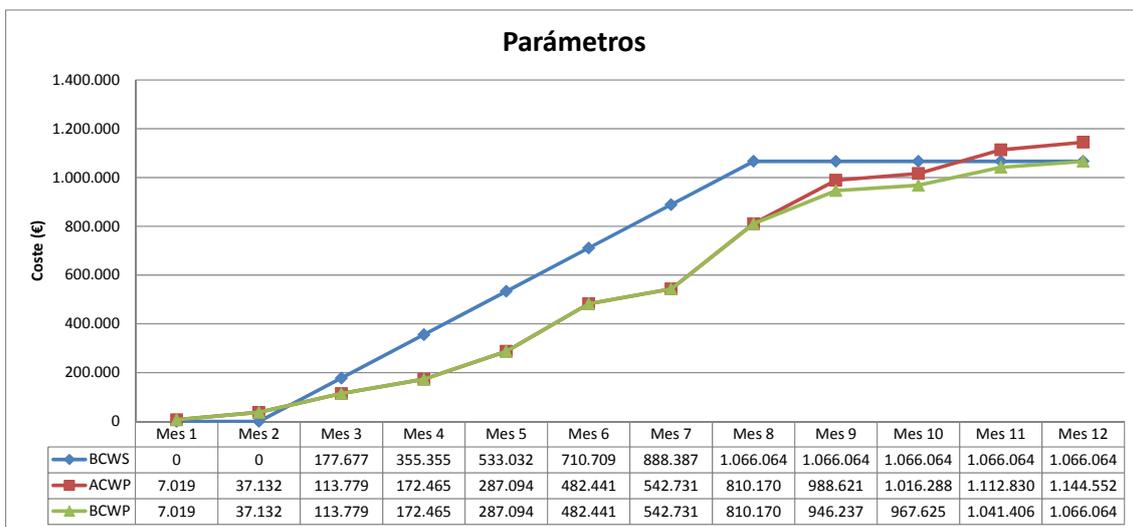


Figura 5.5: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para el afirmado y pavimentación.



En este caso se puede observar, para la fase de afirmado y pavimentación, que la curva BCWS_{CUM} indica un coste de 177.677€ para el tercer mes, 355.355€ para el cuarto, 533.032€ para el quinto, 710.709€ para el sexto, 888.387€ para el séptimo y 1.066.064€ para el octavo, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 6 meses para la misma.

Para el caso de la curva ACWP_{CUM}, ésta indica un coste de 7.019€ para el primer mes, 37.132€ para el segundo, 113.779€ para el tercero, 172.465€ para el cuarto, 287.094€ para el quinto, 482.441€ para el sexto, 542.731€ para el séptimo, 810.170€ para el octavo, 988.621€ para el noveno, 1.016.288€ para el décimo, 1.112.830€ para el undécimo y 1.144.552€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 12 meses.

En cuanto a la curva BCWP_{CUM}, ésta indica un coste de 7.019€ para el primer mes, 37.132€ para el segundo, 113.779€ para el tercero, 172.465€ para el cuarto, 287.094€ para el quinto, 482.441€ para el sexto, 542.731€ para el séptimo, 810.170€ para el octavo, 946.237€ para el noveno, 967.625€ para el décimo, 1.041.406€ para el undécimo y 1.066.064€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, con una duración de 12 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de afirmado y pavimentación ha finalizado con un retraso de 4 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 2 meses antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS los dos primeros meses para pasar a estar por debajo desde el tercero hasta el duodécimo mes, y tiene un VAC=-78.488€, es decir, un coste de 78.488€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por encima de la curva BCWP en el duodécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y de la programación se puede observar si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control. Siguiendo las fórmulas que nos indica el método para obtener la desviación en programación $SV = BCWP - BCWS$, en relación a la desviación en coste $CV = BCWP - ACWP$.

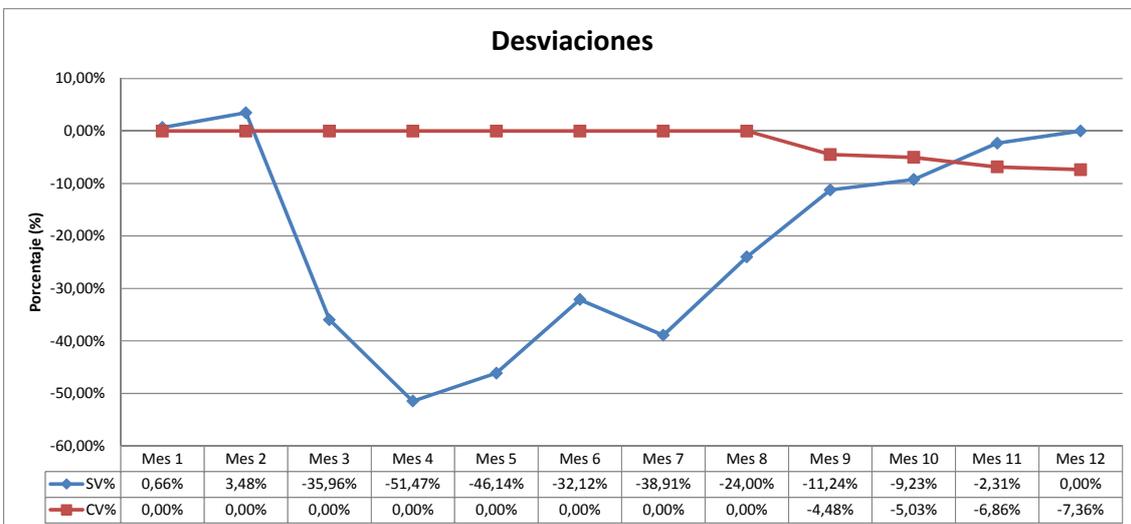


Figura 5.6: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para el afirmado y pavimentación.



En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de afirmado y pavimentación, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses primero y segundo, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores positivos en los dos primeros meses, donde SV%=0,66% para el primer mes y SV=3,48% para el segundo. La planificación comienza en el tercer mes, y es a partir de aquí y hasta el duodécimo mes, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el tercer mes, donde SV%=-35,96%, pasando por una desviación máxima en el cuarto mes, donde SV%=-51,47%, hasta el llegar al duodécimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 12 meses, con 4 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al octavo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los ocho primeros meses, siendo CV%=0,00%, pero a partir del noveno mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el noveno mes, donde CV%=-4,48%, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CV%=-7,36%, es decir, con un sobrecoste del 7,36% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Asimismo, las curvas de los índices de ejecución nos dan una clara idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto y poder tomar en función de los valores que adquieran estos índices en cada control unas determinadas medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto, si fuese necesario al estar produciéndose variaciones sobre los objetivos marcados.

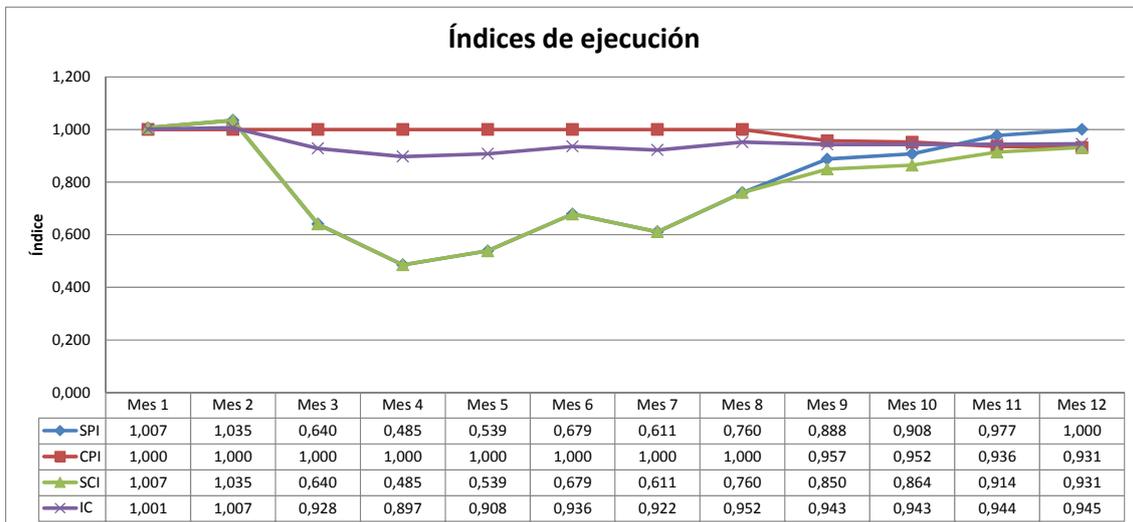


Figura 5.7: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para el afirmado y pavimentación.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de afirmado y pavimentación, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses primero y segundo, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores superiores a 1 los dos primeros meses, donde SPI=1,007 para el primer mes y SPI=1,035 para el segundo. La planificación comienza en



el tercer mes, y es a partir de este mes y hasta el duodécimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el tercer mes, donde $SPI=0,640$, pasando por un rendimiento mínimo en el cuarto mes, donde $SPI=0,485$, hasta el llegar al duodécimo, donde $SPI=1,000$, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al octavo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los ocho primeros meses, siendo $CPI=1,000$, pero a partir del noveno mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el noveno mes, donde $CPI=0,957$, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de $CPI=0,931$, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, representando estas estimaciones en un gráfico de coste-tiempo, permite reflejar las expectativas del analista acerca del proyecto, como se puede comprobar en las gráfica siguiente, en la que podemos ver valor va tomando la estimación del coste de la fase en función del índice de ejecución que utilicemos para su cálculo y con cuál de ellos obtenemos una aproximación mejor al valor final.

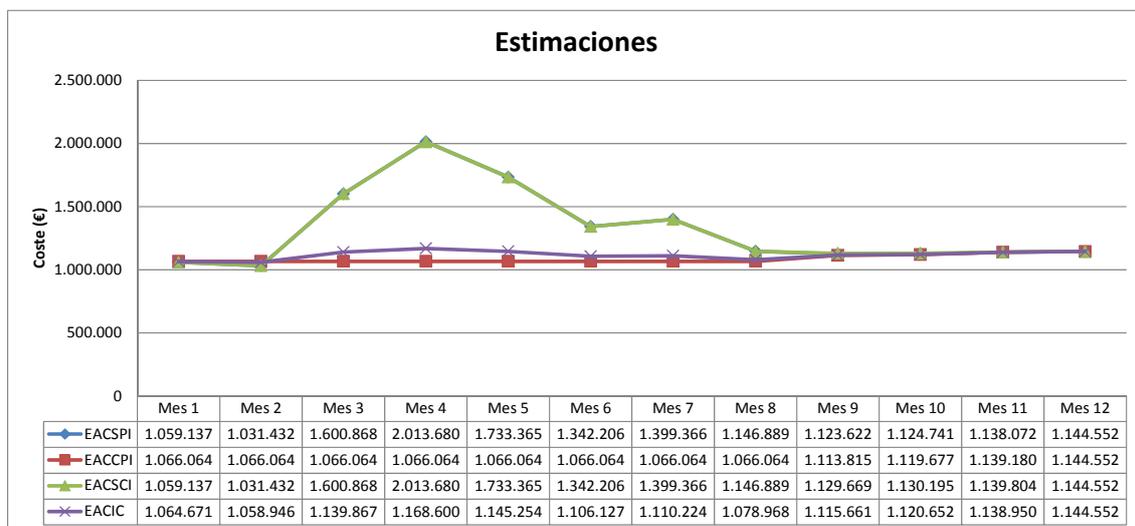


Figura 5.8: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para el afirmado y pavimentación.



Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de afirmado y pavimentación, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	177.677	177.677	177.677	177.677	177.677	177.677	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	177.677	355.355	533.032	710.709	888.387	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064
ACWP	7.019	30.113	76.647	58.686	114.629	195.347	60.289	267.439	178.451	27.668	96.542	31.722
ACWP _{CUM}	7.019	37.132	113.779	172.465	287.094	482.441	542.731	810.170	988.621	1.016.288	1.112.830	1.144.552
BCWP	7.019	30.113	76.647	58.686	114.629	195.347	60.289	267.439	136.067	21.389	73.780	24.658
BCWP _{CUM}	7.019	37.132	113.779	172.465	287.094	482.441	542.731	810.170	946.237	967.625	1.041.406	1.066.064
BAC												1.066.064

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	7.019	37.132	-63.898	-182.890	-245.938	-228.268	-345.656	-255.894	-119.827	-98.439	-24.658	0
SV%	0,66%	3,48%	-35,96%	-51,47%	-46,14%	-32,12%	-38,91%	-24,00%	-11,24%	-9,23%	-2,31%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	-42.384	-48.663	-71.425	-78.488
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-4,48%	-5,03%	-6,86%	-7,36%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	-47.751	-53.613	-73.116	-78.488
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-4,48%	-5,03%	-6,86%	-7,36%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,007	1,035	0,640	0,485	0,539	0,679	0,611	0,760	0,888	0,908	0,977	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,957	0,952	0,936	0,931
SCI	1,007	1,035	0,640	0,485	0,539	0,679	0,611	0,760	0,850	0,864	0,914	0,931
0.2SPI+0.8CPI	1,001	1,007	0,928	0,897	0,908	0,936	0,922	0,952	0,943	0,943	0,944	0,945
PC%	0,66%	3,48%	10,67%	16,18%	26,93%	45,25%	50,91%	76,00%	88,76%	90,77%	97,69%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	1.059.137	1.031.432	1.600.868	2.013.680	1.733.365	1.342.206	1.399.366	1.146.889	1.123.622	1.124.741	1.138.072	1.144.552
EAC _{CPI}	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.066.064	1.113.815	1.119.677	1.139.180	1.144.552
EAC _{SCI}	1.059.137	1.031.432	1.600.868	2.013.680	1.733.365	1.342.206	1.399.366	1.146.889	1.129.669	1.130.195	1.139.804	1.144.552
EAC _{IC}	1.064.671	1.058.946	1.139.867	1.168.600	1.145.254	1.106.127	1.110.224	1.078.968	1.115.661	1.120.652	1.138.950	1.144.552
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,547	1,978	0,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,007	1,035	0,640	0,485	0,539	0,679	0,611	0,760	0,888	0,908	0,977	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,957	0,952	0,936	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,007	1,035	0,640	0,485	0,539	0,679	0,611	0,760	0,850	0,864	0,914	0,000
TCPI _{EACIC}	1,001	1,007	0,928	0,897	0,908	0,936	0,922	0,952	0,943	0,943	0,944	0,000

Tabla 5.2: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en afirmado y pavimentación.



5.4. RED DE SANEAMIENTO

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de saneamiento que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, ACWP y BCWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

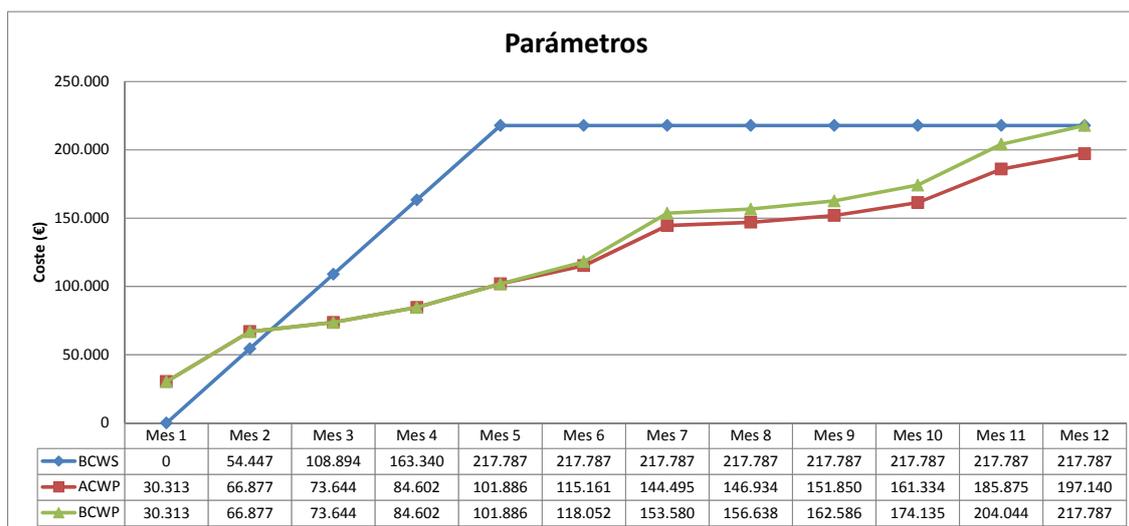


Figura 5.9: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de saneamiento.

En este caso se puede observar, para la fase de la red de saneamiento, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 54.447€ para el segundo mes, 108.894€ para el tercero, 163.340€ para el cuarto y 217.787€ para el quinto, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 4 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 30.313€ para el primer mes, 66.877€ para el segundo, 73.644€ para el tercero, 84.602€ para el cuarto, 101.886€ para el quinto, 115.161€ para el sexto, 144.495€ para el séptimo, 146.934€ para el octavo, 151.850€ para el noveno, 161.334€ para el décimo, 185.875€ para el undécimo y 197.140€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 12 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 30.313€ para el primer mes, 66.877€ para el segundo, 73.644€ para el tercero, 84.602€ para el cuarto, 101.886€ para el quinto, 118.052€ para el sexto, 153.580€ para el séptimo, 156.638€ para el octavo, 162.586€ para el noveno, 174.135€ para el décimo, 204.044€ para el undécimo y 217.787€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 12 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de saneamiento ha finalizado con un retraso de 7 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 1 mes antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la



curva BCWP está por encima de la curva BCWS los dos primeros meses para pasar a estar por debajo desde el tercero hasta el duodécimo mes, pero en cambio ha tenido un VAC=20.647€, es decir, un coste de 20.647€ por debajo del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por debajo de la curva BCWP en el duodécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

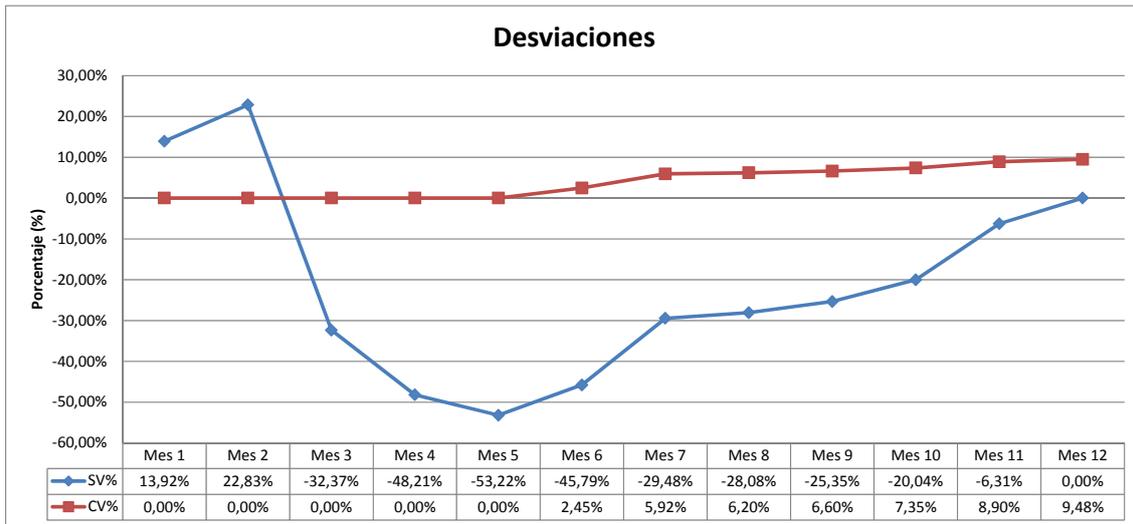


Figura 5.10: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de saneamiento.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de saneamiento, la curva de desviación de la programación SV%, para el primer mes, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valor positivo en este mes, donde SV%=13,92%. La planificación comienza en el segundo mes, y aquí también nos indica que vamos adelantados, ya que la curva SV% toma un valor positivo, siendo SV%=22,83%, pero a partir del tercer mes y hasta el duodécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el tercer mes, donde SV%=-32,37%, pasando por una desviación máxima en el quinto mes, donde SV%=-53,22%, hasta el llegar al duodécimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 12 meses, con 7 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al quinto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los cinco primeros meses, donde CV%=0,00%, pero a partir del sexto mes y hasta el duodécimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CV% toma valores positivos en todos estos meses, desde el sexto mes, donde CV%=2,45%, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CV%=9,48%, es decir, con un coste del 9,48% inferior al presupuestado para los trabajos.



Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

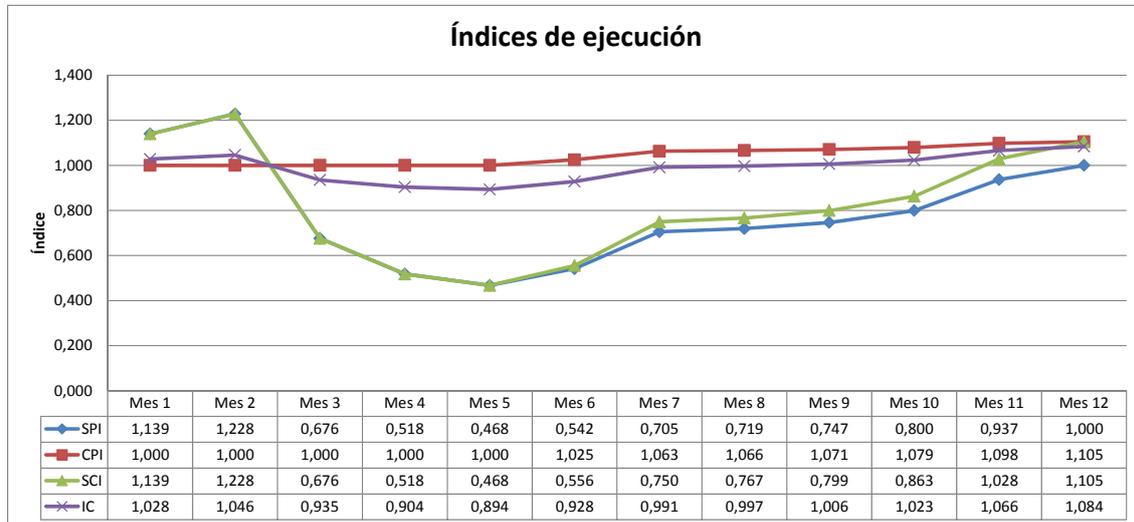


Figura 5.11: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de saneamiento.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de la red de saneamiento, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para el primer mes, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valor superior a 1 en este mes, siendo SPI=1,139. La planificación comienza en el segundo mes, y aquí también nos indica que vamos adelantados, ya que la curva SPI toma un valor superior a 1, siendo SPI=1,228, pero a partir del tercer mes y hasta el duodécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el tercer mes, donde SPI=0,676, pasando por un rendimiento mínimo en el quinto mes, donde SPI=0,468, hasta el llegar al duodécimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al quinto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los cinco primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del sexto mes y hasta el duodécimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CPI toma valores superiores a 1 en todos estos meses, desde el sexto mes, donde CPI=1,025, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CPI=1,105, es decir, con ahorro de costes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.



Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

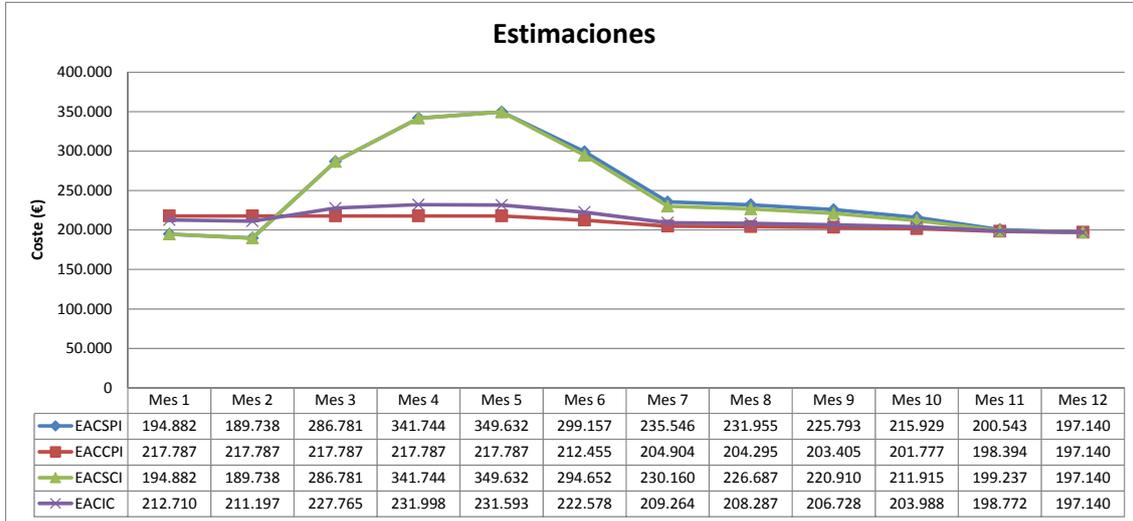


Figura 5.12: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de saneamiento.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plazo, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de saneamiento, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	54.447	54.447	54.447	54.447	0	0	0	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	54.447	108.894	163.340	217.787	217.787	217.787	217.787	217.787	217.787	217.787	217.787
ACWP	30.313	36.564	6.767	10.957	17.284	13.275	29.333	2.439	4.916	9.484	24.541	11.266
ACWP _{CUM}	30.313	66.877	73.644	84.602	101.886	115.161	144.495	146.934	151.850	161.334	185.875	197.140
BCWP	30.313	36.564	6.767	10.957	17.284	16.166	35.528	3.059	5.948	11.549	29.909	13.743
BCWP _{CUM}	30.313	66.877	73.644	84.602	101.886	118.052	153.580	156.638	162.586	174.135	204.044	217.787
BAC												217.787

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	30.313	12.431	-35.250	-78.739	-115.901	-99.735	-64.208	-61.149	-55.201	-43.652	-13.743	0
SV%	13,92%	22,83%	-32,37%	-48,21%	-53,22%	-45,79%	-29,48%	-28,08%	-25,35%	-20,04%	-6,31%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	2.891	9.085	9.704	10.737	12.801	18.170	20.647
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,45%	5,92%	6,20%	6,60%	7,35%	8,90%	9,48%
VAC	0	0	0	0	0	5.333	12.883	13.493	14.382	16.010	19.393	20.647
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,45%	5,92%	6,20%	6,60%	7,35%	8,90%	9,48%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,139	1,228	0,676	0,518	0,468	0,542	0,705	0,719	0,747	0,800	0,937	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,025	1,063	1,066	1,071	1,079	1,098	1,105
SCI	1,139	1,228	0,676	0,518	0,468	0,556	0,750	0,767	0,799	0,863	1,028	1,105
0.2SPI+0.8CPI	1,028	1,046	0,935	0,904	0,894	0,928	0,991	0,997	1,006	1,023	1,066	1,084
PC%	13,92%	30,71%	33,81%	38,85%	46,78%	54,21%	70,52%	71,92%	74,65%	79,96%	93,69%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	194.882	189.738	286.781	341.744	349.632	299.157	235.546	231.955	225.793	215.929	200.543	197.140
EAC _{CPI}	217.787	217.787	217.787	217.787	217.787	212.455	204.904	204.295	203.405	201.777	198.394	197.140
EAC _{SCI}	194.882	189.738	286.781	341.744	349.632	294.652	230.160	226.687	220.910	211.915	199.237	197.140
EAC _{IC}	212.710	211.197	227.765	231.998	231.593	222.578	209.264	208.287	206.728	203.988	198.772	197.140
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,972	0,876	0,863	0,837	0,773	0,431	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,139	1,228	0,676	0,518	0,468	0,542	0,705	0,719	0,747	0,800	0,937	1,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,025	1,063	1,066	1,071	1,079	1,098	1,000
TCPI _{EACSCI}	1,139	1,228	0,676	0,518	0,468	0,556	0,750	0,767	0,799	0,863	1,028	1,000
TCPI _{EACIC}	1,028	1,046	0,935	0,904	0,894	0,928	0,991	0,997	1,006	1,023	1,066	1,000

Tabla 5.3: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de saneamiento.

