

DESARROLLO DE UN MODELO PARA EL
SEGUIMIENTO Y CONTROL ECONÓMICO Y
TEMPORAL DURANTE LA FASE DE EJECUCIÓN
EN LA OBRA PÚBLICA. INTEGRATION OF
INFORMATION FOR ADVANCED DETECTION OF
COST OVERRUNS-IMADO

Ester Gifra Bassó

Per citar o enllaçar aquest document:
Para citar o enlazar este documento:
Use this url to cite or link to this publication:
<http://hdl.handle.net/10803/550975>



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>

Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons Reconeixement

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento

This work is licensed under a Creative Commons Attribution licence



TESIS DOCTORAL

DESARROLLO DE UN MODELO PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL ECONÓMICO Y TEMPORAL DURANTE LA FASE DE EJECUCIÓN EN LA OBRA PÚBLICA. INTEGRATION OF INFORMATION FOR ADVANCED DETECTION OF COST OVERRUNS - I M A D O.

Ester Gifra Bassó
Octubre 2017



TESIS DOCTORAL

**DESARROLLO DE UN MODELO PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL
ECONÓMICO Y TEMPORAL DURANTE LA FASE DE EJECUCIÓN EN LA
OBRA PÚBLICA. INTEGRATION OF INFORMATION FOR ADVANCED
DETECTION OF COST OVERRUNS - I M A D O**

Ester Gifra Bassó

2017

PROGRAMA DE DOCTORAT

Programa Oficial de Doctorat en Turisme, Dret i Empresa

DIRIGIDA PER

Dr. Albert Ribera Roget

Dr. Joaquim de Ciurana Gay

Memoria presentada para optar al título de doctora por la Universitat de Girona



Dedico aquesta tesi als que han cregut amb mi.
Mot especialment a la meva família. Sense la seva
ajuda arribar fins aquí no hagués estat possible.

Merci Àlex, Mima i Beti.

Índice general

<i>Acrónimos</i> _____	9
<i>Índice de figuras</i> _____	13
<i>Índice de tablas</i> _____	17
<i>Índice de gráficos</i> _____	19
1. Definición del problema _____	21
1.1 Introducción _____	22
1.2 Problemática y oportunidad _____	28
1.3 Justificación _____	30
1.4 Situación actual _____	32
1.5 Hipótesis formulada _____	35
1.6 Objetivo general y objetivos específicos _____	38
2. Marco teórico _____	41
2.1 La gestión _____	42
2.1.1 La gestión de proyectos _____	42
2.1.1.1 Orígenes y antecedentes de la gestión de proyectos _____	42
2.1.1.2 Definición de la gestión de proyectos _____	46
2.1.1.3 Definición de proyecto _____	51
2.1.1.4 El ciclo de vida, los procesos y las áreas funcionales de un proyecto _____	53
2.1.1.5 Las asociaciones y organismos de gestión de proyectos _____	55
a. ACCE International (anteriormente la American Association of Cost) - (1956) (AACE, 2016) _____	55
b. International Project Management Association – IPMA (1965) (IPMA, 2017) _____	55
c. Project Management Institute – PMI (1969) (PMI, Project Management Institute, 2017) _____	56
d. APM Group (APMG, 2017) _____	57
e. Project Management Association of Japan – PMAJ (2002) (PMAJ, 2017) _____	58

2.1.2	La gestión de proyectos de construcción	58
2.1.2.1	El proyecto de construcción	58
2.1.2.2	El ciclo de vida del proyecto de construcción	59
2.1.2.3	Los procesos de gestión de proyectos en la fase de construcción	61
a.	Planificación	61
b.	Ejecución – seguimiento y control	70
2.1.2.4	Las técnicas y metodologías de gestión de proyectos	73
a.	Técnicas de planificación y programación	73
•	Diagrama de Gantt (1917)	73
•	Red de flecha - Método de la ruta crítica o “Critical Path Method” -CPM- (1957)	75
•	Red de flecha - Método “Program Evaluation and Review Technique” –PERT- (1958)	77
•	Red de precedencias - Método “ROY” (1960)	78
•	Work Breakdown Structure – WBS (1962)	79
b.	Técnicas de seguimiento y control económico y temporal	81
•	Diagrama de Gantt (1917)	81
•	Técnica básica de seguimiento y control de costes a través de las certificaciones de obra	81
•	El Método del Valor Ganado – EVM (1989)	87
•	El EVM para la dirección de obra con PRESTO	95
•	El Método de la Programación Ganada (ES)	99
•	El seguimiento y control activo con el programa TCQ2000	102
c.	Técnicas integradas	105
•	El Building Information Modeling – BIM	105
•	Lean construction – LEAN (1984)	109
•	Last Planner - LP	111
2.2	La obra pública en España	113
2.2.1	Marco regulador	113
2.2.2	Principales características del sistema de contratación pública	115
2.2.2.1	Fase previa - proyecto	116
2.2.2.2	Fase de licitación – adjudicación del contrato	120
a.	Procedimiento de licitación de la obra	120
b.	Participación de los candidatos o licitadores	121
c.	Cierre de la licitación por parte de la Administración	124

2.2.2.3 Fase de ejecución - obra _____	125
a. Presentación del plan de obra _____	125
b. Acreditación y abono de la ejecución de la obra _____	126
c. Prórroga del plazo de ejecución de la obra _____	134
2.2.3 Las variaciones, modificaciones y obras complementarias _____	136
2.2.3.1 Las alteraciones de carácter económico según el TRLCSP _____	136
2.2.3.2 Las alteraciones de carácter económico según la Directiva sobre contratación pública (2014/24/UE) _____	144
2.2.3.3 Las alteraciones de carácter económico según el proyecto de Ley de Contratos del Sector Público por el que se transpone al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo, 2014/23/UE y 2014/14/UE. ____	150
3. Metodología _____	157
4. Resultados y discusión _____	167
4.1 El plan de acción _____	169
4.2 Descripción del modelo _____	176
4.3 Caso de estudio _____	180
4.4 Desarrollo de indicadores de la técnica IMADO _____	190
4.5 Aplicación de los indicadores de seguimiento al caso de estudio _____	201
4.6 Análisis gráfico _____	206
4.7 Cuadro de mando _____	214
5. Conclusiones _____	219
<i>Bibliografía _____</i>	<i>225</i>
<i>Anexo 1 _____</i>	<i>233</i>

Acrónimos

AACE	American Association of Cost Engineering
AC	Actual Cost
ACCE	Association for the Advancement of Cost Engineering
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AIA	American Institute of Architects
ANSI/EIA	National Standard Institute/Electronic Industry Association
APM	Association for Project Management
APV	Adjusted Planned Value
AT	Actual Time
BAC	Budget at Completion
BI	Beneficio Industrial
BIM	Building Information Modeling
BOE	Boletín Oficial del Estado
C/SCSC	Cost/Schedule Control System Criteria
CCTA	Central Computer and Telecommunications Agency
CD	Costes Directos
CE	Comunidad Europea
CEM	Costes de Ejecución Material
CI	Costes Indirectos
CPI	Cost Performance Index
CPM	Critical Path Method
CTE	Código Técnico de la Edificación
CV APV	Cost Variance Adjusted Planned Value
CV	Cost Variance
DEO	Director de Ejecución de Obra
DF	Dirección Facultativa
DIN	Deutsche Industrie Normen
DO	Director de Obra
DODI	Departamento de Defensa de los Estados Unidos
DOGC	Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya
DOUE	Diario Oficial de la Unión Europea
EA	Estado de Mediciones
EAC	Estimate at Completion
ED	End date
EDP	Estructura Desagregada del Proyecto



EDT	Estructura Desagregada del Trabajo del proyecto
EE.UU.	Estados Unidos de América
ENNA	Engineering Advancement Association
ES	Earned Schedule
ETC	Estimate to Completion
EV	Earned Value
EVM	Earned Value Management
EVMS	Earned Value Management System
GGE	Gastos Generales de Empresa
IAI	International Alliance for Interoperability
ICB	IPMA Competence Baseline
ICIO	Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obra
IFC	Industry Foundation Classes
IMADO	Integration of information for advanced detection of cost overruns
IPMA	International Project Management Association
ISO	International Organization for Standardization
ITEC	Institut Tecnològic de la Construcció
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
JCCA	Junta Consultiva de Contratación Administrativa
KPMG	Klynveld, Peat, Marwick, Goerdeler
LOE	Ley de Ordenación de la Edificación
LP	Last Planner
METI	Ministry of Economics, Trade, and Industry
MIS	Management Information System
nD	número de dimensiones (multidimensional)
NDIA	Asociación Nacional de Defensa Industrial
NTE	Normas Tecnológicas de la Edificación
OBS	Organizational Breakdown Structure
OGC	Office of Government Commerce
ORG	Oficina de Comercio del Gobierno del Reino Unido
PAC	Porcentaje de Actividades Cumplidas
PBL	Presupuesto Base Licitación
PBS	Project Breakdown Structure
PCAP	Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares
PEC	Presupuesto de Ejecución para Contrato
PEM	Presupuesto de Ejecución Material
PERT	Program Evaluation and Review Technique



PMAJ	Project Management Association of Japan
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMD	Project Management in Development
PMI	Project Management Institute
PMP	Project Management Professional
PPC	Presupuesto primitivo del contrato
PRINCE	PRojects IN Controlled Environments
PROMPTII	Project Resource Organization Management and Planning Techniques
PV	Planned Value
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
RDL	Real Decreto Legislativo
RGLCAP	Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas
SEOPAN	Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras
SPI	Schedule Performance Index
SV	Schedule Variance
TCM	Total Cost Management
TCQ	Tiempo, coste y Calidad
TI	Tecnología de la Información
TIC	Tecnología de la Información y la Comunicación
TPS	Toyota Production System
TRLCAP	Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas
TRLCSP	Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (documento consolidado)
UE	Unión Europea
UM	Unidades monetarias
USAF	United States Air Force
UT	Unidades temporales
WBS	Work Breakdown Structure

Índice de figuras

Figura 1 - Elementos que intervienen en la definición de la nueva estructura de seguimiento y control de costes. Fuente: autora tesis doctoral.....	38
Figura 2 - Variables a controlar en la gestión de proyectos. Fuente: autora tesis doctoral	49
Figura 3 - Dimensiones en la gestión de proyectos. Fuente: autora tesis doctoral	50
Figura 4 - Etapas de la planificación para definir el plan de acción. Fuente: autora tesis doctoral .	62
Figura 5 - Representación de la planificación valorada (WBS – PROGRAMACIÓN – CURVA “S”). Fuente: autora tesis doctoral	69
Figura 6 - Gantt de planificación y programación. Fuente: autora tesis doctoral.....	74
Figura 7 - Gantt de seguimiento y control. Fuente: autora tesis doctoral	75
Figura 8 - Representación de una red CPM. Fuente: autora tesis doctoral	76
Figura 9 - Representación método ROY. Fuente: autora tesis doctoral.....	79
Figura 10 - Primer nivel desgloses de la EDT de la plantilla DIN 276. Fuente: programa Presto de RIB Spain	80
Figura 11 - Segundo nivel estructura de desglose de la EDT de la plantilla DIN 276 del entregable “Coste de la Edificación”. Fuente: Programa Presto de RIB Spain	80
Figura 12 - Esquema de la estructura de la relación valorada de obra con detalle de partidas que figuran en el proyecto y de las ejecutadas. Fuente: autora tesis doctoral	82
Figura 13 - Esquema de la estructura de la relación valorada de obra de resumen, de los importes de los capítulos del proyecto y de las ejecutadas hasta este momento. Fuente: autora tesis doctoral	83
Figura 14 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico con el programa TCQ2000. Fuente: programa para proyectos y obras de construcción TCQ2000 de ITEC.....	84
Figura 15 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	84
Figura 16 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico del programa ARQUÍMEDES. Fuente: programa Arquímedes de CYPE Ingenieros	85
Figura 17 - Listado de planificación económica con el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	86
Figura 18 - Listado comparativo entre presupuesto y certificación con el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	86
Figura 19 - Representación gráfica de la línea de base del EVM. Fuente: autora tesis doctoral.....	89
Figura 20 - Representación gráfica de las magnitudes del EVM. Fuente: autora tesis doctoral	89
Figura 21 - Representación gráfica de los indicadores del EVM. Fuente: autora tesis doctoral.....	90
Figura 22 - Representación gráfica de las proyecciones del EVM. Fuente: autora tesis doctoral	90

Figura 23 - Estados de aprobación de las líneas de medición incorporadas debido a una modificación en PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain	96
Figura 24 - Imagen de la planificación y certificación en el programa PRESTO. Hoja de medición con los estados de aprobación. Fuente: programa Presto de RIB Spain	97
Figura 25 - Magnitudes e indicadores del EVM adaptado en el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	98
Figura 26 - Magnitudes del EVM para el cálculo de la programación ganada (ES). Fuente: autora tesis doctoral	100
Figura 27 – Ventana del programa TCQ200 para la emisión de las certificaciones. Fuente: Programa TCQ2000 de ITEC	103
Figura 28- Ventana del programa TCQ2000 para la emisión de las certificaciones y el seguimiento económico. Fuente: programa TCQ2000 de ITEC.	103
Figura 29 – Ejemplo de modelo de informe de desviaciones presupuestarias actuales y previstas. Fuente: programa TCQ2000 de ITEC.	105
Figura 30 - Evidencia del uso de modelos nD según área de conocimiento. Fuente: artículo “Uso e Impacto de los Modelos nD como herramienta para la dirección de proyectos (Herrera, R., Muñoz-La Rivera, F., Vargas, C., & Antio, M., 2017)”	108
Figura 31 – Planes necesarios para un proyecto. Fuente: Lean Construction Enterprise	112
Figura 32 – Contenido documentos Mediciones y Presupuesto según el Anejo I de la parte 1 del CTE. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE).....	117
Figura 33 – Esquema de la documentación económica que ha de contener el Proyecto de ejecución de una obra pública. Fuente: autora tesis doctoral	119
Figura 34 – Modelo de proposición económica. Fuente: extracto de un modelo de proposición del Ayuntamiento de Madrid	122
Figura 35 – Esquema de documentación económica principal para la elaboración de la oferta económica. Fuente: autora de la tesis	123
Figura 36 – Esquema de la estructura de la relación valorada de una obra con el detalle de las partidas valoradas. Fuente: autora de la tesis doctoral.....	127
Figura 37 – Esquema de la estructura de la relación valorada de resumen de los importes de los capítulos de obra ejecutados. Fuente: autora tesis doctoral.....	128
Figura 38 – Esquema de la estructura de la relación valorada de obra con detalle de partidas que figuran en el proyecto y de las ejecutadas. Fuente: autora tesis doctoral	129
Figura 39 – Esquema de la estructura de la relación valorada de obra de resumen de los importes de los capítulos del proyecto y de los ejecutados hasta el momento. Fuente: autora tesis doctoral	129
Figura 40 – Certificación actual y a origen de una obra del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	130

Figura 41 – Certificación con líneas de medición de una obra del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	131
Figura 42 – Relación valorada de una obra de PRESTO con el desglose de las partidas, con sus cantidades e importes certificados a origen y el exceso del importe certificado respecto al presupuestado. Fuente: programa Presto de RIB Spain.....	131
Figura 43 – Resumen de certificación de una obra de PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain	132
Figura 44 – Modelo de certificación ordinaria, anticipada o final establecida en el RGLCAP. Fuente: Reglamento General de la Ley de Contratos de la Administraciones Públicas.	133
Figura 45 – Esquema procesal de redacción de la relación valorada y de la emisión de la certificación de obra ordinaria correspondiente. Fuente: autora tesis doctoral.....	134
Figura 46 – Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según el TRLCSP. Fuente: autora tesis doctoral	143
Figura 47 – Límites económicos de variación de importes en la contratación pública de obras según TRLCSP (sin contemplar las modificaciones previstas). Fuente: autora tesis doctoral ..	144
Figura 48 – Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según Directiva sobre contratación pública (2014/24/UE). Fuente: autora tesis doctoral	149
Figura 49 - Límites económicos de variación de importes de las modificaciones no previstas en la contratación pública de obras según Directiva sobre contratación pública (2014/24/UE). Fuente: autora tesis doctoral	150
Figura 50 - Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según Proyecto Ley de Contratos del Sector Público. Fuente: autora tesis doctoral	155
Figura 51 - Límites económicos de variación de importes en la contratación pública de obras según Proyecto Ley de Contratos del Sector Público. Fuente: autora tesis doctoral.....	156
Figura 52 – Definición del proceso para el seguimiento y control pasivo. Fuente: autora tesis doctoral	160
Figura 53 – Definición del nuevo proceso para el seguimiento y control activo. Fuente: autora tesis doctoral	160
Figura 54 - Representación temporal de las acciones relacionadas con la habitual detección de un sobrecoste de obra. Fuente: autora tesis doctoral	161
Figura 55 – Clasificación de las técnicas de gestión de proyectos de construcción. Fuente: autora tesis doctoral	162
Figura 56 – Apartados del desarrollo teórico del capítulo relativo a la contratación de obra pública en España. Fuente: autora tesis doctoral.....	162
Figura 57 – Descripción de los procesos para el diseño de la metodología IMADO. Fuente: autora tesis doctoral	165
Figura 58 – Representación del plan de acción con el cronograma y la curva “S”. Fuente: autora tesis doctoral	169

Figura 59 – Proceso para la determinación del presupuesto objetivo y el cronograma del plan de acción o línea de base. Fuente: autora tesis doctoral.....	171
Figura 60 – Representación integrada del presupuesto inicial del contrato (BAC) y del programa de desarrollo de los trabajos (PV). Fuente: autora tesis doctoral.....	172
Figura 61 – Estructura básica de los informes de control de costes de obra (sin histórico). Fuente: autora tesis doctoral	173
Figura 62 – Estructura detallada de los informes de control de costes en obras con histórico. Fuente: autora tesis doctoral	174
Figura 63 – Representación temporal de las acciones relacionadas con la habitual detección de un sobrecoste de obra. Fuente: autora tesis doctoral	175
Figura 64 – Representación del nuevo modelo con la incorporación de tres nuevos registros. Fuente: autora tesis doctoral	176
Figura 65 – Ampliación de opciones de la hoja de seguimiento para incorporar los campos relativos al tipo de variación o modificación introducida. Fuente: autora tesis doctoral	179
Figura 66 - Plan de línea de base definido inicialmente para el caso de estudio. Fuente: autora tesis doctoral	180
Figura 67- Plan de línea de base (PV). Fuente: autora tesis doctoral.....	192
Figura 68 – Ejemplo de modelo para la redefinición del nuevo valor planificado de la línea de base (APV _n Imado). Fuente: autora tesis doctoral.....	193
Figura 69 – Representación gráfica de las magnitudes e indicadores para el cálculo de la programación ganada. Fuente: autora tesis doctoral.....	196
Figura 70- Diseño modelo de cuadro de mando. Fuente: autora tesis doctoral	215

Índice de tablas

Tabla 1-	Extracto de la distribución a nivel mundial de IPMA. Fuente: (Valledor & de la Fuente, 2010)	56
Tabla 2 -	Magnitudes y fórmulas del EVM. Fuente: autora tesis doctoral	92
Tabla 3 –	Valores de los principales indicadores utilizados por el EVM del escenario 1. Fuente: autora tesis doctoral	183
Tabla 4 –	Desarrollo de la obtención de la magnitud EV del EVM. Fuente: autora tesis doctoral... 184	
Tabla 5 –	Valores periódicos de pronóstico de EAC según las técnicas de cálculo del EVM recogidas en el punto g) del apartado “Técnicas de seguimiento y control” del título 2.1.2.4 “Técnicas y metodologías de gestión de proyectos”. Fuente: autora tesis doctoral	184
Tabla 6 –	Comparativa de los valores de previsión de EAC según las técnicas 2 y 3 en contraposición a los valores obtenidos mediante la técnica IMADO. Fuente: autora tesis doctoral	186
Tabla 7 –	Importes de los sobrecostes detectados para cada técnica de previsión de EAC (2 y 3) y para la técnica IMADO. Fuente: autora tesis doctoral.....	186
Tabla 8 -	Información económica mediante el modelo IMADO conocida en el período 3. Fuente: autora tesis doctoral	188
Tabla 9 –	Indicadores del EVM (Método del valor Ganado) y del ES (programación ganada). Fuente: autora tesis doctoral	197
Tabla 10 –	Propuesta de nuevos indicadores para la aplicación del modelo IMADO (modelo estandarizado para el seguimiento y control económico y del cumplimiento temporal en la fase de ejecución). Fuente: autora tesis doctoral.....	199
Tabla 12-	Tabla de valores de los indicadores del EVM correspondientes al escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral	203
Tabla 13 –	Tabla de valores de los indicadores de IMADO correspondientes al escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral	204

Índice de gráficos

Gráfico 1 –	Representación gráfica comparativa de los valores del EAC con diferentes técnicas de evaluación. Fuente: autora tesis doctoral	185
Gráfico 2 –	Representación gráfica de los valores obtenidos mediante técnicas seleccionadas (T2 y T3), respecto de los valores obtenidos con la técnica IMADO para el escenario 1. Fuente: autora tesis doctoral.....	187
Gráfico 3 –	Ampliación y detalle del avance de reacción del modelo IMADO respecto de la técnica 3 del EVM en la previsión del importe de cierre. Fuente: autora tesis doctoral.....	189
Gráfico 4 –	Representación gráfica de las magnitudes e indicadores del método IMADO. Fuente: autora tesis doctoral.....	200
Gráfico 5 –	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 1 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	207
Gráfico 6 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 2 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	208
Gráfico 7 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 3 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	209
Gráfico 8 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 4 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	210
Gráfico 9 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 5 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	211
Gráfico 10 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 6 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	212
Gráfico 11 -	Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 7 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral.....	213

Capítulo 1

1. Definición del problema

- 1.1 Introducción
- 1.2 Problemática y oportunidad
- 1.3 Justificación
- 1.4 Situación actual
- 1.5 Hipótesis formulada
- 1.6 Objetivo general y objetivos específicos

1.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que sufre el sector de la construcción de edificios e infraestructuras es la constante aparición de los denominados sobrecostes, que surgen de imprevisto provocando desajustes en la previsión económica de cierre de las operaciones.

En el ámbito de la contratación pública los sobrecostes y el incumplimiento de los plazos de ejecución representan una de las principales preocupaciones de las Administraciones contratantes. Son constantes las informaciones que aparecen en los medios de comunicación sobre las importantes desviaciones económicas que han presentado diferentes liquidaciones de obras de proyectos públicos de relevancia¹ y, también, el retraso en su finalización y consecuentemente en su puesta a disposición para la sociedad.

Uno de los principales problemas que acarrea la obra pública son los legalmente denominados modificados y obras complementarias, que aparecen frecuentemente en los expedientes de los contratos de obra pública en España. En la mayoría de los casos, muchos de ellos, se traducen en desviaciones al alza en términos monetarios, son los comúnmente conocidos como sobrecostes. En el ámbito privado también se producen estas variaciones económicas sobre lo previsto, pero la gran diferencia es que es el propio promotor quien decide cómo debe actuar, puesto que estará en riesgo la viabilidad de su proyecto.

En el sector público puede parecer que los fondos finalmente invertidos en la ejecución de las obras padecen de una falta de control y rigor, aunque si se analiza el marco legal de obligado cumplimiento todos los procesos de contratación pública deben someterse a una inspección fiscalizadora sistemática. La contratación del Sector Público está sujeta a un sistema de control articulado a través de órganos de control interno² y externo. El control interno queda a expensas de la propia entidad contratante, mientras que el control externo, ajeno al ente contratante, se desenvuelve a nivel español en tres

¹ Se consideran como proyectos públicos de relevancia los denominados megaproyectos (Flyvbjerg, B., 2014). Se trata de proyectos de grandes dimensiones que suelen costar más de mil millones de euros, y para los cuales, se necesitan varios años para su construcción. Suelen estar promovidos en colaboración entre entes públicos y privados y generan un gran impacto en millones de seres humanos. Se enumeran a continuación algunos de los megaproyectos realizados en España que han padecido sobrecostes: Centro acuático de Madrid, Ciudad de la cultura de Santiago de Compostela, Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia, el tranvía de Parla, el Pabellón de la Expo de Zaragoza, Edificio Fórum de Barcelona, la Caja Mágica, la Setas de Sevilla, Línea 9 del metro de Barcelona, la M-30 de Madrid, Nuevo Hospital Universitario Central de Asturias, el Palacio de Congresos de Buenavista de Oviedo, el proyecto Castor frente a las costas de Tarragona y Castellón, la reforma del Palacio de Cibeles en Madrid, la T4 del aeropuerto de Barajas, la Variante de Pajares que conecta León con Asturias, el Velódromo Palma Arena de Palma, el AVE Madrid-Barcelona, el Centro de Creación de las Artes de Alarcón, el Aeropuerto de Ciudad Real, la Ciudad de la Luz de Alicante, el Puerto exterior de A Coruña, etc (Forteza Usieto, 2016).

² El control interno en el ámbito de las Administraciones Públicas se desarrolla a través de los servicios de intervención y, para los entes del Sector Público, mediante los órganos de control de los mismos y también a través de los interventores de la Administración de la que, en su caso, dependan.

niveles, el comunitario³, el nacional⁴ y el autonómico⁵. Por lo tanto, el sistema tiene definido un procedimiento de control con el que se pretende eliminar las prácticas incorrectas, pero los hechos han demostrado que éste no es capaz de evitarlas y que el problema persiste.

Si se busca el significado de la palabra “sobrecoste”⁶ en el diccionario de la Real Academia Española no se encuentra ninguna coincidencia. Si se amplía el campo de búsqueda a Internet, el primer input que se recibe es el que describe el sobrecoste o sobrecosto como “*un coste inesperado que se incurre por sobre una cantidad presupuestada debido a una subestimación del coste real durante el proceso de cálculo del presupuesto*”. La definición apuesta por una visión peyorativa del término, puesto que únicamente identifica como la causa de la variación la intención de estimar un importe excesivamente a la baja. Ésta puede ser una de las causas, pero no la única.

Varios son los autores que han definido el concepto “sobrecoste” ((Nijkamp & Ubbels, 1999), (Flyvbjerg, Holm, & Buhl, 2002), (Odeck, 2004)) como la diferencia resultante entre los costes de construcción previstos en el momento de la toma de decisión de la construcción y los costes reales incurridos a la finalización del proyecto; utilizando indistintamente la denominación de sobrecoste o rebasamiento del presupuesto. No tan solo se producen desviaciones presupuestarias sino que, en algunos casos, las obras sufren también retrasos sobre el plazo acordado.

Las causas que dan origen a estas desviaciones de carácter económico y temporal son múltiples y, en ocasiones difíciles de anticipar. Aun así, una adecuada atención en cada una de las fases del proceso y el máximo rigor y diligencia por parte de todos los agentes implicados debería contribuir a una reducción drástica de éstos. Aunque sea posible reducir al mínimo su aparición, en la mayoría de las obras, durante la fase de ejecución, se suceden circunstancias imprevisibles que pueden derivar en la introducción de modificaciones que originen incrementos de carácter económico y temporal inevitables. Por lo tanto, se admite la posibilidad que durante el desarrollo de la obra se produzcan situaciones que obliguen a revisar el monto a costear y el plazo a invertir.

El profesor de la Universidad de Oxford Bent Flyvbjerg (Flyvbjerg B. , 2007), estudió en 2009 cómo se había desviado el coste de las obras⁷ en 20 países de todo el mundo a lo largo de los últimos 70 años. Su trabajo llega a la conclusión que el 90 por ciento de los proyectos no consiguió cumplir con el presupuesto y casualmente la desviación era siempre al alza. Y tal como refleja este informe “*el problema no era solo que se superaba con creces el objetivo del gasto, sino que tampoco se cumplían las previsiones de uso, que acostumbraban a ser superiores a las reales*”. Lo más sorprendente son las conclusiones a la que llega el autor de sus trabajos: “*Nuestra investigación muestra que la principal causa del exceso de costes es la subestimación de coste durante la planificación del proyecto. Y las*

³ A través del Tribunal de Cuentas Europeo, que evalúa la contratación realizada con fondos comunitarios.

⁴ A través del Tribunal de Cuentas nacional.

⁵ A través de Órganos de Control Externo de las Comunidades Autónomas.

⁶ Sobrecoste o sobrecosto se escriben en una sola palabra, de acuerdo con las normas de la nueva Ortografía de la lengua española sobre la correcta escritura de los prefijos.

⁷ Estudio un total de 258 proyectos de 20 países de todo el continente.

principales causas de esa subestimación son: el optimismo y la tergiversación estratégica de los políticos cuando presentan los proyectos”.

En España, un estudio encargado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Comisión de Agricultura, 2013) que analizaba 1.237 expedientes de contratación entre los años 2004 y 2012, señalaba que la desviación económica había estado de media del 29,82%, con desviaciones máximas de hasta el 160%, constatando que en todos los expedientes analizados, sin excepciones, se habían presentado desviaciones económicas, entendidas como la diferencia entre el importe de adjudicación del contrato y el importe que finalmente había tenido que pagar la Administración.

La situación Internacional no es diferente tal como lo demuestran varios estudios realizados en estos últimos años sobre los sobrecostes que presentan las liquidaciones de obras públicas en diferentes países (Williams & Gong, 2014), (Sovacool, Gilbert, & Nugent, 2014), (Chan & kumaraswamy, 1997), (Mansfield, Ugwu, & Doran, 1994), (Arditi, Akan, & Gurdamar, 1985)).

Según un estudio realizado por global de KPMG (KPMG, 2017) titulado “Global Construction Survey 2015 Climbing the Curve”⁸ (KPMG, Global Construction survey 2015 Climbing the curve, 2015) los directivos de las grandes entidades que encargaron proyectos de construcción manifiestan que solo el 31% de ellos se completaron en los últimos tres años dentro de un margen de desviación del 10% respecto al presupuesto inicial, y únicamente el 25% dentro de una banda del 10% de los plazos originales. Este estudio pone de manifiesto la preocupación frente a los retrasos y sobrecostes que se producen en el sector de la construcción. En el informe se recogen las declaraciones de Cándido Pérez Serrano, socio responsable de Infraestructuras, Transporte, Gobierno y Sanidad de KPMG en España, entre las que se destaca lo siguiente: *“La complejidad crece de forma exponencial cuanto mayor es la envergadura de los proyectos de ingeniería y construcción”. “Las mejoras aplicadas por los responsables en la planificación y en la gestión de riesgos han sido significativas, aunque queda trabajo por hacer para reducir el número de fallos en proyectos y lograr que sean más los que se ajusten a los plazos y presupuesto”.*

Desafortunadamente en España, los estudios sobre desviaciones económicas no son fáciles de realizar dado que la información económica relativa a las alteraciones en la fase de ejecución de los contratos de obra pública no han tenido la obligación de hacerse públicas hasta hace un par de años, y cuando lo han hecho, la prescripción no ha incluido la obligación de hacer público el importe de liquidación del contrato. Tampoco se exige la publicación del escandallo del importe desglosado por capítulos del resultado final ni se facilita el acceso a la información⁹ detallada en cuanto a la descripción de las

⁸ “Global Construction Survey Climbing the Curve” es un estudio mundial elaborado por la practica internacional de infraestructuras de KPMG a partir de una encuesta a 109 directivos de entidades públicas y privadas que encargan proyectos de construcción a nivel global. Los participantes en el estudio provienen de América (38 %), Europa, Oriente Medio y África (26 %) y Asia- Pacífico (36 %). El 26 % de los participantes son organismos públicos (mayoritariamente agencias gubernamentales).

⁹ La Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, tiene por objeto ampliar y reforzar la transparencia de la actividad pública, regular y garantizar el derecho a la información. En su artículo 12 se establece el derecho a acceder a la información pública de todas las personas.

incidencias que han obligado a la tramitación de un modificado o a la realización de un nuevo proceso para la contratación de obras complementarias adjudicadas al contratista principal.

Con la aprobación de la Ley estatal 19/2013 de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, se impone claramente la obligatoriedad de hacer pública la información relevante relativa a diferentes aspectos del proceso de contratación y, en concreto, se incorpora la exigencia de difundir públicamente, entre otros, la información sobre las modificaciones contractuales, las prórrogas y las licitaciones anuladas. Se constata, aun así, que esta disposición no ha sido lo suficientemente ambiciosa ya que se ha dejado a un lado la oportunidad de apostar por la trazabilidad real de la información. Los diferentes organismos encargados de transmitir los datos lo hacen de forma aislada y desconectada. Por consiguiente, para consultar los datos de un proceso debe accederse a diferentes plataformas y éstas se limitan a mostrar los datos que le son requeridos sin recoger la información previa, muy necesaria para obtener una visión global de todo el proceso. Cabe subrayar, además, el hecho que en ningún caso, se exige la publicación del resultado de la liquidación del contrato, información vital para conocer cuál ha sido el gasto final asumido. Si no resulta fácil disponer de los datos, y además, el más importante no se hace público, difícilmente se puede tener una imagen real del comportamiento de la actuación. Frente a esta realidad se puede tener la impresión que aunque la Ley exalte en todo momento la transparencia y la publicidad, la puesta en práctica de estas premisas queda reducida a un simple cumplimiento, sin apostar, en ningún caso, por una verdadera transmisión de información de utilidad.

El estudio realizado por Flyvbjerg (Flyvbjerg B. , 2007), citado anteriormente, señalaba que la causa principal de las desviaciones en las obras estudiadas de contratación pública fue la subestimación de costes en la presupuestación del proyecto con la finalidad de facilitar su aprobación.