5.5. RED DE ABASTECIMIENTO

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de abastecimiento que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

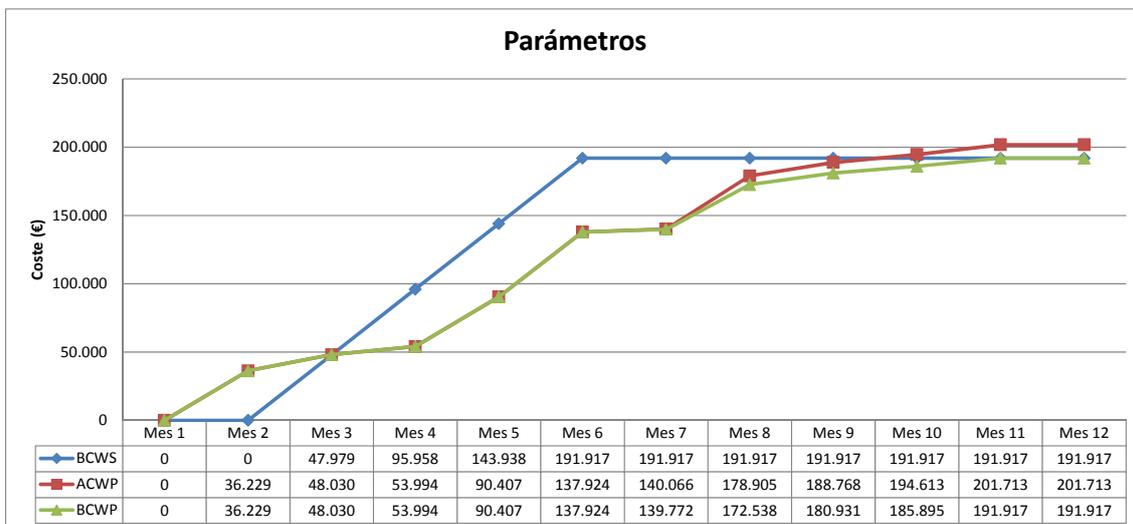


Figura 5.13: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de abastecimiento.



En este caso se puede observar, para la fase de la red de abastecimiento, que la curva BCWS_{CUM} indica un coste de 47.979€ para el tercer mes, 95.958€ para el cuarto, 143.938€ para el quinto y 191.917€ para el sexto, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 4 meses para la misma.

Para el caso de la curva ACWP_{CUM}, ésta indica un coste de 36.229€ para el segundo mes, 48.030€ para el tercero, 53.994€ para el cuarto, 90.407€ para el quinto, 137.924€ para el sexto, 140.066€ para el séptimo, 178.905€ para el octavo, 188.768€ para el noveno, 194.613€ para el décimo y 201.713€ para el undécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 10 meses.

En cuanto a la curva BCWP_{CUM}, ésta indica un coste de 36.229€ para el segundo mes, 48.030€ para el tercero, 53.994€ para el cuarto, 90.407€ para el quinto, 137.924€ para el sexto, 139.772€ para el séptimo, 172.538€ para el octavo, 180.931€ para el noveno, 185.895€ para el décimo y 191.917€ para el undécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 10 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de abastecimiento ha finalizado con un retraso de 5 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 1 mes antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS el segundo y tercer mes para pasar a estar por debajo desde el cuarto hasta el undécimo mes, y ha tenido un VAC=-9.976€, es decir, un coste de 9.976€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por encima de la curva BCWP en el undécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

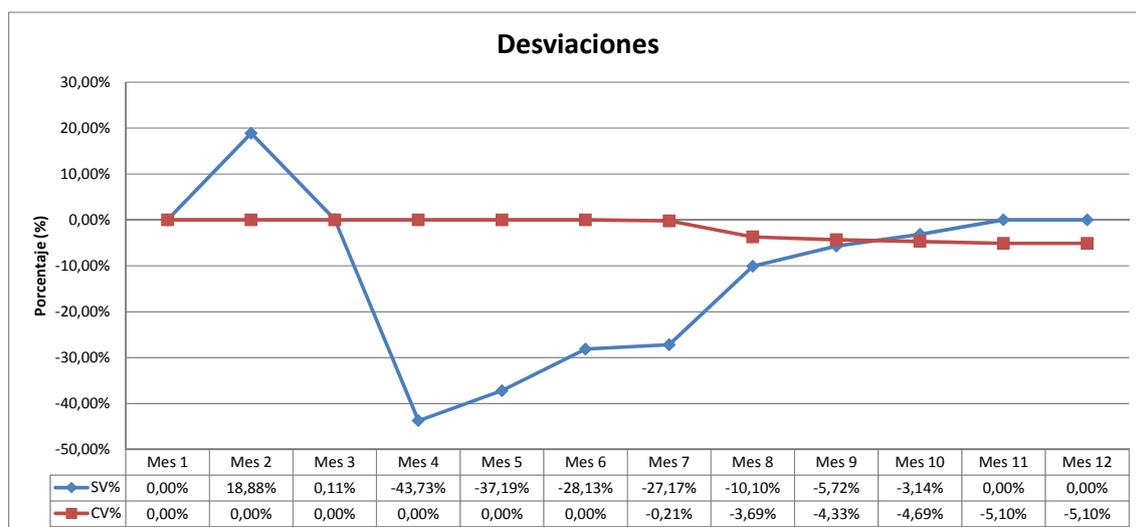


Figura 5.14: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de abastecimiento.



En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de abastecimiento, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, en el primer no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma un valor nulo en este mes, siendo SV%=0,00%. En el segundo mes empieza la ejecución pero no existe planificación, y entonces la curva SV% toma un valor positivo para este mes, siendo SV%=18,88%. La planificación comienza en el tercer mes, y aquí también nos indica que vamos ligeramente adelantados, ya que la curva SV% toma un valor positivo, siendo SV%=0,11%, pero a partir del cuarto mes y hasta el undécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el cuarto mes, donde SV%=-43,73%, siendo ésta la desviación máxima, hasta el llegar al undécimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 10 meses, con 5 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al sexto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los seis primeros meses, donde CV%=0,00%, pero a partir del séptimo mes y hasta el undécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el séptimo mes, donde CV%=-0,21%, para aumentar progresivamente hasta el undécimo mes, donde termina con un valor de CV%=-5,10%, es decir, con un sobrecoste del 5,10% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

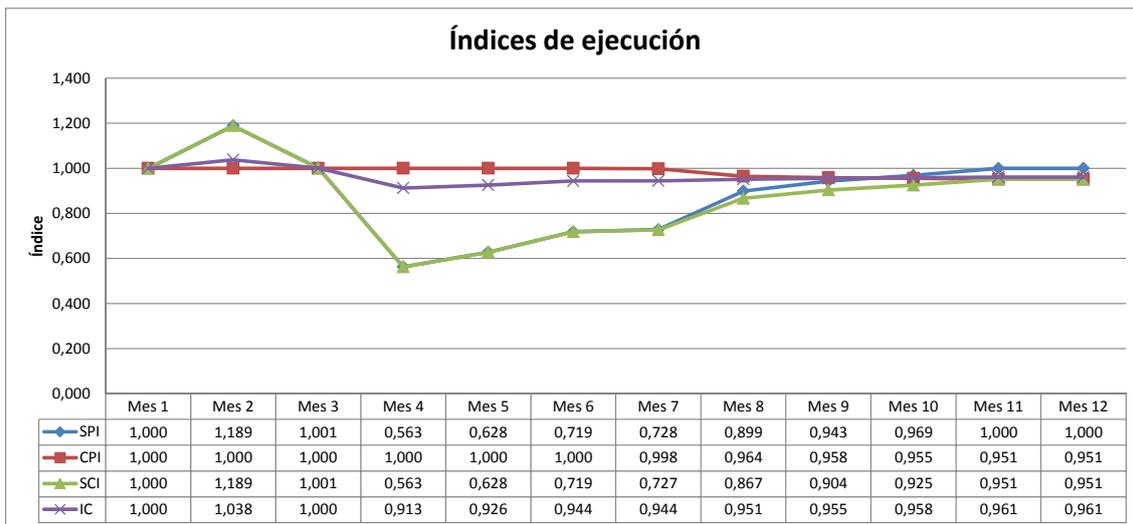


Figura 5.15: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de abastecimiento.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de la red de abastecimiento, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, en el primer no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la



curva SPI toma un valor igual a 1 en este mes, siendo SPI=1,000. En el segundo mes empieza la ejecución pero no existe planificación, y entonces la curva SPI toma un superior a 1 para este mes, siendo SPI=1,189. La planificación comienza en el tercer mes, y aquí también nos indica que vamos ligeramente adelantados, ya que la curva SPI toma un valor superior a 1, siendo SPI=1,001, pero a partir del cuarto mes y hasta el undécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el cuarto mes, donde SPI=0,563, siendo éste el rendimiento mínimo, hasta el llegar al undécimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para el primer mes, para los meses del primero al sexto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los seis primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del séptimo mes y hasta el undécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el séptimo mes, donde CPI=0,998, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CPI=0,951, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

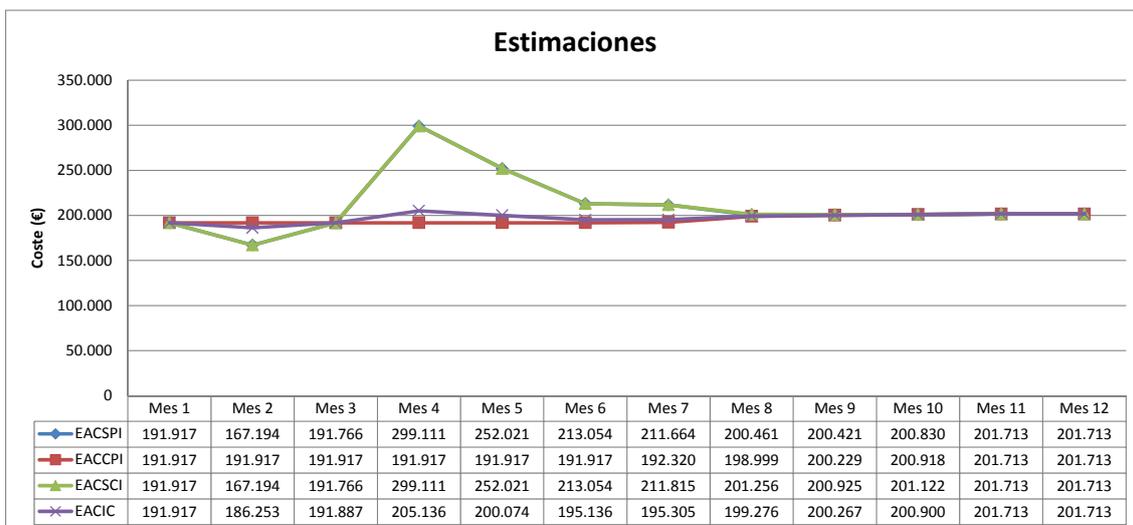


Figura 5.16: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de abastecimiento.



Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de abastecimiento, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	47.979	47.979	47.979	47.979	0	0	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	47.979	95.958	143.938	191.917	191.917	191.917	191.917	191.917	191.917	191.917
ACWP	0	36.229	11.800	5.964	36.413	47.516	2.142	38.839	9.863	5.846	7.099	0
ACWP _{CUM}	0	36.229	48.030	53.994	90.407	137.924	140.066	178.905	188.768	194.613	201.713	201.713
BCWP	0	36.229	11.800	5.964	36.413	47.516	1.849	32.766	8.393	4.964	6.022	0
BCWP _{CUM}	0	36.229	48.030	53.994	90.407	137.924	139.772	172.538	180.931	185.895	191.917	191.917
BAC												191.917

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	36.229	51	-41.964	-53.530	-53.993	-52.145	-19.379	-10.986	-6.022	0	0
SV%	0,00%	18,88%	0,11%	-43,73%	-37,19%	-28,13%	-27,17%	-10,10%	-5,72%	-3,14%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	-294	-6.367	-7.837	-8.718	-9.796	-9.796
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,21%	-3,69%	-4,33%	-4,69%	-5,10%	-5,10%
VAC	0	0	0	0	0	0	-404	-7.082	-8.312	-9.001	-9.796	-9.796
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,21%	-3,69%	-4,33%	-4,69%	-5,10%	-5,10%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,189	1,001	0,563	0,628	0,719	0,728	0,899	0,943	0,969	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,964	0,958	0,955	0,951	0,951
SCI	1,000	1,189	1,001	0,563	0,628	0,719	0,727	0,867	0,904	0,925	0,951	0,951
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,038	1,000	0,913	0,926	0,944	0,944	0,951	0,955	0,958	0,961	0,961
PC%	0,00%	18,88%	25,03%	28,13%	47,11%	71,87%	72,83%	89,90%	94,28%	96,86%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	191.917	167.194	191.766	299.111	252.021	213.054	211.664	200.461	200.421	200.830	201.713	201.713
EAC _{CPI}	191.917	191.917	191.917	191.917	191.917	191.917	192.320	198.999	200.229	200.918	201.713	201.713
EAC _{SCI}	191.917	167.194	191.766	299.111	252.021	213.054	211.815	201.256	200.925	201.122	201.713	201.713
EAC _{IC}	191.917	186.253	191.887	205.136	200.074	195.136	195.305	199.276	200.267	200.900	201.713	201.713
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,006	1,489	3,488	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,000	1,189	1,001	0,563	0,628	0,719	0,728	0,899	0,943	0,969	0,000	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,964	0,958	0,955	0,000	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,000	1,189	1,001	0,563	0,628	0,719	0,727	0,867	0,904	0,925	0,000	0,000
TCPI _{EACIC}	1,000	1,038	1,000	0,913	0,926	0,944	0,944	0,951	0,955	0,958	0,000	0,000

Tabla 5.4: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de abastecimiento.



5.6. RED DE GAS NATURAL

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de gas natural que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, ACWP y BCWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

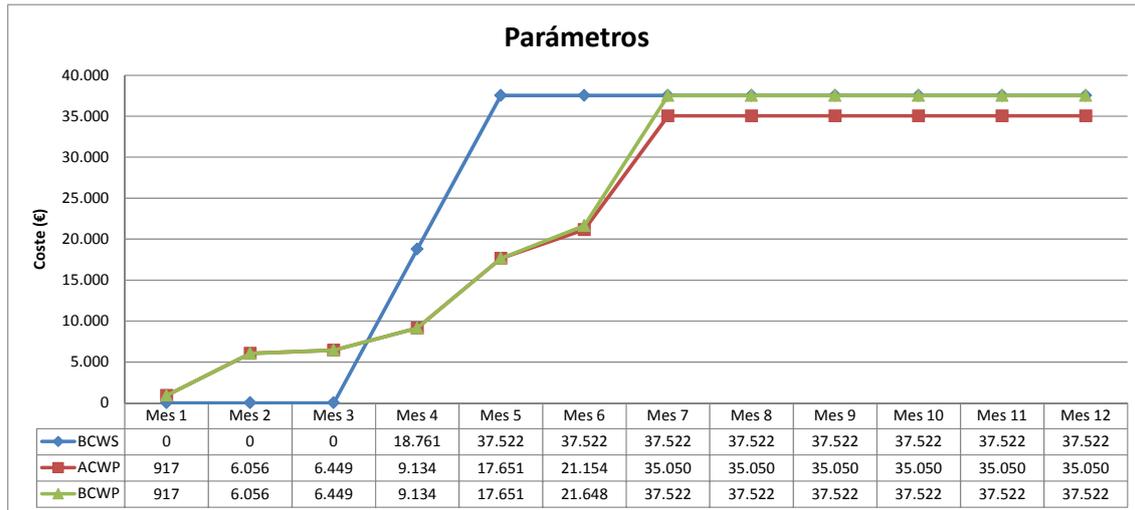


Figura 5.17: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de gas natural.

En este caso se puede observar, para la fase de la red de gas natural, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 18.761€ para el cuarto mes y 37.522€ para el quinto, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 2 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 917€ para el primer mes, 6.056€ para el segundo, 6.449€ para el tercero, 9.134€ para el cuarto, 17.651€ para el quinto, 21.154€ para el sexto y 35.050€ para el séptimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 7 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 917€ para el primer mes, 6.056€ para el segundo, 6.449€ para el tercero, 9.134€ para el cuarto, 17.651€ para el quinto, 21.648€ para el sexto y 37.522€ para el séptimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 7 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de gas ha finalizado con un retraso de 2 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 3 meses antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS los tres primeros meses para pasar a estar por debajo desde el cuarto hasta el séptimo mes, pero en cambio ha tenido un $VAC=2.472€$, es decir, un



coste de 2.472€ por debajo del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por debajo de la curva BCWP en el séptimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

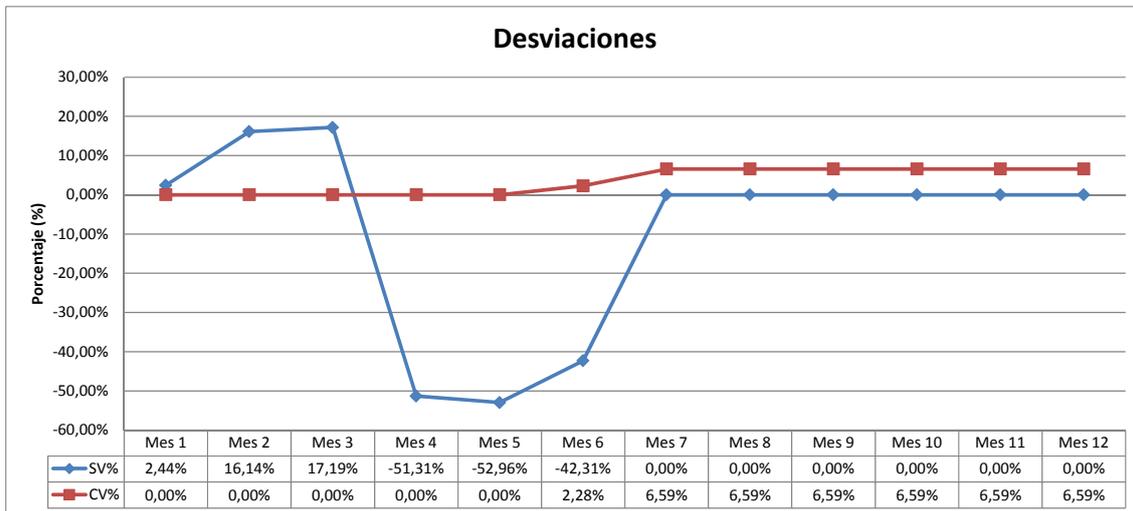


Figura 5.18: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de gas natural.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de gas natural, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los tres primeros meses, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores positivos en estos tres primeros meses, siendo SV%=2,44 para el primer mes hasta llegar a SV%=17,19% para el tercero. La planificación comienza en el cuarto mes, y es a partir este mes y hasta el séptimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el cuarto mes, donde SV%=-51,31%, pasando por una desviación máxima en el quinto mes, donde SV%=-52,96%, hasta el llegar al séptimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 7 meses, con 2 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al quinto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los cinco primeros meses, siendo CV%=0,00%, pero a partir del sexto mes y hasta el séptimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CV% toma valores positivos en todos estos meses, desde el sexto mes, donde CV%=2,28%, para aumentar hasta llegar al séptimo mes, donde termina con un valor de CV%=6,59%, es decir, con un coste del 6,59% inferior al presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto



que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

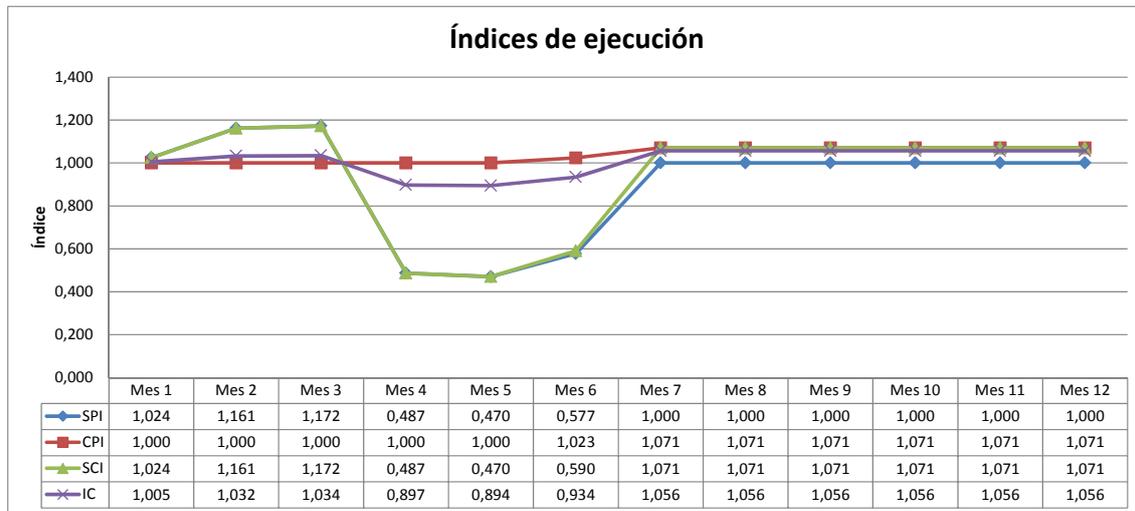


Figura 5.19: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de gas natural.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de la red de gas natural, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los tres primeros meses, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores superiores a 1 en estos meses, siendo SPI=1,024 para el primer mes hasta llegar a SPI=1,172 para el tercero. La planificación comienza en el cuarto mes, y es a partir de este mes y hasta el séptimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el cuarto mes, donde SPI=0,487, pasando por un rendimiento mínimo en el quinto mes, donde SPI=0,470, hasta el llegar al séptimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al quinto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los cinco primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del sexto mes y hasta el séptimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CPI toma valores superiores a 1 en todos estos meses, desde el sexto mes, donde CPI=1,023, para aumentar hasta llegar al séptimo mes, donde termina con un valor de CPI=1,071, es decir, con ahorro de costes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del



proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

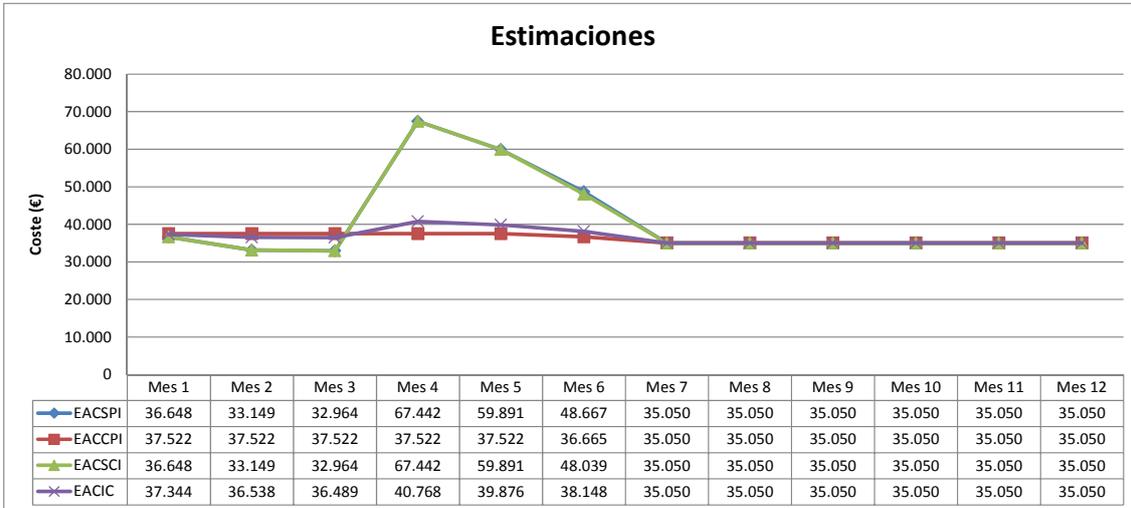


Figura 5.20: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de gas natural.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plazo, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de gas natural, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	18.761	18.761	0	0	0	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	18.761	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522
ACWP	917	5.139	393	2.684	8.517	3.503	13.896	0	0	0	0	0
ACWP _{CUM}	917	6.056	6.449	9.134	17.651	21.154	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050
BCWP	917	5.139	393	2.684	8.517	3.997	15.874	0	0	0	0	0
BCWP _{CUM}	917	6.056	6.449	9.134	17.651	21.648	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522
BAC												37.522

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	917	6.056	6.449	-9.627	-19.871	-15.874	0	0	0	0	0	0
SV%	2,44%	16,14%	17,19%	-51,31%	-52,96%	-42,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	494	2.472	2.472	2.472	2.472	2.472	2.472
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,28%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%
VAC	0	0	0	0	0	857	2.472	2.472	2.472	2.472	2.472	2.472
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,28%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%	6,59%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,024	1,161	1,172	0,487	0,470	0,577	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,023	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071
SCI	1,024	1,161	1,172	0,487	0,470	0,590	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071	1,071
0.2SPI+0.8CPI	1,005	1,032	1,034	0,897	0,894	0,934	1,056	1,056	1,056	1,056	1,056	1,056
PC%	2,44%	16,14%	17,19%	24,34%	47,04%	57,69%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	36.648	33.149	32.964	67.442	59.891	48.667	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050
EAC _{CPI}	37.522	37.522	37.522	37.522	37.522	36.665	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050
EAC _{SCI}	36.648	33.149	32.964	67.442	59.891	48.039	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050
EAC _{IC}	37.344	36.538	36.489	40.768	39.876	38.148	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050	35.050
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,024	1,161	1,172	0,487	0,470	0,577	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,024	1,161	1,172	0,487	0,470	0,590	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACIC}	1,005	1,032	1,034	0,897	0,894	0,934	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.5: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de gas natural.