Otros trabajos de investigación también se han centrado en analizar las causas de los sobrecostes. El estudio realizado por Frimpong (Frimpong, Oluwoye, & Crawford, 2003) analizaba las causas de sobrecostes en la construcción de proyectos de canalización de aguas en Ghana, llegando a clasificar hasta 27 causas diferentes, pero concluyendo que ninguna de ellas destacaba de manera importante sobre el resto. Arditi (Arditi, Akan, & Gurdamar, 1985) analizaba 384 proyectos de diferentes regiones del mundo concluyendo que el incremento de precios de los materiales y la inflación eran el origen de más del 45% de los sobrecostos que habían presentado las obras estudiadas. En todos los casos, se constata en la literatura consultada, una gran disparidad en la clasificación de las causas que originan sobrecostos en las obras ((Salim, 2015), (Ahiaga-Dagbui & Simon, 2014) o (Mansfield, Ugwu, & Doran, 1994)).

Aunque en principio poco tenga que ver con los sobrecostes, a todo lo descrito se añade los casos de corrupción la lacra de la corrupción, muy presentes en el estado español y ampliamente difundidos a través de los medios de comunicación. Según los datos del Eurobarómetro (European Commission, 2014), el 63% de los españoles considera que la corrupción les afecta en su vida diaria, frente a un 25% de media en la UE. Por si no fuera suficiente, otra conclusión del estudio arroja que el 97% de las empresas españolas (segundo porcentaje más elevado de la UE) declaró que la corrupción está muy extendida en su país (media de la UE: 75%), mientras que el 88% (segundo porcentaje más elevado de

la UE) consideró que la corrupción y el abuso de poder están extendidos entre los políticos, los representantes de los partidos o los altos cargos a nivel regional o local (media de la UE: 70%), asegura la Comisión Europea.

El informe sobre corrupción en la UE que ha elaborado la Comisión Europea y que pone de relieve los deficientes controles existentes en España para combatirla destaca las siguientes prácticas fraudulentas, denunciadas por las empresas:

- Pliegos de condiciones a la medida para determinadas empresas (80%);
- Abuso de los procedimientos negociados (72%);
- Conflictos de intereses en la evaluación de las ofertas (79%);
- Licitación colusoria (71%);
- Criterios de selección o evaluación poco claros (72%); y
- Modificaciones de las condiciones contractuales después de la celebración de contrato (69%).

El informe recomienda *“Aumentar la capacidad del Tribunal de Cuentas central y de organismos similares a nivel regional para llevar a cabo controles sistemáticos y oportunos de los contratos públicos a nivel regional y local”*. Más en concreto, pide llevar a cabo una *“evaluación independiente de los grandes contratos de obra pública así como las decisiones de planificación urbana celebrados durante el reciente período de referencia a nivel regional y municipal”* con el fin de identificar los factores de riesgo de corrupción. Por el contrario pide la *“difusión de las mejores prácticas en materia de contratación pública a nivel regional y local”*.

Como puede apreciarse una de las prácticas fraudulentas reconocida en el Eurobarómetro es la modificación de las condiciones contractuales después de la celebración del contrato. Este tipo de sobrecostes consecuencia de prácticas corruptas, se produce con el consentimiento y connivencia de algunos de los implicados con capacidad para encubrir estas circunstancias. Evidentemente, este tipo de modificaciones o variaciones de carácter económico no son objeto de este estudio, puesto que se escapan del control que puede llevar un técnico dedicado al seguimiento y control de una obra.

Sin duda la corrupción en España es un fenómeno extendido y con múltiples casos en proceso judicial. La lucha contra la corrupción pasa por la educación, por establecer un nivel de tolerancia cero y por la ética profesional.

Si nos distanciamos de los desajustes presupuestarios derivados de la práctica corrupta, en los proyectos de obras de edificación y de infraestructuras, no deben admitirse desviaciones superiores a las legalmente establecidas. La obra pública española viene regulada por el Texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (TRLCSP)¹⁰. Actualmente, existe un nuevo texto regulador de los contratos del sector público que está pasando por los trámites legales para conseguir la aprobación de las Cortes Generales. Mediante esta Ley se transpone, fuera de plazo, al ordenamiento jurídico

¹⁰ Las sucesivas referencias del texto realizadas al Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público (TRLCSP) son siempre referidas al texto consolidado (documento que integra el texto original y sus modificaciones y correcciones hasta la fecha de redacción de la tesis)

español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo, 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. En Catalunya, frente a la inseguridad jurídica generada por el incumplimiento del gobierno español de la transposición de las Directivas, entró en vigor el pasado 3 de junio del 2016 el Decreto Ley 3/2016, de medidas urgentes en materia de contratación.

La detección y análisis de posibles sobrecostes en la ejecución de obras, siempre debería estar orientada a determinar qué causas han originado las desviaciones económicas que a menudo se producen durante la ejecución de las obras públicas. Tan solo con un conocimiento completo y detallado y un esmerado seguimiento de los aspectos económicos relativos a la licitación, adjudicación, ejecución y liquidación de una obra, es posible conocer y analizar las causas que han originado los sobrecostes en las obras de construcción pública en nuestro país.

Cualquier estudio de causas de desviación económica hace aconsejable la necesidad de disponer de un sistema de clasificación y ordenación con el fin de obtener una imagen sinóptica de los resultados que permita actuaciones de rectificación y mejora. En relación a los sistemas de clasificación de las desviaciones presupuestarias, Ayala (Ayala, 2004) hace una aportación interesante disponiendo la clasificación por niveles. En primer lugar, distingue las modificaciones según sean de carácter cuantitativo (aumento o disminución de la cantidad prevista de partidas) o de carácter cualitativo (aparición de nuevas partidas debido a nuevas necesidades, cambios o a circunstancias no previstas). Esta misma estructura es utilizada por Chan et. al. (Chan & Chan, 2004).

Del estudio de estas propuestas nace el convencimiento que la manera más conveniente y efectiva para analizar las causas de desviación económica de ejecución de obras es clasificarlas y estructurarlas en diferentes niveles; desde las más genéricas a las más concretas, ofreciendo la posibilidad que la información sea escalonada, ordenada y fácil de analizar con el fin que los diferentes agentes que han de recibir dicha información, una vez tratada, les sea útil y fácil de interpretar. No requiere el mismo nivel de detalle sobre las causas de desviación el responsable de gestionar el proceso y de tomar medidas correctoras (director facultativo o project manager), de los diferentes responsables de la Administración contratante a quien interesa un nivel de detalle más genérico que le permita la posibilidad de asignar responsabilidades.

Del mismo modo, y estando la obra pública sujeta a un marco de regulación muy específico, la clasificación de las causas de desviación debe tener en cuenta la identificación que la Ley establece sobre las variaciones y modificaciones aceptadas.

Finalmente, se destaca el hecho que la legislación permite a la Administración¹¹ penalizar al redactor del proyecto por errores u omisiones contenidas en el proyecto cuando éstos produzcan la desviación económica del coste de las obras. Para que pueda aplicarse esta penalización deberá hacerse constar dicha circunstancia en el pliego de cláusulas administrativas particulares del contrato de servicio. En el pliego podrá establecerse un sistema de indemnizaciones consistentes en una minoración del precio del contrato de servicio en función del porcentaje de desviaciones, tanto por exceso como por defecto, del coste real de ejecución de la obra. En el artículo 311 del TRLCSP se establece cuál podrá ser el

¹¹ Artículo 312 del TRLCSP relativo a la "Responsabilidad por defectos o errores del proyecto".

baremo a aplicar¹². Aunque la Ley recoja esta posibilidad no hay constancia que en los procesos de licitación se introduzca esta cláusula.

Tal vez, si se tomara conciencia del impacto real que estos desajustes acarrearán y se avanzara hacia la creación de un sistema fiable y seguro, medidas como la de penalización al proyectista deberían comenzar a tenerse en consideración, sobre todo en los casos flagrantes de falta de diligencia profesional. No obstante, el mismo grado de exigencia debería ser extendido al resto de implicados en el proceso.

1.2 PROBLEMÁTICA Y OPORTUNIDAD

Los organismos contratantes de las obras públicas habitualmente descuidan, en cierta medida, o no se preocupan de cómo avanza la ejecución de éstas. Los responsables de la dirección técnica a pie de obra, el director de obra (DO) y el director de ejecución de la obra (DEO), se limitan a realizar un seguimiento y control de carácter técnico (control de recepción de productos y servicios, control de ejecución y control de obra acabada) y a la validación de las certificaciones de obra redactadas por el propio contratista adjudicatario de ésta. No obstante, cabe observar que aunque la práctica habitual sea la descrita la legislación establece que serán el DO y la DEO los que emitan las relaciones valoradas de las certificaciones periódicas y no el contratista. En el artículo 232 del TRLCSP se prescribe la obligación por parte de la Administración de la emisión de la certificación y, en concreto, en el Real Decreto 1098/2001, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, en su artículo 150 determina la obligación del director de obra de la expedición de la certificación de obra en base a la relación valorada. En los artículos 12 y 13 de la Ley de ordenación de la edificación (LOE)¹³, se regula como una obligación la elaboración y suscripción de las certificaciones parciales y final por parte del DEO y la conformación de éstas por parte del DO. Cabe observar que no siempre la dirección facultativa estará formada por el DO y el DEO, sino que en ocasiones, y en función del tipo de obra, tan solo hará falta un DO.

Derivado de la actuación profesional de la dirección facultativa (DF)¹⁴, formada por el DO y DEO, y tal como establece el artículo 13 de la LOE el DEO, al que se le suma el DO según regulación específica

¹² - Desviación superior al 20 % e inferior al 30 %, la indemnización será del 30 % del precio del contrato.
 - Desviación superior al 30 % e inferior al 40 %, la indemnización será del 40 % del precio del contrato.
 - Desviación superior al 40 %, la indemnización será del 50 % del precio del contrato.

¹³ Artículo 12 LOE. El director de obra. “e) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.”

Artículo 13 LOE. El director de ejecución de la obra: “e) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.”

¹⁴ El término dirección facultativa se reconoce en la LOE en los artículos 12 y 13 en los que se indica que forman parte de ésta el director de obra i el director de ejecución de la misma.

sobre contratación pública, además del control técnico deberán controlar cuantitativamente la construcción. Esto quiere decir, que están obligados a llevar un control económico de ésta. Lo habitual es que dicha obligación se traduzca en la simple actividad administrativa de emisión de las relaciones valoradas de las certificaciones sin llegar más lejos.

Pues bien, no sería pretencioso implantar un sistema de control que además de acreditar las cantidades producidas aportará información sobre el avance y estado real de la obra, permitiendo la extracción de resultados sobre el comportamiento de ésta, de manera que en caso que se produjeran desviaciones fuera posible adoptar las medidas oportunas que se estimara convenientes.

El diseño de un modelo de seguimiento y control que sea útil requiere de una alta dosis de simplicidad y sencillez. Si se pretende tomar una posición activa en el control de costes éste no puede limitarse a la simple emisión de las certificaciones de obra. El método a adoptar debe facilitar a los responsables del proyecto la información pertinente para un conocimiento objetivo del grado de avance real, en términos de alcance, coste y tiempo. La instantánea, en el punto de control durante el seguimiento en fase de ejecución, ha de reflejar los datos referidos a aquellos aspectos vitales que han de servir para un mayor conocimiento del estado actual en comparación con el previsto para ese momento.

Sin duda, la constante aparición de los sobrecostes en las obras públicas y la falta de control sobre éstos generan inseguridad y desconfianza en la sociedad, dado que son sus impuestos los que financian dichas operaciones. El importe de liquidación de muchas obras de construcción sobrepasa, de forma desmedida, el importe de adjudicación inicial del contrato e incluso, en demasiadas ocasiones, éste llega a rebasar el importe base de licitación de salida en el proceso de licitación. Además en muchos casos, se desconoce realmente cuál es dicho importe, puesto que del contrato principal derivan, en ocasiones, otros contratos complementarios, que acaban encubriendo los desajustes que legalmente no pueden incorporarse como modificados del contrato principal. Así pues, el propio sistema incumple una de las claves que debe presidir en cualquier contrato, la eficiente utilización de los fondos destinados a la realización de los contratos¹⁵.

La situación de crisis en la que se encuentra inmersa la economía española añade aún más gravedad al problema suscitado por las desviaciones económicas en los contratos de obra pública. La actuación de las entidades del sector público debe ser transparente y rigurosa. Por lo tanto, es imprescindible que se adopten medidas de control económico durante la fase de ejecución de los contratos de obras, de modo que sea posible detectar las variaciones sobre lo previsto lo antes posible, para así, poder analizar sus consecuencias y tomar las medidas correctoras oportunas. Un adecuado seguimiento y control debe permitir la clasificación de las desviaciones, con el objeto de asignar causas y distribuir responsabilidades. La implementación de un sistema de control contribuirá a la mejora de todo el

¹⁵ Artículo 1 del TRLCSP. Objeto y finalidad. “... publicidad y transparencia de los procedimientos, y no discriminación e igualdad de trato entre los candidatos, y de asegurar, en conexión con el objetivo de estabilidad presupuestaria y control del gasto, una eficiente utilización de los fondos destinados a la realización de obras, la adquisición de bienes y la contratación de servicios mediante la exigencia de la definición previa de las necesidades a satisfacer, la salvaguarda de la libre competencia y la selección de la oferta económicamente más ventajosa.”

sistema puesto que a partir de las experiencias recogidas será posible anticipar posibles situaciones y elaborar un plan de acción o línea de base, para operaciones futuras, más realista.

Frente a la actual regulación y a los resultados económicos obtenidos en las liquidaciones de un gran volumen de obras públicas resulta oportuno adoptar medidas que contribuyan a reducir a la mínima expresión la generación de sobrecostes, o en el caso que éstos se produzcan, permita conocer cuál es su origen y, si se considera oportuna, se atribuyan responsabilidades.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La panorámica descrita hasta el momento justifica la adopción de metodologías que ayuden a minimizar la generación de los sobrecostes en las obras públicas. El sector público ha de comprometerse a revertir la situación, apostando por un verdadero control de los fondos públicos invertidos en la obra pública. Una adecuada planificación de los proyectos necesarios y un correcto estudio de su dimensión económica son dos de los factores claves desde los que se debe partir si se apuesta por el rigor, la seriedad y la eficiencia. De poco sirve un intenso control en la fase de ejecución si el punto de partida está mal dimensionado.

El experto en políticas de infraestructuras y profesor de la Universidad de Oxford Bent Flyvbjerg (Flyvbjerg B. , 2007), en uno de sus trabajos llegó a la siguiente conclusión: *“nuestra investigación muestra que la principal causa del exceso es la subestimación de costes durante la planificación del proyecto. Las principales causas de esa subestimación son: el optimismo y la tergiversación estratégica de los políticos cuando presentan los proyectos”*. Por su parte, el exalcalde de San Francisco Willie Brown (Cordero, 2014) dijo en su momento en relación a las obras del ambicioso Transbay Terminal, un intercambiador de transporte público con edificios de oficinas: *“En el mundo de los proyectos cívicos, el primer presupuesto es en realidad una especie de anticipo. Si la gente supiera el coste real desde el principio, nunca se aprobaría nada. La idea es empezar. Ponerse a hacer el agujero tan grande que ya no hay otro remedio más que traer el dinero necesario para tapanlo”*.

Puede deducirse de las afirmaciones anteriores que, por desgracia, el optimismo inicial y el imperioso afán por abarcar más de lo asumible, acaban viciando y comprometiendo, ya de inicio, todo el proceso. La carencia de rigor inicial se traslada al resto de etapas del proceso de contratación. Un inadecuado planteamiento de la necesidad; una precipitación en la redacción del documento proyecto, al que a menudo no se le dedica la atención que se merece; una supervisión del proyecto poco atinada; un criterio de adjudicación muy elemental, centrado, en la mayoría de los casos a la dimensión económica, en adjudicar el contrato a la oferta económicamente más ventajosa¹⁶; un presupuesto de adjudicación excesivamente bajo, incluso en demasiadas ocasiones considerado una oferta anormal o desproporcionada; una excesiva laxitud en la aceptación de las modificaciones, debido a una falta de

¹⁶ El artículo 1 del TRLCSP indica que se adjudicará el contrato a la oferta económicamente más ventajosa.

control y seguimiento real; son entre muchas otras, las causas del desorden y de que los resultados finales disten en gran medida de los propósitos iniciales.

De todas las descritas se destaca la instauración en España de la cultura de los modificados, ampliamente explotada y exportada hacia otros países¹⁷. Achaca en un artículo el presidente de La Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras (SEOPAN), Julián Núñez, que el problema de los modificados deriva de la legislación sobre contratación pública, donde se prima la oferta económica sobre la técnica y añade que la consecuencia no es otra que una guerra de precios entre las constructoras, en búsqueda de trabajo para soportar sus estructuras.

La Unión Europea (UE), frente al abuso de la figura de la modificación del contrato, amenazó reiteradamente en sancionar a España si no ponía fin con esa política. Incluso llegó a quitarle los fondos de cohesión porque había hecho modificados de obras sin justificar. Con el objeto de poner fin a esta mala práctica, el Gobierno socialista aprobó en 2011 la Ley de Economía Sostenible, que modificó los artículos y capítulos del TRLCSP referidos a la modificación de los contratos, introduciendo restricciones y limitaciones de gran calado.

En cuanto al documento proyecto, sin duda, éste ha de definir la obra con el máximo detalle para que la obra pueda llevarse a cabo, dentro del presupuesto previsto y en el tiempo acordado. En las obras de edificación no debería ser una utopía esperar que el proyecto sea completo y esté correctamente definido, en todas sus dimensiones (técnica, económica, seguridad, etc.). Por lo que se refiere a las grandes obras de infraestructuras, las características geológicas del subsuelo son a veces difíciles de reconocer con los sondeos realizados. El presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid, Juan Antonio Santamera, afirmó en una entrevista (Cordero, 2014) que los sobrecostes en este tipo de obras es inevitable, manifestando lo siguiente: *“en algunos países el terreno no varía durante kilómetros y kilómetros, en cambio en España en un kilómetro puedes encontrarte distintos subsuelos que hacen difícil la previsión; hay veces en los que los proyectos no cuentan con presupuesto suficiente para sondeos tan precisos como fuera necesario”* y asume incluso que *“en algunos casos es preferible arriesgarse un poco y empezar a construir porque se tendrían que hacer estudios tan exhaustivos que serían costosísimos”*.

Finalmente, aun partiendo de un correcto recorrido previo a la fase de inicio de la obra, es inevitable que se produzcan incidencias durante la ejecución de ésta. En consecuencia durante su desarrollo, la Administración debe designar a un responsable del control y seguimiento económico y temporal. Esta figura profesional será la encargada de procurar por los intereses del promotor. Su principal meta es concluir la obra a satisfacción del cliente. Cabe esperar que se cumplirán las expectativas si el resultado físico final es el esperado (alcance y calidad), si el monto económico y el plazo final se ajustan al plan inicial, es decir, a lo previsto y anticipado inicialmente.

¹⁷ Uno de los casos más difundidos en los medios de comunicación a nivel internacional ha sido las obras del tercer grupo de esclusas del canal de Panamá. Las obras fueron adjudicadas en 2009 a un consorcio de empresas lideradas por la empresa española Sacyr, por un importe total de 2.960 millones de euros, cuando la estimación de salida era de 5.250 millones de dólares. Los sobrecostes en esta obra alcanzan, actualmente, la cifra de 5.386 millones de euros, casi el doble del importe adjudicado.

1.4 SITUACIÓN ACTUAL

Implementar un sistema de seguimiento y control de costes durante la fase de ejecución, permite disponer de información valiosa que debe hacer posible garantizar que el objetivo de coste se cumplirá y, que si no es así, posibilite actuar con suficiente antelación para plantear, si se estima oportuno, acciones que puedan corregir, parcial o totalmente, las desviaciones económicas que el sistema de control pueda evidenciar. Como consecuencia, una de las características que debería proporcionar el sistema de control y seguimiento de costes es la capacidad de identificar, evaluar, determinar el origen y asignar responsabilidades sobre las causas de desviación económica que se produzcan durante el proceso de ejecución de la obra y, finalmente, en su liquidación (Ribera, 2001). Si además, el conocimiento de esta información se pudiera avanzar en el tiempo o prever con más antelación, las posibilidades de rectificación o minimización de las consecuencias de los sobrecostes y de los incumplimientos de plazo que padecen las obras se podrían ver enormemente mejoradas.

La práctica habitual de seguimiento y control de costes por parte del responsable de la gestión y dirección en la obra pública se limita, en demasiadas ocasiones, a la simple emisión de las relaciones valoradas periódicas, obligatoria por prescripción del marco legal vigente para este tipo de actuaciones. La información obtenida de las relaciones valoradas tan solo permite conocer qué cantidad de obra se ha producido hasta la fecha y cuánto volumen de obra queda por ejecutar según lo previsto. En ningún caso, se dispone de datos referidos al grado de avance de la obra y a su comportamiento en comparación al plan de obra valorado, aprobado y aceptado por parte del adjudicatario de la obra. Así pues, las posibles modificaciones de los trabajos, las disminuciones o aumentos del volumen de la obra de partidas establecidas en el proyecto o cualquier otro cambio, no se reflejan en la relación valorada hasta que realmente se producen en obra, con independencia de que la incidencia fuera conocida con anterioridad a su ejecución, cosa que sucede en la mayoría de casos.

Un seguimiento y control óptimo es aquél que permite evaluar el comportamiento en el progreso de la obra en términos de alcance, coste y tiempo. El seguimiento durante la fase de ejecución ha de permitir la recogida de los datos correspondientes en cuanto a qué sucede y qué costes reales se producen durante la ejecución de los trabajos. El control ha de poner en comparación lo acaecido con lo previsto y facilitar información sobre el comportamiento real e incluso sobre el pronóstico de cierre en base al objetivo inicial planteado. Para que sea posible un conocimiento de las incidencias y sucesos acaecidos durante la ejecución de la obra es necesario un seguimiento en base a un plan definido. De nada sirve consumir grandes esfuerzos en recoger los datos sobre el avance de la obra si no se dispone de un plan de ruta trazado que sirva de referencia y comparación.

De ahí que el primer eslabón para un adecuado control sea la definición de la comúnmente denominada línea de base. Se trata de determinar cuál es el presupuesto esperado (presupuesto objetivo), en cuánto tiempo se puede ejecutar (duración) y cómo se estima que va a distribuirse su coste a nivel temporal (programación valorada). Definida la línea de base e iniciada la obra tan solo cabe realizar un seguimiento para asegurar que ésta se desarrolla según lo previsto. De no ser así, el

responsable del control no dispondrá de la información suficiente para tomar la decisión que estime más conveniente.

Una de las técnicas más difundidas y aplicadas para el análisis y gestión de tiempos y costes en proyectos, en general, es el Método del Valor Ganado (EVM). Esta metodología se recoge y expone en términos generales en el “Management Body of Knowledge” (PMBOK)¹⁸ (PMI, PMBOK, 5ª edición, 2014) y tiene un despliegue específico para el sector de la construcción en el documento “Construction Extension to the PMBOK (2007)”¹⁹ (PMI, Construction Extension to the PMBOK Guide Third Edition, 2007). El PMBOK es un producto del “Project Management Institute” (PMI, Project Management Institute, 2017), una asociación profesional de gestores de proyectos. En este manual se documenta la información necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, supervisar, controlar y cerrar un proyecto individual, e identifica los procesos de la dirección de proyectos que han sido reconocidos como buenas prácticas para la mayoría de los proyectos. Así mismos, en él se describe la técnica de evaluación de resultados conseguidos, aplicable a partir de la obtención, durante la fase de seguimiento, de unos indicadores que permiten deducir, mediante la aplicación de fórmulas determinadas, unas magnitudes que correctamente interpretadas lanzan información vital en cuanto al progreso real y a las expectativas futuras del comportamiento posible a nivel de costes y tiempo.

En el ámbito de la construcción, y desde la perspectiva del promotor privado o de la Administración como promotor público, no ha sido una metodología de gran implementación ya que las grandes empresas promotoras han optado por el diseño de modelos propios adaptados a las particularidades del sector y a la propia empresa, mientras que la pequeñas y medianas empresas (PYMES), en la mayoría de los casos, no han dispuesto del personal técnico especializado capaz de implementarlo. En cuanto a su aplicación por parte de las entidades contratantes del sector público se desconoce que haya habido ninguna experiencia.

Esta técnica de evaluación y seguimiento, ha sido ampliamente documentada en varios trabajos ((Guo, Yiu, González, & Goh, 2016), (Montes-Guerra, Guimena, Pérez-Ezcurdia, & Díez-Silva, 2014), (Fleming & Koppelman, 2005), (Burke, 2003)). Algunos investigadores se han preocupado en introducir mejoras ((Grau & Back, 2015), (Moslemi, Shadrokh, & Selehipour, 2008), (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006), (Lipke, Zwikaël, Henderson, & Anbari, 2009)), y otros se han centrado en analizar la implementación de la técnica del EVM en diferentes tipos de organizaciones y proyectos evaluando el nivel de aceptación según la fase en que se aplica (Kim, Wells, & Duffey, 2003). Se constata que existe una aceptación generalizada sobre que la metodología del EVM ayuda a estructurar los informes periódicos dirigidos al cliente. Los informes periódicos basados en esta metodología se acostumbran a estructurar en seis grandes apartados: Informes de desarrollo del trabajo, disponibilidad de recursos,

¹⁸ La edición actual es la quinta publicada en 2013. El PMI ha anunciado la fecha de publicación de la sexta edición del PMBOK para septiembre de 2017.

¹⁹ Identifica la generalidad de las prácticas aceptadas en todo el mundo dentro de una esfera única de administración de proyectos de construcción. Si bien las diversas metodologías de gestión de proyectos son válidas para varios campos de aplicación, cada uno de estos, como la construcción por ejemplo, tienen características que las hacen únicas y diferencian del resto. Esta guía específica contiene recomendaciones de buenas prácticas en la Gerencia de Proyectos de Construcción y Control de Obras.

cronograma, costos, informes de gestión del valor ganado y gráficas de trabajo realizado y pendiente de realizar. Esto es posible mediante los diversos sistemas de monitorización que se utilizan para la detección de desviaciones económicas y de rendimiento del trabajo. A pesar de todo, su eficacia es muy diversa y cuestionable como algunos autores señalan (Aliverdi, Naeni, & Salehipour, 2013), (Al-Jibouri, 2003)).

La introducción de las nuevas tecnologías ha supuesto un gran avance en el desarrollo de métodos de control y seguimiento de costes en obras de construcción. Los programas informáticos de gestión económica más conocidos a nivel estatal han incorporado en sus opciones sistemas de control adaptados en función del perfil profesional del usuario.

Algunos autores, de amplio recorrido en el área de gestión de proyectos, han adaptado la técnica del EVM a las particularidades que rigen el sector. Muchos son los textos publicados por el Dr. Fernando Valderrama y otros (RIB-Spain, Valor Ganado para el director de obra, 2016) (RIB-Spain, Valor ganado para el director de obra, 2016), (RIB-Spain, Aplicación del Método del Valor Ganado (EVM) y de la Programación Ganada (ES) con Presto, 2016) (RIB-Spain, Gestión del valor ganado con Presto. El proyecto A-12, 2017), (RIB-Spain, EVM, gestión del valor ganado para la empresa constructora, 2016), (Valderrama & Guadalupe, 2016)) en los que plantea una nueva metodología para la aplicación de la técnica del EVM en diferentes entornos, en concreto, una para las empresas constructora y otro para el director de obra, director de proyecto o gestor de la obra. Este autor es conocido por su relación con el programa de gestión PRESTO, del cual ha sido y es su máximo exponente.

PRESTO es uno de los programas más reconocidos para la gestión integral de las obras de construcción, tanto a nivel estatal como Iberoamericano. Se trata de un programa de presupuestos que integra la gestión y el control de costes para edificación y obra civil y que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes que intervienen en todas las fases de la construcción (profesionales que redactan proyectos, directores de ejecución de obras y project managers y empresas constructoras y promotoras). En lo que respecta a la fase de ejecución PRESTO abarca todas las tareas durante su desarrollo, desde la contratación, la certificación y el seguimiento hasta la facturación y el control de costes. Las funciones que realiza en esta etapa están orientadas a dos puntos de vista diferentes; el del gestor del proyecto o project manager; y el de la empresa constructora. Visto que el objeto del estudio se ocupa del seguimiento y control desde la perspectiva del promotor, tan solo se expondrá la metodología descrita en PRESTO para el gestor del proyecto, director de obra y promotor.

El programa adapta los conceptos del Método del Valor Ganado (EVM) para obtener datos significativos sobre el progreso de la obra. En consecuencia, el origen del sistema diseñado es el EVM.

Asimismo, la irrupción incipiente en el sector de la construcción de una nueva metodología de trabajo basada en la cooperación, colaboración e interacción constante entre todos los agentes implicados en el proceso de construcción en todas sus etapas, sin duda, facilitará la introducción de medidas de seguimiento y control económico y temporal durante la fase de ejecución. El desarrollo del sistema BIM (Building Information Modeling) como sistema de gestión de obras de construcción basado en un modelo tridimensional virtual relacionado con bases de datos, seguro que puede aportar una mejora substancial en la definición y redacción de los proyectos públicos de edificación y obra civil y por

consiguiente en la identificación, cuantificación y valoración más cuidada de las diferentes operaciones de trabajo y elementos que implica la ejecución del proyecto. En la UE, la Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública ya ha establecido la necesidad de implementar sistemas electrónicos a los procesos de contratación de obras a partir de septiembre de 2018. En este sentido, el desarrollo de la implementación del sistema BIM en Europa está siendo irregular. En el Reino Unido, por ejemplo, es obligatorio que la obra pública se desarrolle en entorno BIM desde el 2016. En España, de momento se trabaja a nivel de comités de asociaciones (Spanish Chapter de BuildingSmart o AENOR) para estudiar y discutir la forma de fomentar su aplicación a las obras tanto de carácter público como privado.

En Cataluña, concretamente, ya se han iniciado experiencias de prueba en el uso del BIM en proyectos de edificación por parte de la empresa pública Infraestructuras.cat de la Generalidad de Cataluña. Durante la celebración de BIM European Summit el 2015, la Generalidad de Cataluña y el Ayuntamiento de Barcelona firmaron una carta de intenciones para la adopción del BIM que establecía como objetivos, entre otros, que a partir del 2018 todos los equipamientos y las infraestructuras públicas de obra nueva y de presupuesto superior a 2 millones de euros se elaborarían en BIM en sus fases de diseño y construcción. Sin duda que esta propuesta mejorará la definición del proyecto y facilitará su ejecución, pero es cuestionable que la implantación del BIM elimine las desviaciones económicas en su totalidad, puesto que las causas que originan desviaciones en la liquidación de la obra, según la literatura consultada, no corresponden en su totalidad a indefiniciones de proyecto, pérdida de información o falta de coordinación entre los diferentes actores que participan en la elaboración del proyecto, como elementos que minimizan la implementación correcta del BIM en el proceso de redacción y elaboración de proyectos.

La introducción de la metodología BIM debe suponer una transformación integral de la forma actual de trabajo con el fin de avanzar hacia un modelo en el que todos los agentes que participen en el proceso constructivo trabajen de forma colaborativa y aporten conocimiento. BIM no es tan solo un conjunto de herramientas sino que la filosofía que lo acompaña apuesta por una interacción constante entre todos los actores que participan en el proceso. Si la adopción de este sistema se limita al uso de los programas informáticos que trabajan en este entorno, se continuarán repitiendo las mismas prácticas habituales, y se habrá perdido la oportunidad de transformar el sector en pro de un beneficio común.

1.5 HIPÓTESIS FORMULADA

Se ha descrito someramente cuál puede ser el origen de los sobrecostes en las obras de construcción. No existe un único origen sino que las causas son múltiples y en algunos casos difíciles de atajar. La tesis que se presenta se sitúa en una fase concreta del proceso constructivo, la de ejecución. Es, sin duda, durante esta fase cuando se manifiestan los problemas de toda índole, poniendo de relieve los errores, incorrecciones, déficits, etc., producidos en las etapas previas.

El presente estudio pretende diseñar un nuevo sistema para el seguimiento y control de costes durante la fase de ejecución de las obras públicas que permita al órgano de contratación conocer cuál es el progreso real de la obra, con el objeto que, si lo estima oportuno, adopte las medidas necesarias para reconducir la situación si los resultados mostrados manifiestan una desviación en términos económicos o temporales.

La técnica básica de control de costes utilizada en la contratación pública de obras se limita a la emisión de las relaciones valoradas de las certificaciones de obra. Por lo tanto, podemos describir esta técnica como el simple control de relaciones valoradas. Habitualmente, se redactan dos informes, el de la producción detallada a origen para el periodo en estudio y el resumen por capítulos. El control activo se limita fundamentalmente en comparar los importes de proyecto y los importes de las obras ejecutadas y certificadas hasta la fecha.

Como se ha comentado anteriormente algunos programas informáticos introducen procedimientos que permiten al usuario obtener datos de proyección de resultados económicos a la conclusión, basados en una adaptación del EVM. Como se verá más adelante esta técnica adaptada presenta algunos inconvenientes importantes.