5.7. RED DE ELECTRICIDAD

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de electricidad que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

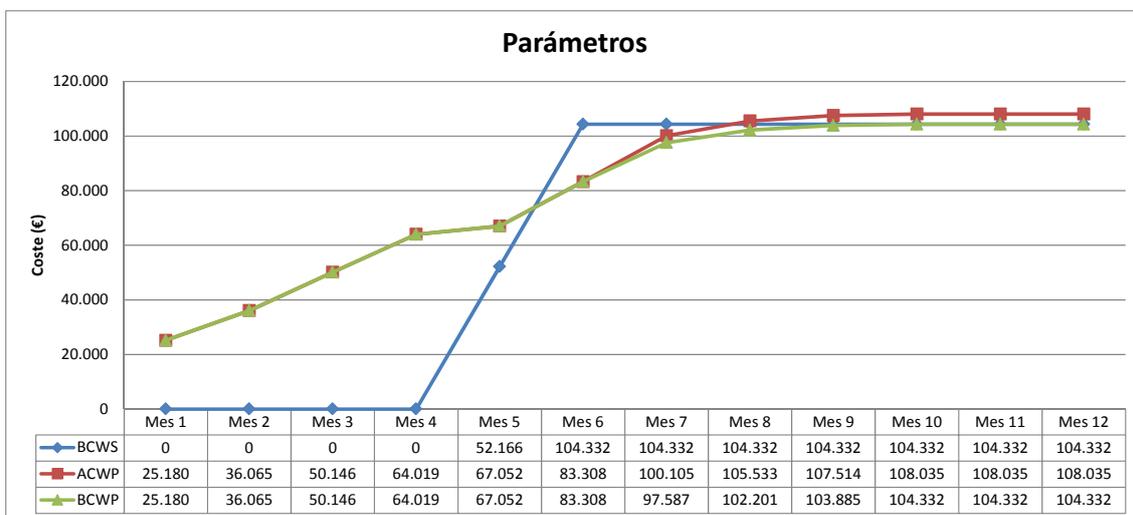


Figura 5.21: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de electricidad.



En este caso se puede observar, para la fase de la red de electricidad, que la curva del $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 52.166€ para el quinto mes y 104.332€ para el sexto, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 2 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 25.180€ para el primer mes, 36.065€ para el segundo, 50.146€ para el tercero, 64.019€ para el cuarto, 67.052€ para el quinto, 83.308€ para el sexto, 100.105€ para el séptimo, 105.533€ para el octavo, 107.514€ para el noveno y 108.035€ para el décimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 10 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 25.180€ para el primer mes, 36.065€ para el segundo, 50.146€ para el tercero, 64.019€ para el cuarto, 67.052€ para el quinto, 83.308€ para el sexto, 97.587€ para el séptimo, 102.201€ para el octavo, 103.885€ para el noveno y 104.332€ para el décimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 10 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de electricidad ha finalizado con un retraso de 4 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 4 meses antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva $BCWP$ está por encima de la curva $BCWS$ los cinco primeros meses para pasar a estar por debajo desde el sexto hasta el décimo mes, y ha tenido un $VAC=-3.702€$, es decir, un coste de 3.702€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva $ACWP$ finaliza por encima de la curva $BCWP$ en el décimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

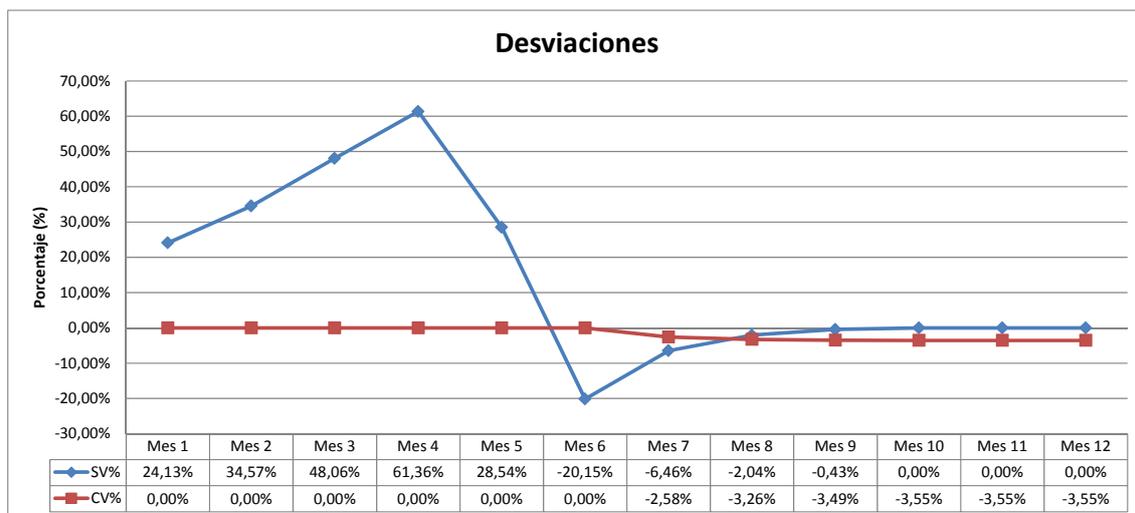


Figura 5.22: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de electricidad.



En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de electricidad, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses del primero al quinto, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores positivos estos meses, desde SV%=24,13% en el primer mes hasta SV%=28,54% en el quinto, pero a partir del sexto mes y hasta el décimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el sexto mes, donde SV%=-20,15%, que además es la desviación máxima, hasta el llegar al décimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 10 meses, con 4 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al sexto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los seis primeros meses, siendo CV%=0,00%, pero a partir del séptimo mes y hasta el décimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el séptimo mes, donde CV%=-2,58%, para aumentar progresivamente hasta el décimo mes, donde termina con un valor de CV%=-3,55%, es decir, con un sobrecoste del 3,55% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

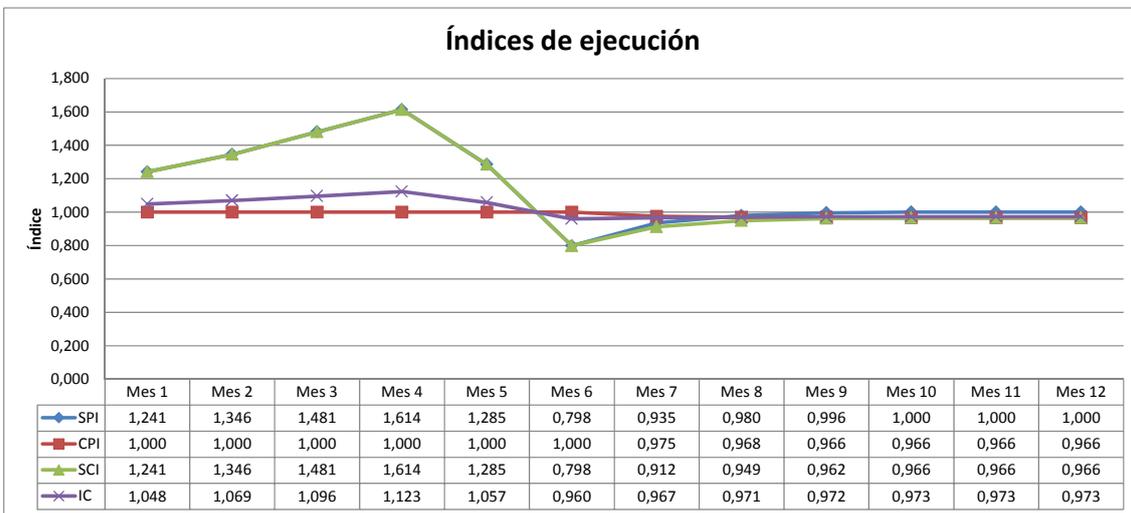


Figura 5.23: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de electricidad.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de la red de electricidad, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses del primero al quinto, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores superiores a 1 en estos meses, desde SPI=1,241 en el primer mes hasta SPI=1,285 en el quinto, pero a partir del sexto mes y hasta el décimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos



estos meses, desde el sexto mes, donde SPI=0,798, que además es el rendimiento mínimo, hasta el llegar al décimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al sexto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los seis primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del séptimo mes y hasta el décimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el séptimo mes, donde CPI=0,975, para aumentar progresivamente hasta el décimo mes, donde termina con un valor de CPI=0,966, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, SCI = SPI x CPI, índice compuesto, IC = 0,2 x SPI + 0,8 x CPI, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

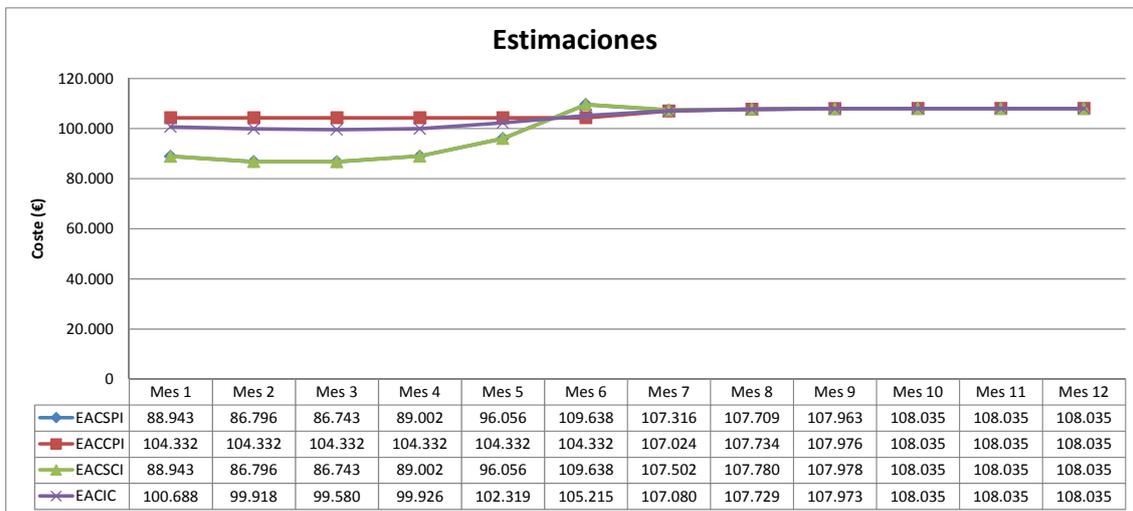


Figura 5.24: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de electricidad.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de



ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de electricidad, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	0	52.166	52.166	0	0	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	0	52.166	104.332	104.332	104.332	104.332	104.332	104.332	104.332
ACWP	25.180	10.885	14.081	13.874	3.033	16.256	16.797	5.428	1.981	521	0	0
ACWP _{CUM}	25.180	36.065	50.146	64.019	67.052	83.308	100.105	105.533	107.514	108.035	108.035	108.035
BCWP	25.180	10.885	14.081	13.874	3.033	16.256	14.279	4.613	1.685	447	0	0
BCWP _{CUM}	25.180	36.065	50.146	64.019	67.052	83.308	97.587	102.201	103.885	104.332	104.332	104.332
BAC												104.332

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	25.180	36.065	50.146	64.019	14.886	-21.024	-6.745	-2.132	-447	0	0	0
SV%	24,13%	34,57%	48,06%	61,36%	28,54%	-20,15%	-6,46%	-2,04%	-0,43%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	-2.518	-3.332	-3.628	-3.702	-3.702	-3.702
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,58%	-3,26%	-3,49%	-3,55%	-3,55%	-3,55%
VAC	0	0	0	0	0	0	-2.692	-3.402	-3.644	-3.702	-3.702	-3.702
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,58%	-3,26%	-3,49%	-3,55%	-3,55%	-3,55%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,241	1,346	1,481	1,614	1,285	0,798	0,935	0,980	0,996	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,975	0,968	0,966	0,966	0,966	0,966
SCI	1,241	1,346	1,481	1,614	1,285	0,798	0,912	0,949	0,962	0,966	0,966	0,966
0.2SPI+0.8CPI	1,048	1,069	1,096	1,123	1,057	0,960	0,967	0,971	0,972	0,973	0,973	0,973
PC%	24,13%	34,57%	48,06%	61,36%	64,27%	79,85%	93,54%	97,96%	99,57%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	88.943	86.796	86.743	89.002	96.056	109.638	107.316	107.709	107.963	108.035	108.035	108.035
EAC _{CPI}	104.332	104.332	104.332	104.332	104.332	104.332	107.024	107.734	107.976	108.035	108.035	108.035
EAC _{SCI}	88.943	86.796	86.743	89.002	96.056	109.638	107.502	107.780	107.978	108.035	108.035	108.035
EAC _{IC}	100.688	99.918	99.580	99.926	102.319	105.215	107.080	107.729	107.973	108.035	108.035	108.035
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,596	-1,776	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,241	1,346	1,481	1,614	1,285	0,798	0,935	0,980	0,996	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,975	0,968	0,966	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,241	1,346	1,481	1,614	1,285	0,798	0,912	0,949	0,962	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACIC}	1,048	1,069	1,096	1,123	1,057	0,960	0,967	0,971	0,972	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.6: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de electricidad.

5.8. RED DE ALUMBRADO

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de alumbrado que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

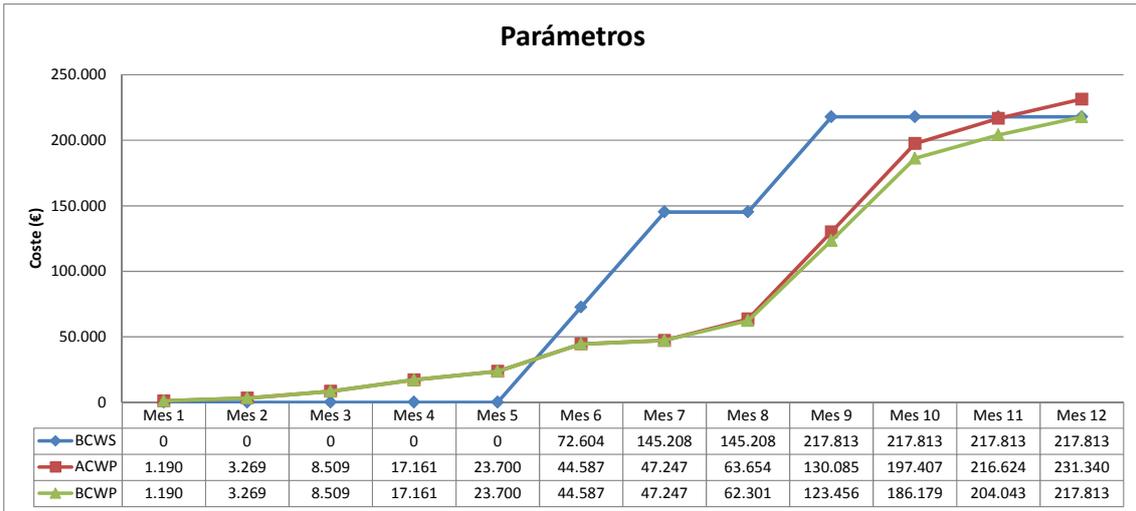


Figura 5.25: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de alumbrado.

En este caso se puede observar, para la fase de la red de alumbrado, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 72.604€ para el sexto mes, 145.208€ para el séptimo y 217.813 para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 3 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 1.190€ para el primer mes, 3.269€ para el segundo, 8.509€ para el tercero, 17.161€ para el cuarto, 23.700€ para el quinto, 44.587€ para el sexto, 47.247€ para el séptimo, 63.654€ para el octavo, 130.085€ para el noveno, 197.407€ para el décimo, 216.624€ para el undécimo y 231.340€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 12 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 1.190€ para el primer mes, 3.269€ para el segundo, 8.509€ para el tercero, 17.161€ para el cuarto, 23.700€ para el quinto, 44.587€ para el sexto, 47.247€ para el séptimo, 62.301€ para el octavo, 123.456€ para el noveno, 186.179€ para el décimo, 204.043€ para el undécimo y 217.813€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 12 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de alumbrado ha finalizado con un retraso de 3 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 5 meses antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS los cinco primeros meses para pasar a estar por debajo desde el sexto hasta el duodécimo mes, y ha tenido un $VAC = -13.528€$, es decir, un coste de 13.528€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por encima de la curva BCWP en el duodécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

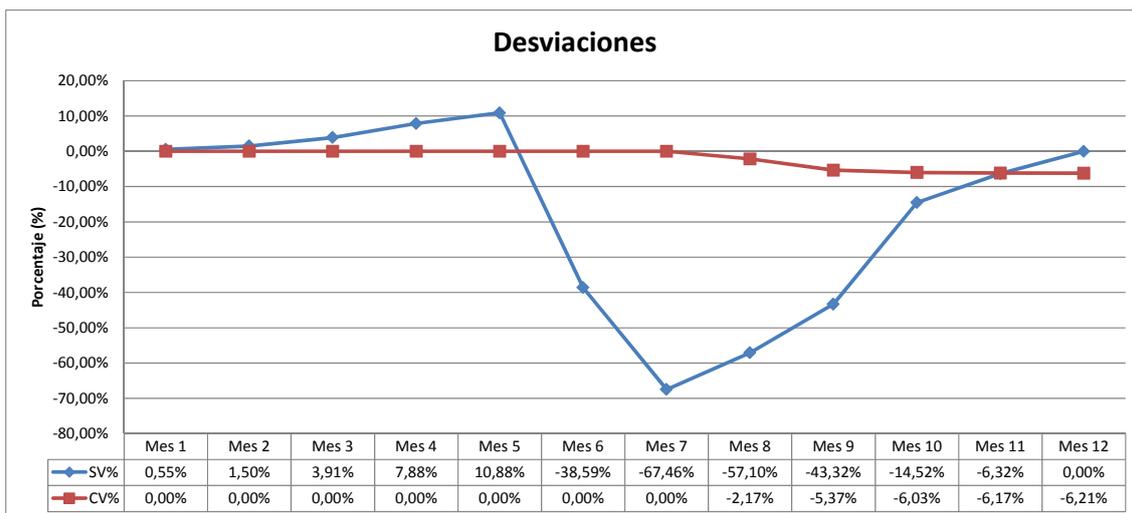


Figura 5.26: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de alumbrado.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de alumbrado, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses del primero al quinto, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores positivos en estos cinco primeros meses, desde SV%=0,55% en el primer mes hasta SV%=10,88% en el quinto, pero a partir del sexto mes y hasta el duodécimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el sexto mes, donde SV%=-38,59%, pasando por una desviación máxima en el séptimo mes, donde SV%=-67,46%, hasta el llegar al duodécimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 12 meses, con 3 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al séptimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los siete primeros meses, siendo CV%=0,00%, pero a partir del octavo mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el octavo mes, donde CV%=-2,17%, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CV%=-6,21%, es decir, con un sobrecoste del 6,21% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

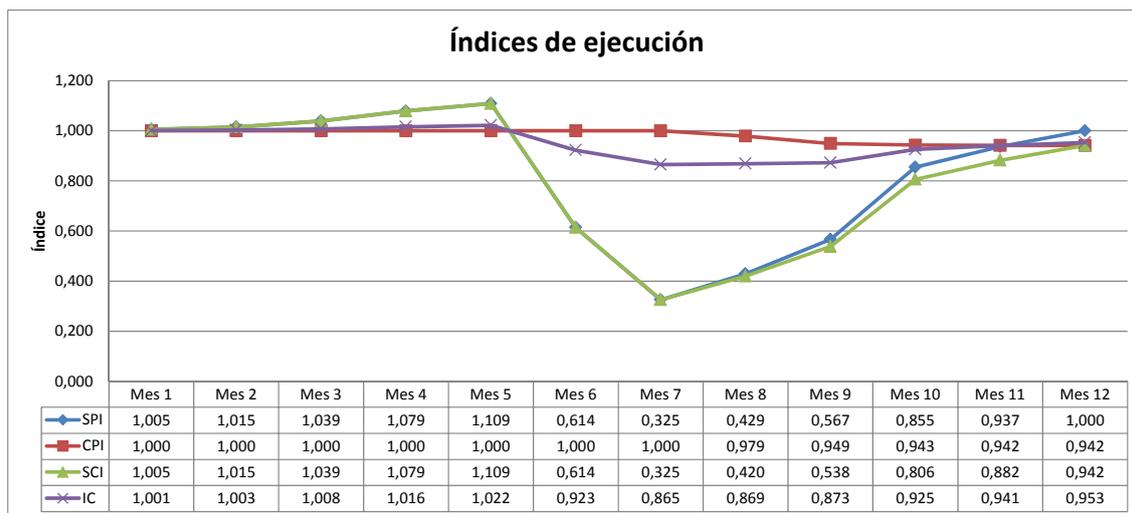


Figura 5.27: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de alumbrado.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de alumbrado, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses del primero al quinto, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores superiores a 1 en estos cinco primeros meses, desde SPI=1,005 en el primer mes hasta SPI=1,109 en el quinto, pero a partir del sexto mes y hasta el duodécimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el sexto mes, donde SPI=0,614, pasando por un rendimiento mínimo en el séptimo mes, donde SPI=0,325, hasta el llegar al duodécimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al séptimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los siete primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del octavo mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el octavo mes, donde CPI=0,979, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CPI=0,942, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

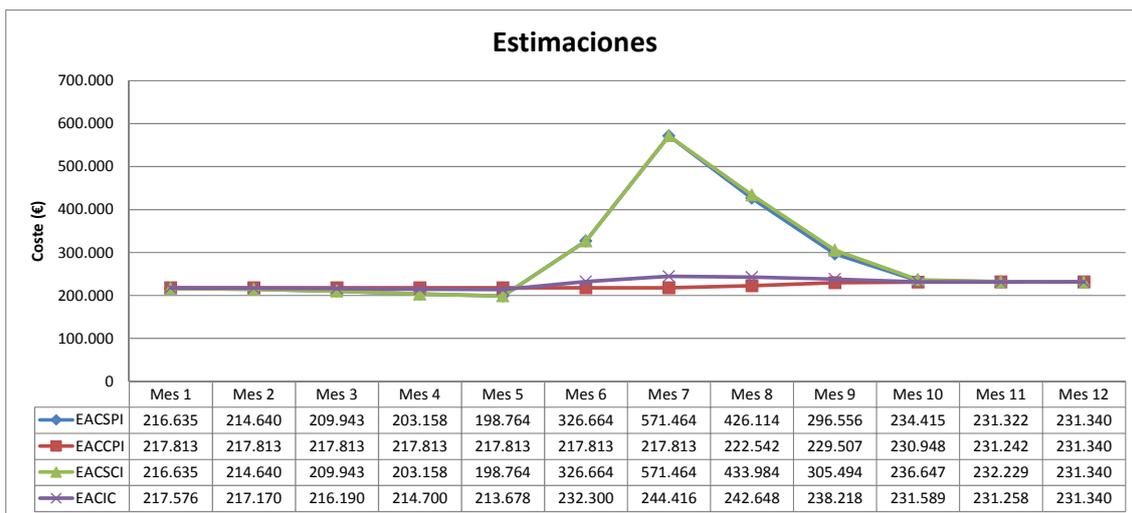


Figura 5.28: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de alumbrado.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plazo, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de alumbrado, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:



CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN A LAS FASES DEL PROYECTO

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	0	0	72.604	72.604	0	72.604	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	0	0	72.604	145.208	145.208	217.813	217.813	217.813	217.813
ACWP	1.190	2.079	5.240	8.651	6.539	20.887	2.660	16.407	66.431	67.322	19.216	14.716
ACWP _{CUM}	1.190	3.269	8.509	17.161	23.700	44.587	47.247	63.654	130.085	197.407	216.624	231.340
BCWP	1.190	2.079	5.240	8.651	6.539	20.887	2.660	15.054	61.155	62.723	17.864	13.769
BCWP _{CUM}	1.190	3.269	8.509	17.161	23.700	44.587	47.247	62.301	123.456	186.179	204.043	217.813
BAC												217.813

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	1.190	3.269	8.509	17.161	23.700	-28.017	-97.962	-82.908	-94.356	-31.633	-13.769	0
SV%	0,55%	1,50%	3,91%	7,88%	10,88%	-38,59%	-67,46%	-57,10%	-43,32%	-14,52%	-6,32%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	-1.353	-6.628	-11.228	-12.581	-13.528
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,17%	-5,37%	-6,03%	-6,17%	-6,21%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	-4.729	-11.695	-13.136	-13.430	-13.528
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-2,17%	-5,37%	-6,03%	-6,17%	-6,21%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,005	1,015	1,039	1,079	1,109	0,614	0,325	0,429	0,567	0,855	0,937	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,979	0,949	0,943	0,942	0,942
SCI	1,005	1,015	1,039	1,079	1,109	0,614	0,325	0,420	0,538	0,806	0,882	0,942
0.2SPI+0.8CPI	1,001	1,003	1,008	1,016	1,022	0,923	0,865	0,869	0,873	0,925	0,941	0,953
PC%	0,55%	1,50%	3,91%	7,88%	10,88%	20,47%	21,69%	28,60%	56,68%	85,48%	93,68%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	216.635	214.640	209.943	203.158	198.764	326.664	571.464	426.114	296.556	234.415	231.322	231.340
EAC _{CPI}	217.813	217.813	217.813	217.813	217.813	217.813	217.813	222.542	229.507	230.948	231.242	231.340
EAC _{SCI}	216.635	214.640	209.943	203.158	198.764	326.664	571.464	433.984	305.494	236.647	232.229	231.340
EAC _{IC}	217.576	217.170	216.190	214.700	213.678	232.300	244.416	242.648	238.218	231.589	231.258	231.340
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,009	1,076	1,550	11,582	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,005	1,015	1,039	1,079	1,109	0,614	0,325	0,429	0,567	0,855	0,937	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,979	0,949	0,943	0,942	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,005	1,015	1,039	1,079	1,109	0,614	0,325	0,420	0,538	0,806	0,882	0,000
TCPI _{EACIC}	1,001	1,003	1,008	1,016	1,022	0,923	0,865	0,869	0,873	0,925	0,941	0,000

Tabla 5.7: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de alumbrado.

5.9. RED DE COMUNICACIONES

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la red de comunicaciones que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

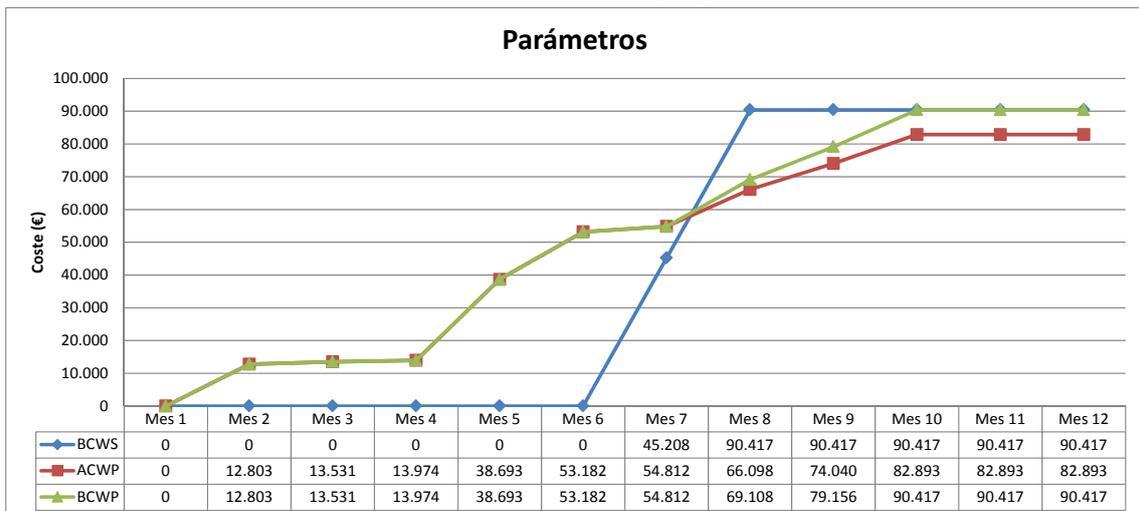


Figura 5.29: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la red de comunicaciones.



En este caso se puede observar, para la fase de la red de comunicaciones, que la curva BCWS_{CUM} indica un coste de 45.208€ para el séptimo mes y 90.417€ para el octavo, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 2 meses para la misma.

Para el caso de la curva ACWP_{CUM}, ésta indica un coste de 12.803€ para el segundo mes, 13.531€ para el tercero, 13.974€ para el cuarto, 38.693€ para el quinto, 53.182€ para el sexto, 54.812€ para el séptimo, 66.098€ para el octavo, 74.040 para el noveno y 82.893 para el décimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

En cuanto a la curva BCWP_{CUM}, ésta indica un coste de 12.803€ para el segundo mes, 13.531€ para el tercero, 13.974€ para el cuarto, 38.693€ para el quinto, 53.182€ para el sexto, 54.812€ para el séptimo, 69.108€ para el octavo, 79.156 para el noveno y 90.417 para el décimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la red de comunicaciones ha finalizado con un retraso de 2 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 5 meses antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS desde el segundo al séptimo mes para pasar a estar por debajo desde el octavo hasta el décimo mes, pero en cambio ha tenido un VAC=7.524€, es decir, un coste de 7.524€ por debajo del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por debajo de la curva BCWP en el décimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

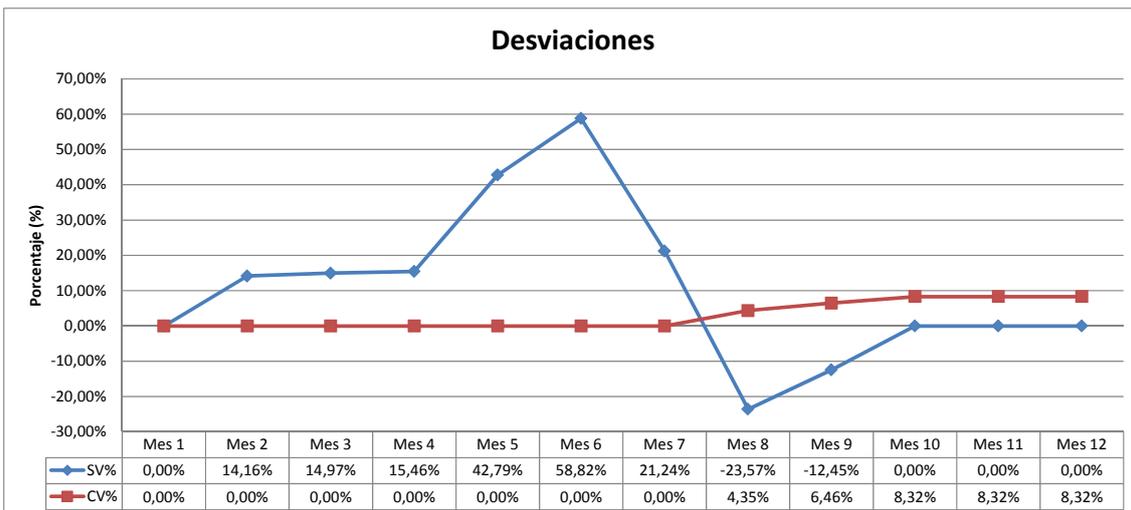


Figura 5.30: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la red de comunicaciones.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de la red de comunicaciones, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, en el primer no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva



SV% toma un valor nulo en este mes, siendo $SV\%=0,00\%$. Para los meses del segundo al séptimo, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores positivos en estos meses, desde $SV\%=14,16\%$ en el segundo mes hasta $SV\%=21,24\%$ en el séptimo, pero a partir del octavo mes y hasta el décimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el octavo mes, donde $SV\%=-23,57\%$, que además es la desviación máxima, hasta el llegar al décimo, donde $SV\%=0,00\%$, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 9 meses, con 2 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al séptimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los siete primeros meses, siendo $CV\%=0,00\%$, pero a partir del octavo mes y hasta el décimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CV% toma valores positivos en todos estos meses, desde el octavo mes, donde $CV\%=4,35\%$, para aumentar hasta llegar al décimo mes, donde termina con un valor de $CV\%=8,32\%$, es decir, con un coste del 8,32% inferior al presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

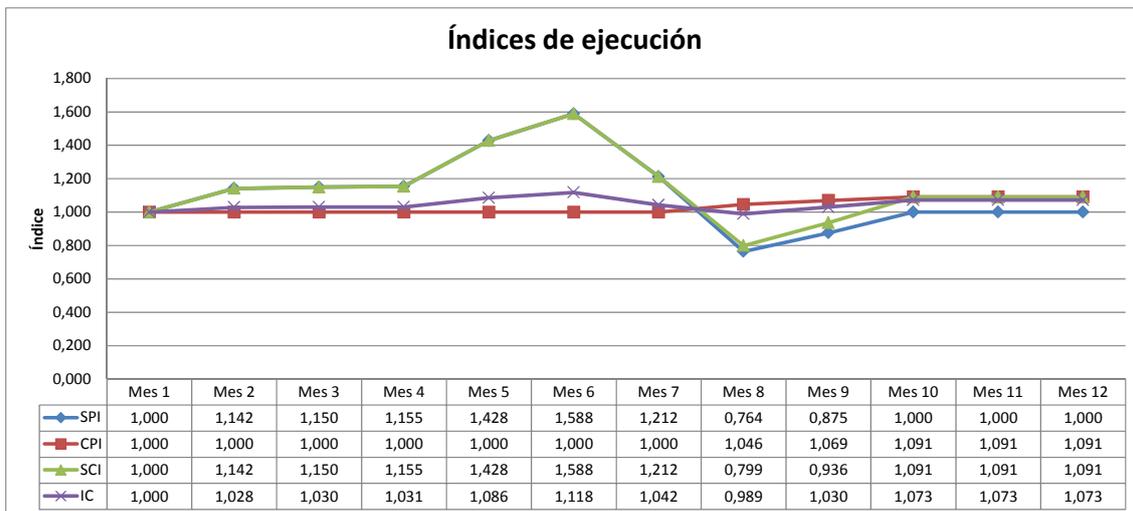


Figura 5.31: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la red de comunicaciones.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de la red de comunicaciones, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, en el primer no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma un valor igual a 1 en este mes, siendo $SPI=1,000$. Para los meses del segundo al séptimo, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma superiores a 1 en estos meses, desde $SPI=1,142$ en el segundo mes hasta $SPI=1,212$ en el séptimo, pero a partir del octavo mes y hasta el décimo, nos indica que



hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el octavo mes, donde SPI=0,764, que además es el rendimiento mínimo, hasta el llegar al décimo, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al séptimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los siete primeros meses, siendo CPI=1,000, pero a partir del octavo mes y hasta el décimo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CPI toma valores superiores a 1 en todos estos meses, desde el octavo mes, donde CPI=1,046, para aumentar progresivamente hasta el décimo mes, donde termina con un valor de CPI=1,091, es decir, con ahorro de costes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

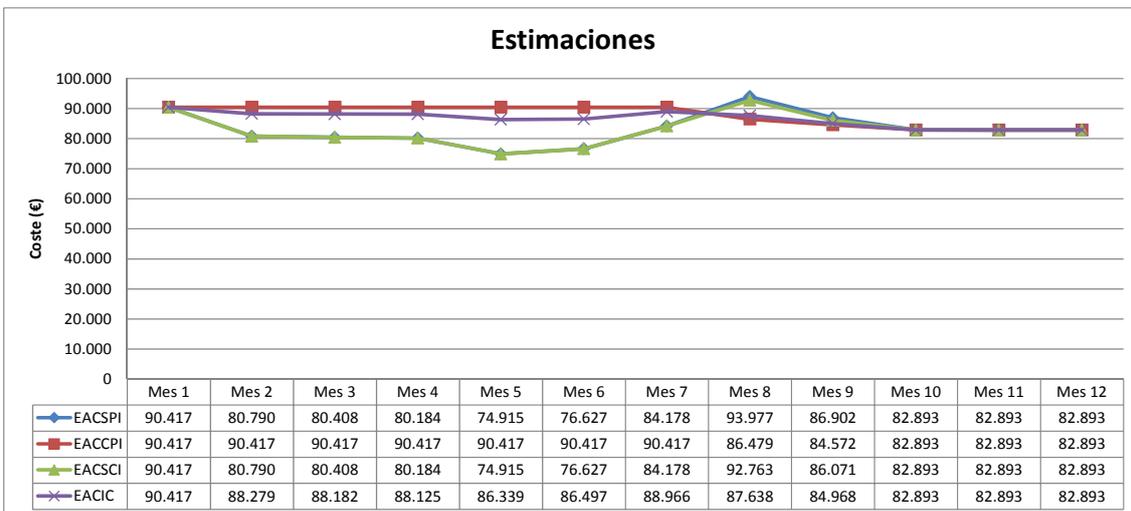


Figura 5.32: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la red de comunicaciones.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de



ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de la red de comunicaciones, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	0	0	0	45.208	45.208	0	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	0	0	0	45.208	90.417	90.417	90.417	90.417	90.417
ACWP	0	12.803	728	443	24.719	14.490	1.630	11.286	7.942	8.853	0	0
ACWP _{CUM}	0	12.803	13.531	13.974	38.693	53.182	54.812	66.098	74.040	82.893	82.893	82.893
BCWP	0	12.803	728	443	24.719	14.490	1.630	14.296	10.048	11.261	0	0
BCWP _{CUM}	0	12.803	13.531	13.974	38.693	53.182	54.812	69.108	79.156	90.417	90.417	90.417
BAC												90.417

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	12.803	13.531	13.974	38.693	53.182	9.604	-21.309	-11.261	0	0	0
SV%	0,00%	14,16%	14,97%	15,46%	42,79%	58,82%	21,24%	-23,57%	-12,45%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	3.010	5.116	7.524	7.524	7.524
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,35%	6,46%	8,32%	8,32%	8,32%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	3.938	5.844	7.524	7.524	7.524
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,35%	6,46%	8,32%	8,32%	8,32%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,142	1,150	1,155	1,428	1,588	1,212	0,764	0,875	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,046	1,069	1,091	1,091	1,091
SCI	1,000	1,142	1,150	1,155	1,428	1,588	1,212	0,799	0,936	1,091	1,091	1,091
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,028	1,030	1,031	1,086	1,118	1,042	0,989	1,030	1,073	1,073	1,073
PC%	0,00%	14,16%	14,97%	15,46%	42,79%	58,82%	60,62%	76,43%	87,55%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	90.417	80.790	80.408	80.184	74.915	76.627	84.178	93.977	86.902	82.893	82.893	82.893
EAC _{CPI}	90.417	90.417	90.417	90.417	90.417	90.417	90.417	86.479	84.572	82.893	82.893	82.893
EAC _{SCI}	90.417	80.790	80.408	80.184	74.915	76.627	84.178	92.763	86.071	82.893	82.893	82.893
EAC _{IC}	90.417	88.279	88.182	88.125	86.339	86.497	88.966	87.638	84.968	82.893	82.893	82.893
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,876	0,688	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,000	1,142	1,150	1,155	1,428	1,588	1,212	0,764	0,875	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,046	1,069	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACIC}	1,000	1,142	1,150	1,155	1,428	1,588	1,212	0,799	0,936	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EACIC}	1,000	1,028	1,030	1,031	1,086	1,118	1,042	0,989	1,030	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.8: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en red de comunicaciones.

5.10. MOBILIARIO URBANO

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con el mobiliario urbano que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

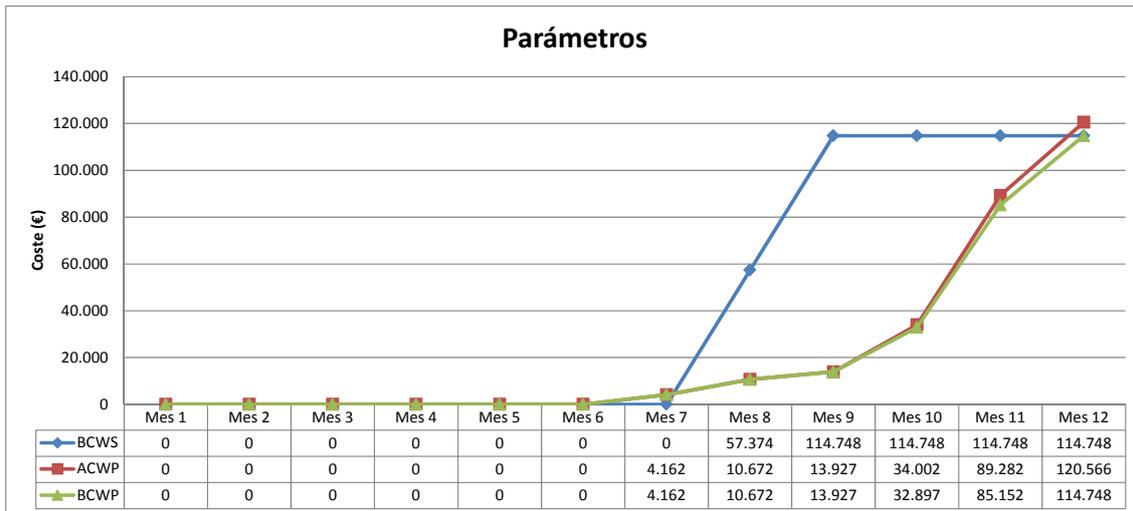


Figura 5.33: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para el mobiliario urbano.

En este caso se puede observar, para la fase de mobiliario urbano, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 57.374€ para el octavo mes y 114.748€ para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 2 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 4.162€ para el séptimo mes, 10.672€ para el octavo, 13.927€ para el noveno, 34.002€ para el décimo, 89.282 para el undécimo y 120.566€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 6 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 4.162€ para el séptimo mes, 10.672€ para el octavo, 13.927€ para el noveno, 32.897€ para el décimo, 85.152 para el undécimo y 114.748€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 6 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de mobiliario urbano ha finalizado con un retraso de 3 meses por encima de la programación, a pesar de haber comenzado 1 mes antes con la ejecución de los trabajos, como se puede observar la curva BCWP está por encima de la curva BCWS el séptimo mes para pasar a estar por debajo desde el octavo hasta el duodécimo mes, y ha tenido un $VAC = -5.818€$, es decir, un coste de 5.818€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP finaliza por encima de la curva BCWP en el duodécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

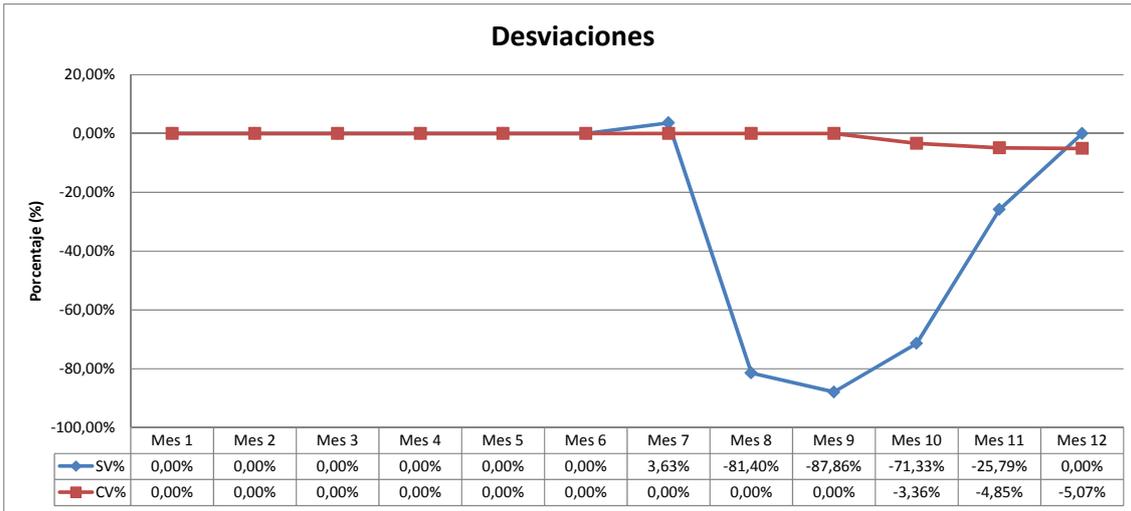


Figura 5.34: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para el mobiliario urbano.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de mobiliario urbano, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses del primero al sexto, no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma un valor nulo en estos meses; siendo SV%=0,00%. Para el séptimo mes, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma un valor positivo para este mes, donde SV%=3,63%, pero a partir del octavo mes y hasta el duodécimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el octavo mes, donde SV%=-81,40%, pasando por una desviación máxima en el noveno mes, donde SV%=-87,86%, hasta el llegar al duodécimo, donde SV%=0,00%, y termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 6 meses, con 3 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los nueve primeros meses, siendo CV%=0,00%, pero a partir del décimo mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el décimo mes, donde CV%=-3,36%, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CV%=-5,07%, es decir, con un sobrecoste del 5,07% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

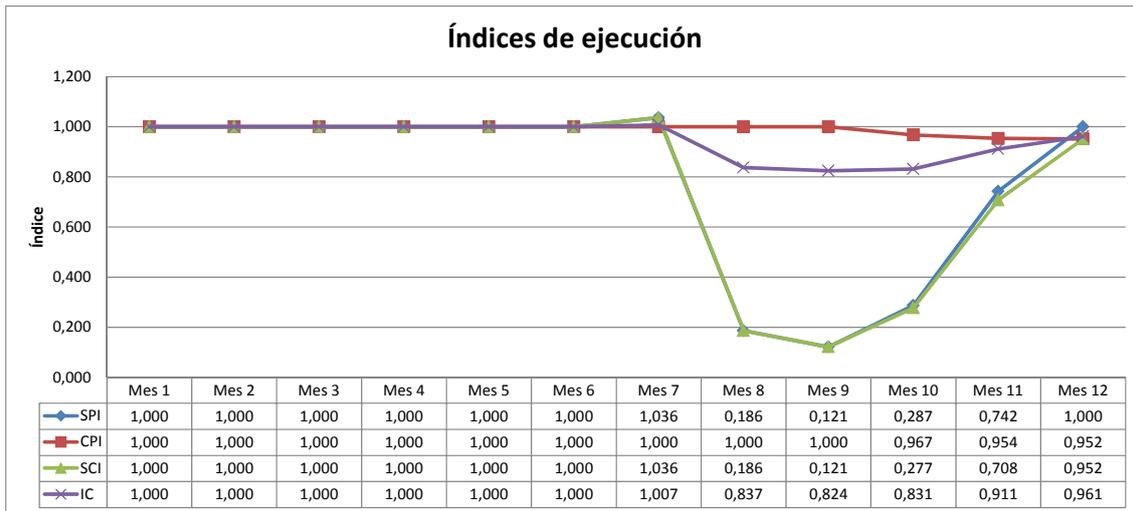


Figura 5.35: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para el mobiliario urbano.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de mobiliario urbano, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses del primero al sexto, no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma un valor igual a 1 en estos meses; siendo $SPI=1,000$. Para el séptimo mes, existe adelanto en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma un valor superior a 1 para este mes, donde $SPI=1,036$, pero a partir del octavo mes y hasta el duodécimo, donde nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el octavo mes, donde $SPI=0,186$, pasando por un rendimiento mínimo en el noveno mes, donde $SPI=0,121$, hasta el llegar al duodécimo, donde $SPI=1,000$, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los nueve primeros meses, siendo $CPI=1,000$, pero a partir del décimo mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el décimo mes, donde $CPI=0,967$, para aumentar progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de $CPI=0,952$, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

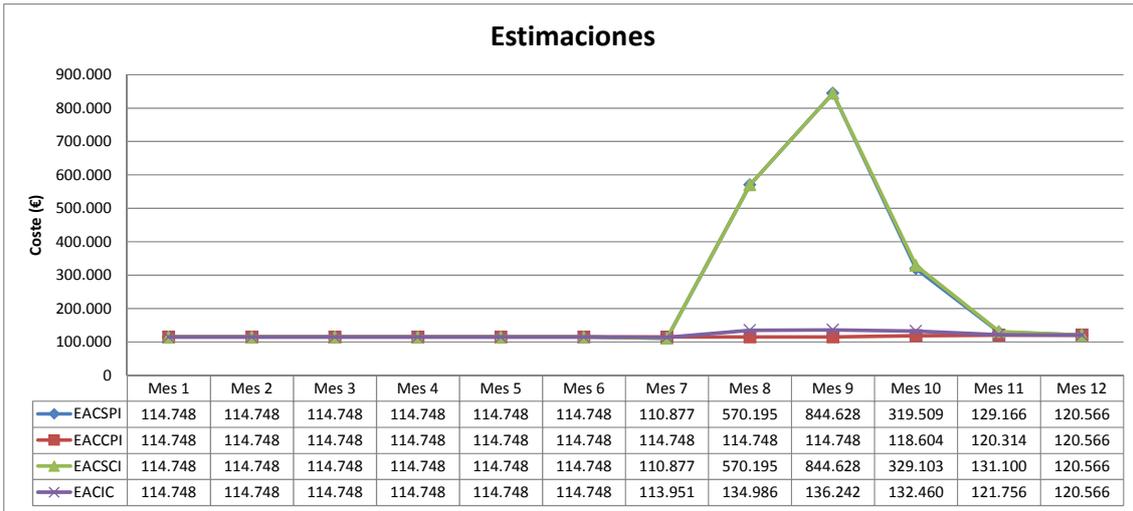


Figura 5.36: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para el mobiliario urbano.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plazo, y éste varía mucho más que el coste.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de mobiliario urbano, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:



PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	0	0	0	0	57.374	57.374	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	0	0	0	0	57.374	114.748	114.748	114.748	114.748
ACWP	0	0	0	0	0	0	4.162	6.510	3.255	20.075	55.280	31.284
ACWP _{CUM}	0	0	0	0	0	0	4.162	10.672	13.927	34.002	89.282	120.566
BCWP	0	0	0	0	0	0	4.162	6.510	3.255	18.970	52.255	29.596
BCWP _{CUM}	0	0	0	0	0	0	4.162	10.672	13.927	32.897	85.152	114.748
BAC												114.748

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	0	0	0	0	0	4.162	-46.702	-100.821	-81.851	-29.596	0
SV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,63%	-81,40%	-87,86%	-71,33%	-25,79%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.105	-4.131	-5.818
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-3,36%	-4,85%	-5,07%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.856	-5.567	-5.818
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-3,36%	-4,85%	-5,07%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,036	0,186	0,121	0,287	0,742	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967	0,954	0,952
SCI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,036	0,186	0,121	0,277	0,708	0,952
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,007	0,837	0,824	0,831	0,911	0,961
PC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,63%	9,30%	12,14%	28,67%	74,21%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	110.877	570.195	844.628	319.509	129.166	120.566
EAC _{CPI}	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	118.604	120.314	120.566
EAC _{SCI}	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	110.877	570.195	844.628	329.103	131.100	120.566
EAC _{IC}	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	114.748	113.951	134.986	136.242	132.460	121.756	120.566
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,014	1,162	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,036	0,186	0,121	0,287	0,742	1,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967	0,954	1,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,036	0,186	0,121	0,277	0,708	1,000
TCPI _{EAC_{IC}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,007	0,837	0,824	0,831	0,911	1,000

Tabla 5.9: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en mobiliario urbano.