El principal problema detectado en la aplicación del EVM en las obras de construcción, y que dificulta enormemente su aplicación, es el hecho que las relaciones valoradas periódicas (ya sean obtenidas a origen o del período) nunca distinguen el valor ganado (EV) del coste real (AC). Tan solo en el caso que la desviación económica sea debida a la aprobación y ejecución de nuevas partidas, no previstas inicialmente en el contrato de obras, esta detección puede ser relativamente sencilla si se ha tenido la precaución de recogerlas en un único capítulo de obra o de identificarlas con un código diferenciador manteniendo la propia estructura original del presupuesto de referencia. En cualquiera de las situaciones anteriores, la aplicación del EVM requiere realizar operaciones adicionales para diferenciar en el importe global de la relación valorada –que queda representado por el concepto de coste actual (AC)-, el valor ganado (EV). En el resto de ocasiones, cuando la cantidad producida en obra corresponde en parte a producción propia prevista y a nueva producción, la cuantificación y diferenciación del importe del coste actual y del valor ganado en la relación valorada periódica resulta terriblemente compleja, sino imposible.

El modelo desarrollado en este estudio se fundamenta sobre la idea que la práctica totalidad de las incidencias que originan desviaciones económicas en obra son conocidas, por los agentes responsables que intervienen en el proceso de construcción, con anterioridad a su producción en obra, por lo tanto, antes de que lo evidencie cualquier sistema de seguimiento y control de costes. El modelo que se propone y desarrolla y que se ha convenido en denominar “Integration of information for advanced detection of cost overruns –IMADO”²⁰, intenta hacer valer el conocimiento sobre los posibles cambios y/o modificaciones que se sucederán durante la ejecución de la obra y que tendrán repercusiones económicas en el mismo momento que se perciban, utilizándolas para dibujar un

²⁰ *Integración de la información para la detección avanzada de sobrecostes.*

pronóstico fiable del horizonte de liquidación económica de la obra (Estimate at Completion – EAC) complementando la información que proviene del propio sistema de seguimiento y control de costes, pero sin interferir ni modificar este último. De esta forma el modelo consigue ganar tiempo para gestionar el proceso y para aplicar, si es el caso, medidas correctoras que faciliten optimizar los resultados de la obra y acercarse al objetivo de coste.

El modelo propuesto permite registrar y evaluar las desviaciones económicas de obra antes que se conviertan en hechos consumados y consecuentemente figuren en la información que suministra cualquier sistema de control y seguimiento de costes de obra.

El método diseñado no es una fórmula, es un procedimiento natural de registro avanzado de la información que se genera durante el proceso de la obra, basado en el conocimiento y observación. Para nada, se entorpece la tradicional metodología de control y seguimiento de costes de certificaciones de obra, sino que lo completa añadiendo una apreciación económica de alta fiabilidad sobre el posible importe de cierre y liquidación de la ejecución de la obra.

Entre otras cuestiones, este trabajo entiende y pretende demostrar, que el importe del valor ganado (EV) en los procesos de construcción de obras no tiene una aportación significativa que no justifique buscar y profundizar en nuevos modelos que consigan representar la evolución de las obras de forma fiel, sin necesidad de obligar a disponer del importe del valor ganado en las relaciones valoradas periódicas.

Además, aparte de proponer un modelo capaz de integrar la información económica que se produce durante el proceso de ejecución en el sistema de control y seguimiento de costes, también propone y desarrolla un conjunto de indicadores, que manteniéndose fieles a los valores del sistema de control y medida del grado de cumplimiento de un proyecto que plantea originalmente el EVM, se adaptan al formato de presentación de las relaciones valoradas periódicas de las obras de construcción. La propuesta de nuevos indicadores no requiere calcular el importe del EV y se asienta en la aplicación del modelo de gestión de la información dirigida a detectar de manera avanzada los sobrecostes de obra que desarrolla y presenta este trabajo, denominado IMADO.

Las dos cuestiones sobre las que se basa el desarrollo de la investigación son las siguientes:

1. Desarrollar una nueva estructura de comparación que dé cabida a la información económica relacionada con cambios, modificaciones, aumentos y disminuciones de producción cuando éstos son conocidos sin interferir en la información estándar que proviene del sistema de seguimiento y control de costes de obra.
2. Conseguir que esta nueva estructura no requiera la necesidad de conocer el importe del valor ganado (EV) y, no por ello, se impida la ventaja que supone disponer de indicadores y ratios de medida que faciliten la visión de conjunto y la comprensión del comportamiento del proceso de ejecución de la obra, del mismo modo que proporcionaría el EVM.

1.6 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este modelo se ha creado con el objeto principal de contribuir a la adopción de un sistema activo en el proceso de seguimiento y control de costes en la fase de ejecución de las obras públicas por parte del responsable de la gestión económica y temporal en representación del promotor. Asimismo, se han tenido en cuenta las particularidades que definen el proceso de contratación en el sector público adaptando el modelo para que éste responda adecuadamente a los requerimientos legales impuestos por el marco jurídico en vigor.

En particular el procedimiento planteado se basa en la incorporación al modelo de las alteraciones de carácter económico observadas durante el proceso de seguimiento en la fase de ejecución del proyecto (Figura 1), en el preciso instante que éstas son conocidas, sin esperar que se hagan evidentes una vez recogidas en las relaciones valoradas de la certificación de obra.



Figura 1 - Elementos que intervienen en la definición de la nueva estructura de seguimiento y control de costes. Fuente: autora tesis doctoral

En concreto, además de un modelo se trata del diseño de un nuevo procedimiento de control y seguimiento de coste para la fase de ejecución de la obra. El planteamiento recoge actuaciones a varios niveles:

- Definición de un modelo para la detección avanzada de desviaciones económicas. Éste debe ofrecer información que posibilite actuar de forma inmediata y que permita rectificar la tendencia para que se posible cumplir con el objetivo inicial.
- Obtención de las magnitudes que permitan el análisis y de los indicadores que permitan evaluar cuál es el comportamiento de la obra en términos de coste, tiempo y alcance.

- Extracción de resultados y emisión de los informes que plasmen, de forma objetiva y fiable, cuál es, en cada punto de control, el estado actual del proyecto.
- Clasificación de las desviaciones económicas con un triple objetivo: que sea posible comprobar el cumplimiento de las limitaciones establecidas en el marco legal regulador vigente; que se puedan atribuir responsabilidades en función del origen de la causa y; que sirva como lección aprendida para un desarrollo más acertado de nuevos proyectos parecidos.
- Diseño de informes para la transmisión de los resultados económicos obtenidos dirigido a los máximos responsables del proyecto.

El modelo ha de ser útil para gestionar las acciones correctoras que han de adoptar los responsables del proyecto y de la ejecución de la obra (el director de la obra, el director de la ejecución material de la obra, el responsable asignado por el promotor y el project manager) e; informativo, claro y útil desde el punto de vista de la Administración Pública contratante para tomar decisiones.

Ante todo, el modelo a diseñar debe cumplir unos principios elementales que cualquier sistema de control de costes debería obedecer. En concreto, se destacan los siguientes:

- Que sea un sistema simple, muy intuitivo y de fácil aplicación.
- Que no requiera de una inversión de capital económico y humano importante.
- Que pueda implantarse sin esfuerzos.
- Que crezca según avance la obra.
- Que lance datos fiables que permitan la obtención de magnitudes y el cálculo de indicadores.
- Que permita la emisión de informes que recojan los datos pertinentes para una correcta transmisión y comprensión de la información.

Capítulo 2

2. Marco teórico

- 2.1 La gestión
 - 2.1.1 La gestión de proyectos
 - 2.1.2 La gestión de proyectos de construcción

- 2.2 La obra pública en España
 - 2.2.1 Marco regulador
 - 2.2.2 Principales características del sistema de contratación pública
 - 2.2.3 Las variaciones, modificaciones y obras complementarias.

2.1 LA GESTIÓN

2.1.1 LA GESTIÓN DE PROYECTOS

En este punto se presenta una breve exposición en relación a la gestión de proyectos en general para afrontar el segundo apartado referido en concreto a la gestión de proyectos de construcción. En primer lugar, se describen los hechos y momentos concretos que han dado origen a la gestión de proyectos como disciplina. Acto seguido se define la gestión de proyectos y el concepto proyecto dentro de este contexto. En último término se plantean los aspectos relevantes que permiten el desarrollo de esta especialidad y se identifican las entidades y organismos que actualmente promueven la gestión de proyectos a nivel mundial.

2.1.1.1 ORÍGENES Y ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Desde siempre, el ser humano se ha enfrentado a proyectos de mayor o menor envergadura, planteándose cómo llevarlos a cabo, qué recursos eran necesarios, cómo reducir los costes, como concluir en una fecha determinada, etc. Con el afán de mejorar las actuaciones y facilitar la consecución de los objetivos, a lo largo de los tiempos, se han ido introduciendo y evolucionando técnicas y metodologías que se han demostrada aptas y adecuadas.

La gestión de proyectos como tal puede decirse que realmente se inició a finales del siglo XIX, cuando el mundo de la empresa empezaba a hacerse complejo y había que organizar grandes proyectos, como ocurrió con la construcción del ferrocarril transcontinental en Estados Unidos, donde había que organizar el trabajo de miles de operarios y la logística de los materiales en cantidades nunca vistas hasta el momento.

A finales de XIX Frederick Taylor (Coriat, 2015) comenzó a realizar estudios detallados sobre el trabajo y demostró que éste puede analizarse y mejorarse si se descompone en partes. Llegó a la conclusión que para mejorar los resultados no se debían incrementar los recursos sino mejorar la eficiencia y productividad. Taylor presentó el concepto de trabajar con más eficiencia en lugar de con más esfuerzo y tiempo. Fue él quien acuñó la frase: *“Lo importante no es trabajar más, sino trabajar de manera más inteligente”*.

Las bases sobre las que se asienta la disciplina de gestión de proyectos se comienzan a establecer antes de la Segunda Guerra Mundial. En torno al año 1917, Henry Laurence Gantt estudió el orden de las operaciones en los trabajos, diseñando su famoso diagrama de Gantt, como una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado (OBS, 2017). Este diagrama todavía se utiliza en la actualidad y constituye una técnica esencial para la determinación de la previsión del desarrollo temporal de las actividades a lo largo de la duración estimada del proyecto. Es una herramienta analítica tan efectiva que apenas ha cambiado en casi 100 años. Una de las primeras veces que se utilizó fue para la construcción de la Presa Hoover en 1931.

Al estallar la Primera Guerra Mundial, la demanda de proyectos militares de gran complejidad aumentó, lo cual implicó coordinar una gran variedad de interacciones que requerían de nuevas estrategias y herramientas organizacionales. Es en este momento cuando diagramas como el Camino Crítico y el PERT fueron desarrollados. Estas herramientas ayudaron a los directores de proyectos a tener un mayor control sobre el flujo y resultados de sus proyectos, y contribuyeron a la integración de tareas complejas. La era moderna de los proyectos empezó en la década de los cincuenta, cuando se implantan y consolidan estas nuevas herramientas y se reúnen conocimientos y experiencias generadas durante las operaciones de manufactura en tiempos de guerra.

Las primeras herramientas de programación y gestión de riesgos son desarrolladas inicialmente entre 1957 y 1958 (Emilsy, 2010) para facilitar la definición de proyectos. Las técnicas de planificación CPM (método del camino crítico) y PERT (técnica de evaluación y revisión de programas) se desarrollan a finales de los años 50.

El CPM es un método utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos (Kelley, 1959). Fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costes mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto. La técnica ahorra un millón de dólares a la compañía el primer año que se implementó.

A mediados del siglo XX, las múltiples técnicas de gestión de proyectos empezaron a tomar forma y a integrarse dentro de un sistema coherente. El impulsor de este esfuerzo fue el Departamento de Defensa (DoD) de los Estados Unidos durante el desarrollo del proyecto Polaris de misil balístico móvil (lanzado desde submarino durante la Guerra Fría (1958)) (Wallace, 2014). Para dirigir con éxito este gran proyecto era necesario realizar cuidadosamente la planificación y coordinación de las diferentes actividades que lo componían, lo cual sólo fue posible mediante la práctica de procedimientos formales basados en el uso de redes. A partir de las técnicas desarrolladas hasta el momento, en particular el Diagrama de Gantt y el CPM, los directores que trabajaban en la construcción del misil desarrollaron la metodología PERT (Program Evaluation Review Techniques), la cual les permitió finalizar el proyecto con dos años de antelación. Durante este mismo período se introducen los conceptos de Ciclo de Vida del Proyecto (Comité Anderson, 1959), la Estructura Desagregada del proyecto (EDP) o Project Breakdown Structure (PBS) y la Estructura Desagregada del Trabajo del proyecto (EDT) o Work Breakdown Structure (WBS).

En 1962 se publicó la WBS (Martí, Yepes, González-Vidosa, & Alcalá, 2012) para su uso en posteriores proyectos. Después de realizar el proyecto, el Departamento de Defensa publicó la Estructura de Desglose de Trabajo, ordenando que este procedimiento fuera seguido en futuros proyectos de este alcance y tamaño. La WBS es una estructura exhaustiva representada por un árbol jerárquico de entregables y tareas que se necesitan llevar a cabo para poder completar el proyecto. Más tarde adoptada por el sector privado, la WBS se mantiene como una de las herramientas más comunes y efectivas dentro de la administración de proyectos.

Durante el mismo periodo en Europa, en el año 1960 el matemático Bernard Roy desarrolla en Francia el método denominando ROY que, aunque parecido a las técnicas CPM-PERT, se diferencia de éstos en los criterios para la construcción del grafo (los vértices representan las actividades y las flechas el orden de ejecución).

A partir del 1967 cada proyecto llevado a cabo para el Departamento de Defensa debía tener asociado un sistema de control integrado de plazos y costes, para que el Departamento pudiera monitorizar el avance en plazo y coste del proyecto con el fin de poder solventar los grandes sobrecostes en que habían incurrido hasta el momento los grandes proyectos militares (como las ocurridas con los proyectos del carguero Galaxy C-5^a y el bombardero F-111) (Contreras, 2007). Originalmente a este sistema, que representa un conjunto de estándares, se le denominó C/SCSC (Cost/Schedule Control System Criteria) y al documento que va asociado a este sistema se le llamo DODI 7000.2 denominado “medición del comportamiento para adquisiciones específicas”. Los criterios del DODI eran 35 e incorporaban dentro de ellos el concepto del valor ganado. Estos criterios eran referidos a la organización, la planificación y el presupuesto, la contabilidad y el análisis, entre otros (Juridías, 2016). Se obligó a que estos criterios fuesen observados por aquellos contratistas que desearan ser contratados o subcontratados en cualquier nuevo sistema superior a un determinado nivel presupuestario.

Este sistema se utilizó por parte del Departamento de Defensa Estadounidense en sus principales proyectos durante casi treinta años, hasta 1996. Desde el punto de vista de la Administración, el C/SCSC fue un éxito. Gracias a la imposición de los criterios, se mejoró la concienciación de los contratistas en lo relacionado con las buenas prácticas de gestión de proyectos. Sin embargo, visto desde la industria, se puede afirmar que nunca fue adoptado para gestionar los proyectos propios.

En el 1991, y a causa, fundamentalmente, de la preocupación existente en la Administración Estadounidense de hacer más amigable el concepto del valor ganado para la industria se reemplazó el DODI 7000.2 por el DODI 5000.2, prácticamente idéntico al anterior. Se le llamó la versión industrial del Earned Value management System EVMS, es decir, del Sistema del Valor Ganado (Juridías, 2016).

En 1993 se produjo un cambio revolucionario en el enfoque del valor ganado cuando Gary Christly estableció un plan para hacer reformas en cinco áreas fundamentales (Juridías, 2016). Al mismo tiempo, la política del Valor Ganado dejó de depender de la oficina del interventor a depender de la oficina de políticas de adquisición, por lo que pasaron a hacerse cargo del proceso los gestores del proyecto y no los contables.

En 1996 la industria estableció una norma que reducía los criterios iniciales de 35 a 32 (Juridías, 2016). Se produjeron algunos cambios importantes que reconocían que las necesidades del industrial no eran las mismas que las del gobierno.

En 1997 se incorporó la revisión de la Instrucción y se creó el DoD 5000.2R, la cual ofrece la orientación clave acerca de cómo informar de la situación de proyectos grandes y complejos (Juridías, 2016).

En 1998 al pensarse que era una limitación restringir la utilización del valor ganado al Departamento de Defensa, la Asociación Nacional de Defensa Industrial (NDIA) pidió y consiguió que finalmente estos 32 criterios fuesen aceptados por el American National Standard Institute/Electronic Industry Association (ANSI/EIA) tomando el nombre de ANSI/EIA-748-1998.

En el año 2005 el Project Management Institute (PMI) adopta el Método del Valor Ganado como una práctica para la programación y control de proyectos. Dentro de la Guía Project Management Body of Knowledge (PMBOK) se hace referencia a la utilización de la Gestión del Valor Ganado (EVM). Asimismo, el PMI ha editado el “Practice Standard for Earned Value Management” que ha sido desarrollado como un suplemento al PMBOK y proporciona principios fundamentales de la Gestión del Valor Ganado y su papel en facilitar una gestión de proyectos efectiva. Por otra parte, el PMI crea el College of Performance Management, que tiene como uno de sus objetivos principales “Promover la Gestión del Valor Ganado y la Planificación y Control de Proyectos (CPM)” (CPM, 2017).

En la actualidad, las empresas se ven obligadas a innovar para permanecer en un mercado altamente competitivo. Y no tan solo en el ámbito privado, sino que el primer interesado en avanzar en la mejora de los sistemas, procesos y resultados, es el sector público. Cada cual dentro de su campo de actuación debe contribuir a la consecución de unos resultados óptimos que tengan en consideración las múltiples restricciones y requerimientos establecidos. Sin duda, las condiciones y condicionantes actuales, entre ellos, la reducción del ciclo de vida de los proyectos, la globalización, la fragmentación de los mercados, la limitación de recursos, exigen la implementación de sistemas de gestión que permitan alinear los esfuerzos. Solo un elevado grado de compromiso y una íntima colaboración entre los implicados puede asegurar el éxito.

En la línea de la innovación, durante estos últimos años se está dando a conocer una nueva metodología o forma de trabajo para proyectos de construcción llamada Building Information Modeling (BIM). La primera vez que se mencionó el concepto BIM fue en la publicación “AIA Journal” (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008) donde se hizo mención de un concepto llamado “Building Description System” que se relaciona con el término BIM, tal como se conoce hoy en día. BIM se traduce como “Modelado de información de una edificación”; por tanto se refiere a la creación de un proyecto tanto en el diseño como en la construcción. El proceso comienza por la creación de un modelo de diseño 3D inteligente que posteriormente utiliza ese modelo para facilitar la coordinación, simulación y visualización, así como para ayudar a los implicados a mejorar la manera de planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras. En síntesis, el BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción.

El modelaje con programas en entorno BIM permite realizar simulaciones del comportamiento del edificio antes que éste sea una realidad, así pues permite ajustar las soluciones puesto que se anticipan problemas antes que estos se produzcan en la obra, momento en que su corrección acarrea importantes inconvenientes de todo tipo.

El BIM promueve la coordinación y colaboración entre todos los implicados en el proyecto. Permite el trabajo colaborativo desde el principio. Por ejemplo, en la fase de preconstrucción pueden estar trabajando en el desarrollo del proyecto agentes que antes no lo podían hacer, como el contratista

general, fabricantes, etc. Esto gracias a los servidores BIM como los de Revit o ArchiCad o mediante la exportación del modelo a IFC²¹ y su monitorización y chequeo a través de visualizadores gratuitos.

También se ha avanzado en la implantación de nuevas metodologías en el ámbito de la gestión de proyectos de construcción, con la introducción del Lean. La filosofía sobre la cual versa el Lean es maximizar el valor y minimizar las pérdidas. El Last Planner es una herramienta Lean que recoge la forma de trabajar de BIM, plantea el trabajo colaborativo para el diseño de la planificación

Más adelante se exponen con más detalle las técnicas, metodologías y herramientas que se han considerado más interesantes por su aportación al estudio.

2.1.1.2 DEFINICIÓN DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Aunque no se reconocía como una metodología explícita, la gestión de proyectos se ha practicado desde el inicio de la civilización. Desde hace siglos se han llevado a cabo grandes proyectos, como las faraónicas pirámides de Egipto, la gran muralla China, etc., que requirieron para su consecución grandes esfuerzos de planificación, organización, coordinación y supervisión.

La gestión de proyectos es una disciplina que se está implantando de forma generalizada en diferentes entornos con el objetivo principal de garantizar resultados exitosos que satisfagan a todos implicados. La gestión de proyectos se ha convertido en una herramienta imprescindible para la ejecución de todo tipo de proyectos. A modo de introducción y sin entrar en matices, la gestión de proyectos se define como la aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar un proyecto de forma eficiente y efectiva.

Es en la década de 1950 cuando se da inicio a la era moderna de la Gestión de Proyectos (Cleland, D. & Roland Gareis, 2006), reconociendo ésta como una disciplina independiente de la gestión entendida en términos generales. A partir de este momento empiezan a desarrollarse de forma más rápida y extensa las técnicas y metodologías de gestión de proyectos que hoy día se conocen. A pesar de la aparición de los nuevos estándares de la dirección de proyectos y de los cambios introducidos a través de los avances tecnológicos, el objetivo central de la gestión de proyectos sigue siendo el mismo, entregar proyectos exitosos que cubran las expectativas en ellos depositadas.

La gestión de proyectos versa sobre un elemento principal que es el objeto de su existencia, y que su mismo nombre indica, el proyecto. En el apartado siguiente se describe que se entiende por proyecto. Los términos utilizados para definir esta disciplina son varios: dirección de proyectos, gestión de proyectos, administración de proyectos, etc. El vocablo original es "Project Management" no tiene una traducción directa a nuestro idioma, de aquí las múltiples expresiones utilizadas para definir esta especialidad.

²¹ El IFC es Industry Foundation Classes, un formato de intercambio estándar. Ha sido desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability) con el fin de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción.

Según Poveda, González y Gómez-Senent (Poveda, González, & Gómez-Senent, 2007), el término anglosajón “Project Management” no tiene una traducción directa al castellano en una sola palabra que recoja todo su acepción. En algunos textos se traduce como “administración”²², pero este término tan solo cubre parcialmente el concepto por lo que se puede traducir también como “gestión”²³. Además mencionan que: *“Numerosos autores utilizan el término “dirección de proyectos”, el cual se refiere a las tareas y decisiones del director, el manejo de los recursos humanos involucrados en el proyecto, a la capacidad de liderazgo sobre los miembros del equipo de proyecto, y a las relaciones con otras entidades involucradas en el desarrollo del proyecto”*.

Muchos son los autores y organizaciones especializadas que han definido, en términos generales, la gestión o dirección de proyectos. Se muestran a continuación algunas de ellas, con el fin de ahondar en esta disciplina:

1. Autores de textos relativos a la dirección o gestión de proyectos:

- De Cos (De Cos, 2007) define la dirección de proyectos como *“el conjunto de aptitudes, técnicas y métodos que, utilizando todos los recursos disponibles, permiten la consecución de los objetivos del proyecto en las condiciones económicas”*.
- Guerra et al. (Guerra, Coronel, de Irujo, & Llorente, 2002) definen la dirección de proyectos como *“la aplicación de conocimientos, metodologías, técnicas y herramientas para la realización de actividades temporales con objeto de transformar ideas en realidades”*.
- Para Heredia (De Heredia, 2007) la dirección de proyectos es *“el proceso de optimización de los recursos puestos a disposición del proyecto, con el fin de obtener sus objetivos”* o *“el proceso de conducción del esfuerzo organizativo, en el sentido del liderazgo para obtener los objetivos del proyecto”*.
- Kerzner (Kerzner, 2006) define la dirección de proyectos como la *“planeación, organización, dirección y control de los recursos de la compañía para un objetivo relativamente a corto plazo que ha sido establecido para completar metas y objetivos específicos”*

2. Asociaciones de gestión de proyectos:

- El Project Management Institute (PMI) (PMI, Madrid, 2017) define la gestión o dirección de proyectos como la disciplina consistente en *“la aplicación de conocimientos, aptitudes, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto, encaminados a satisfacer o colmar las necesidades de una organización mediante un proyecto”*.
- La International Project Management Association (IPMA) (IPMA, 2017) da otra definición según la cual la disciplina del Project Management consiste en *“la planificación,*

²² El término *administración* se refiere a *“tareas organizativas y administrativas, incluidas las de control económico”* (Poveda, González, & Gómez-Senent, 2007).

²³ El término *gestión* *“alude tanto a aspectos organizativos, como los de tramitación, tareas burocráticas, toma de decisiones y control de ejecución”* (Poveda, González, & Gómez-Senent, 2007).

organización, seguimiento y control de todos los aspectos de un proyecto, así como la motivación de todos aquéllos implicados en el mismo, para alcanzar los objetivos del proyecto de una forma segura y satisfaciendo las especificaciones definidas de plazo, coste y rendimiento/desempeño. Ello también incluye el conjunto de tareas de liderazgo, organización y dirección técnica del proyecto, necesarias para su correcto desarrollo.”

- PRINCE2²⁴ la define como *“la planificación, delegación, seguimiento y control de todos los aspectos del proyecto, así como la motivación de los involucrados, para alcanzar los objetivos del proyecto dentro de las metas de desarrollo previstas en términos de tiempo, coste, calidad, alcance, beneficios y riesgos”*.
- La norma ISO 1006 (Normalización, 2003), por su parte define la gestión de proyectos como *“la planificación, organización, seguimiento, control e informe de todos los aspectos de un proyecto y la motivación de todos aquéllos que están involucrados en él para alcanzar los objetivos del proyecto”*.

Los aspectos relevantes a destacar en relación a la dirección o gestión de proyectos son los siguientes:

- Es ejercida por un director de proyectos o un equipo de dirección responsable de la operación.
- Persigue la transformación de objetivos o ideas en realidades.
- Aplica conocimientos, metodologías, técnica y herramientas para alcanzar sus objetivos.
- Versa sobre la utilización más eficiente posible de los recursos.
- Procura el equilibrio entre las restricciones contrapuestas del proyecto, entre ellas, el alcance, la calidad²⁵, el tiempo y los costes, los recursos y los riesgos. Todo proyecto depende de estos factores que se encuentran íntimamente interrelacionados entre sí, de manera que si alguno de ellos cambia, es probable que al menos otro de ellos se vea afectado (Figura 2).

²⁴ PRINCE2 proviene del acrónimo en inglés *PR*ojects *IN* *C*ontrolled *E*nvironments. Originalmente fue desarrollado por la CCTA (Central Computer and Telecommunications Agency), que actualmente forma parte de la OGC (Office of Government Commerce). Desde 1989 se viene usando como un estándar para la gestión de proyectos sobre todo en el Reino Unido. La versión más reciente se publicó en 2009 por la OGC, siendo denominada esta versión como PRINCE2:2009 Refresh.

²⁵ Se utiliza la definición ISO 9000 de calidad: *“grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”* entendiéndose por requisito *“necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria”*.

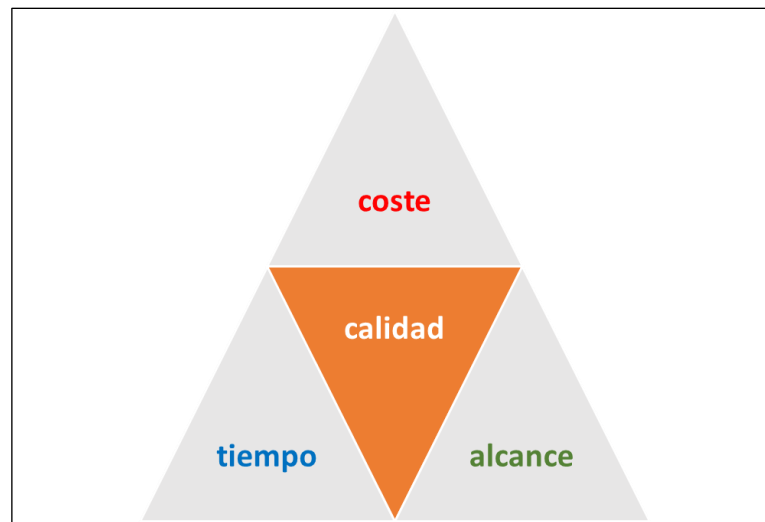


Figura 2 - Variables a controlar en la gestión de proyectos. Fuente: autora tesis doctoral

- Aplica varios procesos o procedimientos de organización (dimensión temporal) para llevar a cabo el trabajo del proyecto. Los grupos de procesos comunes en todos los proyectos son: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y grupo de cierre (Figura 3).
- Los procesos de dirección se organizan en nueve áreas de conocimiento (dimensión funcional), que el director de proyectos debe dominar y gestionar de manera integrada: gestión de la integración del proyecto; gestión del alcance, gestión del coste, gestión del tiempo, gestión de la calidad, gestión de los recursos humanos, gestión de las comunicaciones, gestión de los riesgos, y gestión de la contratación y adquisiciones (Figura 3).

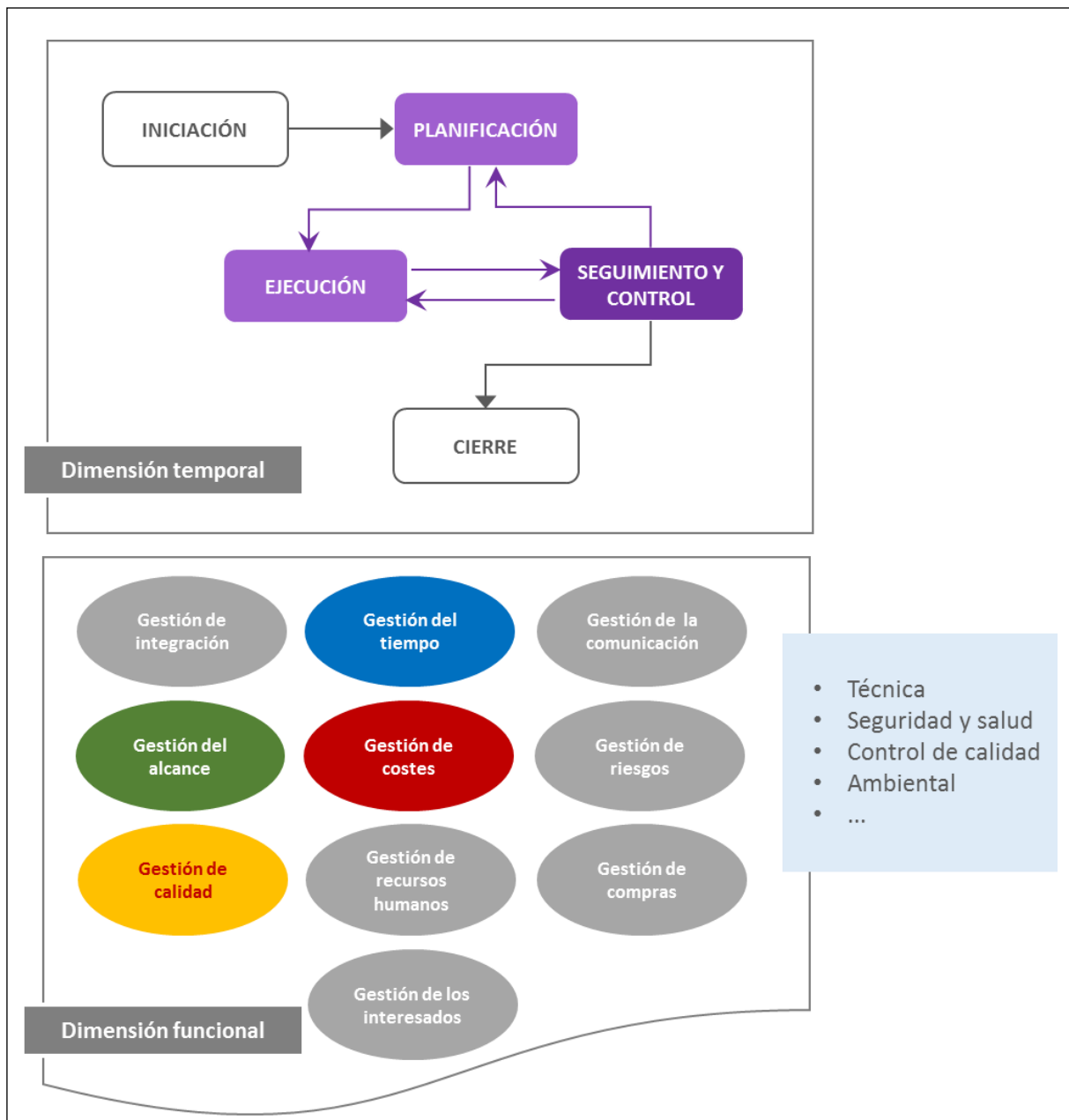


Figura 3 - Dimensiones en la gestión de proyectos. Fuente: autora tesis doctoral

El primer objetivo para la gestión de proyectos es alcanzar el producto o servicio dentro de las limitaciones establecidas, habitualmente el coste, el tiempo y la calidad, pero sin descuidar otros muchos aspectos también muy importantes, como son: la protección al medio ambiente, a la seguridad salud laboral, etc. La gestión integral de proyectos es la disciplina que considera todos los aspectos que pueden condicionar el desarrollo de un proyecto.

Para alcanzar los tres objetivos claves de un proyecto: el plazo, el presupuesto y la calidad; es preciso gestionar 4 factores claves que toda gestión de proyectos debe contemplar:

- Claridad en la definición de los objetivos a alcanzar. Es necesario identificar las necesidades, los requisitos, así como cuáles son las inquietudes y expectativas de los interesados.
- Equilibrio entre las restricciones contrapuestas (tiempo, presupuesto, recursos, alcance y calidad).
- Utilización de una metodología conocida que permita saber en todo momento en qué punto se está y hacia donde se va.
- Precisión en la planificación.
- Compromiso y colaboración entre los participantes.