5.11. SEÑALIZACIÓN

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la señalización que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

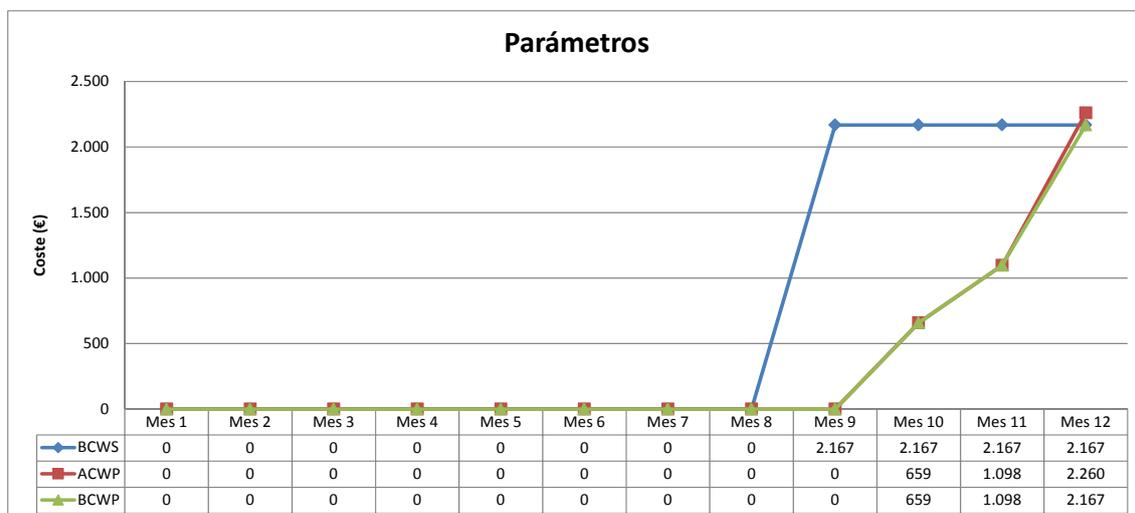


Figura 5.37: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la señalización.



En este caso se puede observar, para la fase de la señalización, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 2.167€ para el noveno mes, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 1 mes para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 659€ para el décimo mes, 1.098 para el undécimo y 2.260€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 3 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 659€ para el décimo mes, 1.098 para el undécimo y 2.167€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 3 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de la señalización ha finalizado con un retraso de 3 meses por encima de la programación, como se puede observar la curva $BCWP$ está por debajo de la curva $BCWS$ desde el noveno al duodécimo mes, y ha tenido un $VAC=-93€$, es decir, un coste de 93€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva $ACWP$ finaliza por encima de la curva $BCWP$ en el duodécimo mes.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.

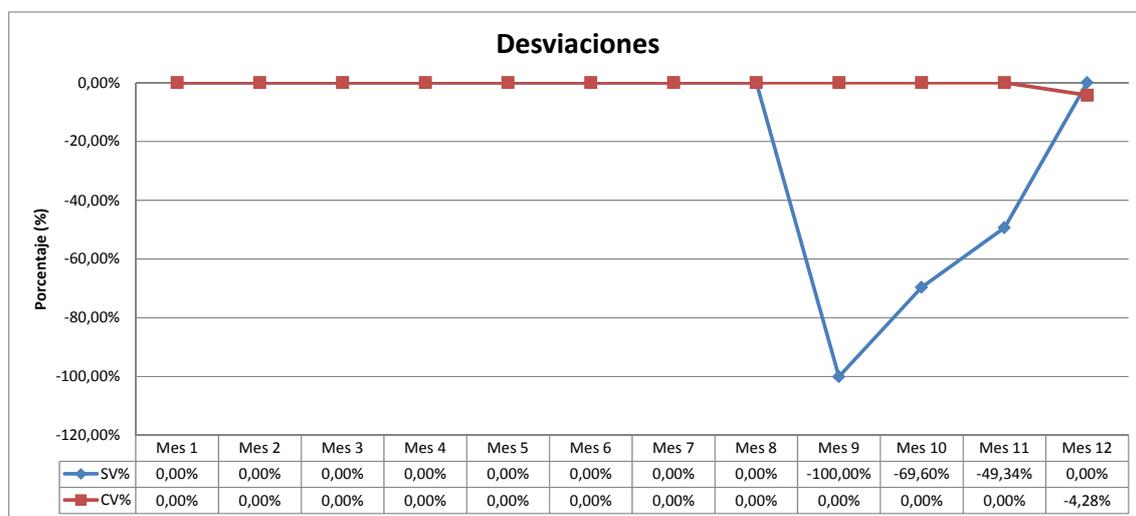


Figura 5.38: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la señalización.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de señalización, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para los meses del primero al octavo, no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores nulos en estos ocho primeros meses, siendo $SV%=0,00%$. En el noveno mes existe planificación, pero no comienza la ejecución de los trabajos, por lo tanto la curva SV% indica un valor de $SV%=-100,00%$. Para el décimo mes y hasta el duodécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos estos meses, desde el décimo mes, donde $SV%=-69,60%$, hasta el llegar al duodécimo, donde $SV%=0,00%$, y



termina en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 3 meses, siendo los 3 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al undécimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en los once primeros meses, siendo $CV\%=0,00\%$, pero en el duodécimo mes, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CV% toma valores negativos en este mes, donde termina con un valor de $CV\%=-4,28\%$, es decir, con un sobrecoste del 4,28% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

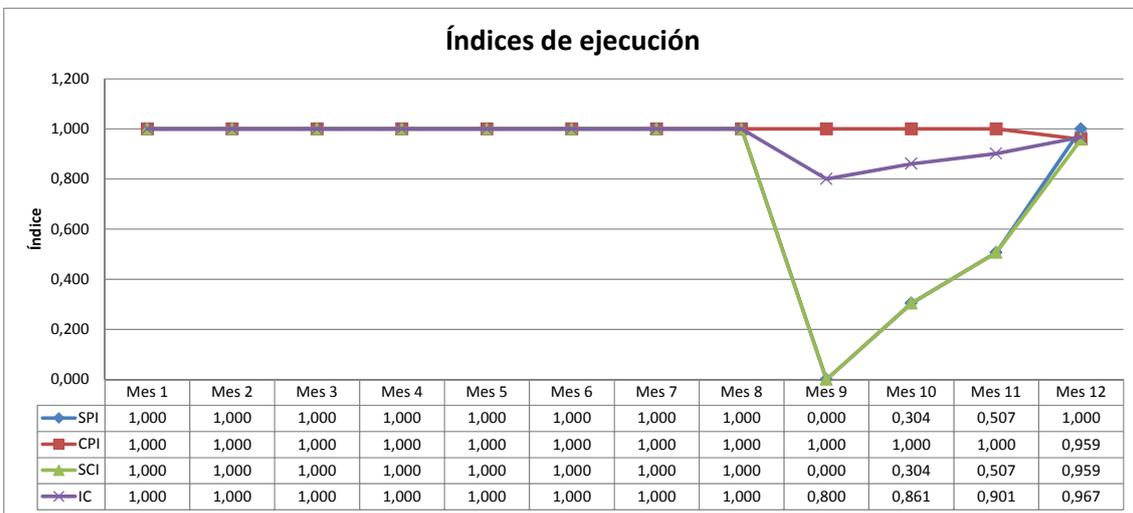


Figura 5.39: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la señalización.

En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de señalización, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para los meses del primero al octavo, no comienza la ejecución de los trabajos ni existe planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores iguales a 1 estos ocho primeros meses, siendo $SPI=1,000$. En el noveno mes existe planificación, pero no comienza la ejecución de los trabajos, por lo tanto la curva SPI indica un valor de $SPI=0,000$. Para el décimo mes y hasta el duodécimo, nos indica que hay retrasos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos estos meses, desde el noveno mes, donde $SPI=0,000$, siendo el rendimiento mínimo, hasta el llegar al duodécimo, donde $SPI=1,000$, y termina en este plazo la ejecución con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al undécimo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a 1 en los once primeros meses, siendo $CPI=1,000$, pero en el duodécimo mes, nos indica que existen sobrecostes, ya que



la curva CPI toma valores inferiores a 1 en este mes, donde termina con un valor de CPI=0,959, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos.

La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1.

En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

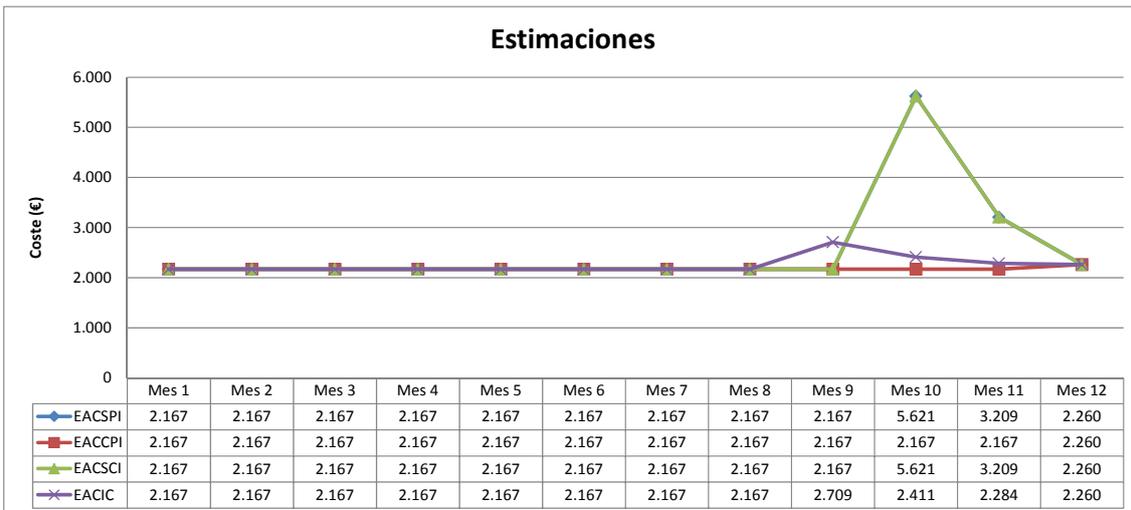


Figura 5.40: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la señalización.

Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste.



Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable.

Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de señalización, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	0	0	0	0	0	0	0	0	2.167	0	0	0
BCWS _{CUM}	0	0	0	0	0	0	0	0	2.167	2.167	2.167	2.167
ACWP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	659	439	1.162
ACWP _{CUM}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	659	1.098	2.260
BCWP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	659	439	1.069
BCWP _{CUM}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	659	1.098	2.167
BAC												2.167

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.167	-1.509	-1.069	0
SV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-100,00%	-69,60%	-49,34%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-93
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-4,28%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-93
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-4,28%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,304	0,507	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,959
SCI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,304	0,507	0,959
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800	0,861	0,901	0,967
PC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	30,40%	50,66%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	5.621	3.209	2.260
EAC _{CPI}	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.260
EAC _{SCI}	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	5.621	3.209	2.260
EAC _{IC}	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.167	2.709	2.411	2.284	2.260
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
TCPI _{EACSPI}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,304	0,507	0,000
TCPI _{EACCP}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000
TCPI _{EACSCI}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,304	0,507	0,000
TCPI _{EACIC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800	0,861	0,901	0,000

Tabla 5.10: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en señalización.

5.12. SEGURIDAD Y SALUD

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la seguridad y salud que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

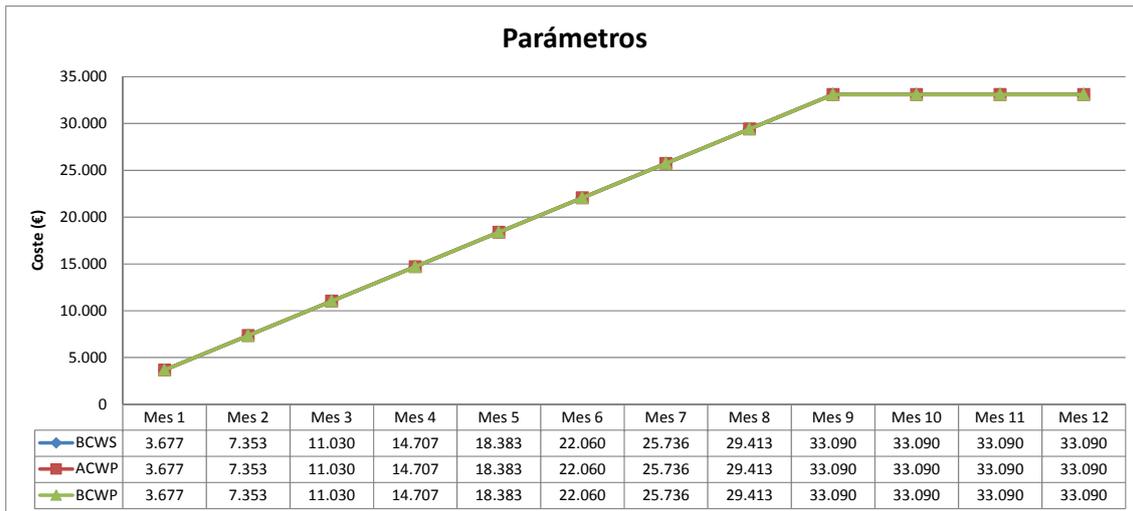


Figura 5.41: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la seguridad y salud.

En este caso se puede observar, para la fase de seguridad y salud, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 3.677€ para el primer mes, 7.535€ para el segundo, 11.030€ para el tercero, 14.707€ para el cuarto, 18.383 para el quinto, 22.060 para el sexto, 25.736 para el séptimo, 29.413 para el octavo y 33.090 para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 9 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 3.677€ para el primer mes, 7.535€ para el segundo, 11.030€ para el tercero, 14.707€ para el cuarto, 18.383 para el quinto, 22.060 para el sexto, 25.736 para el séptimo, 29.413 para el octavo y 33.090 para el noveno, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 3.677€ para el primer mes, 7.535€ para el segundo, 11.030€ para el tercero, 14.707€ para el cuarto, 18.383 para el quinto, 22.060 para el sexto, 25.736 para el séptimo, 29.413 para el octavo y 33.090 para el noveno, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de seguridad y salud ha comenzado y finalizado según la programación, es decir, se ha cumplido la planificación, como se puede observar la curva BCWP coincide con la curva BCWS desde el principio hasta el final, y ha tenido un $VAC=0€$, es decir, en este caso tampoco ha habido sobrecostes, ya que ha finalizado con el coste presupuestado, por lo tanto la curva ACWP también coincide con la curva BCWP desde el principio hasta la finalización.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.



Figura 5.42: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la seguridad y salud.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de seguridad y salud, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo SV%=0,00% en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 9 meses, cumpliendo con la planificación del trabajo.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para todos los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo CV%=0,00% en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

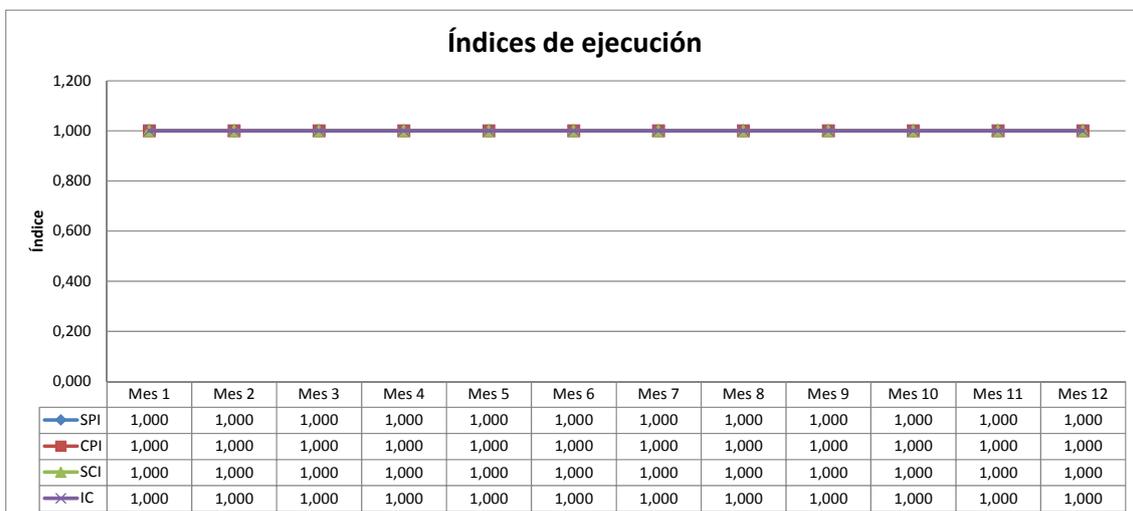


Figura 5.43: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la seguridad y salud.



En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de seguridad y salud, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo SPI=1,000 en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución cumpliendo con la planificación.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para todos los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo CPI=1,000 en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos.

En este caso, la curva SCI es coincidente a las curvas SPI y CPI, ya que ambas son iguales a la unidad, entonces $SCI=1,000$ en todos los meses. En cuanto a la curva IC, también coincide con las curvas SPI y CPI por el mismo motivo, siendo $IC=1,000$ durante todo el recorrido.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

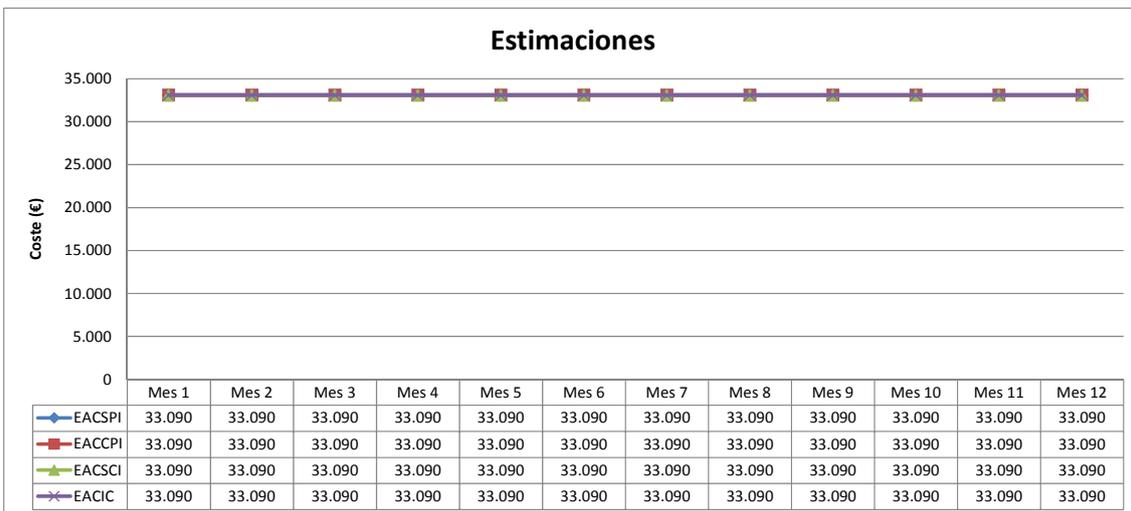


Figura 5.44: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la seguridad y salud.

Se observa, en este caso como todos los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, se comportan de una forma estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde el primer mes de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos.



Esto es debido a que en esta fase de seguridad y salud se ha cumplido con la planificación de los trabajos y con los costes presupuestados, y por tanto no ha habido variación alguna.

Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de seguridad y salud, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	0	0	0
BCWS _{CUM}	3.677	7.353	11.030	14.707	18.383	22.060	25.736	29.413	33.090	33.090	33.090	33.090
ACWP	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	0	0	0
ACWP _{CUM}	3.677	7.353	11.030	14.707	18.383	22.060	25.736	29.413	33.090	33.090	33.090	33.090
BCWP	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	3.677	0	0	0
BCWP _{CUM}	3.677	7.353	11.030	14.707	18.383	22.060	25.736	29.413	33.090	33.090	33.090	33.090
BAC												33.090

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SCI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PC%	11,11%	22,22%	33,33%	44,44%	55,56%	66,67%	77,78%	88,89%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090
EAC _{CPI}	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090
EAC _{SCI}	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090
EAC _{IC}	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090	33.090
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{IC}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.11: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en seguridad y salud.

5.13. GESTIÓN DE RESIDUOS

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con la gestión de residuos que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

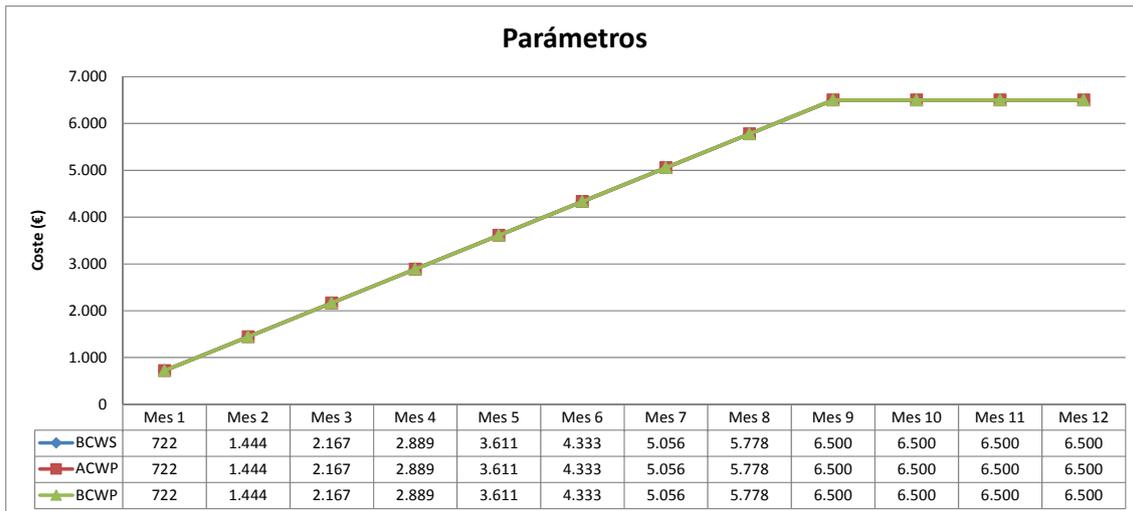


Figura 5.45: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para la gestión de residuos.

En este caso se puede observar, para la fase de gestión de residuos, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 722€ para el primer mes, 1.444€ para el segundo, 2.167€ para el tercero, 2.889€ para el cuarto, 3.611 para el quinto, 4.333 para el sexto, 5.056 para el séptimo, 5.778 para el octavo y 6.500 para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 9 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 722€ para el primer mes, 1.444€ para el segundo, 2.167€ para el tercero, 2.889€ para el cuarto, 3.611 para el quinto, 4.333 para el sexto, 5.056 para el séptimo, 5.778 para el octavo y 6.500 para el noveno, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 722€ para el primer mes, 1.444€ para el segundo, 2.167€ para el tercero, 2.889€ para el cuarto, 3.611 para el quinto, 4.333 para el sexto, 5.056 para el séptimo, 5.778 para el octavo y 6.500 para el noveno, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de gestión de residuos ha comenzado y finalizado según la programación, es decir, se ha cumplido la planificación, como se puede observar la curva BCWP coincide con la curva BCWS desde el principio hasta el final, y ha tenido un $VAC=0€$, es decir, en este caso tampoco ha habido sobrecostes, ya que ha finalizado con el coste presupuestado, por lo tanto la curva ACWP también coincide con la curva BCWP desde el principio hasta la finalización.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.



Figura 5.46: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para la gestión de residuos.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de gestión de residuos, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo SV%=0,00% en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 9 meses, cumpliendo con la planificación del trabajo.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo CV%=0,00% en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

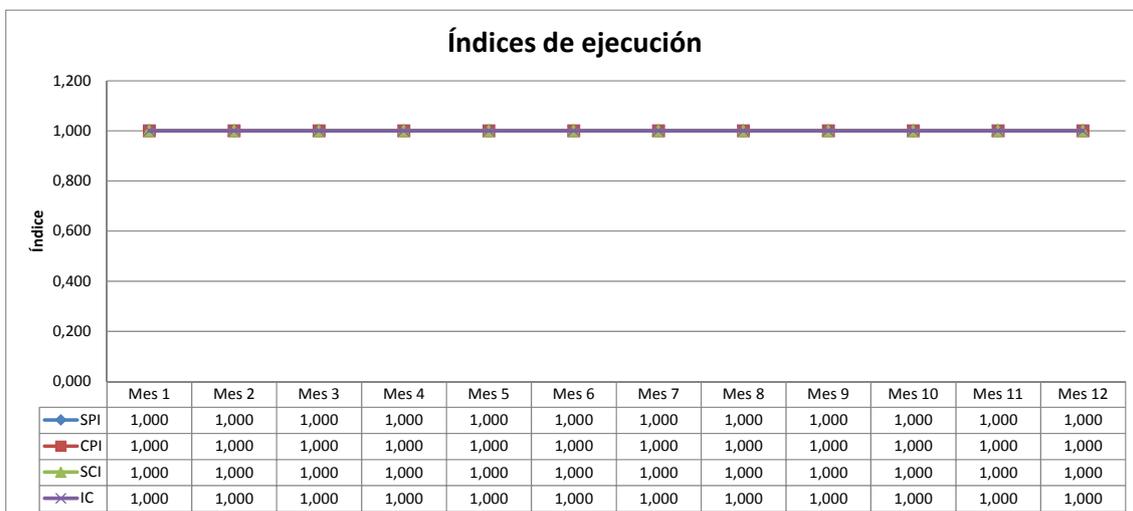


Figura 5.47: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para la gestión de residuos.



En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de gestión de residuos, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo SPI=1,000 en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución cumpliendo con la planificación.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para todos los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo CPI=1,000 en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos.

En este caso, la curva SCI es coincidente a las curvas SPI y CPI, ya que ambas son iguales a la unidad, entonces $SCI=1,000$ en todos los meses. En cuanto a la curva IC, también coincide con las curvas SPI y CPI por el mismo motivo, siendo $IC=1,000$ durante todo el recorrido.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

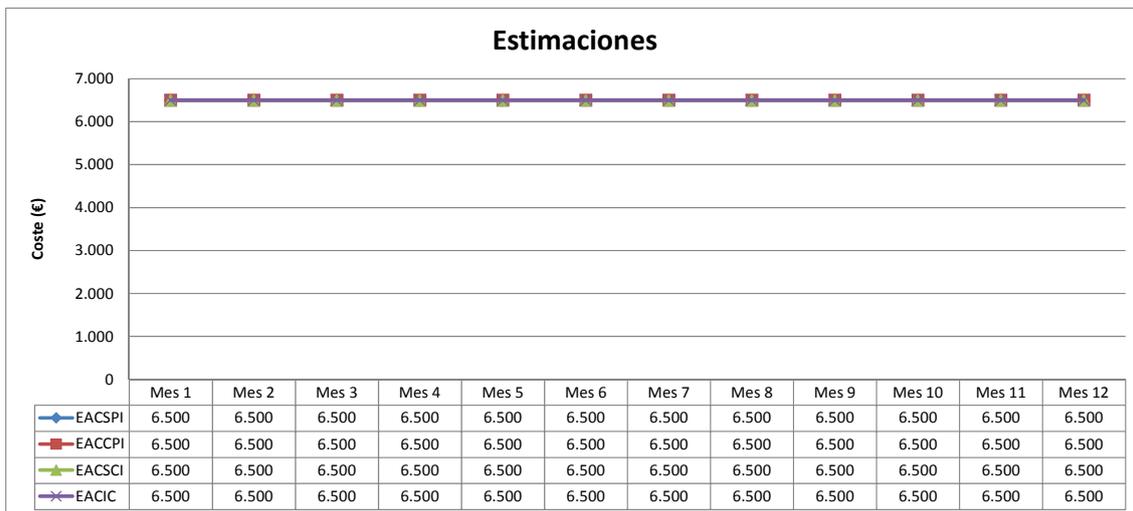


Figura 5.48: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para la gestión de residuos.

Se observa, en este caso como todos los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, se comportan de una forma estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde el primer mes de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos.



Esto es debido a que en esta fase de gestión de residuos se ha cumplido con la planificación de los trabajos y con los costes presupuestados, y por tanto no ha habido variación alguna.

Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de gestión de residuos, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	722	722	722	722	722	722	722	722	722	0	0	0
BCWS _{CUM}	722	1.444	2.167	2.889	3.611	4.333	5.056	5.778	6.500	6.500	6.500	6.500
ACWP	722	722	722	722	722	722	722	722	722	0	0	0
ACWP _{CUM}	722	1.444	2.167	2.889	3.611	4.333	5.056	5.778	6.500	6.500	6.500	6.500
BCWP	722	722	722	722	722	722	722	722	722	0	0	0
BCWP _{CUM}	722	1.444	2.167	2.889	3.611	4.333	5.056	5.778	6.500	6.500	6.500	6.500
BAC												6.500

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SCI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PC%	11,11%	22,22%	33,33%	44,44%	55,56%	66,67%	77,78%	88,89%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
EAC _{CPI}	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
EAC _{SCI}	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
EAC _{IC}	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCPI _{EAC_{IC}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.12: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en gestión de residuos.

5.14. CONTROL DE CALIDAD

En esta fase se incluyen la totalidad de las tareas relacionadas con el control de calidad que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Al igual que en las fases anteriormente descritas, se representa la gráfica de las curvas BCWS, BCWP y ACWP, y se calculan las desviaciones e índices de ejecución que son las variables que nos dan la información de la situación de esta fase del proyecto.

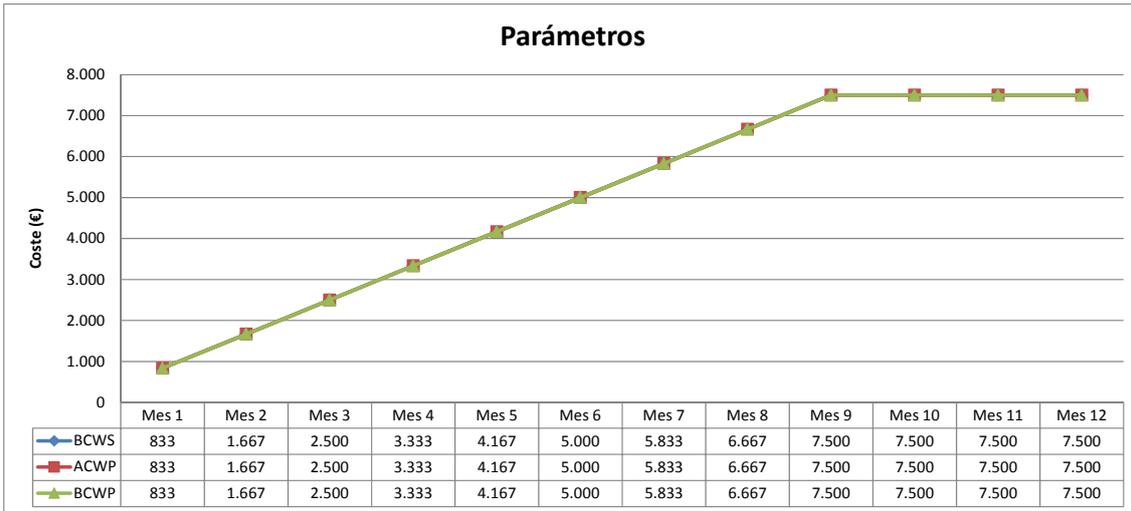


Figura 5.49: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para el control de calidad.

En este caso se puede observar, para la fase de control de calidad, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 833€ para el primer mes, 1.667€ para el segundo, 2.500€ para el tercero, 3.333€ para el cuarto, 4.167 para el quinto, 5.000 para el sexto, 5.833 para el séptimo, 6.667 para el octavo y 7.500 para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación de la fase, es decir, se ha programado una duración de 9 meses para la misma.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 833€ para el primer mes, 1.667€ para el segundo, 2.500€ para el tercero, 3.333€ para el cuarto, 4.167 para el quinto, 5.000 para el sexto, 5.833 para el séptimo, 6.667 para el octavo y 7.500 para el noveno, terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 833€ para el primer mes, 1.667€ para el segundo, 2.500€ para el tercero, 3.333€ para el cuarto, 4.167 para el quinto, 5.000 para el sexto, 5.833 para el séptimo, 6.667 para el octavo y 7.500 para el noveno, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución de la fase con una duración de 9 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que la fase de control de calidad ha comenzado y finalizado según la programación, es decir, se ha cumplido la planificación, como se puede observar la curva BCWP coincide con la curva BCWS desde el principio hasta el final, y ha tenido un $VAC=0€$, es decir, en este caso tampoco ha habido sobrecostes, ya que ha finalizado con el coste presupuestado, por lo tanto la curva ACWP también coincide con la curva BCWP desde el principio hasta la finalización.

En las curvas de las variaciones del coste y planificación nos indican si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control.



Figura 5.50: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para el control de calidad.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas de la fase de control de calidad, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo SV%=0,00% en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución de la fase con una duración total de 9 meses, cumpliendo con la planificación del trabajo.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste CV%, nos está indicando que, para los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CV% toma valores nulos en todos los meses de la ejecución, siendo CV%=0,00% en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado para los trabajos.

Representamos las curvas de los índices de ejecución o rendimiento que nos dan una idea de cómo se está desarrollando esta fase del proyecto, indicándonos la misma idea del proyecto que nos indicaban las curvas del valor ganado, del trabajo programado y del coste real del trabajo o las curvas de las variaciones de coste y de planificación evaluadas con anterioridad.

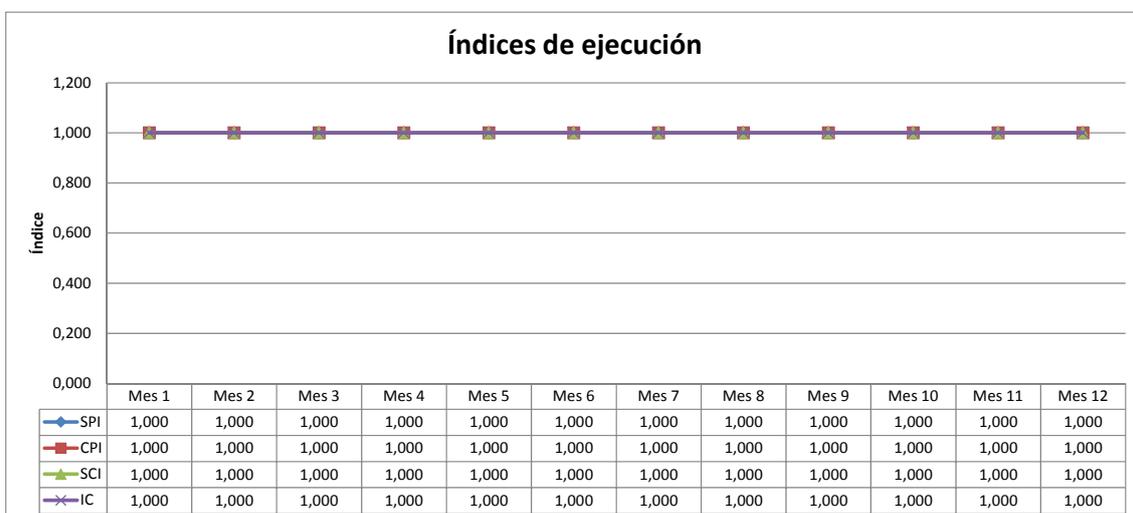


Figura 5.51: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para el control de calidad.



En los índices de ejecución, se puede observar, para la fase de control de calidad, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para la totalidad de los meses del primero al noveno, no existe desviación en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo SPI=1,000 en todos los casos, y terminando en este plazo la ejecución cumpliendo con la planificación.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para todos los meses del primero al noveno, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma iguales a la unidad en todos los meses de la ejecución, siendo CPI=1,000 en todos los casos, y terminando de esta forma, es decir, cumpliendo también con el coste presupuestado.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos.

En este caso, la curva SCI es coincidente a las curvas SPI y CPI, ya que ambas son iguales a la unidad, entonces $SCI=1,000$ en todos los meses. En cuanto a la curva IC, también coincide con las curvas SPI y CPI por el mismo motivo, siendo $IC=1,000$ durante todo el recorrido.

Por último, la estimación del coste final EAC, de la presente fase, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución.

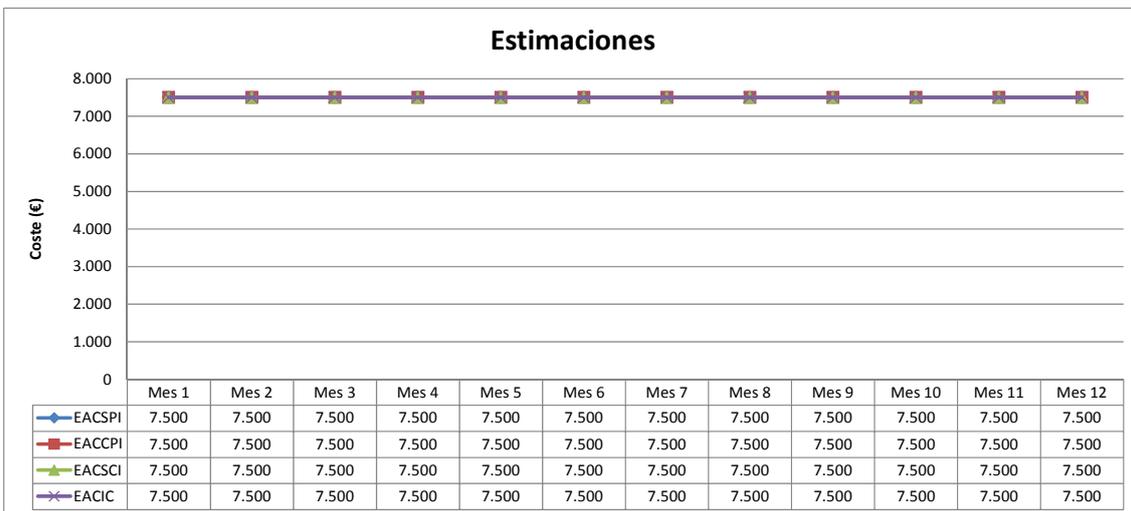


Figura 5.52: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para el control de calidad.

Se observa, en este caso como todos los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, se comportan de una forma estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde el primer mes de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos.



Esto es debido a que en esta fase de control de calidad se ha cumplido con la planificación de los trabajos y con los costes presupuestados, y por tanto no ha habido variación alguna.

Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para la fase de control de calidad, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	833	833	833	833	833	833	833	833	833	0	0	0
BCWS _{CUM}	833	1.667	2.500	3.333	4.167	5.000	5.833	6.667	7.500	7.500	7.500	7.500
ACWP	833	833	833	833	833	833	833	833	833	0	0	0
ACWP _{CUM}	833	1.667	2.500	3.333	4.167	5.000	5.833	6.667	7.500	7.500	7.500	7.500
BCWP	833	833	833	833	833	833	833	833	833	0	0	0
BCWP _{CUM}	833	1.667	2.500	3.333	4.167	5.000	5.833	6.667	7.500	7.500	7.500	7.500
BAC												7.500

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VAC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAC%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SCI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.2SPI+0.8CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PC%	11,11%	22,22%	33,33%	44,44%	55,56%	66,67%	77,78%	88,89%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
EAC _{CPI}	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
EAC _{SCI}	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
EAC _{IC}	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
TCP _{I_{BAC}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCP _{I_{EAC_{SPI}}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCP _{I_{EAC_{CPI}}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCP _{I_{EAC_{SCI}}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TCP _{I_{EAC_{IC}}}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 5.13: Parámetros, desviaciones, índices y estimaciones en control de calidad.



6. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN AL PROYECTO COMPLETO

6.1. INTRODUCCIÓN

Ahora realizaremos el análisis sobre el conjunto del proyecto, primeramente representaremos las curvas del trabajo programado, del valor ganado y del coste real del trabajo que se ha realizado sobre la correspondiente gráfica de coste-tiempo, trazándolas desde el inicio del proyecto para poder valorar y analizar la evolución del proyecto en toda su trayectoria.

6.2. APLICACIÓN AL PROYECTO COMPLETO

Partiendo de las tablas BCWS, ACWP y BCWP, de acuerdo a como se ha descrito en los apartados anteriores, se elabora la tabla de valores acumulados a lo largo del proyecto obteniendo todos los valores que toman los índices de ejecución y las variaciones de coste y de planificación, a partir de las cuales podemos elaborar las gráficas siguientes, por un lado la gráfica con las curvas del trabajo programado, del coste real y del valor ganado del trabajo que se ha realizado, representadas sobre un gráfico de coste-tiempo, trazándolas desde el inicio del proyecto se pueden ver las evoluciones de las mismas y valorar cómo evoluciona el proyecto completo.

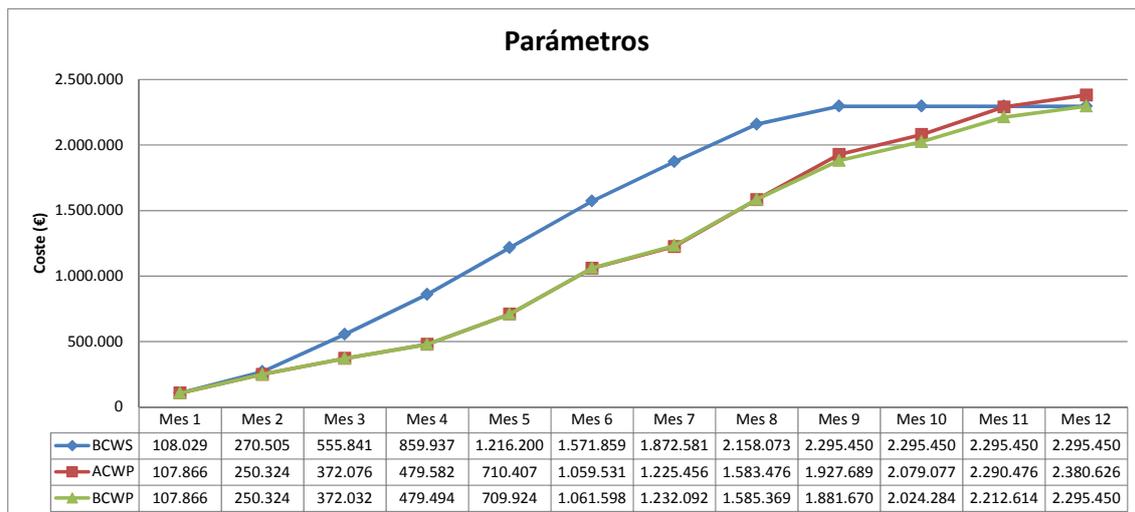


Figura 6.1: Curvas de los parámetros BCWS, ACWP y BCWP para el proyecto completo.

En este caso se puede observar, para el proyecto completo, que la curva $BCWS_{CUM}$ indica un coste de 108.029€ para el primer mes, 270.505 para el segundo, 555.841€ para el tercero, 859.937€ para el cuarto, 1.216200€ para el quinto, 1.571.859€ para el sexto, 1.872.581€ para el séptimo, 2.158.073€ para el octavo y 2.295.450€ para el noveno, dando por finalizado en este plazo la planificación del proyecto, es decir, se ha programado una duración de 9 meses.

Para el caso de la curva $ACWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 107.866€ para el primer mes, 250.324€ para el segundo, 372.076€ para el tercero, 479.582€ para el cuarto, 710.407€ para el quinto, 1.059.531€ para el sexto, 1.225.456€ para el séptimo, 1.583.476€ para el octavo, 1.927.689€ para el noveno, 2.079.077€ para el décimo, 2.290.476€ para el undécimo y 2.380.626€ para el duodécimo, terminando en este plazo la ejecución del proyecto con una duración total de 12 meses.



En cuanto a la curva $BCWP_{CUM}$, ésta indica un coste de 107.866€ para el primer mes, 250.324€ para el segundo, 372.032€ para el tercero, 479.494€ para el cuarto, 709.924€ para el quinto, 1.061.598€ para el sexto, 1.232.092€ para el séptimo, 1.585.369€ para el octavo, 1.881.670€ para el noveno, 2.024.284€ para el décimo, 2.212.614€ para el undécimo y 2.295.450€ para el duodécimo, finalizando, al igual que en el caso anterior, la ejecución del proyecto con una duración total de 12 meses.

Por lo tanto, a la vista del gráfico y del análisis anterior, podemos decir que el proyecto completo ha finalizado con un retraso de 3 meses por encima de la programación, como se puede observar la curva BCWP está ligeramente por debajo de la curva BCWS los dos primeros meses, donde se cumple aproximadamente con la planificación, para pasar a estar muy por debajo desde el tercero hasta el duodécimo mes, donde se van acumulando los retrasos.

Además el proyecto acumula una desviación final del presupuesto $VAC=-85.175€$, es decir, un coste de 85.175€ por encima del coste presupuestado, en este caso la curva ACWP avanza prácticamente con el mismo trazado que la curva BCWP los ocho primeros meses, para empezar a separarse a partir del noveno mes y hasta el duodécimo, con la acumulación de los sobrecostes.

Por otro lado, la gráfica que representa las curvas de las desviaciones o variaciones del coste y de la planificación se puede observar si vamos adelantados o retrasados y si estamos por encima o por debajo del valor planificado del presupuesto a la fecha de cada control. Siguiendo las fórmulas que nos indica el método para obtener la desviación en programación $SV = BCWP - BCWS$ y $CV = BCWP - ACWP$; entonces $SV\% = SV/BCWS$ y $CV\% = CV/BCWP$.

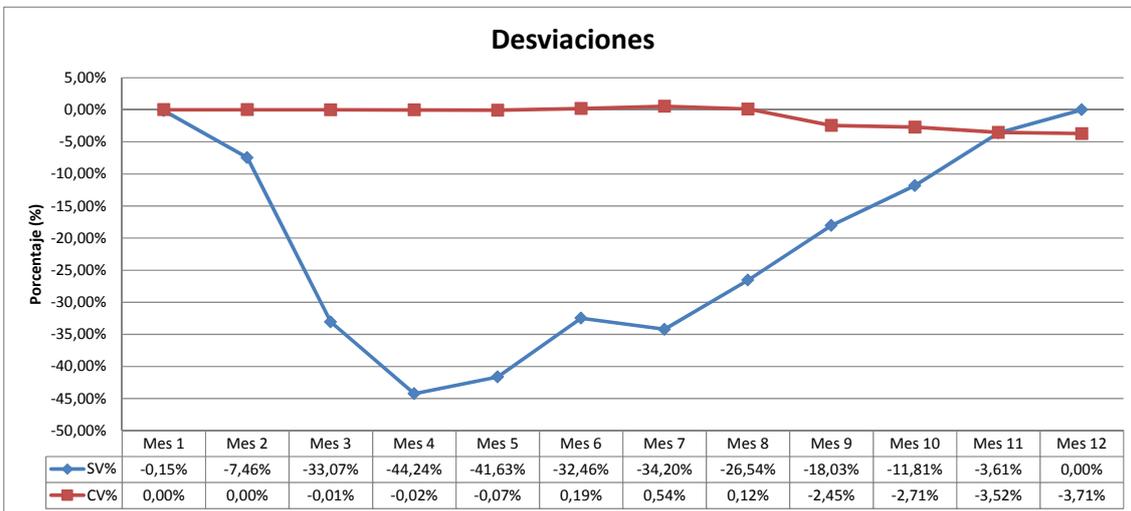


Figura 6.2: Curvas de las desviaciones SV% y CV% para el proyecto completo.

En cuanto a las desviaciones, podemos observar en las curvas del proyecto completo, la curva de desviación de la programación SV%, nos está indicando que, para todos los meses, es decir, del primero al duodécimo, existe un retraso en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SV% toma valores negativos en todos los meses que dura el proyecto, desde el primer mes, donde $SV\%=-0,15%$, empeorando progresivamente hasta lle-



gar a una desviación máxima en el cuarto mes, donde $SV\% = -44,24\%$, para posteriormente ir mejorando en el tiempo hasta el llegar al duodécimo mes, donde $SV\% = 0,00\%$, y termina en este plazo la ejecución del proyecto con una duración total de 12 meses, con 3 meses de retraso.

Para el caso de la curva de desviación sobre el coste $CV\%$, nos está indicando que, para los meses primero y segundo, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva $CV\%$ toma valores nulos en los dos primeros meses, donde $CV\% = 0,00\%$, pero a partir del tercer mes y hasta el quinto, nos indica que existen ligeros sobrecostes, ya que la curva $CV\%$ toma valores negativos en estos meses, donde $CV\% = -0,01\%$ en el tercero, hasta $CV\% = -0,07\%$ en el quinto. En los meses sexto, séptimo y octavo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva $CV\%$ toma valores positivos en estos meses, siendo $CV\% = 0,19\%$ en el sexto, $CV\% = 0,54\%$ en el séptimo y $CV\% = 0,12\%$ en el octavo; y a partir del noveno mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva $CV\%$ toma valores negativos en estos meses, desde el noveno mes, donde $CV\% = -2,45\%$, aumentando progresivamente hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de $CV\% = -3,71\%$, es decir, con un sobrecoste del 3,71% sobre el coste presupuestado para los trabajos.

Asimismo, la gráfica que representa las curvas de los índices de ejecución o rendimiento SPI, CPI, SCI e IC, que nos indican las evoluciones de la planificación y el coste del proyecto completo, para poder tomar en función de los valores que tomen estos índices en cada control unas determinadas medidas para corregir o reconducir la marcha del proyecto si fuese necesario, por producirse variaciones sobre los objetivos marcados.

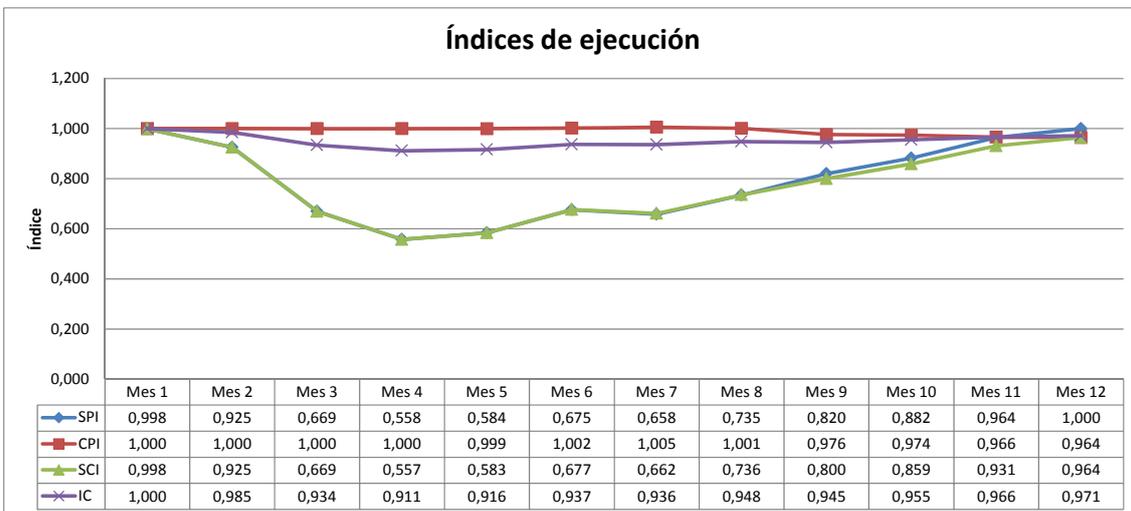


Figura 6.3: Curvas de los índices SPI, CPI, SCI e IC para el proyecto completo.