2.1.1.3 DEFINICIÓN DE PROYECTO

El término proyecto puede tener diferentes significados en función del entorno en el que se utilice. En el área de gestión, el proyecto se define como el conjunto de actividades desarrollables para alcanzar un determinado objetivo, ya sea un producto, un servicio o un resultado único, dentro de unos límites establecidos. Existen múltiples clasificaciones de tipos de proyectos, pero se distinguen dos grandes categorías, los proyectos productivos asociados a una empresa y los proyectos sociales o públicos destinados a mejorar la calidad de vida de la gente. En función del ente promotor se distingue los proyectos privados de los públicos. Los proyectos públicos tienen unas características distintas de los privados, puesto que las actuaciones en el sector público se ven sometidas a un marco legal muy intrusivo, que establece los procedimientos a seguir.

Aunque algunos proyectos son repetitivos, todos ellos son singulares y pueden ser muy distintos en cuanto a su naturaleza, objetivos, características, organización, desarrollo, etc. En relación a su naturaleza se pueden distinguir diferentes tipos de proyectos: de investigación, de informática, de comercialización, de ingeniería industrial, de construcción, etc. Al mismo tiempo el resultado que se persigue con el desarrollo del proyecto puede ser material (una máquina, un edificio, etc.) o inmaterial (una investigación, un protocolo, etc.).

Al igual que para la definición de dirección de proyectos, se relaciona, a continuación, el significado que varios autores y organizaciones especializadas le han dado al concepto "proyecto".

1. Autores de textos relativos a la dirección o gestión de proyectos:
 - Domingo (Domingo, 2005), señala que *"existen prácticamente tantas definiciones de proyecto como autores al respecto en la literatura. Aunque todos tenemos claro el concepto asociado al término, resulta, sin embargo, complejo formular una definición completa y consistente, que no olvide ninguna característica de lo que es un proyecto, y que no limite las actividades que puedan encuadrarse dentro de dicha definición"*.
 - Guerra et al. (Guerra, Coronel, de Irujo, & Llorente, 2002) define proyecto como *"una transformación que realiza un determinado grupo de individuos, en un plazo de tiempo"*.

definido, de una idea, que se establece basándose en unos requisitos o necesidades, en una realidad, producto o servicio, dentro de un contexto tecnológico determinado y utilizando recursos limitados y con carácter temporal”.

- De Cos (De Cos, 2007), indica que un proyecto es la *“combinación de todos los recursos necesarios, reunidos, en una organización temporal, para la transformación de una idea en una realidad”.*
- Kerzner (Kerzner, 2006) señala que un proyecto es *“cualquier serie de actividades y tareas que tienen un objetivo específico para ser completado con ciertas especificaciones, tiene unas fechas de inicio y fin definidas, tienen límites de financiación, consume recursos humanos y no humanos y son multifuncionales”.*

2. Asociaciones de gestión de proyectos:

- Según la Norma Internacional ISO 10006 (Normalización, 2003), el proyecto se puede definir como *“un proceso único, que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos y requerimientos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, coste y recursos”*
- El Project Management Institute (PMI) (PMI, Project Management Institute, 2017), referente mundial en metodologías de dirección de proyectos, establece el proyecto como *“un esfuerzo de carácter temporal llevado a cabo con objeto de crear un producto o servicio único”.* De esta manera los proyectos existen para llevar a cabo un producto o servicio que no existía antes. En este sentido un proyecto es siempre único.
- El International Project Management Association (IPMA) (IPMA, 2017) menciona que *“es una operación limitada en tiempo y coste para materializar un conjunto de entregables definidos (el alcance para cumplir los objetivos del proyecto) de acuerdo con unos requisitos y estándares de calidad”.*
- Por otra parte el estándar PRINCE2 (de la Oficina de Comercio del Gobierno del Reino Unido - ORG) de gestión de proyectos define un proyecto como un *“entorno de gestión que es creado con el objeto de entregar uno o más productos de acuerdo a un plan de negocio dado”.*

En la gestión de proyectos se habla de la triple restricción (alcance, coste y tiempo). Esto significa que los proyectos deben llevarse a cabo respetando el presupuesto establecido, dentro del tiempo asignado y cumpliendo las expectativas del cliente promotor.

Es importante distinguir entre un Proyecto y un Producto. El Proyecto, tal como se ha definido, puede entenderse como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Mientras que un Producto es un artículo producido, que es cuantificable y que puede ser un elemento terminado o un componente.

En el sector de la construcción el Producto es la obra construida, que es el entregable principal del Proyecto, en cambio el Proyecto de construcción se refiere a todos los procesos necesarios desde el inicio del mismo hasta la entrega del producto, la obra construida. Por tanto, el ciclo de vida del proyecto está contenido dentro del ciclo de vida del Producto, ya que la vida de este último trasciende a su construcción.

2.1.1.4 EL CICLO DE VIDA, LOS PROCESOS Y LAS ÁREAS FUNCIONALES DE UN PROYECTO

Para facilitar su gestión, los proyectos pueden dividirse en fases. El conjunto de fases se conoce como el ciclo de vida de un proyecto. Una fase es un conjunto de actividades del proyecto relacionadas entre sí y que, en general, finaliza con la entrega de un producto parcial o completo (un estudio de viabilidad, un proyecto, etc.). Hay proyectos que sólo requieren de una fase, y otros de gran complejidad que requieren un importante número de fases y subfases. Las diferentes fases suelen adoptar el nombre de alguno de los entregables.

Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la siguiente estructura genérica de ciclo de vida:

- Fase de definición. Fase inicial en la que se identifica una idea que una vez aceptada se convierte en un proyecto. Se fijan los objetivos del proyecto de acuerdo con las necesidades o requisitos establecidos por el cliente promotor. Estos objetivos se establecen, fundamentalmente, en base a cuatro variables: el coste, el plazo, el alcance y la calidad. A veces, puede ser preciso realizar un estudio de mercado para determinar los objetivos o características del producto final, es el caso de un producto que se lanza al mercado. En esta fase es imprescindible una fase de planificación, siendo el plan de negocio el entregable principal de esta fase de definición.
- Fase de diseño. Se afronta esta etapa una vez tomada la decisión de acometer el proyecto definido. Los objetivos fundamentales de esta etapa son: desarrollar una solución o diseño que cumpla con los requisitos y objetivos definidos en la fase anterior; concretar la estrategia a seguir para la detección de incumplimiento de los requisitos para proceder a su corrección; gestionar la fase de acuerdo al plan de proyecto dentro del coste y plazo designado.
- Fase de construcción y pruebas. Consiste en construir el producto de acuerdo con la fase anterior.
- Fase de implantación o despliegue. A menudo el proyecto finaliza en la fase de construcción y pruebas y aceptación del producto por parte del cliente. En ocasiones, puede ser conveniente un proceso de adaptación por parte de los usuarios del producto.

La dirección de proyectos puede entenderse como un conjunto de procesos interdependientes que, si son ejecutados de manera integrada y coordinada, permiten alcanzar los objetivos establecidos. De acuerdo con el PMI, los procesos de dirección de proyectos pueden organizarse en los cinco grupos siguientes:

- **Proceso de inicio.** Tiene por objeto autorizar el comienzo del proyecto o de cualquiera de sus fases. En este proceso es necesario definir con precisión el objeto que se persigue y establecer los objetivos a alcanzar de acuerdo con las necesidades, los requisitos y las restricciones planteadas. Este proceso es esencial para alcanzar el éxito de la operación, puesto que unos objetivos mal planteados conducirán al fracaso del proyecto, aunque la gestión sea esmerada. Además es el momento de definir el equipo especializado que ha de afrontar el encargo de dirección y de buscar la complicidad y apoyo del resto de actores implicados.
- **Proceso de planificación.** Es una de las etapas más delicadas ya que requiere de un esfuerzo de abstracción importante, puesto que debe plasmarse cómo se prevé que van a desarrollarse las actividades y actuaciones que deberán llevarse a cabo para alcanzar el objeto del proyecto. En esta fase se diseña lo que se denomina el plan de acción que requiere de una adecuada planificación. En todo proceso debe existir una cierta proporcionalidad entre el esfuerzo de planificación y el esfuerzo de ejecución. De poco sirve una planificación muy detallada si no es posible realizar su seguimiento en la fase de ejecución. Tampoco sería afrontable desde el punto de vista de la gestión un proyecto sin plan inicial. Es necesario planificar pensando que alguien deberá actuar según el plan. Si no se ha dedicado el tiempo suficiente al diseño de este plan, sin duda durante su ejecución surgirán gran cantidad de incidencias que acabarán traducándose en cambios, sobrecostos, retrasos, etc. Así pues, en esta fase se traza una hoja de ruta, anticipando cómo han de desarrollarse las operaciones para alcanzar los objetivos fijados en la fase anterior perfilados en ésta.
- **Proceso de ejecución.** Se coordinan todos los recursos para llevar a cabo el plan desarrollado. En esta etapa se llevan a cabo las actividades y actuaciones programadas en la anterior. Es esencial una adecuada comunicación para asegurar el control sobre el avance real del proyecto. Según cual sea el desarrollo de las actividades deberán gestionarse los cambios, los gastos, los recursos, el tiempo, etc.
- **Proceso de seguimiento y control.** A través de este proceso se pretende garantizar que se alcanzan los objetivos planteados mediante la supervisión y seguimiento. Persigue la detección prematura de desviaciones con el objeto de garantizar el mejor ajuste, reaccionando a tiempo. Se caracteriza por la implementación de los procesos necesarios para realizar un seguimiento, supervisión y monitorización del progreso de los proyectos. El seguimiento en base al plan de acción diseñado permitirá detectar desviaciones, para poder actuar en consecuencia, con el objeto de minimizar o mitigar su efecto sobre los resultados. Es la fase más crítica de todo el proyecto, ya que de su desarrollo dependerá el alcance o no del éxito. Sin lugar a dudas, esta fase se sitúa en relación a la fase de ejecución, pero debido a su importancia se trata de forma separada.
- **Proceso de cierre.** Fase orientada a la valoración y evaluación del proyecto y en especial de los resultados obtenidos, en comparación con los fijados en la fase inicial. Con el objetivo de aportar valor al equipo directivo y habilitar la aplicación de las estrategias de mejora

continuada resulta interesante realizar una serie de tareas: obtener información sobre el nivel de satisfacción de los implicados, reconocer méritos, aceptar las sugerencias de mejora, recoger información con la intención de transferir el conocimiento adquirido durante el proyecto.

Habitualmente, estos procesos se suceden de forma secuencial, cuando se termina uno de ellos se da entrada a otro de ellos. Aunque no siempre es así, puesto que según sea el avance real en cada proceso tal vez sea necesaria la redefinición de procesos anteriores, por ejemplo es una práctica común la actualización de la planificación en atención al avance real de la obra.

2.1.1.5 LAS ASOCIACIONES Y ORGANISMOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS

a. ACCE INTERNATIONAL (ANTERIORMENTE LA AMERICAN ASSOCIATION OF COST) - (1956) (AACE, 2016)

En 1956 los primeros profesionales de la administración de proyectos y de las especialidades asociadas de planificación se constituyeron como asociación sin ánimo de lucro. Ésta se fundó en New Hampshire, Estados Unidos, por un grupo de 59 ingenieros en costes. Actualmente, es el editor del “Cost Engineering”, una revista técnica mensual y del diario “Habilidades y Conocimiento de Ingeniería de Costos” y de la guía de estudio para certificaciones ACCE, así como de 14 guías de prácticas profesionales y, lo más importante, el “Total Cost Management o TCM”. La Gestión del Coste Total fue introducida en 1990.

En 2006, la AACE publicó su “Marco de referencia de Gestión de Costes Totales”, una metodología integrada para la Gestión de Portafolios, Programas y Proyectos.

La gestión de coste total es comúnmente utilizada en compañías que realizan grandes inversiones en activos fijos de capital a través de la construcción de proyectos. Por ejemplo, las industrias petrolera, química y farmacéutica. Sin embargo, otras industrias, como la de genéticos, usan ampliamente software y TI para el mapeo de procesos a llevar a cabo.

b. INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION – IPMA (1965) (IPMA, 2017)

La Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos o IPMA es una federación de asociaciones internacionales profesionales de dirección de proyectos (Crowford, 2007). Su objetivo es promover la dirección de proyectos a los negocios y organizaciones alrededor del mundo y de esta forma incrementar el reconocimiento de la profesión.

El origen del IPMA se remonta a 1965 cuando un grupo internacional de directores de proyectos se reunió para discutir los beneficios del método de la ruta crítica.

Actualmente, su actividad principal es la certificación de las competencias en dirección de proyectos. Para ello ha desarrollado un marco de certificación para las habilidades en dirección de proyectos: el ICB (IPMA Competence Baseline), que sirve de base para su programa de certificación en cuatro

niveles. La certificación se lleva a cabo a través de cualquiera de las asociaciones nacionales, y es necesario renovarla cada cierto tiempo.

Actualmente representa a más de 50 asociaciones repartidas por más de 40 países:

EUROPA	Noruega (NFP)
	Reino Unido (APM)
	Suecia (SPMA)
	etc.
ÁFRICA	Egipto (MES)
	Marruecos (MPMA)
	Sudáfrica (SA)
	Zambia (PMAZ)
ÁSIA	China (PMRC)
	Irán (IPMA)
	Kuwait (KPMC)
	etc.
AMÉRICA	Canadá (PMAC)
	Estados Unidos (ASAPM)
	Brasil (ABGP)
AUSTRALIA	(AIPM)

Tabla 1- Extracto de la distribución a nivel mundial de IPMA. Fuente: (Valledor & de la Fuente, 2010)

c. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI (1969) (PMI, PROJECT MANAGAMENT INSTITUTE, 2017)

El Project Management Institute (PMI) es la asociación profesional sin fines lucrativos dedicada a la gestión de proyectos más grande del mundo. Fue fundada en 1969 en Pensilvania (EE.UU.). Sus principales objetivos son la formulación de estándares profesionales (PMBOK), generar conocimiento a través de la investigación, y promover la Gestión de Proyectos como profesión a través de sus programas de certificación (PMP).

Los objetivos del PMI son muchos, entre otros:

- Fomentar el Profesionalismo en la Dirección de Proyectos.
- Contribuir con la calidad y el alcance de la Dirección de Proyectos.
- Estimular la apropiada aplicación global de la Dirección de Proyectos para el beneficio del público en general.
- Proveer un reconocido foro para el libre intercambio de ideas, aplicaciones y soluciones de Dirección de Proyectos generadas entre los miembros del Instituto y otros interesados o involucrados con la Dirección de Proyectos.

- Identificar y promover los fundamentos de la Dirección de Proyectos y el avance del cuerpo de conocimientos para dirigir proyectos exitosamente.

El PMBOK surge inicialmente como un intento por documentar, homologar y estandarizar las prácticas e información, generalmente aceptada en la gestión de proyectos. Esta guía provee de referencias básicas para cualquiera que esté interesado en la gestión de proyectos. Posee un léxico común y una estructura consistente para el campo de la gestión de proyectos.

La primera edición fue publicada en 1987, la segunda entre 1996 y 2000, la siguiente en el 2004, la cuarta en 2008 y la última y actual, la edición quinta en 2013. Está prevista la publicación de la sexta edición para septiembre del 2017. En el año 1998 fue reconocida como estándar por el “American National Standards Institute” (ANSI).

d. APM GROUP (APMG, 2017)

APMG es una entidad especializada en la acreditación y certificación de las organizaciones, procesos y personas, dentro de una gama de industrias y disciplinas de gestión. Su principal mercado se encuentra en el Reino Unido aunque también posee oficinas en otros países (Bulgaria, Egipto, Francia, Irlanda, Polonia, etc.). Ofrece diferentes tipos de certificaciones, entre las se destaca PRINCE2 y PMD por estar enfocadas a la certificación en la gestión de proyectos.

El PRINCE se desarrolla a partir del método PROMPTII. En el año 1989 se publica el “Projects In Controlled Environments” (PRINCE) siendo el estándar para todos los proyectos de sistemas de información del gobierno del Reino Unido. Fue creado por el “Office of Government Commerce” (OGC). Inicialmente fue desarrollado únicamente para proyecto de tecnología de la información y la comunicación (TIC).

En el 1996 se realizó una actuación del PRINCE para ponerlo acorde a las exigencias del momento y para que fuese aplicable a cualquier tipo de proyecto. La nueva versión paso a denominarse PRINCE2 y es compatible con todo tipo de proyectos.

El APM Group es el Acreditador Oficial de PRINCE2 de la Oficina de Comercio Gubernamental del Reino Unido.

En el verano de 2009 la Oficina del Gobierno de Comercio del Reino Unido hizo el método más simple, atendiendo a una petición común de los usuarios. Esta renovación se llevó a cabo para darle a los project managers un mejor conjunto de herramientas para cumplir los proyectos en tiempo, presupuesto y con calidad apropiada.

En el 2012 aparece la certificación PRINCE2 Profesional. Esta nueva certificación surge de la necesidad de continuar mejorando el nivel de los PRINCE2 Practitioner, quienes tienen la posibilidad de optar por ésta y demostrar a través de una rigurosa evaluación si realmente poseen altas capacidades para ser project managers exitosos que generen valor agregado dentro de sus organizaciones.

e. PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION OF JAPAN – PMAJ (2002) (PMAJ, 2017)

El Project and Program Management for Enterprise Innovation (P2M) es la versión japonesa del sistema de dirección de proyectos (Ohara, 2003). Fue desarrollada por el Comité de Desarrollo de la Dirección de Proyectos de la “Engineering Advancement Association” (ENNA) con la financiación del gobierno japonés a través del “Ministry of Economics, Trade, and Industry” (METI) (Crowford, 2007).

La “Project Management Association of Japan” (PMAJ) es la organización no lucrativa, establecida en mayo del 2002, que se encarga de mantener y promover el P2M.

2.1.2 LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La gestión de proyectos de construcción se define como el proceso mediante el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo de un proyecto que tiene como objeto la materialización de una obra de construcción con el mínimo coste y dentro de un período de tiempo determinado. La figura profesional reconocida que desempeña esta labor es el project manager o director de proyectos.

Se define, a continuación que se entiende por proyecto de construcción, cuál es su ciclo de vida, cuáles son los procesos que conducirán al objetivo central y qué técnicas y metodologías se pueden utilizar para facilitar la labor.

2.1.2.1 EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

El concepto proyecto puede presentar concepciones diferentes según el ámbito profesional en el que se aplique. No es lo mismo un proyecto para un arquitecto, un economista o un biólogo.

Tradicionalmente, cuando se habla del proyecto de construcción uno tiende a pensar que se hace referencia al documento que define con todo detalle y amplitud la obra que se pretende llevar a cabo. Sin duda, esta es una posibilidad, puesto que en el ámbito de la construcción un proyecto es exactamente lo definido. Muchos son los textos legales que han descrito el término proyecto, como el conjunto de documentos mediante los cuales se define el diseño de una construcción antes de ser realizada. Éste se define abarcando todos los aspectos que lo condicionan, como son, los sociales, los artísticos, los técnicos, los legales, los económicos, los ambientales, etc.

Pues bien, un proyecto, así como se ha expuesto en el apartado correspondiente de gestión de proyectos, es también un conjunto de actividades que persiguen la consecución de un resultado. Así pues, un proyecto es el propósito de alcanzar una meta. Por ejemplo, en el ámbito de la construcción, y en referencia a una obra de edificación puede ser un proyecto:

- La redacción del documento proyecto de ejecución
- La adjudicación de la obra definida en el proyecto de ejecución
- La ejecución de la obra

- Etc.

Es evidente que si la intención es construir un edificio o una obra de infraestructuras, el proyecto puede abarcar múltiples etapas, entre ellas, todas las necesarias para concluir con la entrega del producto esperado. En este caso, el proyecto se subdivide en diferentes fases que pueden ser tratadas como proyectos dentro del proyecto principal.

2.1.2.2 EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

El ciclo de vida de una construcción podría definirse como el período de tiempo transcurrido desde que se plantea la primera idea, pasando por su ejecución hasta su desconstrucción. Como cualquier otro proyecto, la construcción, ya sea una edificación o una obra civil, pasa por diferentes fases.

El proceso edificatorio, en su conjunto, se puede dividir en las siguientes fases vitales:

1. **Fase de definición (proyecto).** Fase inicial en la que se procede a transformar una intención, idea o necesidad en una operación viable representada y definida, en un documento denominado proyecto de ejecución. El entregable de esta fase es el proyecto que define, en todas sus vertientes, la obra que deberá llevarse a cabo para satisfacer las necesidades, requerimientos y expectativas establecidas como objetivos. Las operaciones y procesos que se incluyen en esta etapa pueden ser más o menos numerosas en función de la envergadura de la actuación, del tipo de promotor, de los requisitos establecidos, etc. Entre ellos se destacan: estudio de viabilidad, redacción del proyecto, contratación de seguros y oficinas de control, etc.
2. **Fase de construcción (obra).** También denominada fase de ejecución. Se trata de una fase muy amplia que abarca gran cantidad de operaciones y de vital importancia puesto que se materializa lo definido en el proyecto. Debido a su extensión y a la variedad de operaciones que engloba se divide ésta en las siguientes subfases:
 - **Subfase de preparación.** Iniciar una obra de construcción no es un cometido fácil ya que es necesario previamente afrontar una serie de tareas y cumplir un conjunto de trámites precisos y en ocasiones obligatorios. Éstos pueden agruparse tal como sigue:
 - Solicitud y concesión de permisos y autorizaciones.
 - Solicitud, comparación y negociación de las ofertas para la contratación de los diferentes implicados en el proceso.
 - Contratación de los implicados en el proceso (dirección facultativa, empresa o empresas constructoras, laboratorios de control, etc).
 - **Subfase de ejecución.** Una vez aprobada el acta de replanteo se da por iniciada la obra. Durante esta fase se lleva a cabo la construcción de la obra según lo proyectado y a las indicaciones e instrucciones facilitadas por la DF. La obra se da por finalizada mediante el acto de recepción a través del cual el constructor entrega al promotor la obra y éste la acepta.

- **Subfase de liquidación.** Aunque la obra está finalizada y en manos del promotor, para que ésta adquiera la condición de edificación y pueda ser vendida y/o usada se requieren una serie de trámites y procesos de autorización y de legalización. Algunas de las operaciones que deberán llevarse a término son: libro del edificio, certificado de primera ocupación, cedula de habitabilidad (si es una vivienda), legalización de proyectos, escrituras y registro de obra nueva y división horizontal, etc.
3. **Fase de vida (uso).** Sin duda la más extensa y duradera. Durante la vida útil de la construcción es obligatorio un adecuado uso y mantenimiento del inmueble por parte del propietario y usuarios. A lo largo de la vida del producto se pueden suceder diferentes acontecimientos, entre ellos:
- Obras de reforma o ampliación
 - Obras de reparación
 - Obras de restauración o rehabilitación
 - Cambios de uso
4. **Fase de desconstrucción (derribo).** Finalmente llegará un momento en el que la construcción ya no podrá continuar en uso y tampoco será viable su recuperación, en este momento, se llega a la última etapa del ciclo vital, la desconstrucción.

Cada una de estas fases del ciclo de vida de una construcción puede entenderse como un proyecto en clave de gestión de proyectos. Así pues, en la fase de construcción el entregable es la obra completada y aceptada. En este proyecto se pueden diferenciar los procesos definidos anteriormente para una dirección adecuada de proyectos:

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución
- Control y seguimiento
- Cierre

El objeto de este estudio se sitúa en uno de estos procesos enumerados, en concreto, al cuarto de ellos, el de seguimiento y control y, en particular en las áreas de cumplimiento de costes y de plazo. Este grupo de procesos tiene como finalidad principal analizar, controlar, y regular el progreso y la ejecución del proyecto, para identificar situaciones en los que el plan del proyecto requiere cambios.

2.1.2.3 LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

La dirección de un proyecto para la construcción de una obra, ya se de edificación o infraestructuras, requiere de la consecución de unos procesos que permitan su desarrollo dentro de los límites y objetivos fijados. En particular, para las obras de construcción, se exponen a continuación tres de los procesos descritos anteriormente, sobre los cuáles se sitúa y versa el estudio en cuestión. En concreto, la exposición trata sobre tres de las áreas de conocimiento objeto de este estudio, el alcance, el tiempo y los costes. Sin duda, una gestión completa abarca muchos otros aspectos sobre los que cabe actuar para lograr una efectiva gestión integral del proyecto, como son: la calidad, los recursos humanos, adquisiciones, la seguridad, documental, etc.

a. PLANIFICACIÓN

Una vez superado el proceso de iniciación, en el que se concreta con todo detalle el objeto del proyecto y se acotan los objetivos a alcanzar, se acomete el proceso de planificación. Su meta es el diseño de un plan de acción que contenga todas las previsiones de cómo tiene que ejecutarse el proyecto para lograr lo que se pretende dentro de los límites establecidos (tiempo y coste).

El plan de acción, que en ocasiones se denomina plan de base o línea base, ha de servir de referencia para el seguimiento y control durante la fase de ejecución. El plan estará formado por un conjunto de documentos (presupuesto y programación) que definen el camino a trazar para lograr un proyecto exitoso.

El establecimiento del patrón de comparación, que deberá ser seguido en la fase de ejecución, debe diseñarse de manera que se pueda llevar sin un esfuerzo desmesurado. De nada sirve un detalle excesivo en la fase de planificación si resulta imposible su seguimiento y control en la fase de ejecución. Cuanto más conciso y concreto mejor se podrá controlar el avance. Del mismo modo, la planificación debe de ser algo flexible de manera que cuando se produzcan pequeñas desviaciones puedan ser fácilmente asimiladas sin necesidad de adoptar medidas más drásticas.

El plan de acción relaciona las cuatro variables que deben ser controladas durante el desarrollo del proceso de seguimiento y control: el alcance y calidad, el tiempo y el coste. Con frecuencia se confunde la planificación con la programación o cronograma. La programación es una operación más a realizar para llegar a definir la planificación. Programar consiste en secuenciar y dimensionar temporalmente las actividades que deberán llevarse a término, facilitando información de cuándo puede iniciarse, cuánto dura y cuándo está previsto que finalice cada actividad, así como que otras actividades la suceden y preceden (Figura 4).

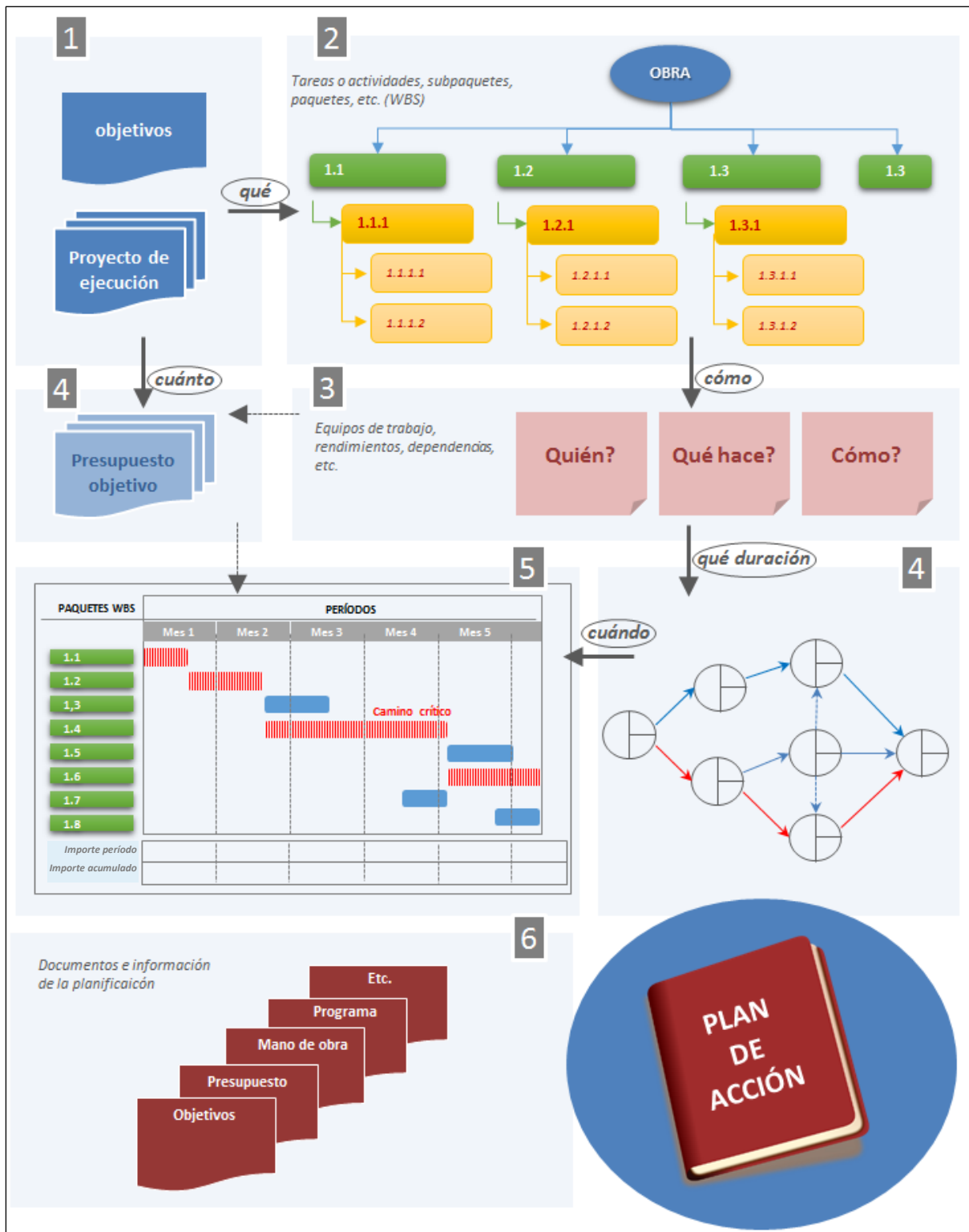


Figura 4 - Etapas de la planificación para definir el plan de acción. Fuente: autora tesis doctoral

Para el diseño de este punto de partida y referencia para el seguimiento y control en la fase de construcción deben realizarse tres operaciones:

- **Definición del alcance del proyecto, descomposición del proyecto en una estructura de desglose del trabajo.** Conjunto de trabajos que deben ser realizados para entregar el producto con las características y requisitos establecidos y dentro de los objetivos planteados. La primera misión y más importante de la dirección de proyectos es la identificación y descripción de las actividades necesarias que deberán llevarse a cabo.

En España es habitual el uso de esta técnica ampliamente difundida en los años 70 por las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), que apostaban por una clasificación analítica en tres niveles. Por su parte los cuadros de precios para la construcción, de amplia profusión y uso en España para la redacción de presupuestos, también adoptaron y siguen utilizando esta forma de organización de la información mediante la estructuración de su información por niveles jerarquizados. La mayoría de presupuestos actualmente también presentan su información de forma jerárquica, planteando una estructura más o menos extensa, de apartados y subapartados, denominados capítulos y subcapítulos, dentro de los cuales se sitúan las partidas de obra, como elementos esenciales sobre los cuales se opera (mide y valora).

Habitualmente, la estructura de descomposición del trabajo es un esquema compuesto por un conjunto de tareas o actividades requeridas para completar el proyecto. El número de niveles de la estructura de descomposición y la cantidad de tareas dependerá de la envergadura y complejidad del proyecto. El objeto es la fragmentación del producto en pequeñas partes manejables que puedan ser fácilmente valoradas y programadas.

Esta división del alcance es conocida como la técnica de la elaboración de la estructura desagregada del trabajo (EDT o WBS). Ésta se define como una estructura de descomposición jerárquica del trabajo a ser realizado para llevar a cabo el proyecto. Mediante esta estructura se organiza y define el alcance de todo el proyecto. Se subdivide todo el proyecto en pequeñas porciones de trabajo más fáciles de manejar. La WBS no tiene por qué ser equilibrada, esto quiere decir que no todos los ramales deben tener el mismo nivel de desglose.

La información para la identificación de las actividades se obtiene del proyecto de ejecución y muy especialmente de uno de sus documentos internos, el estado de mediciones. El estado de mediciones es obligatorio en cualquier proyecto de construcción. Contiene una relación de todas las partidas o unidades de obra agrupadas y ordenadas por capítulos, con indicación de la unidad de medición, descripción completa y cantidad total (con o sin detalle de medición). A veces se identifican las partidas del presupuesto como actividades de planificación y esto puede que no sea del todo correcto. Aunque no es lo mismo una partida que una actividad, con el objeto de facilitar la labor, y de representar una planificación simple y entendedora, puede que se presenten los capítulos y subcapítulos del estado de mediciones como una agrupación de actividades de trabajo, que generalmente pertenecen a un mismo lote de contratación.

Aunque cada proyecto es único, la WBS de un proyecto anterior puede utilizarse como plantilla para un nuevo proyecto, si existen similitudes entre ellos. Cuando no se dispone de experiencias anteriores parecidas, deberá descomponerse el todo hasta el nivel en el que se detallan los paquetes de trabajo o nivel más bajo de la WBS, que podrán ser fácilmente valorados y programados. El nivel de descomposición necesario dependerá del tamaño y complejidad del proyecto.

Una vez se ha completado la identificación y estructuración de las actividades que componen el proyecto mediante la definición de la WBS se puede pasar la fase siguiente, la de programación.