En los índices de ejecución, se puede observar, para el proyecto completo, que el índice de ejecución de la planificación, representado por la curva SPI, nos indica que, para todos los meses, es decir, del primero al duodécimo, existe un retraso en la ejecución de los trabajos sobre la planificación de los mismos, ya que la curva SPI toma valores inferiores a 1 en todos los meses que dura el proyecto, desde el primer mes, donde $SPI = 0,998$, empeorando progresivamente hasta llegar a un rendimiento mínimo en el cuarto mes, donde $SPI = 0,558$, para posterior-



mente ir mejorando en el tiempo hasta el llegar al duodécimo mes, donde SPI=1,000, y termina en este plazo la ejecución del proyecto completo con retraso.

Para el caso del índice de ejecución del coste, representado por la curva CPI, nos indica que, para los meses del primero al cuarto, no existe desviación entre el coste presupuestado y el coste real del trabajo ejecutado, ya que la curva CPI toma valores iguales a la unidad en los cuatro primeros meses, donde CPI=1,000, pero al llegar al quinto mes, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma un valor inferior a la unidad en este caso, siendo CPI=0,999 en este mes. En los meses sexto, séptimo y octavo, nos indica que el coste es inferior al presupuestado, ya que la curva CPI toma valores superiores a la unidad en estos meses, siendo CPI=1,002 en el sexto, CPI=1,005 en el séptimo y CPI=1,001 en el octavo; y a partir del noveno mes y hasta el duodécimo, nos indica que existen sobrecostes, ya que la curva CPI toma valores inferiores a la unidad en estos meses, desde el noveno mes, donde CPI=0,976, disminuyendo hasta el duodécimo mes, donde termina con un valor de CPI=0,964, es decir, con sobrecostes.

En cuanto a los índices de ejecución de planificación-coste, $SCI = SPI \times CPI$, índice compuesto, $IC = 0,2 \times SPI + 0,8 \times CPI$, ambos son obtenidos a partir de los índices SPI y CPI, y por tanto son combinaciones de éstos. La curva SCI está muy próxima a la curva SPI, debido a que se calcula con el producto de los índices, y el índice CPI es muy próximo a la unidad, salvo en el último mes, que se iguala a CPI, puesto que SPI es igual a 1. En cuanto a la curva IC, está más próxima a la curva CPI, debido a que se obtiene con un 80% del índice CPI y un 20% del índice SPI.

Por último, la estimación del coste final EAC, del proyecto completo, que queremos calcular, va a ser el nuevo presupuesto estimado después de conocer la situación en un momento dado del proyecto, y que de acuerdo con el desarrollo del proyecto se puede obtener basándose en los índices de ejecución SPI, CPI, SCI e IC, representando estas estimaciones en un gráfico de coste-tiempo, permite reflejar las expectativas acerca del proyecto, como se puede comprobar en la gráfica siguiente, en la que podemos ver valor va tomando la estimación del coste del proyecto completo en función del índice de ejecución que utilicemos para su cálculo y con cuál de ellos obtenemos una aproximación mejor al valor final.

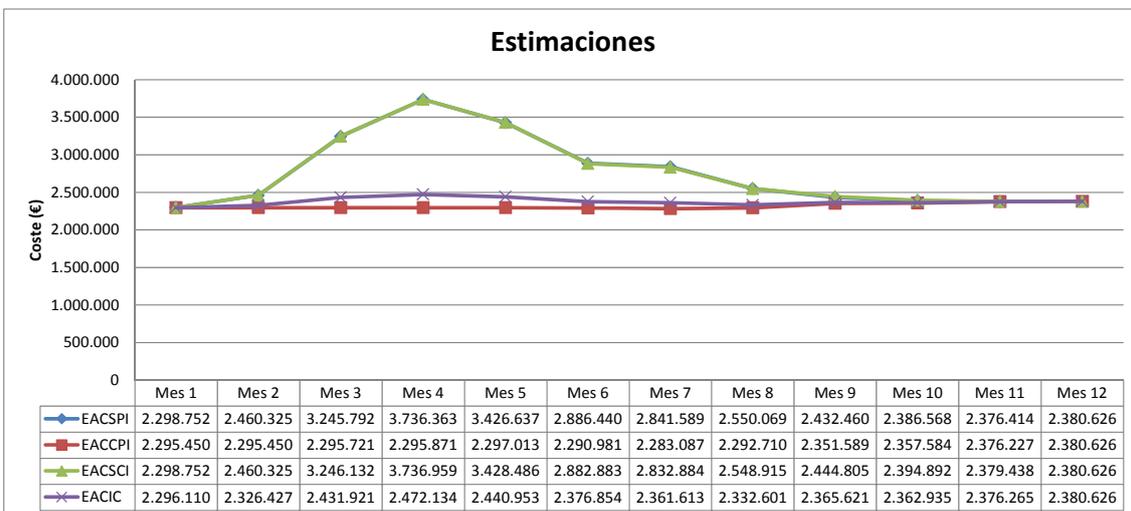


Figura 6.4: Curvas de las estimaciones SPI, CPI, SCI e IC para el proyecto completo.



Se observa como los índices de ejecución CPI e IC, son los que se comportan de una forma más estable a lo largo del tiempo, permitiendo predecir desde los primeros meses de ejecución de los trabajos, el coste final de los mismos. Esto es debido a que los índices CPI e IC están basados en la componente del coste, y éste varía mucho menos que el plazo. En concreto, el EAC basado en el IC, arroja una predicción muy aproximada en el segundo mes, donde $EAC_{IC}=2.326.427\text{€}$, y ya en el sexto mes la predicción es casi exacta, siendo $EAC_{IC}=2.376.854\text{€}$, ya que el proyecto finaliza en 2.380.626€.

Por el contrario, se puede comprobar, que los índices SPI y SCI tienen un comportamiento mucho menos estable durante el periodo, no permitiendo predecir hasta los últimos meses de ejecución de los trabajos, el coste final de éstos. Esto es debido a que los índices SPI e SCI están basados en la componente del plano, y éste varía mucho más que el coste. Entre los meses primero y cuarto, la desviación es máxima, llegando a $EAC_{SPI}=3.736.363\text{€}$, para mejorar hasta llegar al décimo mes, donde $EAC_{SPI}=2.386.568\text{€}$.

Se comprueba también que un EAC basado en el índice CPI es un “suelo” para el coste final estimado, es decir, el caso más favorable; mientras que el EAC basado en el SCI es el “techo” para las estimaciones, es decir, es caso más desfavorable. Igualmente se comprueba un hecho que debería ser evidente: a medida que transcurre el proyecto, las estimaciones de coste a la finalización son cada vez más ajustada a la realidad final.

Para finalizar se incluye también una tabla resumen, para el proyecto completo, en la que se muestran todos los valores numéricos de los parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones comentadas anteriormente:

PARÁMETROS	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
BCWS	108.029	162.476	285.336	304.096	356.263	355.659	300.722	285.492	137.378	0	0	0
BCWS _{CUM}	108.029	270.505	555.841	859.937	1.216.200	1.571.859	1.872.581	2.158.073	2.295.450	2.295.450	2.295.450	2.295.450
ACWP	107.866	142.458	121.751	107.506	230.825	349.123	165.925	358.021	344.212	151.389	211.399	90.150
ACWP _{CUM}	107.866	250.324	372.076	479.582	710.407	1.059.531	1.225.456	1.583.476	1.927.689	2.079.077	2.290.476	2.380.626
BCWP	107.866	142.458	121.707	107.463	230.430	351.674	170.494	353.277	296.300	142.614	188.330	82.836
BCWP _{CUM}	107.866	250.324	372.032	479.494	709.924	1.061.598	1.232.092	1.585.369	1.881.670	2.024.284	2.212.614	2.295.450
BAC												2.295.450

DESVIACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SV	-163	-20.181	-183.809	-380.443	-506.276	-510.261	-640.489	-572.703	-413.781	-271.167	-82.836	0
SV%	-0,15%	-7,46%	-33,07%	-44,24%	-41,63%	-32,46%	-34,20%	-26,54%	-18,03%	-11,81%	-3,61%	0,00%
CV	0	0	-44	-88	-483	2.067	6.636	1.893	-46.019	-54.793	-77.862	-85.175
CV%	0,00%	0,00%	-0,01%	-0,02%	-0,07%	0,19%	0,54%	0,12%	-2,45%	-2,71%	-3,52%	-3,71%
VAC	0	0	-271	-421	-1.563	4.469	12.364	2.741	-56.138	-62.133	-80.777	-85.175
VAC%	0,00%	0,00%	-0,01%	-0,02%	-0,07%	0,19%	0,54%	0,12%	-2,45%	-2,71%	-3,52%	-3,71%

ÍND. EJECUCIÓN	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
SPI	0,998	0,925	0,669	0,558	0,584	0,675	0,658	0,735	0,820	0,882	0,964	1,000
CPI	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,002	1,005	1,001	0,976	0,974	0,966	0,964
SCI	0,998	0,925	0,669	0,557	0,583	0,677	0,662	0,736	0,800	0,859	0,931	0,964
0.2SPI+0.8CPI	1,000	0,985	0,934	0,911	0,916	0,937	0,936	0,948	0,945	0,955	0,966	0,971
PC%	4,70%	10,91%	16,21%	20,89%	30,93%	46,25%	53,68%	69,07%	81,97%	88,19%	96,39%	100,00%

ESTIMACIONES	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
EAC _{SPI}	2.298.752	2.460.325	3.245.792	3.736.363	3.426.637	2.886.440	2.841.589	2.550.069	2.432.460	2.386.568	2.376.414	2.380.626
EAC _{CPI}	2.295.450	2.295.450	2.295.721	2.295.871	2.297.013	2.290.981	2.283.087	2.292.710	2.351.589	2.357.584	2.376.227	2.380.626
EAC _{SCI}	2.298.752	2.460.325	3.246.132	3.736.959	3.428.486	2.882.883	2.832.884	2.548.915	2.444.805	2.394.892	2.379.438	2.380.626
EAC _{IC}	2.296.110	2.326.427	2.431.921	2.472.134	2.440.953	2.376.854	2.361.613	2.332.601	2.365.621	2.362.935	2.376.265	2.380.626
TCPI _{BAC}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,994	0,997	1,125	1,253	16,653	0,000
TCPI _{EAC_{SPI}}	0,998	0,925	0,669	0,558	0,584	0,675	0,658	0,735	0,820	0,882	0,964	1,000
TCPI _{EAC_{CPI}}	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,002	1,005	1,001	0,976	0,974	0,966	1,000
TCPI _{EAC_{SCI}}	0,998	0,925	0,669	0,557	0,583	0,677	0,662	0,736	0,800	0,859	0,931	1,000
TCPI _{EAC_{IC}}	1,000	0,985	0,934	0,911	0,916	0,937	0,936	0,948	0,945	0,955	0,966	1,000

Tabla 6.1: Parámetros, desviaciones, índices de ejecución y estimaciones en el proyecto completo.



La obra, finalmente fue cerrada tras 12 meses de ejecución, es decir, con 3 meses de retraso sobre la planificación inicial de los trabajos. En cuanto a los costes, la obra terminó con un importe de 2.380.626€, dicho de otro modo, 85.175€ por encima del presupuesto del contrato, que supone un sobrecoste del 3,71% sobre el presupuesto de licitación.

Como conclusión, se puede decir, que a lo largo de todo el proyecto los costes estuvieron bastante controlados, pero ha habido una importante desviación de los plazos previstos. A continuación se incluye una tabla con cifras del proyecto comparadas con las cifras de la liquidación, así como la diferencia porcentual entre ambas:

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE CONTRATO (€)	IMPORTE LIQUIDACIÓN (€)	DIFERENCIA (%)
1	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	205.593,92	209.987,43	102,14%
2	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN	1.066.063,95	1.144.552,43	107,36%
3	RED DE SANEAMIENTO	217.787,31	197.140,03	90,52%
4	RED DE ABASTECIMIENTO	191.916,98	201.712,70	105,10%
5	RED DE GAS NATURAL	37.521,80	35.050,00	93,41%
6	RED DE ELECTRICIDAD	104.332,24	108.034,64	103,55%
7	RED DE ALUMBRADO	217.812,55	231.340,07	106,21%
8	RED DE COMUNICACIONES	90.416,60	82.892,62	91,68%
9	MOBILIARIO URBANO	114.747,85	120.565,87	105,07%
10	SEÑALIZACIÓN	2.167,33	2.260,07	104,28%
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72	33.089,72	100,00%
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00	6.500,00	100,00%
13	CONTROL DE CALIDAD	7.500,00	7.500,00	100,00%
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		2.295.450,25	2.380.625,58	103,71%

Tabla 6.2: Importes de contrato, liquidación y diferencia porcentual en el proyecto completo.



7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

7.1. CONCLUSIONES

El valor ganado constituye una metodología interesante de la dirección de proyectos, para integrar costes y plazos en un mismo sistema de monitorización. Abarca muchos de los procesos de planificación, de monitorización y control, y además está fuertemente vinculado con los de ejecución. Se trata de una gestión construida principalmente con la estructura de descomposición de los trabajos, el cronograma y el presupuesto, que se integran en puntos específicos donde se controla el rendimiento, midiendo el trabajo realizado BCWP y su coste real ACWP, y comparándolos con el trabajo planificado BCWS.

Tras la aplicación del método del valor ganado al proyecto de urbanización que se ha tomado como ejemplo en este Trabajo Fin de Máster, es posible concluir que:

- La aplicación del método del valor ganado aporta una considerable mejora a la hora de prever problemas tanto en la gestión de los costes como en los plazos de ejecución en este tipo de proyectos.
- Resulta recomendable la utilización como base de medida el presupuesto de ejecución material del proyecto, lo que simplifica los cálculos y reduce la complejidad de las operaciones.
- Las certificaciones mensuales ordinarias de obra permiten un fácil y cómodo seguimiento de la misma aplicando el método del valor ganado.
- Los índices de ejecución permiten realizar estimaciones razonablemente precisas, o cuando menos, fijar un máximo para el coste estimado a la finalización. Lógicamente, las estimaciones serán tanto más precisas a medida que avanza la obra.
- El índice de ejecución que se ha demostrado más estable y con mayor precisión en la estimación del coste final en el tipo de proyecto realizado es el índice compuesto con coeficientes de 0,2 para el SPI y 0,8 para el CPI, y el CPI, aunque de ejecutar un proyecto de mayor duración, y basándonos en la bibliografía existente, probablemente este índice no sería válido para las diferentes fase del proyecto.
- Se comprueba que un EAC calculado para un índice CPI es el “suelo” para el coste final estimado, mientras que un EAC calculado para un índice SCI, es un “techo” para este parámetro de coste.
- Dada esa mayor dificultad para controlar los plazos, y que las penalizaciones que establece la Ley de Contratos del Sector Público por incumplimiento del plazo de finalización son muy reducidas y poco motivadoras para las empresas, resulta recomendable incrementar, a través del Pliego de Cláusulas Administrativas, las penalizaciones por incumplimiento del plazo.



Cabe destacar que las conclusiones obtenidas se basan en la aplicación del método al proyecto ejemplo, y que realizando el análisis a un mayor número de proyectos las conclusiones podrían reafirmar a las obtenidas o ser totalmente distintas.

En definitiva, el método del valor ganado se presenta todavía como un sistema de futuro en la incorporación a los proyectos de construcción, pese a tener claro que una buena planificación y control es la base para la obtención de beneficios, y todo esto te lo ofrece el método.

Existen proyectos hoy en día que se demoran en el tiempo, mucho más de lo previsto; en obra pública esto sucede principalmente por problemas con la Administración, debido a que los trámites a realizar con ésta son muy lentos y esto proporciona un desfase en los proyectos.

A la hora de afrontar un nuevo proyecto, sobre todo en obra pública, hay que tener en cuenta que se les presentan a las empresas muchas exigencias, que hay que afrontar con métodos ágiles y eficaces. Se debe tener un control exhaustivo de la planificación, para que la ejecución se produzca sin problemas y sin incertidumbres que puedan provocar sobrecostes o retrasos.

El método del valor ganado puede ayudar en ese momento con sus parámetros y sobre todo con las estimaciones, a predecir, si continúa el trabajo realizándose de la manera que se está haciendo hasta el momento del control, que desfase presentará al final, y por lo tanto que es lo que se puede corregir antes de que sea demasiado tarde.

7.2. LÍNEAS DE FUTURO

Por otra parte, del desarrollo de este trabajo de análisis del método del valor ganado en proyectos de urbanización, surgen nuevas líneas de investigación sobre las que continuar el trabajo, entre ellas podrían destacar las siguientes:

- Aplicación del método del valor ganado a distintos tipos de proyectos de construcción, como pueden ser proyectos de carreteras, líneas ferroviarias, obras hidráulicas, etc.
- Repetición del presente análisis a un conjunto mayor de proyectos para confirmar o cuestionar las conclusiones obtenidas en este trabajo.
- Desarrollo de una metodología reducida y más sencilla, basada en el valor ganado para su aplicación en proyectos sencillos y pequeños.
- Análisis de la aplicación de la metodología ligada a la gestión de riesgos y contingencias realizada sobre varios tipos de proyectos.
- Desarrollo de una metodología especial basada en el valor ganado y adaptada al ciclo de vida de distintas clases de proyectos.
- Valoración del concepto de seguimiento y control de proyectos mediante la metodología de la programación ganada.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Alsina, J. (2013). Gestión de Valor Ganado EVM para Control de Proyectos. *Project Charter*, 1, 1-25.
- Anbari, F. (2003). Earned value project management methods and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), 12–23.
- Christensen, D.S., Antolini, R.C., McKinney, J.W., (1995). A Review of EAC Research Journal of Cost. *Analysis and Management*, pp. 41-62.
- Christensen, D. S. (1998). The costs and benefits of the earned value management process. *Journal of Parametrics*, 18(2), 1-16.
- Christensen, D.S., (1999). Using the Earned Value Cost Management Report to Evaluate the Contractor's Estimate At Completion. *Acquisition Review Quarterly* 19:283:296.
- Fleming, Q., Koppelman, J. (2012). *Earned value project management, Fourth Edition*. Project Management Institute, Inc. Pensilvania
- Ganuzá, J. (1997). Los sobrecostos en las obras públicas. Un análisis económico del caso español. *Economía Industrial*, (318), 111-122.
- Granda, J.M. (2012). *Valoración de la aplicación del método del valor ganado a proyectos industriales*. (Trabajo de fin de máster). Universidad de Oviedo.
- Hayes, R. D. (2001). Analysis and application of earned value management to the Naval Construction Force. *School of civil engineering Purdue University West Lafayette Indiana*.
- Lipke, W. (2003). Schedule is different. *The Measurable News*, 31(4), 31-34.
- Lipke, W. (2004). Connecting earned value to the schedule. *The Measurable News*, 1, 6-16.
- Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K., & Anbari, F. (2009). Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. *International journal of project management*, 27(4), 400-407.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration, (2010a). Schedule Management Handbook. NASA/SP-2010-3403. NASA Headquarters. Washington, D.C.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration, (2010b). NASA Work Breakdown Structure (WBS) Handbook. NASA/SP-2010-3404. NASA Headquarters. Washington, D.C.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration, (2010c). Integrated Baseline (IBR) Handbook. NASA/SP-2010-3406. NASA Headquarters. Washington, D.C.
- Navarro, D. (2006). Seguimiento de proyectos con el Análisis del Valor Ganado. Recuperado el 5 de julio de 2014, de <http://direccion-proyectos.blogspot.com>.



Pajares, J. y López, A. (2007). *Gestión Integrada del Coste y Plazo de Proyectos. Más allá del Valor Ganado*. XI Congreso de Ingeniería de Organización. Madrid.

PMI (2013). *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Quinta Edición en Español. Project Management Institute, Inc. Pensilvania.

Rodríguez-Arana, J., del Guayo, I. (2002). *Panorama jurídico de las administraciones públicas en el siglo XXI*. Instituto Nacional de Administración Pública.

Rusk, J. (2009). Earned Value for Agile Development. Retrieved Oct. 31st.

Valderrama, F. G., García, R. (2010). Dos modelos de aplicación del Método del Valor Ganado (EVM) para el sector de la construcción. Recuperado el 5 de julio de 2014, de <http://oa.upm.es>.

Vandevorde, S. and Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24:289–302.

Vanhoucke, M. and Vandevorde, S. (2007). A simulation and evaluation of earned value metrics to forecast the project duration. *Journal of the Operational Research Society*, 58:1361–1374.



ANEXOS

ANEXO 1. ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS TRABAJOS

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS TRABAJOS

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CÓDIGO	RESUMEN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES			
01.01	PA DESMONTAJE DE MOBILIARIO URBANO.....(01.01)	1,00	500,00	500,00
01.02	M2 LEVANTADO PAVIMENTOS CON COMPRESOR.....(01.02)	1.804,19	12,54	22.624,54
01.03	M2 LEVANTADO SOLERAS CON COMPRESOR.....(01.03)	2.679,15	13,63	36.516,81
01.10	M2 LEVANTADO LOSAS PIEDRA A MANO.....(01.04)	1.074,96	15,22	16.360,89
01.04	M2 DEMOLICIÓN FIRME CALZADAS.....(01.05)	3.795,89	7,11	26.988,78
01.05	MI DEMOLICIÓN BORDILLO COMPRESOR.....(01.06)	1.133,54	8,00	9.068,32
01.06	M3 DESMONTE A MÁQUINA T/MEDIOS.....(01.07)	4.202,62	20,73	87.120,31
01.07	MI DEMOLICIÓN DE PELDAÑOS.....(01.08)	84,80	7,76	658,05
01.08	M2 LEVANTADO DE JARDINES V TALA ÁRBOLES.....(01.09)	180,14	5,82	1.048,41
01.09	M2 CORTE PAVIMENTO C/DISCO.....(01.10)	31,26	53,02	1.657,41
01.11	Ud RETIRADA Y ALMACENAMIENTO DE FAROLAS.....(01.11)	60,00	50,84	3.050,40
	TOTAL CAPÍTULO 01			205.593,92
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN			
02.01	M3 BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL.....(02.01)	2.101,30	17,14	36.016,28
02.02	M2 SOLERA HA-25/B/20/IIA E/20 ARMADA DOBLE Ø8/0.15M.....(02.02)	7.004,36	43,84	307.071,14
02.03	M2 PAVIMENTO CALIZA GRIS E/7 CM.ABUJARDADA.....(02.03)	2.837,21	130,20	369.404,74
02.04	M2 PAVIMENTO CALIZA ROJA E/7 CM.ABUJARDADA.....(02.04)	1.489,14	130,20	193.886,03
02.05	MI ENCINTADO CALIZA NEGRA E/7 CM. C/SIERRA.....(02.05)	716,19	39,29	28.139,11
02.06	M2 PAVIMENTO ADOQUÍN HORM.24X12X8 CM.NEGRO.....(02.06)	1.765,04	46,35	81.809,60
02.07	MI BORDILLO PIEDRA CALIZA 12X25X80 CM.....(02.07)	794,87	45,61	36.254,02
02.08	MI BORDILLO PIEDRA CALIZA 30 CM.....(02.08)	85,63	57,96	4.963,11
02.09	MI BORDILLO PIEDRA CALIZA JARDÍN 9X20X39 CM.....(02.09)	226,68	30,18	6.841,20
02.10	M3 TIERRA VEGETAL EN APORTACIÓN.....(02.10)	33,53	17,67	592,48
02.11	M2 FORMACIÓN CÉSPED T/MEDIO PAÍS.....(02.11)	167,66	2,79	467,77
02.12	M2 PAVIMENTO BALDOSA GRIS 30x30.....(02.12)	19,81	31,22	618,47
	TOTAL CAPÍTULO 02			1.066.063,95
03	RED DE SANEAMIENTO			
03.01	MI ZANJA TIPO PARA TUBERÍAS SANEAMIENTO DE PVC.....(03.01)	68,39	23,47	1.605,11
03.02	MI REFUERZO DE ZANJA TIPO PARA TUBERÍAS SANEAMIENTO PVC.....(03.02)	138,86	55,72	7.737,28
03.03	MI ZANJA TIPO PARA TUBERIAS SANEAMIENTO DE HORMIGÓN.....(03.03)	219,04	112,83	24.714,28
03.04	MI TUB.ENTERRADA HM CIRC. M-H 400 MM.....(03.04)	145,46	46,98	6.833,71
03.05	MI TUB.ENT. HA CIRC. E-C 1000MM.....(03.05)	73,58	203,35	14.962,49
E20	Ud CÁMARA DE DESCARGA.....(03.06)	1,00	34.475,21	34.475,21
03.06	MI TUBERÍA DE PVC UNE-EN 1401 Ø 315 MM.....(03.07)	207,24	76,88	15.932,61
03.07	Ud POZO PREF. HM M-H D=100CM. H=2,00M.....(03.08)	13,00	486,38	6.322,94
03.08	MI SUPLEMENTO INCR. PROF.POZO HM M-H D=100CM.....(03.09)	3,00	367,42	1.102,26
03.09	Ud SUPLEMENTO INFERIOR POZO TIPO 10 Ø 1000 MM.....(03.10)	3,00	83,50	250,50
03.10	Ud SUPLEMENTO SUPERIOR POZO TIPO 10 Ø 1000 MM.....(03.11)	21,00	83,50	1.753,50
03.11	Ud SUMIDERO SIF. FUNDIC. 40X40 CM.....(03.12)	9,00	167,06	1.503,54
03.12	Ud SIFÓN REGISTRABLE REJ.ABAT.ANTIRROBO 40X40.....(03.13)	10,00	119,61	1.196,10
03.13	Ud SIFÓN REGISTRABLE REJ.ABAT.ANTIRROBO 60X60.....(03.14)	5,00	229,85	1.149,25
03.14	MI CANALETA DESAGÜE REJILLA FUNDICIÓN PC30.....(03.15)	285,23	219,52	62.613,69
03.15	MI CANALETA DESAGÜE REJILLA FUNDICIÓN PC50.....(03.16)	101,19	299,28	30.284,14
E21	MI CANAL TIPO ACO INOX MODULAR RANURADO AISI 316.....(03.17)	15,92	126,30	2.010,70
03.16	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.....(03.18)	1,00	3.340,00	3.340,00
	TOTAL CAPÍTULO 03			217.787,31



ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS TRABAJOS

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CÓDIGO	RESUMEN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
04	RED DE ABASTECIMIENTO			
04.01	MI ZANJA TIPO PARA TUBERÍAS ABASTECIMIENTO..... (04.01)	926,40	22,33	20.686,51
04.02	MI ZANJA TIPO P/ TUBERIAS ABAST. CRUCE DE CALZADA..... (04.02)	136,70	49,28	6.736,58
04.03	MI TUBERÍA FUNDICIÓN/ESTÁNDAR Ø 150 MM..... (04.03)	618,07	54,77	33.851,69
04.04	MI TUBERÍA FUNDICIÓN/ESTÁNDAR Ø 200 MM..... (04.04)	13,25	70,38	932,54
04.05	MI TUBERÍA FUNDICIÓN/ESTÁNDAR Ø 300 MM..... (04.05)	489,54	102,49	50.172,95
04.06	Ud VÁLV.COMPUE.CIERRE ELÁST.D=150mm..... (04.06)	20,00	524,74	10.494,80
04.07	Ud VÁLV.COMPUE.CIERRE ELÁST.D=200mm..... (04.07)	2,00	883,03	1.766,06
04.08	Ud VÁLV.COMPUE.CIERRE ELÁST.D=300mm..... (04.08)	14,00	1.792,14	25.089,96
04.09	Ud HIDRANTE DN 100 CON COFRE 3 TOMAS..... (04.09)	3,00	1.324,92	3.974,76
04.10	Ud BOCA RIEGO RACOR MANGUERA Ø 50 MM..... (04.10)	9,00	133,85	1.204,65
04.11	Ud POZO DE REGISTRO D=80 H= 1,6 M..... (04.11)	19,00	214,71	4.079,49
04.12	Ud BOCA DE LLAVE EN ACOMETIDA..... (04.12)	73,00	225,98	16.496,54
04.13	Ud ACOMETIDA DOMICILIARIA AGUA POTABLE..... (04.13)	73,00	186,74	13.632,02
04.14	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS..... (04.14)	1,00	2.798,43	2.798,43
	TOTAL CAPÍTULO 04.....			191.916,98
05	RED DE GAS NATURAL			
05.01	MI ZANJA TIPO TUBERÍAS GAS..... (05.01)	343,79	20,10	6.910,18
05.02	MI TUBERÍA GAS PE D=63 MM.SDR 11..... (05.02)	343,79	44,10	15.161,14
05.03	Ud ACOMET. GAS POLIETILENO D=32 MM..... (05.03)	38,00	363,73	13.821,74
05.04	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS..... (05.04)	1,00	1.628,74	1.628,74
	TOTAL CAPÍTULO 05.....			37.521,80
06	RED DE ELECTRICIDAD			
06.01.01	MI CANALIZACIÓN ELÉCTRICA BT-2 PVC Ø 100 MM.CORRUGADO..... (06.01)	41,55	33,57	1.394,83
06.01.02	MI CANALIZACIÓN ELÉCTRICA BT-4 PVC Ø 100 MM.CORRUGADO..... (06.02)	578,85	63,95	37.017,46
06.01.03	MI CANALIZACIÓN ELÉCTRICA BT-6 PVC Ø 100 MM.CORRUGADO..... (06.03)	195,50	71,87	14.050,59
06.01.04	MI CANALIZACIÓN ELÉCTRICA BT-9 PVC Ø 100 MM.CORRUGADO..... (06.04)	9,55	81,28	776,22
06.01.05	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 60X60 CM..... (06.05)	9,00	257,68	2.319,12
06.01.06	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 60X120 CM..... (06.06)	28,00	679,83	19.035,24
06.01.07	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 120X120 CM..... (06.07)	19,00	564,08	10.717,52
06.01.08	Ud ACOMETIDA ELÉCTRICA DOMICILIARIA..... (06.08)	55,00	226,86	12.477,30
06.01.09	Ud PROTECCIÓN DE ACOMETIDAS DE ACERO..... (06.09)	55,00	16,59	912,45
06.02.01	Ud ESTUDIO Y DIRECCIÓN DE OBRA..... (06.10)	1,00	3.931,51	3.931,51
06.02.02	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS..... (06.11)	1,00	1.700,00	1.700,00
	TOTAL CAPÍTULO 06.....			104.332,24
07	RED DE ALUMBRADO			
06.01.01	MI CANALIZACIÓN ELÉCTRICA BT-2 PVC Ø 100 MM.CORRUGADO..... (07.01)	939,86	33,57	31.551,10
07.01	MI LÍNEA ALUMB.P.4(1X6)+T.16 CU. C/EXC..... (07.02)	939,87	37,15	34.916,17
06.01.05	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 60X60 CM..... (07.03)	7,00	257,68	1.803,76
08.04	Ud ARQUETA REGISTRO DE INSTALACIONES 40X40 CM..... (07.04)	57,00	130,18	7.420,26
07.02	Ud TOMA DE TIERRA (PICA)..... (07.05)	21,00	92,53	1.943,13
07.03	Ud CANALIZACIÓN ELÉCTRICA EN FACHADAS..... (07.06)	9,00	85,70	771,30
07.04	Ud ANCLAJE BÁCULO/COLUMNA..... (07.07)	14,00	145,11	2.031,54
07.05	Ud LUMINARIA PARED IGUZZINI 1 VSAP 150 VIARIA DELPHI..... (07.08)	9,00	1.019,43	9.174,87
07.06	Ud LUMINARIA POSTE IGUZZINI 2 VSAP 250 ASIMÉTRICA DELPHI..... (07.09)	2,00	3.198,01	6.396,02
07.07	Ud LUMINARIA LAYNA 100 ASIMÉT. COLUMNA 5,50..... (07.10)	4,00	3.572,57	14.290,28
07.08	Ud LUMINARIA LAYNA 200 ASIMÉT. COLUMNA 5,50..... (07.11)	8,00	5.276,84	42.214,72
07.09	Ud LUMINARIA LAYNA 100 ASIMÉT. PARED..... (07.12)	30,00	1.975,13	59.253,90
07.10	Ud CUADRO MANDO ALUMBRADO P. 4 SAL..... (07.13)	1,00	3.090,30	3.090,30
07.11	Ud RENOVACIÓN CENTRO DE MANDO..... (07.14)	1,00	1.353,43	1.353,43
07.12	PA RECTIFICACIÓN DEFLECTORES LUMINARIAS PREEXIST..... (07.15)	1,00	401,77	401,77
07.13	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS..... (07.16)	1,00	1.200,00	1.200,00
	TOTAL CAPÍTULO 07.....			217.812,55



ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS TRABAJOS

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CÓDIGO	RESUMEN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
08	RED DE COMUNICACIONES			
08.01	MI CANAL. TELEC. 2 TRITUBO PVC 110 HORMIGÓN SN4.....(08.01)	79,20	60,05	4.755,96
08.02	MI CANAL. TELEC. 2 TRITUBO PVC 110 HORMIGÓN SN1/SN2/SN3.....(08.02)	503,21	60,05	30.217,76
08.03	MI SALIDA A FACHADA 2 PVC 110.....(08.03)	27,70	30,69	850,11
08.04	Ud ARQUETA REGISTRO DE INSTALACIONES 40X40 CM.....(08.04)	8,00	130,18	1.041,44
06.01.05	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 60X60 CM.....(08.05)	17,00	257,68	4.380,56
08.07	Ud ARQUETA REGISTRO INSTALACIONES 120X60 CM.....(08.06)	2,00	480,82	961,64
08.06	m. CANAL. TELEF. 2 PVC 110 ACERA.....(08.07)	849,00	39,01	33.119,49
U11TA100	ud ARQUETA TELEF. IN SITU TIPO M.....(08.08)	40,00	291,30	11.652,00
U11TA110	ud ARQUETA TELEF. IN SITU TIPO H-II.....(08.09)	4,00	664,24	2.656,96
08.08	PA REPOSICIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.....(08.10)	1,00	780,68	780,68
TOTAL CAPÍTULO 08				90.416,60
09	MOBILIARIO URBANO			
09.01	Ud ALCORQUE FUNDICIÓN CUADRANGULAR.....(09.01)	12,00	607,41	7.288,92
09.02	Ud ALCORQUE FUNDICIÓN CIRCULAR.....(09.02)	43,00	376,80	16.202,40
09.03	Ud CASTANEA SATIVA (CASTAÑO).....(09.03)	14,00	111,16	1.556,24
09.04	Ud FRAXINUS EXCELSIOR (FRESNO).....(09.04)	27,00	103,59	2.796,93
09.05	Ud TILA PLATYPHYLLOS (TILO).....(09.05)	13,00	156,65	2.036,45
09.06	Ud ULMUS PUMILA (OLMO).....(09.06)	12,00	114,97	1.379,64
U13ED101	Ud PHOENIX DACTYLIFERA 3-4 m. TR.CE.....(09.07)	2,00	692,77	1.385,54
09.07	Ud BANCO MADERA FUNDICIÓN 2,00 m.....(09.08)	15,00	748,25	11.223,75
UESCLBCE15A	Ud BANCO MADERA ACERO GALVANIZADO 1,95 m.....(09.09)	3,00	934,01	2.802,03
09.08	Ud PILONA RECTA CILIND.EXTR. H=1 M.....(09.10)	10,00	669,87	6.698,70
09.09	Ud PILONA RECTA RETRÁC. ELÉCT.ACTIV.....(09.11)	3,00	5.112,62	15.337,86
09.10	Ud PAPELERA CHAPA ACERO FORJA.....(09.12)	12,00	514,65	6.175,80
UESCLBCE60a	Ud PAPELERA PRISMA BLANCO HORMIGÓN.....(09.13)	7,00	1.298,27	9.087,89
09.12	Ud PUERTA DE LA VILLA.....(09.14)	1,00	16.246,66	16.246,66
09.13	Ud LETRAS MMXI EN EL PUENTE.....(09.15)	1,00	10.800,00	10.800,00
09.14	Ud POSTE JARDINERA.....(09.16)	5,00	635,96	3.179,80
09.15	MI BORDE DE JARDÍN TIPO COLGANTE 20 ZIGMETAL VJ-BL-286.....(09.17)	9,05	60,69	549,24
TOTAL CAPÍTULO 09				114.747,85
10	SEÑALIZACIÓN			
10.01	Ud SEÑAL TRIANGULAR REFLEXIVA E.G. L=70 CM.....(10.01)	5,00	112,85	564,25
10.02	Ud SEÑAL CIRCULAR REFLEXIVA E.G. D=60 CM.....(10.02)	5,00	123,04	615,20
10.03	Ud SEÑAL OCTOGONAL REFLEXIVA E.G. 2A=60 CM.....(10.03)	1,00	142,73	142,73
10.04	ud SEÑAL RECTANGULAR REFLEXIVA E.G.60X90 CM.....(10.04)	5,00	169,03	845,15
TOTAL CAPÍTULO 10				2.167,33
11	SEGURIDAD Y SALUD			
11.01	Ud SEGURIDAD Y SALUD.....(11.01)	1,00	33.089,72	33.089,72
TOTAL CAPÍTULO 11				33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS			
12.01	Mes GESTIÓN DE RESIDUOS.....(12.01)	1,00	6.500,00	6.500,00
TOTAL CAPÍTULO 12				6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD			
13.01	UD CONTROL DE CALIDAD.....(13.01)	1,00	7.500,00	7.500,00
TOTAL CAPÍTULO 13				7.500,00
TOTAL.....				2.295.450,25





ANEXO 2. RESUMEN DE PRESUPUESTO DEL PROYECTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	205.593,92
2	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	1.066.063,95
3	RED DE SANEAMIENTO	217.787,31
4	RED DE ABASTECIMIENTO	191.916,98
5	RED DE GAS NATURAL	37.521,80
6	RED DE ELECTRICIDAD.....	104.332,24
7	RED DE ALUMBRADO.....	217.812,55
8	RED DE COMUNICACIONES.....	90.416,60
9	MOBILIARIO URBANO.....	114.747,85
10	SEÑALIZACIÓN.....	2.167,33
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD.....	7.500,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	2.295.450,25
	13,00 % Gastos generales	298.408,53
	6,00 % Beneficio industrial	137.727,02
	SUMA DE G.G. y B.I.	436.135,55
	18,00 % I.V.A.....	491.685,44
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	3.223.271,24
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	3.223.271,24

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TRES MILLONES DOSCIENTOS VEINTITRES MIL DOSCIENTOS SETENTA Y UN EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS





ANEXO 3. RESUMEN DE LAS CERTIFICACIONES MENSUALES

RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°1

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	38.014,51
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	7.018,94
03	RED DE SANEAMIENTO	30.312,85
04	RED DE ABASTECIMIENTO	0,00
05	RED DE GAS NATURAL.....	917,28
06	RED DE ELECTRICIDAD	25.180,24
07	RED DE ALUMBRADO.....	1.190,35
08	RED DE COMUNICACIONES.....	0,00
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	3.676,64
12	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	722,22
13	CONTROL DE CALIDAD.....	833,33
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	107.866,36
	13,00 % Gastos generales.....	14.022,63
	6,00 % Beneficio industrial	6.471,98
	SUMA DE G.G. y B.I.	20.494,61
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	128.360,97
	18,00 % IVA.....	23.104,97
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 1	151.465,94

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN Nº2

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	41.428,53
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	37.131,85
03	RED DE SANEAMIENTO	66.877,33
04	RED DE ABASTECIMIENTO	36.229,30
05	RED DE GAS NATURAL	6.056,37
06	RED DE ELECTRICIDAD	36.064,88
07	RED DE ALUMBRADO.....	3.269,12
08	RED DE COMUNICACIONES.....	12.802,66
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	7.353,27
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	1.444,44
13	CONTROL DE CALIDAD.....	1.666,67
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		250.324,42
	13,00 % Gastos generales.....	32.542,17
	6,00 % Beneficio industrial	15.019,47
SUMA DE G.G. y B.I.		47.561,64
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA		297.886,06
	18,00 % IVA.....	53.619,49
TOTAL CERTIFICACIÓN Nº 2		351.505,55

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de TRESCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL QUINIENTOS CINCO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°3

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	42.290,83
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	113.778,97
03	RED DE SANEAMIENTO	73.644,12
04	RED DE ABASTECIMIENTO	48.029,76
05	RED DE GAS NATURAL	6.449,49
06	RED DE ELECTRICIDAD	50.145,88
07	RED DE ALUMBRADO.....	8.509,31
08	RED DE COMUNICACIONES.....	13.530,91
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	11.029,91
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	2.166,67
13	CONTROL DE CALIDAD.....	2.500,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		372.075,84
	13,00 % Gastos generales.....	48.369,86
	6,00 % Beneficio industrial	22.324,55
SUMA DE G.G. y B.I.		70.694,41
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA		442.770,25
	18,00 % IVA.....	79.698,65
TOTAL CERTIFICACIÓN N° 3		522.468,90

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de QUINIENTOS VEINTIDOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN Nº4

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	43.305,11
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	172.464,67
03	RED DE SANEAMIENTO	84.601,57
04	RED DE ABASTECIMIENTO	53.994,10
05	RED DE GAS NATURAL	9.133,98
06	RED DE ELECTRICIDAD	64.019,40
07	RED DE ALUMBRADO.....	17.160,77
08	RED DE COMUNICACIONES.....	13.973,92
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	14.706,54
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	2.888,89
13	CONTROL DE CALIDAD.....	3.333,33
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	479.582,28
	13,00 % Gastos generales.....	62.345,70
	6,00 % Beneficio industrial	28.774,94
	SUMA DE G.G. y B.I.	91.120,64
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	570.702,92
	18,00 % IVA.....	102.726,53
	TOTAL CERTIFICACIÓN Nº 4	673.429,45

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de SEISCIENTOS SETENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS VEINTINUEVE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°5

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	57.762,99
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	287.094,07
03	RED DE SANEAMIENTO	101.885,95
04	RED DE ABASTECIMIENTO	90.407,38
05	RED DE GAS NATURAL	17.651,22
06	RED DE ELECTRICIDAD	67.051,95
07	RED DE ALUMBRADO.....	23.700,15
08	RED DE COMUNICACIONES.....	38.692,57
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	18.383,18
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	3.611,11
13	CONTROL DE CALIDAD.....	4.166,67
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	710.407,24
	13,00 % Gastos generales.....	92.352,94
	6,00 % Beneficio industrial	42.624,43
	SUMA DE G.G. y B.I.	134.977,37
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	845.384,61
	18,00 % IVA.....	152.169,23
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 5	997.553,84

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de NOVECIENTOS NOVENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°6

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	90.380,05
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	482.441,35
03	RED DE SANEAMIENTO	115.161,33
04	RED DE ABASTECIMIENTO	137.923,83
05	RED DE GAS NATURAL	21.153,76
06	RED DE ELECTRICIDAD	83.308,20
07	RED DE ALUMBRADO.....	44.586,84
08	RED DE COMUNICACIONES.....	53.182,07
09	MOBILIARIO URBANO.....	0,00
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	22.059,81
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	4.333,33
13	CONTROL DE CALIDAD.....	5.000,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	1.059.530,58
	13,00 % Gastos generales.....	137.738,97
	6,00 % Beneficio industrial	63.571,83
	SUMA DE G.G. y B.I.	201.310,80
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.260.841,38
	18,00 % IVA.....	22.951,45
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 6	1.487.792,83

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de UN MILLÓN CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°7

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	120.162,52
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	542.730,59
03	RED DE SANEAMIENTO	144.494,71
04	RED DE ABASTECIMIENTO	140.066,21
05	RED DE GAS NATURAL.....	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD.....	100.105,11
07	RED DE ALUMBRADO.....	47.246,76
08	RED DE COMUNICACIONES.....	54.812,08
09	MOBILIARIO URBANO.....	4.162,46
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	25.736,45
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	5.055,56
13	CONTROL DE CALIDAD.....	5.833,33
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	1.225.455,78
	13,00 % Gastos generales.....	159.309,25
	6,00 % Beneficio industrial	73.527,35
	SUMA DE G.G. y B.I.	232.836,60
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.458.292,38
	18,00 % IVA.....	262.492,63
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 7	1.720.785,01

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de UN MILLÓN SETECIENTOS VEINTE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con UN CÉNTIMO.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°8

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	124.603,46
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	810.169,89
03	RED DE SANEAMIENTO	146.934,08
04	RED DE ABASTECIMIENTO	178.905,11
05	RED DE GAS NATURAL	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD	105.532,71
07	RED DE ALUMBRADO.....	63.653,58
08	RED DE COMUNICACIONES.....	66.098,09
09	MOBILIARIO URBANO.....	10.672,01
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	29.413,08
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	5.777,78
13	CONTROL DE CALIDAD.....	6.666,67
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	1.583.476,46
	13,00 % Gastos generales.....	205.851,94
	6,00 % Beneficio industrial	95.008,59
	SUMA DE G.G. y B.I.	300.860,53
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.884.336,99
	18,00 % IVA.....	339.180,66
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 8	2.223.517,65

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de DOS MILLONES DOSCIENTOS VEINTITRES MIL QUINIENTO DIECISIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°9

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	190.745,96
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	988.620,54
03	RED DE SANEAMIENTO	151.849,66
04	RED DE ABASTECIMIENTO	188.767,81
05	RED DE GAS NATURAL	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD	107.513,57
07	RED DE ALUMBRADO.....	130.084,79
08	RED DE COMUNICACIONES.....	74.039,66
09	MOBILIARIO URBANO.....	13.926,79
10	SEÑALIZACIÓN.....	0,00
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD.....	7.500,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		1.927.688,50
	13,00 % Gastos generales.....	250.599,51
	6,00 % Beneficio industrial	115.661,31
SUMA DE G.G. y B.I.		366.260,82
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA		2.293.949,32
	18,00 % IVA.....	412.910,88
TOTAL CERTIFICACIÓN N° 9		2.706.860,20

Asciede la presente certificación a la expresada cantidad de DOS MILLONES SETECIENTOS SEIS MIL OCHOCIENTOS SESENTA EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°10

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	201.706,70
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	1.016.288,26
03	RED DE SANEAMIENTO	161.333,58
04	RED DE ABASTECIMIENTO	194.613,43
05	RED DE GAS NATURAL	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD	108.034,64
07	RED DE ALUMBRADO.....	197.407,20
08	RED DE COMUNICACIONES.....	82.892,62
09	MOBILIARIO URBANO.....	34.002,14
10	SEÑALIZACIÓN.....	658,83
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD.....	7.500,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	2.079.077,12
	13,00 % Gastos generales.....	270.280,03
	6,00 % Beneficio industrial	124.744,63
	SUMA DE G.G. y B.I.	395.024,66
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	2.474.101,78
	18,00 % IVA.....	445.338,32
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 10	2.919.440,10

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de DOS MILLONES NOVECIENTOS DIECINUEVE MIL CUATROCIENTOS CUARENTA EUROS con DIEZ CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°11

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	209.987,43
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	1.112.830,37
03	RED DE SANEAMIENTO	185.874,51
04	RED DE ABASTECIMIENTO	201.712,70
05	RED DE GAS NATURAL	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD	108.034,64
07	RED DE ALUMBRADO.....	216.623,68
08	RED DE COMUNICACIONES.....	82.892,62
09	MOBILIARIO URBANO.....	89.282,33
10	SEÑALIZACIÓN.....	1.098,05
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD.....	7.500,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	2.290.476,05
	13,00 % Gastos generales.....	297.761,89
	6,00 % Beneficio industrial	137.428,56
	SUMA DE G.G. y B.I.	435.190,45
	TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	2.725.666,50
	18,00 % IVA.....	490.619,97
	TOTAL CERTIFICACIÓN N° 11	3.216.286,47

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de TRES MILLONES DOSCIENTOS DIECISEIS MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS.



RESUMEN DE CERTIFICACIÓN N°12

PROYECTO DE URBANIZACIÓN DE VARIAS CALLES DE LLANES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES	209.987,43
02	AFIRMADO Y PAVIMENTACIÓN.....	1.144.552,43
03	RED DE SANEAMIENTO	197.140,03
04	RED DE ABASTECIMIENTO	201.712,70
05	RED DE GAS NATURAL	35.050,00
06	RED DE ELECTRICIDAD	108.034,64
07	RED DE ALUMBRADO.....	231.340,07
08	RED DE COMUNICACIONES.....	82.892,62
09	MOBILIARIO URBANO.....	120.565,87
10	SEÑALIZACIÓN.....	2.260,07
11	SEGURIDAD Y SALUD	33.089,72
12	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.500,00
13	CONTROL DE CALIDAD.....	7.500,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		2.380.625,58
	13,00 % Gastos generales.....	309.481,33
	6,00 % Beneficio industrial	142.837,53
SUMA DE G.G. y B.I.		452.318,86
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA		2.832.944,44
	18,00 % IVA.....	509.930,00
TOTAL CERTIFICACIÓN N° 12		3.342.874,44

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de TRES MILLONES TRESCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.



ANEXO 4. CARTEL DE PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

CALLE NEMESIO SOBRIÑO ESTADO REFORMADO CALLE NEMESIO SOBRIÑO 2009
CALLE CASTILLO ESTADO REFORMADO (NUEVA PLAZA DE LOS BANDOS)
CALLE MERCADERES ESTADO REFORMADO CALLE MERCADERES 2009
CALLE LAS BARQUERAS ESTADO REFORMADO CALLE LAS BARQUERAS 2009
PUERTA DE LA VILLA: SOPORTAL SUR
PUERTA DE LA VILLA: SOPORTAL NORTE
MANUEL ROMANO ESTADO REFORMADO
PUENTE DE LAS BARQUERAS ESTADO REFORMADO
PUENTE DE LAS BARQUERAS 2009
CALLE CASTILLO 2009
CALLE ROMANO ESTADO REFORMADO
MANUEL ROMANO 2009
PUENTE DE LAS BARQUERAS 2009
AVUPAMIENTO Y CASINO 2009
MANUEL ROMANO 2009
PUENTE DE LAS BARQUERAS 2009
CALLE CASTILLO 2009
CALLE ROMANO ESTADO REFORMADO
MANUEL ROMANO 2009
PUENTE DE LAS BARQUERAS 2009
PUERTA DE LA VILLA: SOPORTAL SUR
PUERTA DE LA VILLA: SOPORTAL NORTE
CALLE NEMESIO SOBRIÑO ESTADO REFORMADO CALLE NEMESIO SOBRIÑO 2009
CALLE MERCADERES ESTADO REFORMADO CALLE MERCADERES 2009
CALLE LAS BARQUERAS ESTADO REFORMADO CALLE LAS BARQUERAS 2009

REHABILITACIÓN DE LAS CALLES MANUEL ROMANO, NEMESIO SOBRIÑO, CASTILLO, MERCADERES Y DE LAS BARQUERAS (LLANES)



PLANTA GENERAL DE ACTUACIONES
ESCALA 1/500

AYUNTAMIENTO DE LLANES