- **Representación del cronograma o programación**

El objetivo es concretar, mediante una programación lógica y óptima, el plazo de ejecución de cada operación de trabajo (inicio, duración y final), así como el de cada lote de contratación y en general de toda la obra. A través del cronograma será posible conocer con antelación los tiempos e interferencias entre las diferentes tareas, así como la fecha de entrada y salida de las diferentes empresas que participen en la obra o la verificación del cumplimiento de determinados hitos. El cronograma realiza una doble función: permite conocer las fechas de inicio y fin de cada actividad (función temporalizadora); y al mismo tiempo, permite comprobar las interacciones entre las diferentes actividades (función organizadora). Por su parte, el hecho de disponer del cronograma contribuye a una adecuada coordinación, puesto que con antelación los diferentes interventores disponen de la información pertinente para responsabilizarse y comprometerse con el equipo.

Se puede organizar y programar los trabajos por paquetes o actividades. A menudo es conveniente la descomposición de los paquetes en subpaquetes y finalmente en actividades, con el objeto de facilitar el establecimiento de las dependencias, secuencias de los trabajos y duraciones de actividades. De esta manera obtenemos lo que denominamos línea de base del cronograma.

Un paquete es el elemento de trabajo que constituye un entregable o una meta significativa. Una tarea o actividad siempre se sitúa dentro de un paquete o subpaquete y es un elemento de trabajo que consume recursos, tiene una duración limitada y un coste determinado. La subdivisión creada por la WBS nos permitirá controlar los plazos y costes de los elementos terminales (actividades) pero también permitirá obtener fácilmente datos globales de los paquetes.

Una correcta programación demanda un detalle exhaustivo de cada una de las actividades que requiere un proceso constructivo. Para determinar la duración de las actividades es preciso poder analizar y estimar las diferentes variables que la condicionan, como son: el equipo de trabajo asignado, los materiales necesarios, los medios y maquinaria precisos, los tiempos o rendimientos estimados, etc. Esta información se obtiene sobre elementos disgregados del proceso, las denominadas tareas o actividades que forman parte de los paquetes o subpaquetes de la WBS.

A través del programa se concretan las actividades, se secuencian atendiendo a las dependencias de todo índole existentes entre ellas, se estima su duración en función de su cantidad y de los recursos disponibles y se establece la duración total prevista del proyecto. Las actividades programadas son entregables de menor nivel del WBS.

Existirán diferentes niveles de identificación y planificación en función del grado de desagregación del WBS. En la identificación de las actividades e hitos pueden emplearse listas de actividades o plantillas de proyectos similares realizados por la propia organización ejecutante. Estas listas deberán ser revisadas de acuerdo con el proyecto de que se trate, añadiendo o suprimiendo actividades.

Una vez identificadas las actividades que definen el alcance del proyecto (definidas en el WBS) será necesario establecer las relaciones de dependencias existentes entre ellas, ya sean de carácter tecnológico, de disponibilidad y nivelación de recursos, de limitación del espacio, etc. Existen varios métodos para la secuenciación de las actividades y para la determinación de sus duraciones y holguras. Para que sea posible una distribución lógica y coherente de estas actividades previamente deberán haberse asignado los recursos de todo tipo necesarios.

La duración de cada una de ellas estará condicionada por la cantidad de recursos productivos asignados y la cantidad de producción a realizar. Para la fijación de la duración se puede recurrir a diversas alternativas conocidas, como: datos obtenidos del control de métodos y tiempos, opinión de expertos especialistas, información publicada a través de diferentes fuentes, datos estadísticos de otros proyectos parecidos, etc.

En conclusión, el cronograma puede definirse como el conjunto de fechas planificadas para realizar las actividades programadas del proyecto. La definición del cronograma se realiza a partir de la lista de actividades, la relación de dependencia entre ellas y su duración estimada. Éste forma parte de la línea de base, contra la que se medirá el avance en tiempo alcanzado durante la ejecución.

En algunos proyectos pueden existir fechas impuestas externamente que pueden condicionar el diseño del cronograma. Un caso habitual son las obras de promoción pública en las que se obliga por medio del contrato a una fecha de inicio, una duración y una fecha de finalización. Incluso pueden incorporarse fechas intermedias para entregas parciales que en caso de ser incumplidas pueden suponer la aplicación de penalizaciones estipuladas.

Las técnicas y herramientas empleadas para la realización del cronograma pueden ser las siguientes:

- Gráfico de barras: Diagrama Gantt. Para la representación gráfica.
- Sistemas reticulares: PERT-CPM. Para el cálculo de fechas y determinación del camino crítico.
- Sistema precedencias: ROY. Para el cálculo de fechas y determinación del camino crítico.

Como se ha indicado anteriormente, el objetivo central de la programación es anticipar con garantías suficientes cuál va a ser la duración total de la obra. En consecuencia, para que pueda determinarse esta duración total es necesario disgregar la obra en pequeñas partes, denominadas comúnmente actividades, que son los elementos terminales de una estructura ordenada y agrupada por niveles. Esta estructura jerárquica permite disponer del máximo detalle, pero también reduce la información mostrada si se asciende de nivel. Es importante subrayar que la programación exige un nivel de detalle importante, mientras que en el plan de base, que ha de servir de referencia y comparación, se recoge la información de forma reducida para que sea posible llevar a cabo un seguimiento y control posibilitista durante la fase de ejecución.

- **Estimación del presupuesto (presupuesto objetivo)**

Con el fin de definir de forma completa el plan de acción es necesario acotar económicamente el monto que se estima supondrá la operación. En definitiva se trata de conocer y anticipar, antes de la obtención del resultado, el coste de ejecución del proyecto. Este presupuesto es conocido como el presupuesto objetivo puesto que el importe en él recogido fija la cifra que se establece como uno de los objetivos a alcanzar.

Determinar los costes estimados para cada actividad es una labor compleja y muy variable, puesto que dependen de múltiples factores: envergadura de la obra, características del proyecto, experiencia profesional del personal, etc.

La estimación del coste supone la determinación del coste de cada una de los elementos de la WBS. No existe un único método para alcanzar esta estimación. El método a emplear depende de la fase en la que se encuentre el proyecto, de tal manera, que para la fase terminal el nivel de definición permitirá una precisión más alta. alguna de las técnicas empleadas se describe a continuación:

1. Información incompleta o indefinida de la obra

- Estimación por analogía. Técnica de estimación que utiliza los costes reales de proyectos anteriores y similares para estimar los costes del proyecto en curso. Basada en la extracción de información contenida en revistas, manuales, bancos de datos históricos propios, proyectos anteriores, etc. Se caracteriza por ser una técnica poco laboriosa y menos precisa. Las técnicas de predimensionado habituales en este caso son:

- Mediante un coste-precio por metro cuadrado de superficie construida.
- Mediante fórmula polinómica. Este sistema es utilizado por algunos colegios profesionales para establecer el presupuesto de ejecución material que figura en el documento proyecto de ejecución. El importe del presupuesto se obtiene a partir de la aplicación de una fórmula muy simple que parte de la fijación de un precio básico de referencia por metro cuadrado construido, fijado anualmente por los colegios profesionales.

$$Mr = Mb \times Cg \times Ct \times Cq \times Cu$$

$$Pr = \sum (Mr_i \times S_i)$$

$$PEM = 0,80 \geq Pr \leq 1,20$$

Dónde:

Mr = Módulo de referencia

Mb = Módulo básico (€/m²) establecido periódicamente

Cg = Coeficiente corrector en función de la ubicación geográfica

Ct = Coeficiente corrector en función de la tipología de edificación

Cq = Coeficiente corrector en función del nivel medio de equipamientos y acabados

Cu = Coeficiente corrector en función del uso del edificio

Pr = Presupuesto de referencia

S = Superficie en m²

PEM = Presupuesto de ejecución material

- Mediante una distribución del coste-precio total por capítulos o subcapítulos.
- Etc.

Una importante aportación es la que realiza Pina Ruiz (Pina Ruiz, 2014) en su tesis doctoral en la que diseña un modelo de cálculo rápido, eficiente y preciso para la estimación de los costes finales de construcción en las fases preliminares del proyecto arquitectónico (estudios previos, anteproyectos y proyecto básico).

2. Información completa de la obra (proyecto de ejecución)

- Estimación de detalle. Solo podrá realizarse cuando se disponga de la máxima definición del proyecto. Consiste en descomponer, las partes terminales del WBS, las partidas de obra, en recursos necesarios con la consecuente determinación del precio de ejecución material de cada una de ellas. A este importe se agregan los porcentajes correspondiente en concepto de GGE y BI obteniéndose el precio final unitario que multiplicado por la medición o cantidad de a partida permite obtener el importe de ésta. Del sumatorio de los importes de todas las partidas se obtiene el importe final.
- Estimación directa. Asignación directa, a cada partida, del precio final unitario, por estimación realizada por un experto familiarizado en tareas parecidas.

- Estimación indirecta. Método basado en la determinación del coste a partir de la información obtenida de las empresas o especialistas subcontratados. Para que la información disponible sea fiable es necesario solicitar oferta a varias empresas y concretar con todo detalle el alcance de las actuaciones valoradas.

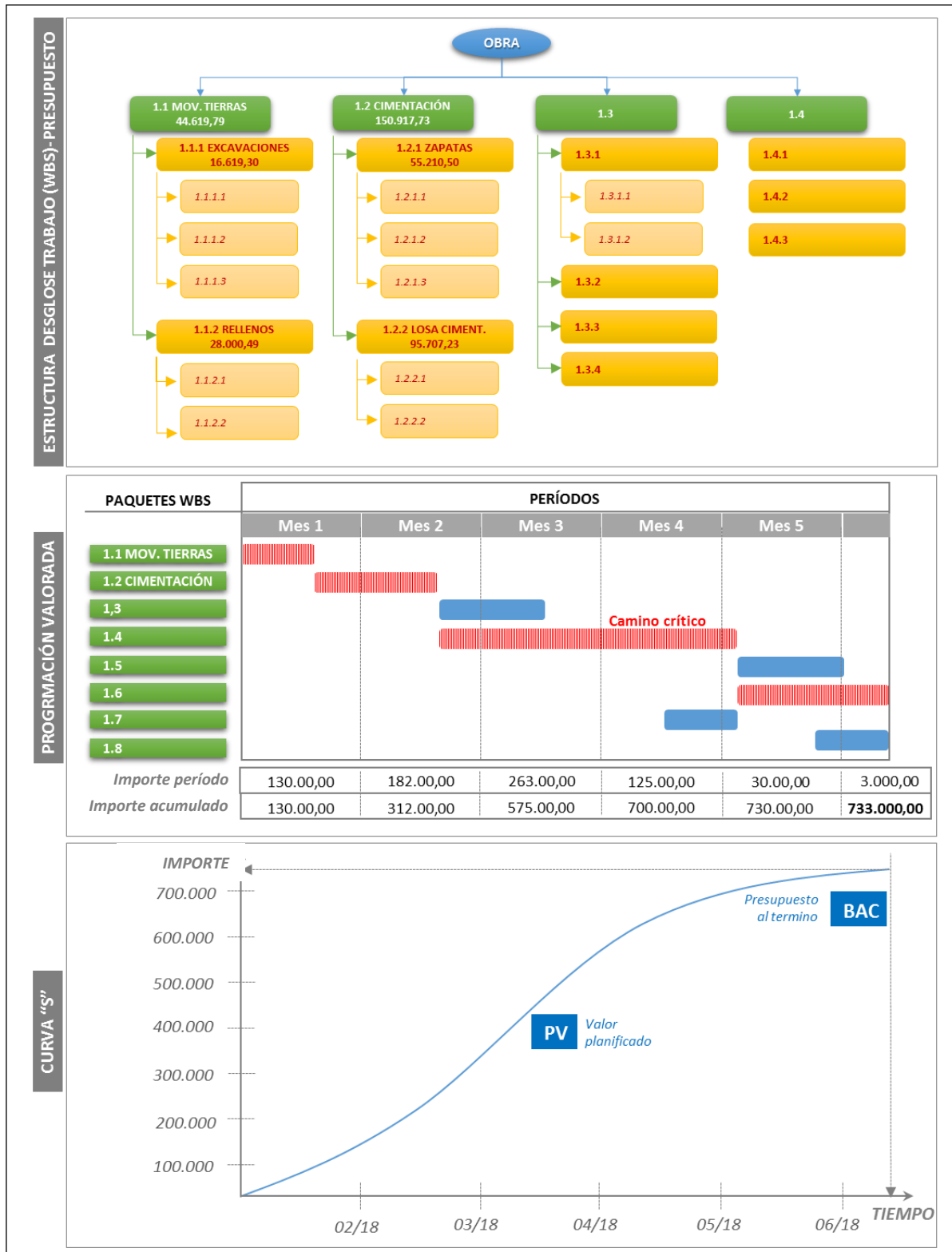
Sea cual sea la técnica o técnicas utilizadas, está claro que antes del comienzo de la fase de ejecución deberá haberse aproximado este importe, que será más o menos acertado, pero que se establecerá como base de referencia para la comparación en la fase de seguimiento y control. Hoy en día se puede consultar bibliografía específica relativa a la concepción de presupuestos y ofertas económicas, entre ellos sobresalen tres autores, Ribera A. (Ribera Roget, 2011), Ramírez de Arellano A. (Ramírez de Arellano, 2010) y Valderrama F. (Valderrama F. , 2010).

La entidad y compromiso del presupuesto que figura en el documento proyecto de ejecución será diferente en función del tipo de promoción, pública o privada. En el caso de una obra de promoción pública este presupuesto es el importe de salida a partir del cual los diferentes candidatos que participen en el proceso de licitación para la adjudicación del contrato de ejecución presentan su oferta. Cuando se trata de una obra privada, aunque se exige un presupuesto detallado²⁶, a menudo tan solo consta un importe total de ejecución material o de ejecución por contrato, que se obtiene a partir de la aplicación de unas fórmulas polinómicas publicadas por los colegios profesionales y que sirven de base para el cálculo de los gastos de intervención en el visado del proyectos y para fijar provisionalmente la base impositiva del impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras (ICIO) que aplica el ayuntamiento para la concesión la licencia de obra. Luego, es fácil adivinar que este importe es lo más ajustado posible para reducir los gastos asociados. En la promoción privada, el presupuesto final que supone llevar a cabo la obra proyectada, lo determina la empresa o empresas que se adjudican la obra a través de su oferta.

Sea cual sea el importe final, el coste total estimado se distribuirá temporalmente según el programa diseñado, obteniendo un plan de obra valorado según el presupuesto establecido como referencia de coste. El presupuesto asignado a cada elemento de la WBS se distribuirá en el tiempo acorde con el plan de referencia temporal correspondiente. Es habitual representar el plan de coste y tiempo agregados y de forma acumulada.

La mayoría de los proyectos tienen un progreso en forma de “S” tal como se muestra en la Figura 5. Esta curva de avance o curva “S” representa gráficamente la distribución de los costes acumulados a lo largo de la duración del proyecto. Mediante esta curva es posible comparar el avance real con el planificado.

²⁶ Las obras de edificación sometidas a la LOE deben disponer de un proyecto de ejecución en el que ha de incorporarse un presupuesto detallado que ha de contener un cuadro de precios agrupado por capítulos y un resumen por capítulos.



b. EJECUCIÓN – SEGUIMIENTO Y CONTROL

Superada la fase de planificación ya se está en condiciones de pasar al siguiente proceso, el de ejecución. Es la fase más extensa y la que mayor atención requiere. Durante su desarrollo el director del proyecto establecerá el procedimiento a seguir para garantizar su correcto seguimiento. Es en este momento cuando se ponen en acción las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos. El director procurará que la obra avance gestionando los diferentes frentes que debe controlar (alcance, calidad, coste, tiempo, etc.).

En esta fase el director del proyecto realiza, entre otros, un seguimiento y control del avance real de la obra, en términos de alcance, coste y tiempo. Este seguimiento y control tiene por objeto recoger información sobre el desarrollo del proyecto, midiendo y comparando dicha información con el plan de acción establecido previamente. A partir de la información obtenida se redactarán los informes de situación, con el fin de comunicar a los responsables máximos del proyecto el estado de avance y las posibles tendencias de evolución futura.

El seguimiento durante la fase de ejecución asegura que solo los cambios apropiados sean introducidos en el proyecto aprobado, que la información sea conocida y comunicada a los afectados y que las acciones correctoras sean tomadas a conciencia por el director del proyecto o los máximos responsables.

Si durante el seguimiento se detectan desviaciones del curso del proyecto en relación al plan de base, será necesario tomar decisiones y si se cree conveniente adoptar las acciones correctoras para reconducir la situación y retomar el rumbo. Para que el control sea eficaz el seguimiento debe evidenciar cuanto antes las posibles desviaciones, para disponer del tiempo suficiente para que se puedan aplicar lo antes posible las medidas correctoras.

En función del tipo de desviación se podrán adoptar pequeñas medidas correctoras o bien, si las consecuencias son inasumibles, tal vez sea pertinente la redefinición de los objetivos y la reprogramación de todos a algunos paquetes de trabajo.

La metodología de seguimiento a adoptar debe ser sencilla y ha de encaminarse a recoger los datos precisos para la evaluación del comportamiento. Una técnica bastante extendida consiste en representar gráficamente el avance real bajo la misma barra planificada.

Iniciada la ejecución de la obra, se fijará un periodo de seguimiento. La fecha de control se denomina fecha de estado, fecha de análisis o “time now”. La periodicidad del control dependerá de la envergadura de la actuación y del tipo de área que se controle, pero también pueden establecerse periodos diferentes en función del paquete en el que se esté trabajando. Es frecuente que el punto de control del área de costes se establezca en el mismo momento que la certificación económica de la obra. En el resto de áreas se fijará la periodicidad del control según se crea conveniente, por ejemplo, si se trata de la seguridad y salud o la calidad, el seguimiento será más intensivo, llegando incluso, en función de la posición, a un control semanal o diario.

Tres son las áreas más importantes a controlar:

- **Control del plazo**

A partir de la información de la planificación se dispone de datos relativos de cada actividad. En concreto el cronograma muestra, para cada actividad, sus relaciones de dependencia con el resto de ellas, la fecha de inicio, la duración y la fecha de fin, e incluso puede facilitar las holguras.

En especial el seguimiento en el punto de control debe prestar atención a los siguientes aspectos:

- Cumplimiento de hitos parciales.
- Actividades críticas y subcríticas (con holgura cero o próxima a este valor).
- Desviaciones detectadas.
- Progreso de las actividades en curso.
- Etc.

A la vista de los resultados obtenidos se podrán adoptar pequeñas medidas correctoras sin incidencias sobre el resto de restricciones (coste, alcance y calidad). Por ejemplo:

- Cambio de duraciones (redistribuyendo los recursos asignados)
- Revisión de prelación

En caso que la decisión suponga una alteración en el coste, alcance o calidad, deberá comunicarse esta incidencia a los máximos responsable para que adopten las medidas adecuadas.

Los puntos de control se situarán en función del tipo de proyecto y deberán ser los suficientes para garantizar un adecuado seguimiento del desarrollo de la obra a fin de que sea posible disponer de tiempo suficiente de reacción en el caso que se produzcan alteraciones sobre el plan previsto. La periodicidad del control de plazos y coste puede ser la misma, pero con frecuencia el control de tiempo se intensifica dado que de su lectura se extrae mucha información que trasciende a otros niveles.

- **Control del coste**

Uno de los retos de un buen sistema de control de costes es poder determinar cuánto se está desviando la realidad sobre lo previsto, lo antes posible.

En paralelo al control del tiempo se llevará a cabo el control económico del avance del proyecto. Se compararán los costes reales en los que se ha incurrido o se prevé incurrir con los costes estimados para la fecha de control.

De la planificación inicial y del seguimiento en la fase de ejecución debería extraerse información de qué importe estaba previsto ejecutar, cuál ha sido el importe realmente acreditado hasta la fecha de control y qué importe queda pendiente de acreditar.

En cuanto a los datos de seguimiento que deben aportarse para el control del coste de obra dependerán de la posición en la que el responsable esté ubicado. Si quien lleva el control es la empresa constructora, será el responsable de costes, quien recogerá y registrará los datos o valores oportunos, fundamentalmente en relación a:

- La producción de obra realmente ejecutada, como fuente de ingresos diferenciando en ella la obra ejecutada bajo contrato, de la obra ejecutada sin contrato o la realizada para terceros. Especial atención debe practicarse sobre la producción de obra sin terminar que no origina certificación. En este apartado deberá poderse distinguir los costes soportados e imputables a la producción de obra en relación a la obra ejecutada con medios propios (mano de obra, materiales, maquinaria y medios auxiliares), de la obra subcontratada.
- Imputación y periodificación, si procede, de costes indirectos y de gastos generales de empresa.
- Plan de costes previstos sobre la producción de obra ejecutada, a nivel de costes directos e indirectos de obra.
- Cantidad de obra certificada.

En el caso que se trate de los intereses del promotor, el director del proyecto, verificará la producción de obra ejecutada y aceptada y emitirá la relación valorada y la certificación de la obra.

La periodicidad del control económico suele coincidir con la periodicidad de la emisión de las certificaciones. Aunque se haya establecido este periodo, habitualmente mensual, en el caso que durante el seguimiento temporal se detecten incidencias que provoquen variaciones en cuanto al alcance, a la calidad o a la cantidad producida, deberán atenderse estas circunstancias con el objeto de controlar la situación y tomar las decisiones oportunas acorde con los objetivos marcados inicialmente.

- **Control del alcance**

El seguimiento del alcance se refiere básicamente a la detección de cambios, supresiones o adiciones en relación a lo definido.

Para su adecuada gestión es necesario establecer un protocolo de actuación para cuando se detecte una incidencia que acabe convirtiéndose en un cambio. Éste debe incluir aspectos como la identificación, impacto, documentación, revisión, aprobación, etc. Habitualmente los cambios introducidos en el proyecto acaban traducándose en sobrecostes e incrementos de plazos.

Sin duda durante la ejecución de la obra podrán ocurrir hechos totalmente ajenos que no podrán imputarse a una deficiente planificación. Por ejemplo, indefinición o errores de proyecto, hechos imprevisibles, cambios impuestos desde la propiedad, etc. En estos casos, si la afectación es importante, no habrá más remedio que reiniciar el proceso planificando lo que realmente ha de llevarse a cabo.

2.1.2.4 LAS TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS

a. TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

- **Diagrama de Gantt (1917)**

Desarrollado por Henry Laurence Gantt a inicios del siglo XX es una herramienta para programar tareas a lo largo de un periodo determinado (OBS, 2017). Este diagrama todavía se utiliza en la actualidad y constituye una técnica esencial para la determinación de la previsión del desarrollo temporal de las actividades a lo largo de la duración estimada del proyecto. En él se muestran las actividades a realizar, la interdependencia que existe entre ellas y su programación en el tiempo del proyecto.

Su gran éxito es su sencillez, facilidad de uso y su gran aporte de información. Se trata de un gráfico de barras horizontales que representan las actividades ordenadas y secuenciadas según sus dependencias y dimensionadas según su duración estimada (Figura 6). De esta manera se dispone de una información gráfica fácil y de cómoda visualización que permite conocer qué tareas o actividades deberán llevarse a cabo, en cuánto tiempo está prevista su ejecución y cuáles son las relaciones entre ellas, además de obtener un calendario general del proyecto. Mediante esta representación se establece una de las dimensiones del plan de línea de base que ha de permitir el seguimiento y control del progreso durante la fase de ejecución.

Los pasos a seguir para su representación son los que se enumeran a continuación:

1. Concreción de la lista de actividades que deberán llevarse a cabo para materializar la obra diseñada y definida en el proyecto. Esta relación de actividades queda definida en la WBS del proyecto.
2. Determinación de la duración de cada tarea en función de las cantidades a producir, los recursos disponibles y de las limitaciones o restricciones establecidas.
3. Secuenciación en la sucesión de las tareas definidas en atención a la coherencia del propio proceso constructivo y a la disponibilidad de los recursos establecida.
4. Representación sobre un eje de coordenadas de las actividades a través de barras horizontales, dimensionadas según su duración estimada y ubicadas según las dependencias establecidas. En el eje vertical se ubican las tareas a realizar desde el inicio hasta el fin del proyecto, mientras que en el horizontal se sitúan los tiempos. En función del tipo de proyecto, su duración y su nivel de detalle, los valores temporales se podrán dimensionar por días, semanas, meses, etc.

La interacción entre esta técnica y las herramientas de red o de precedencias, como CPM, PERT o ROY, permiten introducir holguras en la representación gráfica de las tareas dotando al sistema de información más detallada. Las actividades o tareas con holgura cero son las denominadas actividades críticas y son las que determinan la duración del proyecto. En la representación del gráfico el camino crítico se destaca a fin de subrayar la necesidad de un mayor control sobre las tareas en él contenidas, puesto que el retraso en la duración de tan solo una de ellas supondrá un incremento de la duración total.

Una vez inicia la obra se pueden utilizar diferentes formas de representación para mostrar el grado de avance en la ejecución de cada tarea sobre el rectángulo que representa la actividad planificada y fijada como línea de base de referencia (Figura 7). Por lo tanto, esta técnica de programación es también una herramienta útil de gran utilidad durante el proceso de seguimiento y control en la fase de construcción.

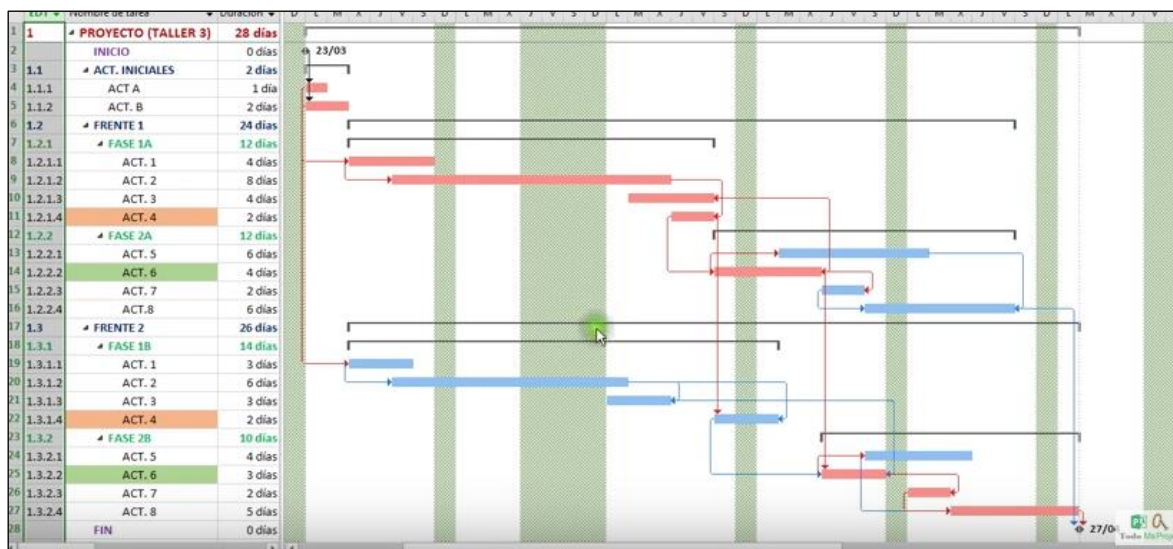


Figura 6 - Gantt de planificación y programación. Fuente: autora tesis doctoral

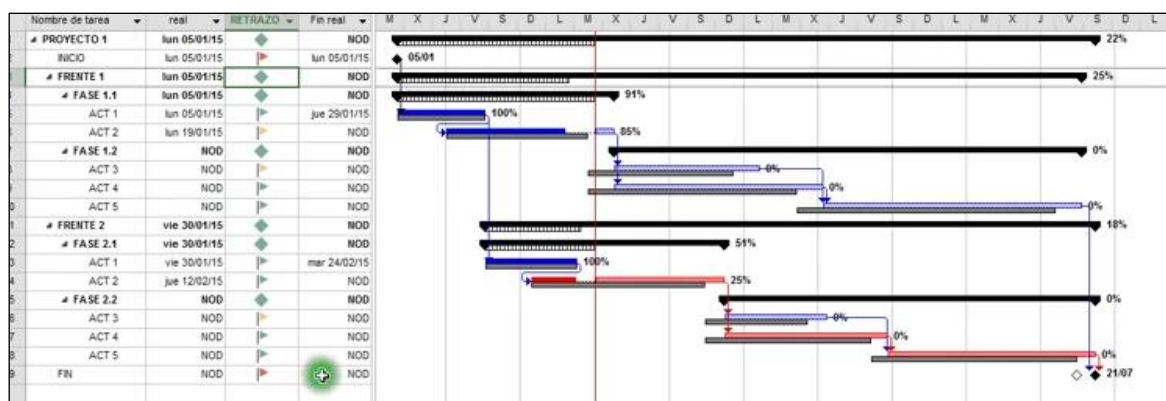


Figura 7 - Gantt de seguimiento y control. Fuente: autora tesis doctoral

El diagrama de Gantt continúa utilizándose gracias a su facilidad de adaptación a todo tipo de proyectos y a su rapidez de elaboración e interpretación visual. Actualmente, este diagrama se ha convertido en una herramienta de control habitual, implementada en programas informáticos de uso ampliamente extendido (Microsoft Project o Primavera, entre otros).

Para la gestión de proyectos el Diagrama de Gantt se consolida como un método muy eficaz para la representación del cronograma en la fase de planificación y para la monitorización del progreso durante el desarrollo de la fase de seguimiento y control.

- **Red de flecha - Método de la ruta crítica o “Critical Path Method” -CPM- (1957)**

Según Kelley el CPM es “un método utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos” (Kelley, 1959). Fue desarrollado en 1957 en los Estados Unidos de América, por un centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costes mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto.

El método CPM permite determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de ellas tiene una duración estimada cierta.

La ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de finalización planeada del proyecto. Un proyecto puede tener más de una ruta crítica.

Para la representación de la red se debe proceder tal como se indica a continuación:

1. Identificar las actividades a desarrollar.
2. Determinar la duración cierta de cada actividad.
3. Establecer las relaciones de dependencia entre las diferentes actividades.
4. Representar la red CPM. En el dibujo de la malla se pueden distinguir los nodos y las flechas. Los nodos representan instantes en el tiempo, específicamente el instante de inicio de una o varias actividades y simultáneamente el instante de fin de otras varias actividades. Las flechas, por su parte, representan las actividades, tienen un nodo de inicio y otro de fin donde llega en punta de flecha. Asociada a cada flecha está la duración estimada de cada actividad.
5. Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (ruta crítica).
6. Calcular la duración total del proyecto, los tiempos de inicio y fin de cada actividad y determinar las holguras de las actividades no críticas.

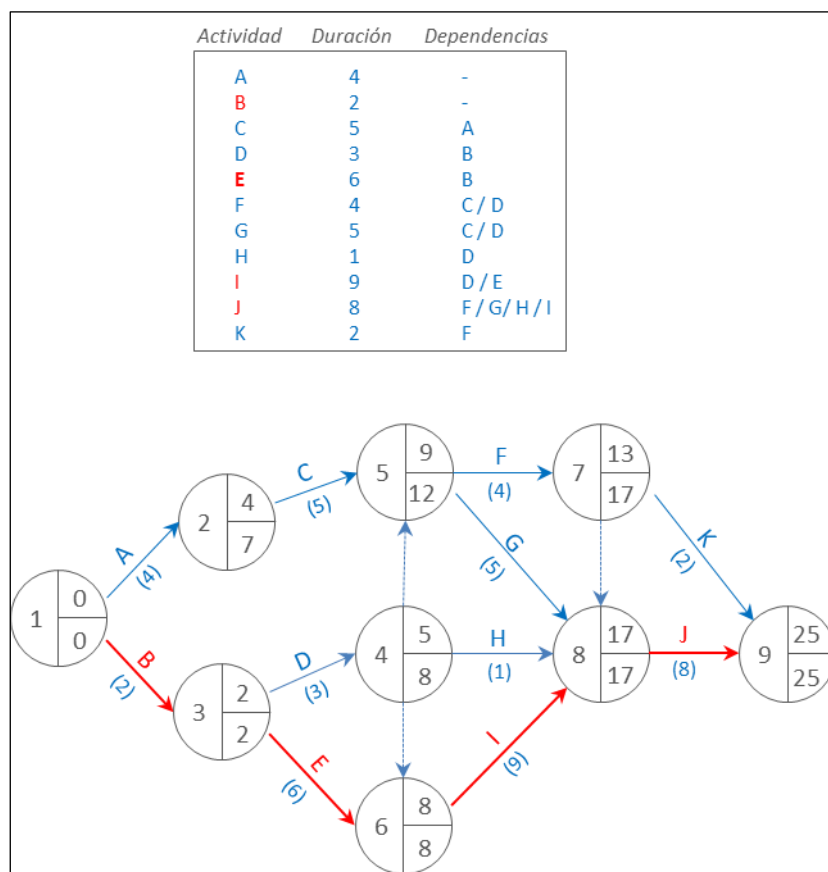


Figura 8 - Representación de una red CPM. Fuente: autora tesis doctoral

En la Figura 8 se representa gráficamente un ejemplo de red CPM, en el que pueden apreciarse las actividades, sus dependencias, su duración, sus fechas de inicio y fin más próximo y más alejado, el camino crítico y la duración total prevista.

Con los datos obtenidos en los cálculos de la red CPM, de fechas de inicio, fin y holguras de cada actividad, se puede afinar la representación del diagrama Gantt, grafiando las barras de manera que se muestre de forma diferente la parte de duración fija y la holgura permitida.

A diferencia de otras técnicas, el CPM trabaja con duraciones ciertas, es decir, que no existe incertidumbre.

- **Red de flecha - Método “Program Evaluation and Review Technique” –PERT- (1958)**

En el año 1958 la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada del Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrollo el PERT como parte del proyecto Polaris de misil balístico móvil lanzado desde submarino durante la Guerra Fría.

El CPM y el PERT son dos técnicas de programación muy parecidas, siendo idénticas en cuanto al concepto y metodología de representación. La diferencia principal entre ellos es el método por el cual se realizan las estimaciones de tiempo para las actividades del proyecto. En el CPM los tiempos de las actividades son determinados, mientras que en el PERT éstos son probabilísticos.

El diseño de una red PERT es similar al de una red CPM: se establecen las actividades que componen el proyecto, la duración de cada una y el orden de precedencia entre ellas.

En PERT se estima que la duración esperada de una actividad es una variable aleatoria de distribución de probabilidad Beta Unimodal. Este tipo de distribución se emplea para modelar eventos cuya duración está restringida a un intervalo definido mediante unos valores mínimo y máximo. En este caso se emplea una aproximación para el cálculo de su medida y desviación estándar. En el caso de la medida tenemos:

- T_a = es el tiempo optimista. El menor tiempo que puede durar la actividad.
- T_m = es el tiempo más probable de duración de la actividad. Éste se correspondería con el tiempo empleado en el CPM.
- T_b = es el tiempo pesimista. El mayor tiempo que puede durar una actividad incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retraso en la disponibilidad de los materiales y otros factores.
- T_e = es el tiempo esperado para una actividad, obtenido como media aritmética a partir de los anteriores a través de la siguiente expresión:

$$T_e = (T_a + 4 T_m + T_b) / 6$$

La varianza está dada por:

$$\sigma^2 = \left[\frac{(T_b - T_a)}{6} \right]^2$$

La desviación estándar:

$$\sigma = \frac{(T_b - T_a)}{6}$$

- **Red de precedencias - Método "ROY" (1960)**

En el año 1960 el matemático Bernard Roy desarrolla en Francia el método denominando ROY que, aunque parecido a las técnicas CPM-PERT, se diferencia de éstos en los criterios para la construcción del grafo (los vértices representan las actividades y las flechas el orden de ejecución).

Se trata de una técnica de planificación basada, al igual que el CPM y PERT, en redes. En su representación gráfica los nodos siempre son rectángulos o cuadrados y no circunferencias como pasa en el CPM-PERT.

Una de las ventajas que presenta este método frente al método PERT-CPM es el hecho que permite la utilización de nuevos tipos de relaciones, al tiempo que no emplea actividades ficticias facilitando la construcción e interpretación del grafo.

La Figura 9 muestra la representación de la red utilizando ROY. Se observa que para la correcta construcción de la red ROY no es necesario recurrir a las llamadas actividades ficticias tan necesarias en las representaciones del CPM-PERT.

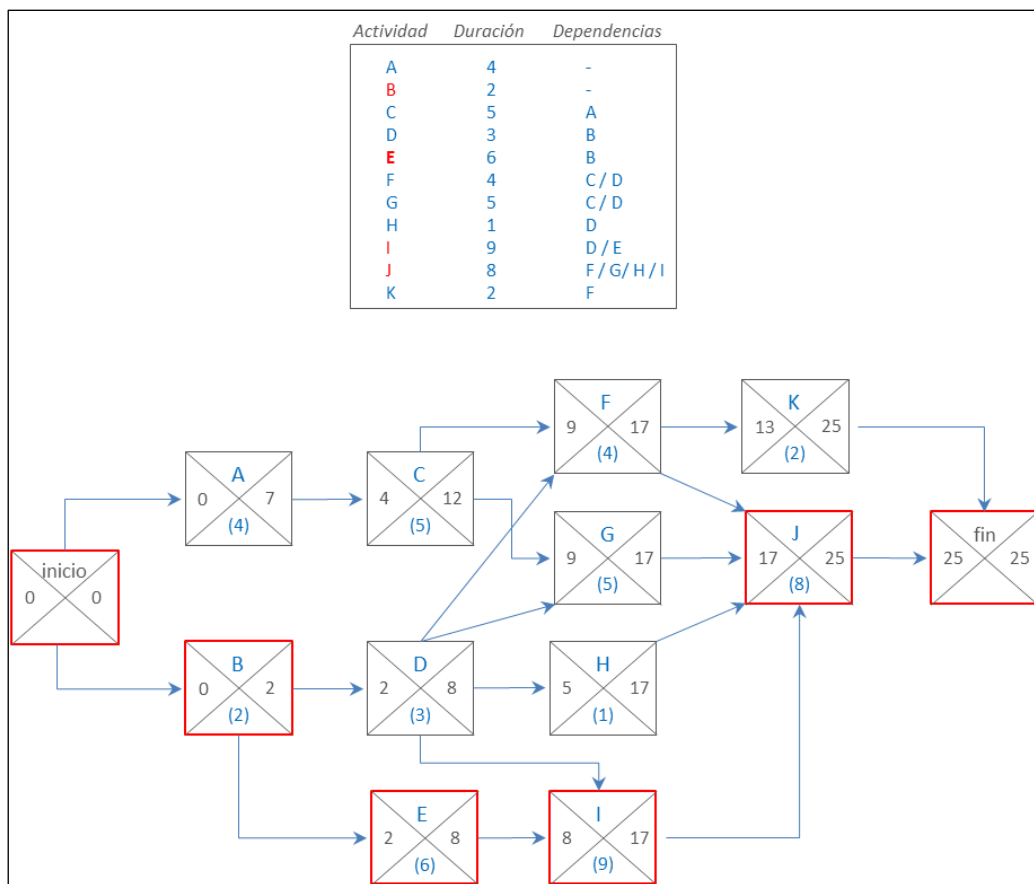


Figura 9 - Representación método ROY. Fuente: autora tesis doctoral

- **Work Breakdown Structure – WBS (1962)**

La EDT o WBS fue creada como parte del proyecto Polaris de misil balístico móvil lanzado desde submarino. Después de realizar el proyecto, el Departamento de Defensa publicó la Estructura de Desglose de Trabajo, ordenando que este procedimiento fuera seguido en futuros proyectos de este alcance y tamaño. La WBS es una estructura exhaustiva representada por un árbol jerárquico de entregables y tareas que se necesitan llevar a cabo para poder completar el proyecto. Más tarde adoptada por el sector privado, la WBS se mantiene como una de las herramientas más comunes y efectivas dentro de la administración de proyectos.

El WBS es una técnica de gestión de proyectos cuyo objetivo es organizar y definir el alcance del proyecto. Se construye de lo general o la particular, de manera de cada nivel consecutivo descompone el anterior. Los primeros niveles de la estructura representan uno o más productos entregables, los siguientes, denominados paquetes de trabajo, ordenan los trabajos hasta el nivel terminal donde se sitúan las tareas o actividades. La subdivisión de los trabajos hasta la concreción de las tareas, se extiende de tal manera, hasta que sea posible definir con claridad las variables de tiempo y coste.

Según el PMBOK (PMI, PMBOK, 5ª edición, 2014), la WBS es “una descomposición jerárquica, orientada a producto entregable del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos de éste y crear los productos entregables requeridos”.

En el ámbito de la construcción y en concreto en el área de presupuestación, la WBS, es una práctica habitual. Los proyectos se descomponen en capítulos y subcapítulos y éstos en partidas de obra. Existen plantillas tipo que facilitan el planteamiento de la WBS. Por ejemplo, en un proyecto de construcción de viviendas, se puede utilizar la plantilla “Grupos de coste DIN 276” (esta plantilla está contenida en el programa PRESTO) (RIB-Spain, Estructura de Desglose del Trabajo EDT, 2016) que corresponde a la norma europea de clasificación Code of Measurement for Cost Planning, desarrollada por el Council of European Construction Economists, compatible con la norma alemana DIN 276. Los capítulos iniciales establecidos en esta plantilla son los que se muestran en la Figura 10 y Figura 11.

COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN HONORARIOS Y COSTES AUXILIARES COSTES DE OPERACIÓN SOLAR Y FINANCIEROS

Figura 10 - Primer nivel desgloses de la EDT de la plantilla DIN 276. Fuente: programa Presto de RIB Spain

DIN 276 COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN <i>Preliminares (indirectos)</i> <i>Infraestructura</i> <i>Estructura externa/envolvente</i> <i>Estructura interna</i> <i>Acabados interiores</i> <i>Instalaciones</i> <i>Equipamiento específico</i> <i>Mobiliario y accesorios</i> <i>Urbanización y trabajos en el exterior</i> <i>Contingencias de construcción</i> <i>Impuestos sobre la construcción</i>
--

Figura 11 - Segundo nivel estructura de desglose de la EDT de la plantilla DIN 276 del entregable “Coste de la Edificación”. Fuente: Programa Presto de RIB Spain

Cabe observar que en los proyectos de construcción una práctica recomendable es definir los paquetes de trabajos por grupos de costes según el plan de contratación y subcontratación (RIB, 2016) que se prevea. De esta manera cada capítulo es un contrato y sus partidas serán ejecutadas por una la misma empresa. Por lo tanto, una cosa es el presupuesto del proyecto redactado por el proyectista y otra la WBS que se definirá en la fase de planificación y que presentará una organización de las actividades a desarrollar agrupadas según el criterio previamente establecido.

Con este criterio, la comparación entre los diferentes estadios de coste es inmediata. En un contrato de obra privada, lo habitual es disponer, como mínimo de 3 presupuestos:

- El presupuesto de proyecto (redactado por el proyectista)
- El presupuesto de oferta adjudicado y contratado (redactado por la empresa o empresas contratistas, subcontratistas y/o industriales)
- El presupuesto definitivo (el coste final real)

b. TÉCNICAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL ECONÓMICO Y TEMPORAL

Una vez definida y completada la fase de planificación del proyecto e iniciada su ejecución da comienzo el proceso de seguimiento y control. A continuación se describen algunas de las técnicas más utilizadas para el desarrollo de este proceso desde la perspectiva de la gestión para el promotor.

- **Diagrama de Gantt (1917)**

Como ya se ha expuesto someramente en el punto específico de técnicas de planificación y programación el diagrama de Gantt es una herramienta de gran utilidad para la gestión de proyecto puesto que en él se representa de una forma clara y concisa la programación de la obra y al mismo tiempo permite la incorporación, en comparación sobre el plan de base, del avance real experimentado durante la fase de ejecución de la obra. Por lo tanto, es sin duda, una técnica de gran utilidad para mostrar de forma gráfica los datos obtenidos durante el seguimiento temporal y ponerlos en comparación con el camino trazado inicialmente como objetivo a fin de poner de manifiesto las desviaciones producidas.

- **Técnica básica de seguimiento y control de costes a través de las certificaciones de obra**

No existe ninguna regulación que obligue a los directores y directores de ejecución material de la obra a llevar a cabo un seguimiento y control activo del progreso de la obra durante su ejecución. En el ámbito privado la única referencia normativa se encuentra en la Ley de Ordenación de la Edificación, donde se asigna al DO y al DEO la obligación de elaborar, conformar y subscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas. Así pues, está claro que es responsabilidad de la DF la emisión de las certificaciones de todo tipo.

La normativa que regula la contratación en el sector público se limita a exigir la emisión de las certificaciones por parte de la DF, y en ningún caso, establece la necesidad de realizar un seguimiento activo del comportamiento real del coste y de los plazos (Valderrama & Guadalupe).

Esta técnica, basada en la emisión de certificaciones durante la fase de ejecución, es solo de seguimiento puesto que se limita a la simple recogida de datos en el momento en que se precisa su emisión. Únicamente, cuando se detecta una variación o alteración con relación a lo previsto, y en función de su naturaleza, se procede según corresponda en cada caso en atención a los límites regulados en el marco legal vigente. Más adelante, en un apartado específico, se plantean las posibles variaciones permitidas y el proceso a seguir para su aprobación e incorporación a la certificación correspondiente.

La certificación es el documento que acredita el derecho a cobrar una determinada cantidad de obra, por lo tanto, en realidad, en el ámbito de contratación pública, debería hablarse del control de las relaciones valoradas y no de las certificaciones, ya que es éste el documento que detalla y especifica las cantidades producidas y aceptadas por la dirección facultativa de la obra y, valora el importe de la obra ejecutada de acuerdo con el presupuesto del proyecto y el presupuesto adjudicado.

Fundamentalmente, coexisten dos grandes modelos de control y seguimiento de costes en la obra pública dirigidos a la Administración contratante; los basados en el propio documento de emisión de la relación valorada de la obra ejecutada y el aportado por programas informáticos de presupuestación y emisión de certificaciones y su seguimiento. En el primer caso, las estructuras de los modelos acostumbra a representar la información detallada y resumida de la producción aceptada a origen, tal como se observa en la Figura 12 y Figura 13.

RELACIÓN VALORADA A ORIGEN				
<i>Referencia de la obra:</i>				
<i>Relación valorada a origen número:</i>				
<i>Fecha:</i>				Pag. 1 de _
		EJECUTADO		
<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio/ud</i>	<i>Importe</i>
C01 ESTRUCTURA DE HORMIGÓN				
PO110	m ²			
PO120	m ³			
PO130	m ²			
PO110	Kg			

Figura 12 - Esquema de la estructura de la relación valorada de obra con detalle de partidas que figuran en el proyecto y de las ejecutadas. Fuente: autora tesis doctoral

RESUMEN RELACIÓN VALORADA A ORIGEN		
<i>Referencia de la obra:</i>		
<i>Relación valorada a origen número:</i>		
<i>Fecha:</i>		Pag. 1 de _
Código	Descripción	Importe ejecutado
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
C02	CIMENTACIÓN	
C03	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	
C04	ESTRUCTURA METÁLICA	
Cn	GESTIÓN DE RESIUDOS	
Presupuesto de ejecución material (PEM)		<input type="text"/>
Gastos generales de empresa (GGE) 13 %		
Benefició industrial (BI) 6 %		
Presupuesto de ejecución por contrato (PEC)		<input type="text"/> (-)
Coeficiente de adjudicación (Cadj)		
PEC después de la baja		<input type="text"/>
A deducir certificación anterior nº _		<input type="text"/> (-)
Certificación sin IVA		<input type="text"/>
_ % IVA		
Líquido certificación nº _		<input type="text"/>

Figura 13 - Esquema de la estructura de la relación valorada de obra de resumen, de los importes de los capítulos del proyecto y de las ejecutadas hasta este momento.
Fuente: autora tesis doctoral

El proceso de control, mediante esta técnica, consiste fundamentalmente en comparar los importes de proyecto con los importes ejecutados a precios de proyecto, sin la baja de adjudicación.

En el segundo caso, los modelos propuestos por los programas informáticos de más difusión en Catalunya (TCQ2000, Presto y Arquímedes) siguen básicamente la misma estructura, si bien en ocasiones amplían la información económica indicando también: el importe de la producción del último periodo, el importe de producción pendiente de ejecutar a la finalización de la obra, la desviación actual y, en ocasiones, incluso la estimación de la desviación final, aunque en este último caso no se explica qué método se utiliza para establecer la finalización de la obra tal como se puede apreciar en las capturas de pantalla de las Figura 14, Figura 15 y Figura 16. Muchos de estos programas permiten la exportación de datos a hojas de cálculo para facilitar una presentación clara y ordenada de los resultados y su integración en los informes periódicos y en la elaboración de cuadros de mando.

tcq-seguimineto-economico

Seguimiento: 001 - PROYECTO EJECUTIVO

Certif N°: 2 Fecha: 30/11/14 Inicio: 01/11/14 Cierre: 30/11/14 Estado: ABIERTO Tipo: Origen

Obra	Código	Presupuesto	Cert. mensual	Cert. "A origen"	Desv. actual	Desv. final	Estimación final
CAPITOL	01	1.578.819,70	12.299,55	155.550,97	4.840,00	6.509,59	1.585.329,29
NIVELL 3	01	381.794,61	12.299,55	155.550,97	4.840,00	6.509,59	388.304,20
NIVELL 4	02	115.708,45	12.299,55	105.381,69	4.840,00	6.509,59	122.218,04
NIVELL 4	03	24.998,21	12.299,55	24.798,66	4.840,00	6.509,59	31.507,80

00 00

- 01 ESTRUCTURAS
 - 01 CIMENTACION
 - 02 MUROS PANTALLA
 - 01 PERFORACIÓN Y HORMIGONADO DE PANTALLAS
 - 02 ARMADURAS PARA PANTALLAS
 - 03 ELEMENTOS AUXILIARES PARA PANTALLAS
 - 04 VIGA DE CORONACION

Nº	Código	U.M.	Descripción	Precio	Medic. pres.	Importe pres.	Medic. cert. "mensual"	Medic. cert "A origen"	Importe cert. "mensual"	Importe C origen
1	E3GZ1000	u	Desplazamiento,	4.840,00	1,000	4.840,00	1,500	2,000	7.260,00	
2	E3GZA400	m	Derribo de	37,18	77,000	2.862,86	19,250	57,750	715,72	
3	E3GZKGDB	m	Doble murete	147,55	77,000	11.361,35	19,250	57,750	2.840,34	
4	E3GZB500	M2	Repicado,	4,83	300,000	1.449,00	75,000	225,000	362,25	
5	E3GZC550	UD	Suministro y	1.495,00	3,000	4.485,00	0,750	2,250	1.121,25	
6										

Detalle seguimiento económico

Figura 14 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico con el programa TCQ2000. Fuente: programa para proyectos y obras de construcción TCQ2000 de ITEC

LEAR Presto[1]- C:\Users\usuar\Desktop\1. document de treball\LEAR.PrestoObra - Pressupost

FIXER EDICIÓN VEURE ASSISTENTS REFERÈNCIES EINES PROCESSOS COMPLEMENTOS CÁLCULS INFORMES FINESTRA AJUDA

Pressupost x Entitats

Certificació 1

LEAR:01 > <ENDERROCS>
> FONAMENTS I MUROS DE CONTENCIÓ

Código	Na...	Resumen	CanPres	CanCertAct	CanCert Ud	Cert	ImpPres	ImpCertAct	ImpCert	PorCertPres
1.E.2		MOVIMIENTOS DE TERRES			1	66.480,41	65.171,40	50.005,31	66.480,41	102,01
1	E2212422	Excavació rebaix terreny compact.m.mec,c	1.653,840	0	1.869,840 m3	3,07	5.292,29	0	5.983,49	113,06
2	E225AH70	Estesa grava drenatge.g<=25cm	34,350	0	51,526 m3	45,03	1.608,61	0	2.412,96	150,00
3	E225177F	Terraplenat+picon.mec.terres adeq.g<=2	98,242	0	98,242 m3	5,80	592,40	0	592,40	100,00
4	E2R35065	Transp.terres instal.gestió residus camió 12	1.690,582	92,982	1.906,582 m3	2,31	4.057,40	223,16	4.575,80	112,78
5	E2221211	Excavació rasa/pou h<=1,5m,terr.fluix,m.m	87,360	37,440	87,360 m3	47,79	4.341,79	1.860,77	4.341,79	100,00

Fases

Certificació

Fecha	CanCert	OrCanCert	PorCertPres	Cert	OrCert	Nota
	87,360		100,00	4.341,79		
1 31-Mai-13	49,920	49,920	57,14	2.481,02	2.481,02	
2 30-Jun-13	37,440	87,360	42,86	1.860,77	4.341,79	
3 31-Jul-13						


Amidaments 1.E.2/E2221211 m3 Excavació rasa/pou h<=1,5m,terr.fluix,m.man,càrr.man.

Miniatures Espais Text Amidaments

Pressupost i certificació

Espacio Actividad...	Estado Pressupost	Plar Zc	FaseC...	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fór	Cantidad	CanPres	Pres	CanCert	Perímetro	Superficie	Volumen	Not
1 Actividad...	Pressupoc		1	Enceps	20	0,600	2,600	1,600		49,920							
2 Actividad...	Pressupoc		2		15	0,600	2,600	1,600		37,440	87,360						

Figura 15 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain



Código	Ud	Resum	CantVenta	CantCertOrig	CantCertParc	PrecioVenta	ImpVenta	PrecioCert	ImpTotalCert	ImpCertOrig	ImpCertParc	%Cert
UNI_MED_...			1,000			161.270,14	161.270,14	175.295,24	175.295,24	15.776,55	537,45	9,00
A		Acondicioni	1,000			2.201,65	2.201,65	2.277,51	2.277,51	751,93	537,45	33,02
AD		Movimier	1,000			1.205,13	1.205,13	1.205,13	1.205,13	537,45	537,45	44,60
ADL005	m²	Desbrc	87,500	46,230	46,230	0,93	81,38	0,93	81,38	42,99	42,99	52,83
ADE010	m²	Excava	20,989	18,000	18,000	27,47	576,57	27,47	576,57	494,46	494,46	85,76
ADE010b	m²	Excava	21,491			25,46	547,16	25,46	547,16			
ADT010	m²	Transp	0,020			0,93	0,02	0,93	0,02			
AS		Red de s	1,000			996,52	996,52	1.072,38	1.072,38	214,48		20,00
ASA010	Ud	Arquetz	1,000			200,48	200,48	200,48	200,48	45,18		22,54

Fig. 2.9

Figura 16 - Captura de pantalla de seguimiento y control económico del programa ARQUÍMEDES. Fuente: programa Arquímedes de CYPE Ingenieros

En cuanto al seguimiento del plazo, es habitual realizarlo directamente sobre la observación general del programa mensual de desarrollo de los trabajos de carácter indicativo (Figura 17), que se acompaña al proyecto base de licitación o, en el mejor de los supuestos, sobre la planificación que ha elaborado y presentado la empresa adjudicataria de la obra si así se establecida en el PCAP o el contrato.

Pese a que, el presupuesto objetivo puede haberse planificado económicamente en previsión de conocer, por parte del promotor, los importes a abonar en cada periodo de certificación, la comparación entre el presupuesto periodificado y la certificación en cada período pondrá de manifiesto las desviaciones producidas, basándose en hechos consumados, es por tanto un simple registro de lo sucedido. En este caso, las medidas a adoptar para subsanar las desviaciones económicas tan solo serán efectivas sobre la parte de obra pendiente de realización (Figura 18) y ello conllevará un replanteo del plan de base trazado, ya sea rebajando la calidad o reduciendo el alcance.

PLANIFICACIÓN. Importes								
Obra con certificación en fase 9								
CÓDIGO	RESUMEN	UD.	may 12	jun 12	jul 12	ago 12	sep 12	oct 12
E05AW040	m Anular de 60 mm en remate			1.805,76				
	Anular de 60 mm. con acero laminado S275 en caliente, en remate y/o arranque de fábrica de ladrillo, i/p.p. de sujeción, nivelación, aplomado, pintura de minio electrolítico y pintura de esmalte (dos manos), empalmes por soldadura, cortes y taladros, colocado. Según normas NTE y CTE-DB-SE-A.							
E05HFA020	m2 Forjado de vigueta autorresistente 20+5 cm, 60 cm entre ejes		46.333,03	71.563,51	71.563,51	47.709,00		
	Forjado 20+5 cm. formado a base de viquetas de hormigón pretensadas autorresistentes, separadas 60 cm. entre ejes, bovedilla cerámica de 50x25x20 cm. y capa de compresión de 5 cm., de hormigón HA-25/P/20/I, de central, i/armadura (1,80 kg/m ²), terminado. (Carga total 600 kg/m ²). Según normas NTE, EHE-08 y CTE-SE-AE.							
E05HFA00_01	m2 Formación de hueco en forjado con zuncho perimetral de alado			4.195,80	3.402,00	4.536,00	378,00	
E05HLA030	m3 Hormigón armado HA-25/P/20, encofrado en losas inclinadas de madera, 85 kg/m ³			2.425,28				
	Hormigón armado HA-25 N/mm ² , Tmáx.20 mm., consistencia plástica, elaborado en central, en losas inclinadas, i/p.p. de armadura (85 kg/m ³) y encofrado de madera, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-EME, EHL y EHE-08.							
E05HSA010	m3 Hormigón armado HA-25/P/20/I, en pilares, encofrado metálico, 80 kg/m ³			41.633,23				

Figura 17 - Listado de planificación económica con el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

COMPARATIVO PRESUPUESTO - CERTIFICACIÓN									
Obra con certificación en fase 9									
CÓDIGO	RESUMEN	PRECIO		CANTIDAD			IMPORTE		
		PRES		PRES	CERT	DIF	PRES	CERT	DIF %
E04	CIMENTACIONES								
E04CM040	m3 Hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, vertido manual	76,61		34,55	55,22	20,67	2.646,88	4.230,40	1.583,52 159,83
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, Tmáx.20 mm., para ambiente normal, elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación. Según NTE-CSZ,EHE-08 y CTE-SE-C.								
E04CA060	m3 Hormigón armado HA-25/P/40/IIa, en zapatas, vertido con grúa	151,44		220,91	220,91	0,00	33.454,61	33.454,61	0,00 100,00
	Hormigón armado HA-25 N/mm ² , Tmáx.40 mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m ³), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSZ , EHE-08 y CTE-SE-C.								

Figura 18 - Listado comparativo entre presupuesto y certificación con el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

- **El Método del Valor Ganado – EVM (1989)**

El Método del Valor Ganado (EVM) es una herramienta que proporciona a los gestores de los proyectos la visión conjunta de las características tanto técnicas como de planificación y de coste, así como la capacidad de mitigar los riesgos asociados a cualquier proyecto, anticipándose a ellos gracias a la información que el método proporciona (Hayes, 2001).

La Fuerza Área de los EE.UU. (USAF-US Air Force) realizó la primera y real implementación de un sistema de gestión basado en el concepto del valor ganado en 1963 como parte de su programa de misiles balísticos Minuteman. Lo que diferenciaba esta implantación y la técnica PERT (Sapolsky, 1972), era que la USAF aplicaba 35 criterios que definían los requerimientos mínimos para un sistema de gestión de proyectos aceptable, (Christensen, 1998) y (Hayes, 2001).

El Método del Valor Ganado integra las variables técnicas, de coste y plazos, facilitando un control periódico del avance del proyecto, y permitiendo la predicción de las posibles desviaciones de coste, plazo y coste final, lo que permite adoptar medidas correctoras antes de se produzcan dichas desviaciones.

Según el Project Management Institute (PMI) con la aplicación del Método del Valor Ganado (EVM) se puede conocer no solamente la situación actual de un proyecto y la eficiencia en su ejecución (tanto en coste como en plazo), sino que también se puede predecir la evolución del mismo en base al trabajo realizado hasta el momento.

Es uno de los sistemas más conocidos e importantes por su extensa profusión en determinados entornos y sectores relacionados con la gestión de proyectos en general. Éste se basa en controlar la ejecución de un proyecto a través de su presupuesto y calendario de ejecución, a partir de la definición de un punto de partida, en el que se fijan los objetivos a alcanzar y se diseña un plan de acción de referencia. El método se alimenta con la medida periódica de unas magnitudes que permiten, mediante unas fórmulas establecidas, comprobar cuál es el progreso real del proyecto y formular proyecciones de futuro. Siempre, los puntos de control y seguimiento se sitúan coincidiendo con la emisión de las certificaciones de obra, ya que el importe ejecutado certificado es uno de los indicadores del sistema, tal como se realiza en la aplicación general de sistemas de seguimiento y control de costes.

El método se desarrolla a partir de la medición, en unos puntos de control determinados, de tres variables básicas: el valor ganado (EV), el planificado (PV) y el coste actual (AC). El valor planificado se corresponde al importe planificado del presupuesto objetivo en el momento de control, por lo tanto, hace referencia al valor fijado en el plan de línea de base definido como objetivo inicial. El coste actual indica cuál es el importe total a abonar por las tareas realizadas hasta el momento, es decir, es el importe obtenido de la certificación acumulada hasta el punto de observación. Y finalmente, el valor ganado, que da nombre a la metodología, es el coste soportado de los trabajos aprobados según el presupuesto autorizado.

Concretamente, las tres magnitudes medidas se obtienen de los datos arrojados por el sistema de recogida de información del modelo de control de costes. Por lo tanto, dos de los valores se obtienen de forma inmediata, como son el valor planificado, fijado desde el inicio, y el coste actual, extraído de la certificación. El problema surge en la determinación del importe del valor ganado. Resulta altamente complejo intentar averiguar qué parte de obra ejecutada corresponde a la prevista o a un exceso o déficit.

Además, debe observarse que en el ámbito del sector público, las alteraciones que se traducen en variaciones económicas, deben aprobarse previamente, siempre que impliquen la incorporación de nuevas partidas. Esto quiere decir que deben ser conocidas con antelación con el fin que antes de su ejecución puedan seguir el trámite administrativo de aprobación pertinente. De forma distinta son tratadas las variaciones en las cantidades de las partidas previstas, cuando el importe de éstas no supera el 10 por ciento del presupuesto inicial contratado. En este caso, la ley permite su incorporación directa sin necesidad de iniciar ningún procedimiento de aprobación. Aunque, si se supera el límite cuantitativo fijado pasan a ser consideradas como modificaciones como tal y deben seguir el proceso previo de aceptación por parte de la Administración.

En atención al sistema establecido por el marco legal de regulación es conveniente registrar estas posibles incidencias lo antes posible, no únicamente, para dar cumplimiento a la obligación de trámite establecido, sino para disponer de datos vitales para la correcta gestión económica y temporal del proceso.

Uno de los aspectos más interesantes que aporta la técnica del EVM con el objetivo de seguir y analizar el comportamiento de la ejecución de la obra, es el sistema de representación gráfica de las principales magnitudes que utiliza. Estos gráficos permiten observar de manera sencilla el comportamiento de la obra en términos de coste y de plazo y también de las desviaciones que se producen durante el proceso de ejecución. Unos ejemplos de esta técnica de representación de las principales magnitudes que utiliza el EVM y de sus indicadores, que más adelante se comentarán, son los que quedan ilustrados en las Figura 19, Figura 20, Figura 21 y Figura 22

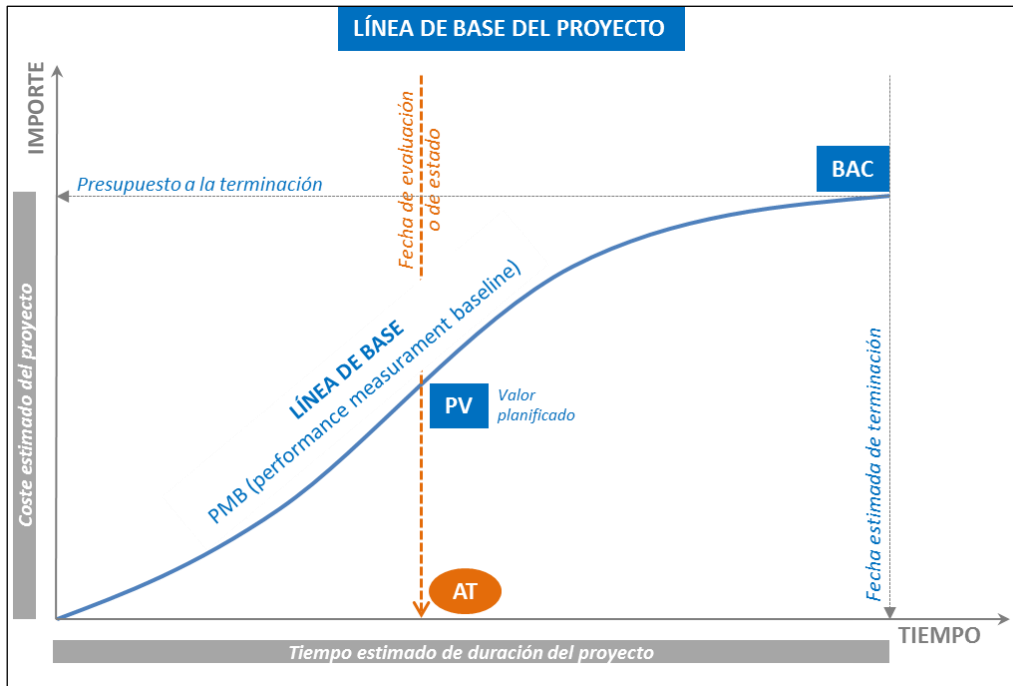


Figura 19 - Representación gráfica de la línea de base del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

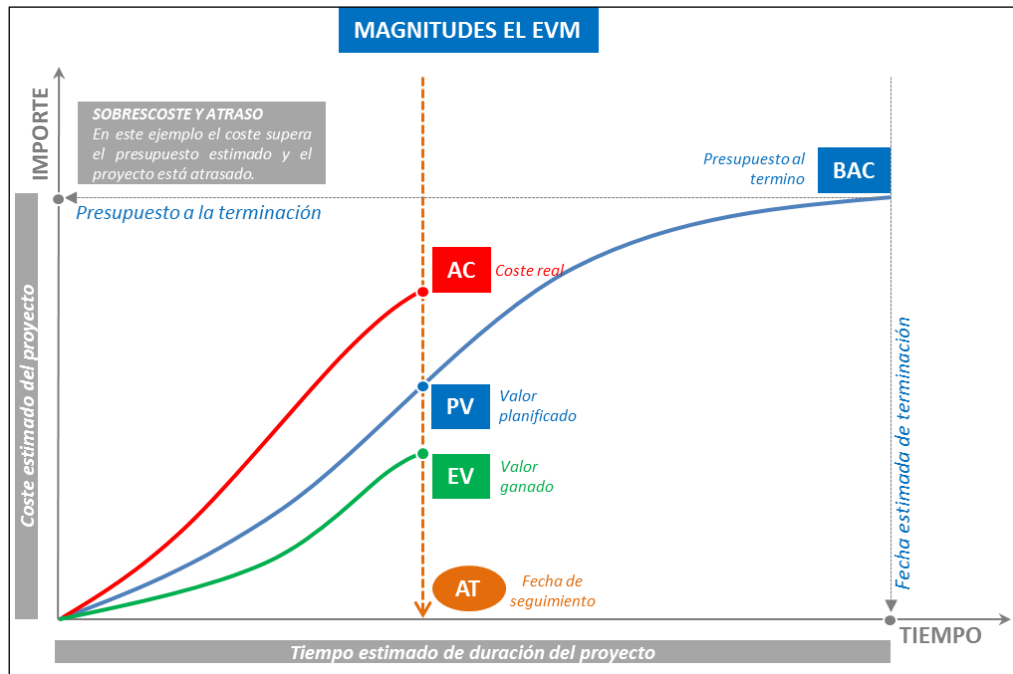


Figura 20 - Representación gráfica de las magnitudes del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

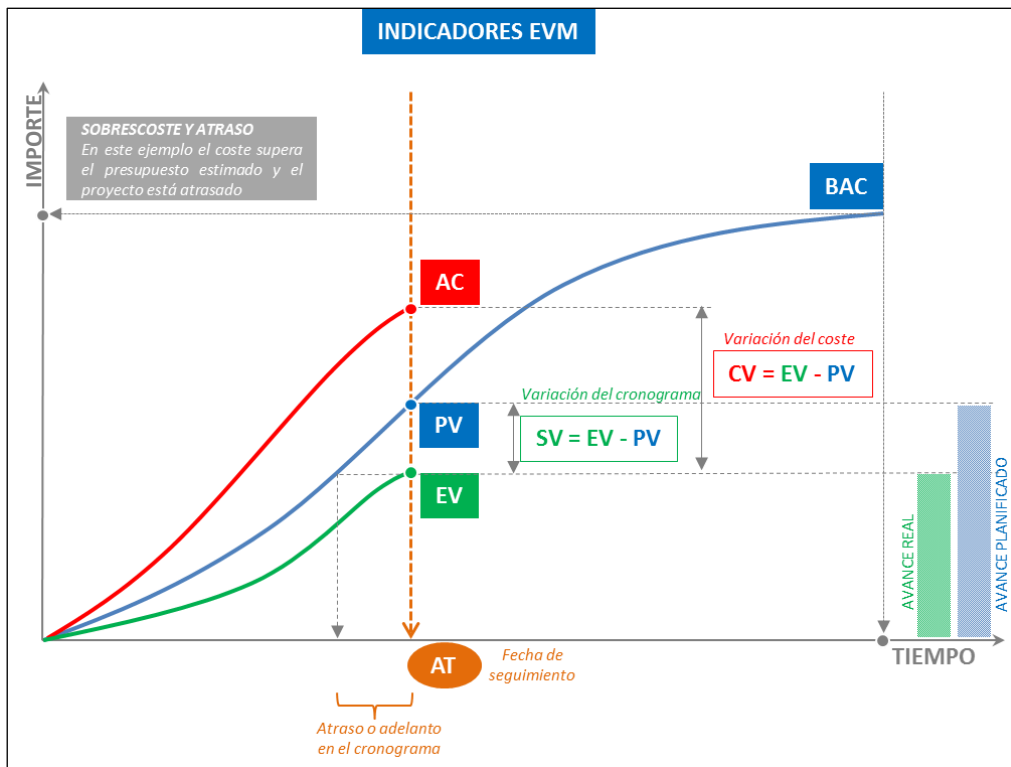


Figura 21 - Representación gráfica de los indicadores del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

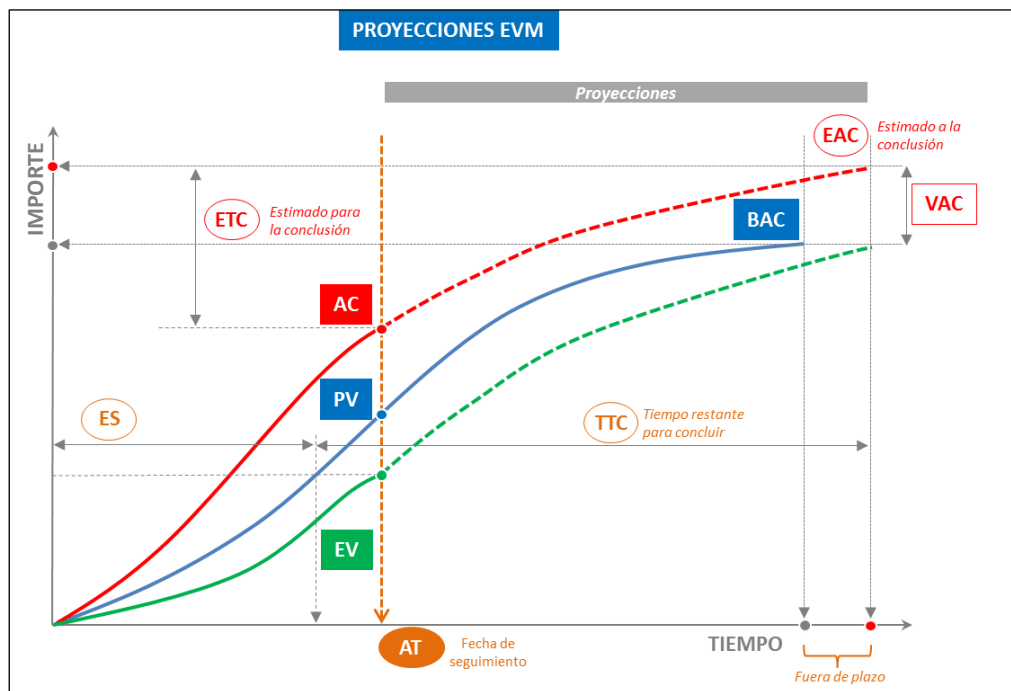


Figura 22 - Representación gráfica de las proyecciones del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

El significado de las magnitudes y de los indicadores que aparecen representados, conjuntamente con los acrónimos por los cuales son conocidos en la literatura científica, así como su manera de calcularlos, es lo que de manera resumida queda reflejado en la Tabla 2. Cabe destacar que la mayoría de las magnitudes e indicadores lo son para un periodo determinado.

PLAN DE LÍNEA DE BASE - PMB (performance measurement baseline)									
MAGNITUDES	BAC		PAT	Budget at completion					
	PV _n	BCWS	CP - VP	Planned value					
SEGUIMIENTO									
MAGNITUDES	Ev _n	BCWP	VG	Earned value					
	Ac _n	ACWP	CR - VR	Actual cost					
INDICADORES DEL EVM									
VARIACIONES	CV _n	VC	VC	Cost variance	EV _n - AC _n	< 0	SOBRECOSTE	Estamos por encima del presupuesto	
	CV _n %				CV _n / EV _n	> 0	AHORRO	Estamos por debajo del presupuesto	Valor relativo que nos indica cuanto hemos excedido o por debajo de la línea de base del presupuesto estamos
	SV _n	VE	VE	Schedule variance	EV _n - PV _n	< 0	RETRASO	Vamos con retraso respecto a la planificación	
	SV _n %				SV _n / PV _n	> 0	ADELANTO	Vamos por delante respecto a la planificación	Valor relativo que nos indica cuanto atraso o adelanto llevamos con respecto al cronograma planeado
	TV _n			Time variance	Fecha de corte - Fecha para la cual PV = EV en fecha de corte				
	VAC _n		VAT	Variance at completion	BAC - EAC _n				
	VAC _n %				VAC _n / BAC				Nos indica cuánto hemos excedido del presupuesto autorizado
ÍNDICES	CPI _n		IDC	Cost performance index	EV _n / AC _n	CPI < 1	SOBRECOSTE	Ineficiencia en el uso de recursos	
	SPI _n		IDE	Schedule performance index	EV _n / PV _n	CPI > 1	AHORRO	Eficiencia en el uso de recursos	
	CSI _n			Cost-schedule index		SPI < 1	RETRASO	Ineficiencia en el uso del tiempo	
	TCPI _n			Conclude Performance Index	(BAC - EV _n) / (BAC - AC _n) (BAC - EV _n) / (EAC _n - AC _n)	SPI > 1	ADELANTO	Eficiencia en el uso del tiempo	Para completar el proyecto según el presupuesto original Para completar el proyecto a partir del último estimado revisado
PREDICIONES	ETC _n	EPT	EPT	Estimate to complete	BAC - EV _n (BAC - EV _n) / CPI _n (BAC - EV _n) / (CPI _n * SPI _n) (BAC - EV _n) / (x%CPI _n * y%SPI _n) Una nueva estimación	V. ATÍPICAS		El proyecto finalizará tal y como estaba previsto. Deberá recuperarse el coste perdido	
	EAC _n	EAT	EAT	Estimate at completion	BAC AC _n + (BAC - EV _n) BAC / CPI _n = AC _n + (BAC - EV _n) / CPI _n AC _n + ((BAC - EV _n) / (CPI _n * SPI _n)) AC _n + ((BAC - EV _n) / (x%CPI _n * y%SPI _n)) AC _n + nueva estimación	V. ATÍPICAS		El coste final será el presupuestado inicialmente, es decir, se recundicará la situación	
						V. TÍPICAS		Estimación más optimista. El proyecto se comportará como hasta la fecha. Se utilizará el último CPI calculado	
						V. TÍPICAS		Estimación más pesimista. El proyecto se comportará como hasta la fecha atendiendo a los índices de cronograma y coste	
						V. TÍPICAS		El proyecto se comportará como hasta la fecha. Se utilizará una combinación del CPI y SPI	
								Posibilidad de obtener una nueva estimación	
						V. TÍPICAS		Los costes del trabajo mantendrán el mismo nivel de eficiencia o ineficiencia, es decir, se espera que lo experimentado a la fecha continúe en el futuro	
						V. TÍPICAS		El trabajo correspondiente al ETC se realizará según una proporción de eficiencia que toma en cuenta tanto el índice de costes (CPI) como el índice de cronograma (SPI), es decir, los retrasos en el cronograma	
						V. TÍPICAS		Diferentes valores de ponderación de los índices CPI y SPI.	
						V. ATÍPICAS		Nueva estimación de los trabajos pendientes	

Tabla 2 - Magnitudes y fórmulas del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

El principal problema observado en la aplicación del EVM en obras de construcción, y que dificulta enormemente su uso, es el hecho que las relaciones valoradas periódicas de obras (ya sean editadas a origen o del periodo) nunca diferencian el valor ganado (EV) del coste real (AC). Tan solo cuando la desviación económica surge de la aprobación y ejecución de nuevas partidas, no previstas inicialmente en el contrato de obra, esta detección puede ser relativamente sencilla si se ha previsto recogerlas en un solo capítulo de obra o identificarlas con un código diferente manteniendo la propia estructura original del presupuesto de referencia. En cualquiera de las situaciones anteriores, la aplicación del EVM requiere de operaciones adicionales si se pretende diferenciar en el importe final de la relación valorada (representado por el concepto del coste actual –AC–), el valor ganado (EV). En el resto de ocasiones, cuando la cantidad producida en obra corresponde en parte a producción prevista y a nueva producción, la cuantificación y diferenciación del importe del coste actual y del valor ganado en la relación valorada periódica resulta terriblemente compleja, sino imposible.

Habitualmente, para realizar pronósticos y proyecciones de confianza de cuál puede ser el importe de liquidación, el EVM utiliza técnicas de base matemática o estadística. Estos procedimientos formales de pronóstico adoptan las experiencias del pasado extraídas del sistema de seguimiento de costes para dibujar el futuro. Willems (Willems & Vanhoucke, 2015) presenta un interesante análisis de las aportaciones hechas en artículos científicos sobre la técnica de gestión del valor ganado y en concreto sobre nuevas metodologías para pronosticar el importe al cierre de la ejecución de la obra (EAC). En este trabajo el autor clasifica las metodologías en cinco grandes campos; las basadas en análisis observacionales, de análisis tradicional, de análisis estadístico, métodos basados en inteligencia artificial y finalmente de análisis computacional. Desgraciadamente, como se hace patente en múltiples estudios, entre ellos el de Moslemi (Moslemi, Shadrokh, & Selehipour, 2008) el comportamiento económico de una obra se desarrolla en entornos de incerteza, no siguiendo unas pautas ordenadas y lógicas que puedan ser descritas fácilmente por un modelo matemático, sino que el comportamiento tiende a ser más arbitrario en función de las circunstancias que se presenten durante la ejecución de la obra debido a hechos imprevisibles, el grado de definición y calidad del proyecto, a la gestión del contrato, al tipo de contratista, a circunstancias del entorno y a la intervención de múltiples agentes.

Las técnicas de más difusión y utilización para avanzar el importe de cierre de la ejecución de la obra, conocido con las siglas EAC, son las que se muestran a continuación.

- Técnica 1

Técnica de pronóstico de EAC que presupone que el importe del horizonte de liquidación de la obra coincidirá con el total del importe del presupuesto inicial de la obra proyectada (BAC) y, por lo tanto, se prevé que todas las desviaciones que originen sobrecostes presentadas a lo largo del proceso de ejecución de la obra serán absorbidas antes de la finalización de la obra. Evidentemente, este sería el objetivo a alcanzar en el proceso de gestión de una obra pero, sin duda, se aleja bastante de la realidad en la que se encuentran las obras.

$$EAC_n = BAC$$

- Técnica 2

Técnica de pronóstico de EAC para trabajo de ETC a la tasa presupuestada. Estimación del horizonte de liquidación de la obra asumiendo las desviaciones producidas pero considerando que en adelante no habrá nuevas variaciones, lo cual puede ser totalmente engañoso una vez verificado el comportamiento real de la obra. También presupone que las desviaciones económicas que ya se hayan producido no se recuperarán. El planteamiento es el siguiente:

$$EAC_n = BAC + (AC_n - EV_n)$$

- Técnica 3

Técnica de pronóstico de EAC para trabajo de la ETC con el CPI actual. Este sistema al igual que el anterior está referenciado en la Guía PMBOK quinta edición (PMI, PMBOK, 5ª edición, 2014) o en la extensión específica de construcción del PMBOK (2007), como pronóstico del EAC por el trabajo que se prevé hasta la finalización (ETC) con el índice de rendimiento del coste actual (CPI), y proyecta el porcentaje de desviación en un momento determinado del control (en una fecha concreto) sobre el resultado del final de la obra, de manera que si en una etapa inicial se detecta una desviación de costes porcentual determinada, transporta esta misma desviación sobre el importe de liquidación. Es una aplicación directa de la información que suministra el sistema de seguimiento y control de costes de la obra.

$$EAC_n = (AC_n / EV_n) \times BAC$$

Es frecuente hallar esta expresión matemática en diferentes variantes, aunque por simplificación todas ellas vienen a calcular el mismo importe de EAC.

$$EAC_n = BAC / CPI_n$$

$$EAC_n = AC_n + (BAC - EV_n) / CPI_n$$

- Técnica 4

Técnica de pronóstico de EAC, referenciada también en el PMBOK, como pronóstico del EAC para trabajo de la ETC considerando los índices de rendimiento de coste (CPI) y el índice de rendimiento de la efectividad sobre la planificación realizada (SPI), que también se denomina "composite" y que se incorpora en las OMB Exhibit 300 (OBM Exhibit, 2011). Se basa en una combinación de los índices de cumplimiento de coste (CPI) con el de cumplimiento de planificación (SPI). Su expresión es:

$$EAC_n = (AC_n + [(BAC - EV_n) / (CPI_n \times SPI_n)])$$

Este sistema es muy impreciso en las etapas iniciales, adquiriendo más exactitud en los últimos meses anteriores a la fecha de finalización de los trabajos de obra.

Existen más procedimientos, dos de los cuales son variaciones del sistema “*composite*” donde se pondera la combinación de los índices CPI y SPI en atención al tipo de proyecto. La expresión matemática de estas dos variantes es:

- Técnica 5

$$EAC_n = (AC_n + [(BAC - EV_n) / (0,8 CPI_n + 0,2 SPI_n)])$$

- Técnica 6

$$EAC_n = (AC_n + [(BAC - EV_n) / (0,5 CPI_n + 0,5 SPI_n)])$$

Donde el significado de la simbología utilizada es:

- EAC_n = Previsión actualizada de cierre (horizonte de liquidación)
- BAC = Total importe del presupuesto inicial de la obra proyectada
- AC_n = Coste real en el período n
- EV_n = Valor Ganado en el período n
- CPI_n = Índice de cumplimiento del coste
- SPI_n = Índice de cumplimiento del calendario-planificación

- **El EVM para la dirección de obra con PRESTO**

El programa PRESTO incorpora dos modelos de aplicación de la técnica del EVM, uno dirigido a las empresas constructoras y el otro para los directores de obra (en representación de los promotores).

Se expone a continuación la metodología adoptada por este programa desde la perspectiva del promotor. El modelo diseñado se ajusta a un sistema tradicional de contratación con precios fijos y medición abierta.

El modelo EVM adaptado se basa en adoptar como EV la parte presupuestada de cada certificación, es decir, la que figura en el presupuesto inicial planificado. El resto de magnitudes utilizadas son las ya conocidas, el BAC y el AC. Siendo el BAC el importe del presupuesto planificado y el AC el coste real obtenido del importe total de las certificaciones.

- BAC: Presupuesto inicial o línea de base
- AC Importe certificado hasta una fecha
- EV Se considera que se avanza cuando se ejecuta parte de la obra prevista inicialmente. Los incrementos son costes pero no valor ganado. La ejecución avanza cuando se construye lo proyectado, y cuesta pero no avanza cuando ejecutan partes no incluidas en la línea de base inicial.

Cuando durante el desarrollo de las obras surgen modificaciones sobre lo previsto se introducen en la hoja de medición detallada del programa como nuevas líneas de medición a las que se les asigna un estado, que podrá ser de “cambio pendiente” o “cambio aprobado” (Figura 23). Si la condición es de “cambio pendiente” la cantidad resultante no se suma al importe presupuesto inicialmente, mientras que si es de “cambio aprobado” se produce una redefinición de la línea de base puesto que su importe se incorpora al presupuesto objetivo.

Medición por estados de aprobación

Para tener la información necesaria cuando surgen ampliaciones o modificaciones sobre el proyecto, se deben introducir como líneas de medición y asociar a un estado de aprobación del presupuesto. El estado de aprobación se elige con la lista desplegable del siguiente campo.

Mediciones.EstadoPres
Campo que contiene el estado de la línea de medición.

EstadoPres	Valor	Sufijo	Estado de aprobación
Presupuesto inicial	0	Ini	Presupuesto inicial del proyecto.
Cambio aprobado	3	Mod	Modificados, reformados o cambios aprobados.
Cambio pendiente	1	Pte	Presupuesto pendiente de aprobación. No suma al presupuesto.

En el manual se hará referencia a estos estados bien por su nombre o color. Los sufijos de esta tabla se usan en muchos campos y tablas de Presto, por lo que deben tenerse en cuenta salvo que se indique lo contrario.

Figura 23 - Estados de aprobación de las líneas de medición incorporadas debido a una modificación en PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

Como puede apreciarse en la figura 24, el programa PRESTO permite asignar a cada línea de medición un estado concreto, así como una fase de planificación y una de certificación.

Versión de demostración. PROHIBIDO SU USO COMERCIAL Y DOCENTE / Demo version. ITS USE FOR COMMERCIAL OR TEACHING PURPOSES IS FORBIDDEN - Presupuesto

ARCHIVO EDICIÓN VER ASISTENTES REFERENCIAS HERRAMIENTAS PROCESOS COMPLEMENTOS CÁLCULOS INFORMES VENTANA AYUDA

Agenda 31 Fechas Espacios Presupuesto x Árbol

Presupuesto 1

evm2 > CAPITOL 2

Código	NatC	Info reE	Resumen	CanPres Ud	Pres	ImpPres
C01			CAPÍTULO 1	1	25.800,00	25.800,00
1	1.1		PARTIDA 1.1	100,00	23,00	2.300,00
2	1.2		PARTIDA 1.2	200,00	50,00	10.000,00
3	1.3		PARTIDA 1.3	300,00	45,00	13.500,00

Fases

Planificación y certificación

Fecha	CanPlan	CanCert	OrCanPlan	OrCanCert	Plan	PlanPres	Cert	OrPlan	OrPlanPres	OrCert	ObjASAP	ObjPresASAP	PresASAP	ObjALAP	ObjPresALAP	PresALAP
1 31-Dic-17	240,00	100,00	240,00	100,00	10.800,00	4.500,00	10.800,00	4.500,00	0	0	0	13.500,00	13.500,00	0	13.500,00	13.500,00
2 31-Ene-18	60,00		300,00	100,00	2.700,00		13.500,00	4.500,00	0	0	0	0	0	0	0	0
3 28-Feb-18									0	0	0	0	0	0	0	0
4 31-Mar-18									0	0	0	0	0	0	0	0
5 30-Abr-18									0	0	0	0	0	0	0	0

Mediciones C01/1.3 PARTIDA 1.3

Miniaturas Inferiores Espacios Texto Precios Precios de una obra Mediciones Variables

Id	Espacio	EstadoPres	FasePlan	FaseCert	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres	CanPlan	CanCert	Perimetro	Superficie
1	Spc0010	Presupuesto inicial	1			1	240,00				240,00	300,00		240,00	100,00		
2	Spc0010	Presupuesto inicial	2			1	60,00				60,00						
3	Spc0010	Presupuesto inicial		1		1	100,00				100,00						
4	Spc0010	Cambio pendiente				1	100,00				100,00	300,00		240,00	100,00		

Figura 24 - Imagen de la planificación y certificación en el programa PRESTO. Hoja de medición con los estados de aprobación. Fuente: programa Presto de RIB Spain

Una vez introducida la información pertinente en relación a las modificaciones y a las certificaciones producidas en una fecha de control el programa muestra, a través de una ventana específica de su estructura de configuración de pantallas, los indicadores adaptados del EVM (véase la Figura 25)

Versión de demostración. PROHIBIDO SU USO COMERCIAL Y DOCENTE / Demo version. ITS USE FOR COMMERCIAL OR TEACHING PURPOSES IS FORBIDDEN - Árbol

ARCHIVO EDICIÓN VER ASISTENTES REFERENCIAS HERRAMIENTAS PROCESOS COMPLEMENTOS CÁLCULOS INFORMES VENTANA AYUDA

Agenda 31 Fechas Espacios Presupuesto Árbol x

Partidas EVM Valor ganado DO

Código	NatC	Resumen	ImpCertIni	ImpCertMod	ImpCertPte	ImpCert	EvmCpiDo	ImpPlanPres	EvmSpiDo	ImpPresIni	ImpPres	ImpPresPosible	EvmEacDo	EvmEacCpiDo
1/0	- 0	evm2	66.050,00	0	6.750,00	72.800,00	0,9073	73.209,45	0,9022	131.139,00	131.139,00	150.014,00	137.889,00	144.540,79
2/1	- C01	CAPÍTULO 1	23.550,00	0	6.750,00	30.300,00	0,7772	25.800,00	0,9128	25.800,00	25.800,00	30.300,00	32.550,00	33.194,90
3/2	1.1	PARTIDA 1.1	2.300,00	0	0	2.300,00	1,0000	2.300,00	1,0000	2.300,00	2.300,00	2.300,00	2.300,00	2.300,00
4/2	1.2	PARTIDA 1.2	10.000,00	0	0	10.000,00	1,0000	10.000,00	1,0000	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00
5/2	1.3	PARTIDA 1.3	11.250,00	0	6.750,00	18.000,00	0,6250	13.500,00	0,8333	13.500,00	13.500,00	18.000,00	20.250,00	21.600,00
6/1	- C02	CAPÍTULO 2	17.900,00	0	0	17.900,00	1,0000	24.800,00	0,7218	24.800,00	24.800,00	26.675,00	24.800,00	24.800,00
7/2	2.1	PARTIDA 2.1	1.800,00	0	0	1.800,00	1,0000	1.800,00	1,0000	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00
8/2	2.15	PARTIDA 2.15	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	0	0	1.875,00	0	0
9/2	2.2	PARTIDA 2.2	4.000,00	0	0	4.000,00	1,0000	5.200,00	0,7692	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00	5.200,00
10/2	2.3	PARTIDA 2.3	6.600,00	0	0	6.600,00	1,0000	9.000,00	0,7333	9.000,00	9.000,00	9.000,00	9.000,00	9.000,00
11/2	2.4	PARTIDA 2.4	5.500,00	0	0	5.500,00	1,0000	8.800,00	0,6250	8.800,00	8.800,00	8.800,00	8.800,00	8.800,00
12/1	- C03	CAPÍTULO 3	24.600,00	0	0	24.600,00	1,0000	22.609,45	1,0880	67.830,00	67.830,00	80.330,00	67.830,00	67.830,00
13/2	3.1	PARTIDA 3.1	18.750,00	0	0	18.750,00	1,0000	16.666,25	1,1250	50.000,00	50.000,00	62.500,00	50.000,00	50.000,00
14/2	3.2	PARTIDA 3.2	5.850,00	0	0	5.850,00	1,0000	1.950,00	3,0000	5.850,00	5.850,00	5.850,00	5.850,00	5.850,00
15/2	3.3	PARTIDA 3.3	0	0	0	0	1,0000	333,20	1,0000	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
16/2	3.4	PARTIDA 3.4	0	0	0	0	1,0000	3.660,00	1,0000	10.980,00	10.980,00	10.980,00	10.980,00	10.980,00
17/1	- C04	CAPÍTULO 4	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	12.709,00	12.709,00	12.709,00	12.709,00	12.709,00
18/2	4.1	PARTIDA 4.1	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	950,00	950,00	950,00	950,00	950,00
19/2	4.2	PARTIDA 4.2	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	1.520,00	1.520,00	1.520,00	1.520,00	1.520,00
20/2	4.3	PARTIDA 4.3	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	3.875,00	3.875,00	3.875,00	3.875,00	3.875,00
21/2	4.4	PARTIDA 4.4	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	4.180,00	4.180,00	4.180,00	4.180,00	4.180,00
22/2	4.5	PARTIDA 4.5	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	1.716,00	1.716,00	1.716,00	1.716,00	1.716,00
23/2	4.6	PARTIDA 4.6	0	0	0	0	1,0000	0	1,0000	468,00	468,00	468,00	468,00	468,00

Figura 25 - Magnitudes e indicadores del EVM adaptado en el programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

Con el fin de comprender los encabezados de esta ventana se indica a continuación a qué concepto del EVM equivale cada uno de ellos y cómo se obtienen sus valores:

EV	ImpCertIni	Importe certificación que corresponde al presupuesto inicial
	ImpCertMod	Importe certificación que corresponde al presupuesto modificado (en el caso que el cambio pendiente se aceptará y pasará a ser una modificación aprobada).
	ImpCertPte	Importe certificación que corresponde al presupuesto pendiente (se trata de adiciones incorporadas pero no aprobadas, se identifican con el estado “cambio pendiente”, por lo tanto, son añadidos que se han certificado sin que se haya aceptado un cambio de la línea de base inicial).
AC	ImpCert	Importe certificación.
		$AC = ImpCertIni + ImpCertMod + ImpCertPte$
CPI	EvmCpiDo	Índice de coste del modelo DO.
		$CPI = (Cert - CertPte) / Cert$
PV	ImpPlanPres	Producción planificada hasta la fase actual a precio de presupuesto

SPI	EvmSpiDo	Índice de tiempo del modelo DO. $SPI = (Cert - CertPte) / PlanPres$
BAC	ImpPresIni	Importe presupuesto inicial.
	ImpPres	Importe presupuesto. Se corresponde a la suma del presupuesto inicial y las modificaciones aprobadas.
EAC	ImpPresPosible	Suma del presupuesto aprobado + presupuesto pendiente. $EAC = Pres\ inicial + Pres\ modificat + Pres\ pendent$
	EvmEacDo	Estimación a la conclusión modelo DO. $EAC = Pres + CertPte$
	EvmEacCpiDo	Estimación a la conclusión ajustada con el CPI modelo DO. $EAC = Cert + (Pres - Cert + CertPte) / EvmCpiDo$

El modelo específico diseñado por PRESTO definido especialmente para su uso por parte de los directores de Proyectos o directores de obra en representación de los intereses del promotor, puede resultar poco atractivo debido al sobreesfuerzo necesario para conocer su correcto manejo. Tan solo los usuarios avezados al uso del programa pueden desenvolverse cómodamente a través de sus múltiples ventanas, configuraciones y opciones. Además, cabe destacar que el empleo de una nueva terminología y formulación para identificar las magnitudes y calcular las variables del sistema puede confundir y obliga a los usuarios a adaptarse a un nuevo paradigma.

Asimismo, el sistema trazado requiere de la introducción de las modificaciones en la hoja de medición y de la asignación de un estado de aprobación, esto complica enormemente la labor, visto que, no siempre se dispone del detalle de medición del presupuesto objetivo, ni se utiliza esta hoja de medición.

- **El Método de la Programación Ganada (ES)**

A través de la programación ganada es posible determinar la fecha de finalización estimada a partir de los datos introducidos por el sistema del EVM. Se trata de una técnica reconocida por el PMI. Fue desarrollado por Henderson (Henderson, 2003) a partir de un concepto introducido por Lipke (Lipke, Schedule is different, 2003). En el año 2003 Walt Lipke desarrollo esta técnica que sirve para la medición de variaciones en la duración del proyecto así como para hacer proyecciones ajustadas de su fecha estimada de terminación.

La principal limitación del EVM es que los indicadores de rendimiento de la programación se miden en unidades monetarias y no en unidades de tiempo. Por lo tanto, este sistema no es capaz de indicar el total de tiempo de retraso o adelanto en el que se encuentra una obra. Además, por definición el $SV=0$

y el SPI =1 cuando se llega al final de la producción. Es decir, cuando se vaya aproximando el final, el SV irá convergiendo a cero y el SPI a la unidad, indicando un cumplimiento total según lo previsto de la programación, cuando en realidad el proyecto puede ir retrasado. Así pues, habrá un momento en que estos indicadores dejarán de ser fiables (Vandevoorde & Vanhoucke, 2006). El intervalo de tiempo en el que dichos indicadores pierden efectividad coincide aproximadamente con el último tercio del proyecto, sin duda, momento crítico del proceso en el que las previsiones deben ser muy atinadas para que la dirección vaya planificando las últimas fases.

El ES es el instante de tiempo del plan al que le correspondería el avance real en un momento concreto. Si el proyecto va retrasado el ES será el instante de tiempo en el que debió de completarse el mismo avance que se lleva actualmente. Por el contrario, si la obra va adelantada, el ES será el instante de tiempo hasta el cual el proyecto se puede mantener sin avanzar, sin que ello conlleve un retraso del proyecto.

El cálculo de la duración ganada se realiza mediante una expresión algebraica que deriva de la linealización de la curva del PV, aplicando una simple semejanza de triángulos.

En la Figura 26 se muestra gráficamente el proceso para el cálculo del ES a partir de las magnitudes propias del EVM.

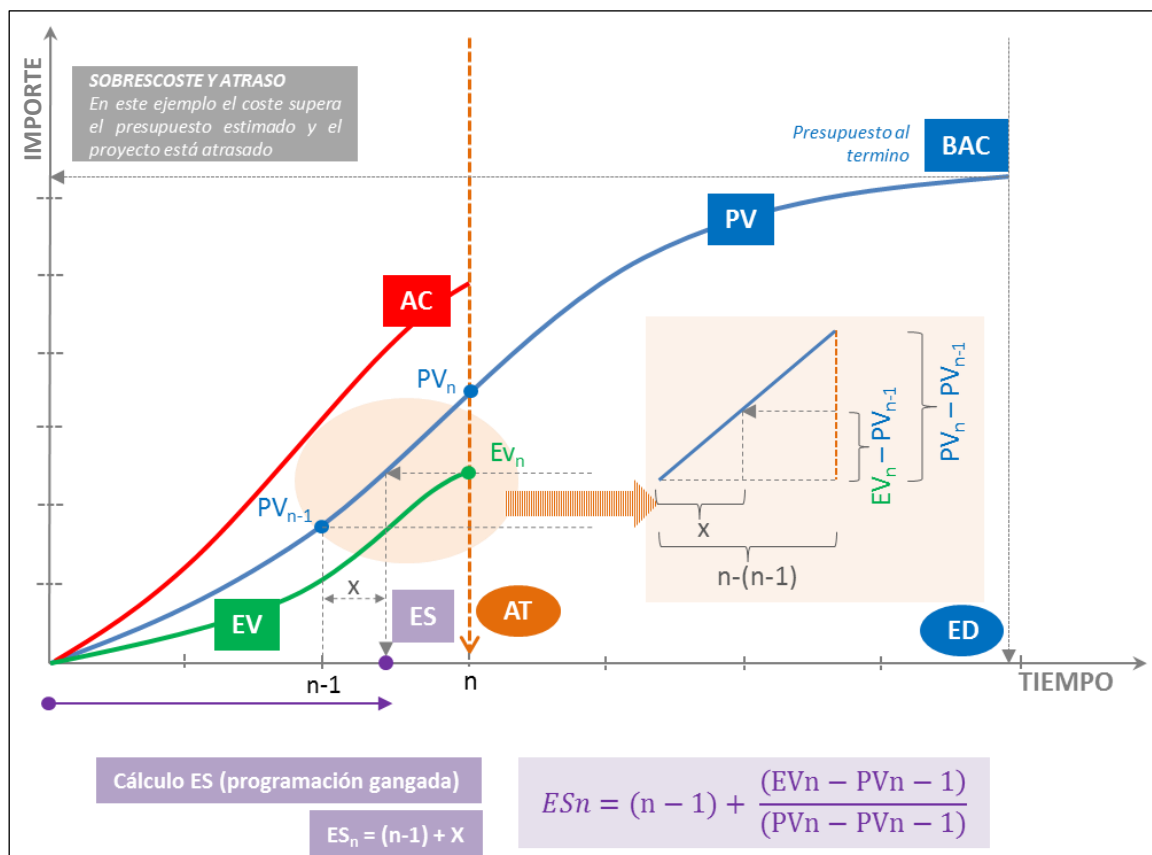


Figura 26 - Magnitudes del EVM para el cálculo de la programación ganada (ES). Fuente: autora tesis doctoral

Dónde:

ES	programación ganada
n	es el instante de tiempo para una determinada fecha de control
EV	Valor ganado
PV	Valor planificado
AT	Punto de control
ED	Durada programada en el plan inicial

Una vez calculado el ES, en unidades de tiempo, se puede definir por analogía con SV y SPI, unos nuevos índices de rendimiento de programación:

$$SV(t)_n = ES_n - AT_n$$

$$SPI(t)_n = ES_n / AT_n$$

El primer indicador se expresa en unidades de tiempo, hacienda mucho más sencilla su interpretación.

A partir de la obtención de las nuevas magnitudes e indicadores en unidad temporal puede calcularse una estimación de la duración final del proyecto. Su valor dependerá del factor de rendimiento de la situación del proyecto:

- Estimación duración de los trabajos según lo previsto:

$$EAC(t)_n = AT_n + (ED - ES_n) = ED - SV(t)_n$$

- Duración del trabajo siguiendo la tendencia marcada por el SPI(t):

$$EAC(t)_n = AT_n + (ED - ES_n) / SPI(t)_n$$

- Duración del trabajo siguiendo la tendencia marcada por el SCI(t):

$$SCI(t)_n = CPI_n \times SPI(t)_n$$

$$EAC(t)_n = AT_n + (ED - ES_n) / SCI(t)_n$$

- **El seguimiento y control activo con el programa TCQ2000**

TCQ es un conjunto de aplicaciones informáticas dirigidas al sector de la construcción para dar soporte a las actividades de redacción, contratación, planificación y control de proyectos y obras. El programa TCQ2000 gestiona conjuntamente y de forma integrada los datos técnicos, económicos y temporales que intervienen en el ciclo de vida de una obra de construcción a través de diferentes módulos de aplicación, que pueden ser utilizados de forma independiente.

Se trata de un programa comercializado por la fundación sin ánimo de lucro ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña), creada en 1978 con el objetivo de contribuir a la innovación tecnológica en el sector de la construcción.

Una de las actividades principales de ITEC es la redacción de bancos de datos de construcción. Uno de sus productos más conocidos y utilizados es el banco BEDEC. BEDEC es un banco paramétrico estructurado de datos de elementos constructivos de obra nueva, mantenimiento de edificación, urbanización, ingeniería civil, rehabilitación y restauración, seguridad y salud laboral, ensayos de control y gastos indirectos, con precios de referencia para todas las provincias y comunidades autónomas de España, pliegos de condiciones técnicas y datos medioambientales.

Además del BEDEC la entidad publica otros bancos de precios, entre los que destacan los de entidades y los de empresas del sector. Entre las entidades que disponen de su propio banco de precios se encuentran diferentes organismos del sector público²⁷. En todos los casos, los bancos se presentan con el programa TCQ2000. De esta forma, el programa informático se ha convertido en una herramienta de uso obligatorio en determinados procedimientos de contratación de la obra pública en Cataluña.

El TCQ se organiza en diferentes módulos, siendo el módulo 3 el específico para la certificación y seguimiento económico. Este módulo permite la emisión de las certificaciones y el seguimiento y control de desviaciones. En la Figura 27 se visualizan la ventana específica del módulo 3 para la emisión de certificaciones. Los campos de información son los propios para la redacción de la relación valorada (medición, importe y porcentaje).

²⁷ Bancos de precios de Ayuntamiento de Barcelona, banco AMB (Área metropolitana de Barcelona para la construcción de obras públicas de urbanización, Banco forestal Catalana, Banco de Infraestructuras.cat, Banco Port de Barcelona, Banco Servicio Catalán de Tránsito, etc.

Seguiment: 01 - LEAR-01

Certif Nº: 3 Data: 30/09/17 Inicic: 01/09/17 Tancament: 30/09/17 Estat: OBERT Tipus: Origen Mensual

Obra	Codi	Descripció	Pressupost	Cert.mensual	Cert."A origen"	Desv.actuel	Desv.final	Estimació final
01	01	Pressupost 1	445.068,74	18.015,05	38.836,95	0,00	0,00	445.068,74
Capítol	01	OBRA NOVA	429.646,32	18.015,05	38.836,95	0,00	0,00	429.646,32
Títol 3	03	FONAMENTS I MURS DE CONTENCIÓ	59.244,81	8.155,83	24.290,73	0,00	0,00	59.244,81

Nº	Codi	U.A.	Descripció	Preu	Amid. press.	Amid. cert. "mensual"	Amid. cert. "A origen"	Import cert. "mensual"	Import cert. "A origen"	% Press. "A orig."
1	E32112P1	m2	Capa de neteja i arivellament de 10	10,29	14.361	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
2	E3152H3	m3	Fornigó per a rases i pous de	83,50	155.334	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
3	E32525G3	m3	Fornigó per a murs de contenció de	91,46	21.840	6,840	21.840	625,59	1.997,49	100,00
4	E32515G3	m3	Fornigó per a murs de contenció de	89,10	23.618	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
5	E31D1100	m2	Encofrat amb plafons metàl·lics per a	16,04	184.660	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
6	E32D1A06	m2	Muntatge i desmuntatge d'una cara	18,26	145.600	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
7	E32D1A03	m2	Muntatge i desmuntatge d'una cara	14,16	157.445	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
8	E3FB3000	kg	Armadura per a enceps AP500 S	1,09	3.403.512	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
9	E3GB3000	kg	Armadura per a pantalles AP500 S	1,11	20.084.400	6.784,000	20.084,000	7.530,24	22.293,24	100,00
10	E31B3000	kg	Armadura de rases i pous AP500 S	1,11	604.334	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
11	E32B3002	kg	Armadura per a murs de contenció	1,19	6.322.740	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00

Figura 27 – Ventana del programa TCQ200 para la emisión de las certificaciones. Fuente: Programa TCQ2000 de ITEC

En la ventana mostrada el programa permite visualizar los campos diseñados para el seguimiento económico, tal y como puede observarse en la Figura 28.

Nº	Codi	U.A.	Descripció	Preu	Amid. press.	Medición		Importe		Increment import estimat	% Press. "A orig"	Amid. teòric "A orig"	% Teòric "A orig"	Amid. final estimat	Amidament additiu	Amid. proporcional	Situació econòmica	Import press.
						Amid. cert. "mensual"	Amid. cert. "A origen"	Import cert. "mensual"	Import cert. "A origen"									
1	E2212422	m3	Excavació per a rebaix en terreny	3,07	1.653.840	0,000	1.653.840	0,00	5.077,29	0,00	100,00	1.653.840	100,00	1.653.840	1.653.840	1.653.840	+/- amidament	5.077,29
2	E225AH70	m3	Estesa de graves per a drenatge, en	45,03	34.350	40,000	40,000	1.801,20	1.801,20	1.031,19	116,45	24,000	69,87	57,250	50,350	57,250	+/- amidament	1.546,78
3	E225177F	m3	Terraplenat i piconatge mecànics	5,80	98.242	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98.242	98.242	98.242		569,80
4	E2R35065	m3	Transport de terres a instal·lació	2,31	1.690.582	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.690.582	1.690.582	1.690.582	+/- amidament	3.905,24
5	E2221211	m3	Excavació de rases i pous de fins a	47,79	87.360	0,000	87.360	0,00	4.174,93	0,00	100,00	87.360	100,00	87.360	87.360	87.360	+/- amidament	4.174,93
6	E2223222	m3	Excavació de rases i pous de fins a	6,07	117.584	0,000	100,000	0,00	607,00	0,00	85,05	100,000	85,05	117.584	117.584	117.584	+/- amidament	713,73
7	E3G5763K	m2	Perforació de pantalla en terreny	96,39	460.464	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	460.464	460.464	460.464		44.384,12
8	E2R45065	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i	2,87	794.458	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	794.458	794.458	794.458		2.280,09

Figura 28- Ventana del programa TCQ2000 para la emisión de las certificaciones y el seguimiento económico. Fuente: programa TCQ2000 de ITEC.

Dónde los campos de color rojo corresponden al presupuesto aprobado, los de color verde a las certificaciones, los violetas a estimaciones y el azul a la magnitud EV. Las columnas con información son las siguientes:

P	Precio unitario de ejecución material
A	Medición de presupuesto
I	Importe presupuesto
a	Medición del período certificada
b	Medición a origen certificada
c	Importe certificado del período
d	Importe certificado a origen
e	Porcentaje certificado a origen
1	Incremento estimado del importe
2	Medición teórica a origen
3	Porcentaje teórico a origen
4	Medición final estimada
5	Medición aditiva
6	Medición proporcional
7	Situación económica

El sistema de seguimiento desarrollado por este programa utiliza conceptos del EVM adaptados, como son los campos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Se desarrolla a continuación la formulación que permite obtener estos valores.

$$1 = (4 * P) - I$$

$$2 = \text{magnitud (EV)}$$

$$3 = (2 / A) * 100$$

$$5 = (b - 2) + A$$

$$6 = (b / 2) * A$$

$$4 = \text{el valor } > \text{ entre 5 y 6}$$

El modelo descrito es de difícil comprensión debido a la confusión que genera la definición de los nuevos campos, a la que hay que añadir la falta de un criterio de agrupación por categorías, que no ayudan a entender el procedimiento de desarrollo seguido. Además, el criterio adoptado para la fijación del valor de la medición final estimado es arbitrario. Estas características se trasladan a la generación de los informes tipos propuestos por el programa (Figura 29).

Nº	Codi	U.A.	Descripció	Preu	1		2		5		3		4		Amidament additiu	Amid. proporcional
					Amid. press.	Amid. cert. "mensual"	Amid. cert. "A origen"	Import cert. "mensual"	Import cert. "A origen"	Increment import estimat	% Press. "A orig."	Amid. teòric "A orig."	% Teòric "A orig."	Amid. final estimat		
1	E2212422	m3	Excavació per a rebaix en terreny	3,07	1.653,840	0,000	1.653,840	0,00	5.077,29	0,00	100,00	1.653,840	100,00	1.653,840	1.653,840	1.653,840
2	E225AH70	m3	Estesa de graves per a drenatge	45,03	34,350	40,000	60,000	1.801,20	2.701,80	1.605,32	174,67	30,000	87,34	70,000	64,350	68,700
3	E225177F	m3	Terraplenat i piconatge mecànics	5,80	98,242	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	98,242	98,242	98,242
4	E2R35065	m3	Transport de terres a instal·lació	2,31	1.690,582	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	1.690,582	1.690,582	1.690,582
5	E2221211	m3	Excavació de rases i pous de fins	47,79	87,360	0,000	87,360	0,00	4.174,93	0,00	100,00	87,360	100,00	87,360	87,360	87,360
6	E2223222	m3	Excavació de rases i pous de fins	6,07	117,584	0,000	100,000	0,00	607,00	0,00	85,05	100,000	85,05	117,584	117,584	117,584
7	E3G5763K	m2	Perforació de pantalla en terreny	96,39	460,464	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	460,464	460,464	460,464
8	E2R45065	m3	Càrrega amb mitjans mecànics i	2,87	794,458	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	794,458	794,458	794,458
9																

DESVIACIONS PRESSUPOSTÀRIES ACTUALS I PREVISTES Data: 06/11/17 Pàgina: 1

Certificació Nº: 4 Data Certificació: 30/10/17 Inici: 01/10/17 Tancament: 30/10/17

NUM. UA DESCRIPCIÓ	PREU	AMID.TOTAL CONTRACTE	AMID. TEOR. EXECUTAT	AMID. ACUM. CERT Nº4	DESVIACIONS ACTUALS		ESTIMADA	PREVISIONS DE LIQUIDACIÓ FINAL D' OBRA		
					INC.AMID.	INC.IMPORT		AMID.TOTAL	INCR.AMID	INCR.IMPORT
1 m3 (E2212422) Excavació per a rebaix en terreny compacte, amb mitjans mecànics i càrrega mecànica sobre camió	3,07	1.653,840	1.653,840 (100,00%)	1.653,840	0,000	0,00 (0,00%)	ESTIMADA	1.653,840	0,000	0,00
2 m3 (E225AH70) Estesa de graves per a drenatge, en tongades de 25 cm, com a màxim	45,03	34,350	30,000 (87,34%)	60,000	30,000	1.350,90 (100,00%)	ESTIMADA	70,000	35,650	1.805,32

Dificultat para entender y obtener los valores

Figura 29 – Ejemplo de modelo de informe de desviaciones presupuestarias actuales y previstas. Fuente: programa TCQ2000 de ITEC.

c. TÉCNICAS INTEGRADAS

- El Building Information Modeling – BIM

La incorporació de las tecnologies de la informació en la indústria de la arquitectura, ingenieria y construcción, sin duda, contribuyen a facilitar la dirección, planificación y control de proyectos (Mourgues, C. & Fischer, M., 2001). A lo largo de los años la representación del trabajo en la construcción ha ido evolucionando desde planos en 2 dimensiones en papel hasta los modelos multidimensionales o nD. Los modelos nD son representaciones virtuales que comienzan con las representaciones virtuales en tres dimensiones y que luego se le agregan otras variables, tales como, tiempo (4D), costo (5D) y otros análisis (nD) (Herrera, R., Muñoz-La Rivera, F., Vargas, C., & Antio, M., 2017). Una de las metodologías de trabajo colaborativo más extendidas en estos momentos en el ámbito de la construcción es el BIM.

El BIM es una metodología de trabajo integral de modelado de información que facilita la creación y modificación de proyectos de forma colaborativa, lo que asegura la eficiencia y efectividad de todo el proceso que se traduce en logro de resultados finales exitosos. Mediante este sistema se aglutina toda la información y datos obtenidos durante todo el ciclo de vida de la construcción.

El primer programa informático que utilizó el concepto BIM fue ArchiCAD de la casa húngara Graphisoft, reconocido como el primer software de dibujo capaz de crear dibujos en dos y tres dimensiones (Batcheler, 2015). Autodesk comenzó a utilizar el BIM desde 2002 cuando compró la compañía texana Revit Technology Corporation.

Otros autores postulan que fue el profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación, como un sinónimo de BIM, a inicios de los setenta en numerosos libros y artículos académicos (Eastman C. M., 1999). Fue Jerry Laiserin quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar e interoperacionalizar información en formato digital.

La definición más recurrente y extendida del término BIM es: Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado *modelado de información para la edificación*, es el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

Según información publicada en la página web del “Congreso Internacional BIM Valladolid” (Valladolid, 2014) no se debe entender el BIM como un software. BIM es una metodología de trabajo integrado que se apoya, no en una, sino en múltiples herramientas basadas en tecnologías de la información. Así pues toda la información del proyecto no está en un único archivo sino que toda la información, proveniente de los “n” archivos generados por “n” programas, bajo una metodología de procesos y procedimientos dentro de un equipo multidisciplinar, está conectada de manera inteligente con una relación bidireccional que permite su actualización a tiempo real.

Las ventajas que ofrece el uso de esta metodología BIM son (Valladolid, 2014):

- Mejora la comunicación y comprensión del proyecto a través de su visualización en tres dimensiones.
- Generación automática de toda la información del proyecto.
- Facilita la preconstrucción virtual del edificio anticipando la detección de interferencias, colisiones e incoherencias.
- Integración y compartición, con actualización en tiempo real, de toda la información generada por los distintos intervinientes a lo largo del ciclo de vida del edificio, gracias al formato estándar y universal de intercambio BIM: el IFC.
- Aumento de la productividad y, por tanto, una reducción de costes durante el desarrollo del edificio, durante su construcción y durante su explotación, es decir, durante todo el ciclo de vida del edificio.
- Permite un mejor seguimiento del ciclo de vida del edificio.

El BIM abarca 7 dimensiones

- Dimensión 1. La idea. Se establecen las condiciones iniciales, la localización, las primeras estimaciones (superficie, volumetría, etc.).
- Dimensión 2. El boceto. Se plantean los materiales, las cargas estructurales, las bases para la sostenibilidad, etc.
- Dimensión 3. El modelado. Se genera el modelo 3D. No es solo visual, sino que incorpora toda la información necesaria para las siguientes fases.
- Dimensión 4. Tiempo. Se pueden definir las fases del proyecto, establecer su planificación temporal y realizar simulaciones.
- Dimensión 5. El coste. Se trata de la estimación y posterior control de costes.
- Dimensión 6. La simulación. Consiste en simular las posibles alternativas del proyecto para finalmente llegar a la alternativa óptima.
- Dimensión 7. El manual de instrucciones. Se trata del manual que hay que seguir durante la vida del proyecto, una vez construido, para el uso y mantenimiento del mismo (inspecciones, reparaciones, etc.).

El trabajo en BIM demanda un cambio radical de mentalidad, puesto que es necesario el trabajo conjunto de todos los integrantes del equipo. Se trata pues de trabajo interdisciplinar, de colaboración y comunicación.

Actualmente en España aún no es obligatorio presentar los proyectos en BIM, aunque en algunas comunidades ya están apostando por la implementación voluntaria de esta metodología puntuando los proyectos que se presentan en este entorno, como sucede en Cataluña con las obras licitadas por Infraestructuras²⁸. En el Reino Unido, es obligatorio para todos los proyectos de construcción desde el 2016. En Estados Unidos, Noruega o Suecia también se ha avanzado mucho en este sentido. Finlandia es el país del mundo donde la penetración de BIM es más avanzada, cuenta con una larga historia de confianza en estándares abiertos.

Esta metodología no es obligatoria en la Unión Europea, sin embargo el Parlamento Europeo emitió una directiva en 2014²⁹ a través de la cual insta a los 28 países miembro de la Unión a implementar el BIM en todos aquellos proyectos constructivos de financiación pública.

Según un informe de AENOR sobre los estándares en apoyo del BIM (AENOR, 2016), más del 50 por ciento de los clientes internacionales de las constructoras exigen o tienen interés en el uso de BIM, especialmente en Asia. Además, se estima que BIM podría ajustar las mediciones del proyecto en un 37 por ciento y reducir en un 20 por ciento los costes de construcción.

²⁸ *Infraestructuras es la empresa pública catalana que gestiona las obras de la mayoría de los departamentos de la Generalitat de Cataluña.*

²⁹ *Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública. Establece la necesidad de emplear sistemas electrónicos en procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir del 2018.*

Un estudio realizado en el año 2017 por varios autores (Herrera, R., Muñoz-La Rivera, F., Vargas, C., & Antio, M., 2017), analiza el impacto de los modelos multidimensionales (nD) como herramienta para la dirección de proyectos en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Entre sus conclusiones destaca los buenos resultados que una buena planificación del proyecto conlleva para la consecución de los objetivos iniciales. En la Figura 30 se representa el porcentaje de proyectos donde se utilizaron modelos nD para gestionar cada una de las áreas de conocimiento propuestas por el PMBOK.

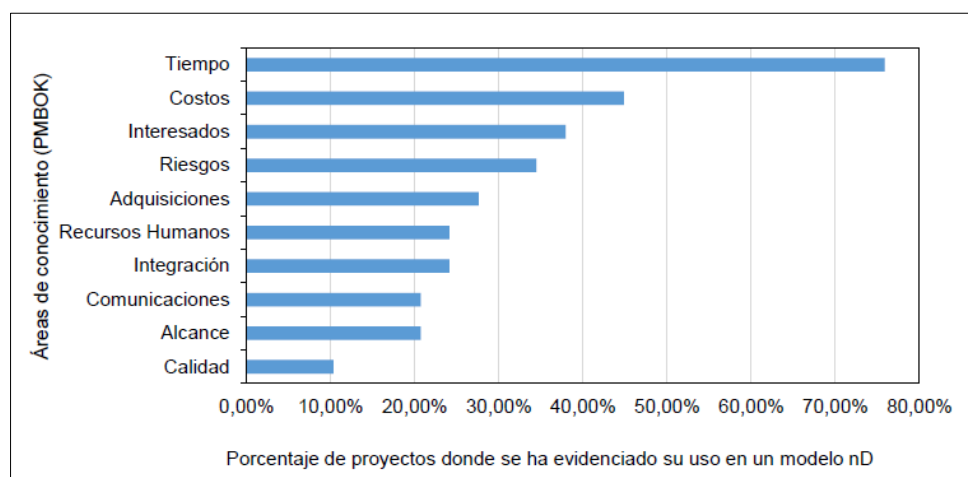


Figura 30 - Evidencia del uso de modelos nD según área de conocimiento. Fuente: artículo "Uso e Impacto de los Modelos nD como herramienta para la dirección de proyectos (Herrera, R., Muñoz-La Rivera, F., Vargas, C., & Antio, M., 2017)"

Como pueda apreciarse las áreas de gestión de tiempos y costos se sitúan en primera posición. Los beneficios obtenidos con la implantación de un sistema de gestión de tiempos son significativos, destacando entre ellos: la detección de problemas de secuencias constructivas (Mourgues, C. & Fischer, M., 2001); la reducción significativa de la posibilidad de cometer errores y olvidar elementos de construcción, disminuyendo tiempos asociados a rehacer trabajos (Porrás, H., Giovanni, O., & Galvis, J., 2014); etc. En cuanto a la gestión de costes, se subrayan los siguientes impactos: posibilidad de realizar simulaciones para ahorrar materiales y recurso; sistema semiautomático para la evaluación de criterios económicos del diseño del proyecto, proporcionando al usuario la opción de verificar el gasto en cualquier etapa del proyecto (Popov, V., Juocevicius, V., Migilinskas, D., Ustinovichius, L., & Mikalauskas, S., 2009); visualización de cantidades e integrando las mismas para programar los flujos de caja (kala, T., Seppänen, O., & Stein, C., 2010); reducción, para ciertos proyectos, del tiempo utilizado para realizar las estimaciones de costes, del orden de un 25% en comparación con los modelos tradicionales (Hartmann, T., Gao, J., & Fischer, M., 2008)

- **Lean construction – LEAN (1984)**

El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continuada, centrada en la identificación y eliminación sistemática del desperdicio en todo proceso productivo. Este método tiene como objetivo la mejora continuada, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final. Con la aplicación de esta metodología se persigue mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o todo aquello que no agrega valor al producto final.

Las raíces de la filosofía LEAN remontan a finales del siglo XIX cuando Sakichi Toyoda inventa en Japón el primer telar automático, que revoluciona la industria del textil. En el año 1930 Sakichi ayuda a su hijo a fundar Toyota Motor Company. Durante un tiempo Toyota queda a la sombra de las grandes manufactureras americanas Ford y General-Motors. Sin embargo poco antes de la Guerra, en el año 1937, el director de producción y consultor japonés de Toyoda observa de qué forma, en Estados Unidos, el sistema de producción en masa desarrollado por el Fordismo y el Taylorismo, supera con creces la producción japonesa. Esta observación permitió años más tarde el desarrollo del Toyota Production System (TPS), y por eso muchos expertos consideran el Taylorismo y el Fordismo una de las raíces del Lean. En el año 1956, el mismo director, visita varios supermercados de Estados Unidos, quedando asombrado por el manejo de inventarios reducidos en los supermercados y por su sistema de reposición de productos. Se considera que esta observación realizada a los supermercados hizo de efecto inspirador en el consultor japonés que le hizo reflexionar acerca de lo que hoy conocemos como la Cadena de Valor, basado en la eliminación de desperdicios tales como pasos innecesarios en un proceso, el control de actividades primarias o dar mayor importancia a las necesidades del cliente.

Nacen así las primeras ideas sobre lo que hoy conocemos como sistema de producción ajustada junto con uno de sus principios fundamentales, el Just-in-time.

El término Lean se acuñó por primera vez en el año 1988 en el artículo del Doctor John Krafcik (Krafcik, 1988).

Según “Lean Construction Enterprise” (Enterprise, 2017) el Lean Construction (Construcción sin Pérdidas en español) es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX. Éste ha cambiado la forma de construir los proyectos. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción. Como producto de su aplicación se pueden obtener los siguientes resultados:

- El proceso de construcción y de operación del proyecto es diseñado conjuntamente para satisfacer las necesidades de los clientes.
- El trabajo del proyecto se estructura sobre los procesos, con el objetivo de maximizar el valor y reducir las pérdidas en el desarrollo de actividades de construcción.
- El desempeño de la planeación y el sistema de control son medidos y mejorados.

El principio básico de Lean Construction es reducir al máximo posible el tiempo invertido en actividades que no le agregan valor al producto final, es decir, reducir las pérdidas en las actividades de construcción. El significado de pérdidas es muy sencillo. Es simplemente el tiempo dedicado por un individuo a actividades que el cliente del proyecto no está dispuesto a pagar. Algunos ejemplos de pérdidas en actividades de construcción son las siguientes:

- Esperas por falta de equipos, herramientas o materiales.
- Esperas debido a actividades previas que no se han terminado o están mal ejecutadas.
- Esperas por falta de una correcta instrucción para realizar el trabajo.
- Tiempo ocioso debido a la actitud del trabajador, sobre población en el sitio de trabajo.
- Desplazamientos innecesarios debido a falta de recursos e inadecuada planeación del sitio del trabajo.
- Reprocesos por trabajo que no cumple con las especificaciones y cambio en los diseños.

Actualmente el enfoque Lean Construction ha progresado significativamente. Su aplicación se ha extendido a todas las etapas de los proyectos de construcción, desde la planeación hasta la puesta en operación. Su implementación es un proceso que se inicia con un diagnóstico detallado de la situación del proyecto. Para esto se debe desarrollar el proceso que se indica a continuación:

1. Hacer un diagnóstico de la productividad de las actividades de construcción de la obra. En este paso se cuantifica el tiempo que agrega valor a la actividad de construcción y el tiempo dedicado a pérdidas. Esta medición puede realizarse mediante la “prueba de 5 minutos”³⁰.
2. La información obtenida en el paso 1 se debe registrar y tabular. A partir de esta tabulación se obtienen estadísticas sobre las pérdidas en cada una de los procesos constructivos.
3. Identificar la magnitud de las pérdidas.
4. Analizar la información y estadísticas obtenidas. En este paso se reúne el equipo de planeación de la obra y se determinan las estrategias para reducir las pérdidas en las actividades de construcción.
5. Las estrategias que se determinaron en el paso anterior se aplican directamente en la obra. Una vez aplicadas las mejoras se deben realizar de nuevo mediciones para establecer la efectividad de las estrategias. A continuación se debe iniciar de nuevo el paso 1 hasta obtener un eliminación total de las pérdidas.

³⁰ La prueba de los cinco minutos permite la cuantificación de las pérdidas de las actividades en construcción. Se identifican tres tiempos característicos de toda actividad de construcción: los productivos (agregan valor a la actividad), contributivos (contribuyen a que se agregue valor) y no contributivos (pérdidas). La prueba se realiza de la siguiente manera: tomar durante cinco minutos el tiempo dedicado por un trabajador a actividades productivas, contributivas o no contributivas (pérdidas).

- **Last Planner - LP**

El Last Planner es un herramienta Lean para la gestión de proyectos. Es un sistema que permite a todos los participantes de un proyecto planificar de una forma colaborativa y participar activamente en la forma en la que se va a realizar el trabajo.

Last Planner (último planificador) es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción.

Fue desarrollado originalmente por Ballard y Howell, fundadores del Lean Construction Institute. Actualmente, está siendo utilizado por cientos de constructoras alrededor del mundo. En Latinoamérica – especialmente en Chile y Brasil – su implementación ha sido exitosa.

Su principio básico se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades de construcción mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación.

La implementación de Last Planner es muy sencilla pero requiere de un estricto cumplimiento. Esta consiste en general en crear planificaciones intermedias y semanales, enmarcadas dentro de la programación inicial o plan maestro del proyecto, analizando las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades. Estas tres planificaciones forman una especie de pirámide (Figura 31) en donde la base que la sustenta es el plan maestro.

En la determinación de los planes deben participar el equipo de trabajo del proyecto. Cada uno de los miembros debe contribuir a que los planes sean congruentes entre sí.

El plan maestro cubre todas las actividades de construcción del proyecto; desde su inicio hasta su terminación. El plan intermedio se obtiene del plan maestro y puede realizarse para un plazo de 3 meses. Cuando se ejecute el primer plan intermedio, se debe crear otro para las actividades del próximo trimestre, y así sucesivamente hasta terminar la obra. El plan semanal se determina con base en el plan intermedio. Este plan contiene las actividades que se ejecutarán cada semana.

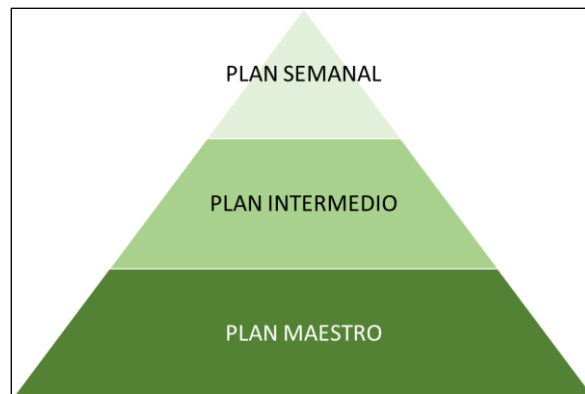


Figura 31 – Planes necesarios para un proyecto. Fuente: Lean Construction Enterprise³¹

Un paso clave en la implementación del LP, es llevar un registro detallado de los problemas que se presentan para cumplir las actividades planeadas. Para esto, se construye semanalmente el indicador de porcentaje de actividades cumplidas (PAC en español o PPC en inglés). El PAC se puede calcular para el total de actividades de una semana en particular o para el total de actividades ejecutadas en un período que puede ser tan largo como el total del plazo de construcción de la obra. Este indicador es muy útil para llevar un control de la evolución de la implementación del sistema. Junto con la información de las causas de no cumplimiento constituyen una herramienta útil para el planeamiento de actividades intermedias y semanales.

$$PAC = \frac{\text{Número de actividades cumplidas}}{\text{Número de actividades programadas}} \times 100 \%$$

Finalmente, la comunicación de los planes debe realizarse de forma pública. Todos los integrantes del proyecto deben conocerlos. Se deben comunicar estas planificaciones, especialmente, a los contratistas y modificarlas, si es el caso, al encontrarse alguna restricción que no se había contemplado. Además, realizar reuniones semanales con ellos. Con esto se logra que todos los que trabajan en la obra tengan una visión general del proyecto y no simplemente de sus tareas individuales (Planner, 2017).

Un tesis doctoral realizada en Lima en 2013 (Ramos Matta & Salvador Sánchez, 2013) en el que se analizan las consecuencias de la aplicación de la metodología Last Planner en las obras de construcción de cerca de 1700 viviendas concluye, entre otros aspectos, que una propuesta de planificación eficiente logra una reducción de costes importante.

³¹ Imagen obtenida de la página web del Lean Construction Enterprise:
<http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>

2.2 LA OBRA PÚBLICA EN ESPAÑA

2.2.1 MARCO REGULADOR

La legislación sobre la contratación pública que rige en España se distribuye en tres niveles: comunitario, nacional y autonómico.

A continuación se expone un resumen de la evolución histórica de la contratación pública en España. La información detallada se ha extraído de un artículo publicado en el observatorio de la Contratación Pública (De la Morena, 2012).

La regulación jurídica de la contratación pública ha sufrido numerosas modificaciones para adaptarse tanto a las propias exigencias del sector, a la situación de crisis económica como para cumplir con las exigencias del Derecho europeo.

La primera referencia histórica que se conoce en relación a la regulación en materia de contratación pública en España es el Real Decreto de 27 de febrero de 1852. De este modo se cubría la necesidad de que la contratación administrativa dispusiera de un texto legal que limitara los abusos de las autoridades y funcionarios.

Más tarde, y también dentro del siglo XIX, se dictaron otras disposiciones de igual rango, hasta que en 1911 se promulgó la Ley de Contabilidad de la Hacienda Pública de 1911, en cuyo capítulo V se trataba la Contratación del Estado. En esta época la única forma de adjudicación de los contratos públicos era la subasta, es decir, la adjudicación a la proposición más económica, sin atender a otras consideraciones, como la calidad, el tiempo, etc. No se trataba, pues, de comprar lo mejor sino lo más "barato". Estas disposiciones estuvieron vigentes, aunque con ciertas intermitencias, hasta la Ley de Bases de Contratación del Estado de 1963 y su texto articulado de 1965, finalizándose la regulación de esta materia con la promulgación del Reglamento de Contratación del Estado en 1967.

La Ley 5/1973, de 17 de marzo, modificó parcialmente la Ley de Contratos del Estado, introduciendo determinados cambios e innovaciones en la regulación de este texto legal. En 1975 y debido a las constantes modificaciones introducidas en la Ley se redacta una nueva versión completa del Reglamento General de Contratación del Estado, a través del Decreto 3410/1975.

La incorporación de España a la entonces denominada Comunidad Económica Europea en 1986, obligó a la adaptación inmediata de la legislación de contratos del Estado a las Directivas Comunitarias sobre Obras y Suministros, lo que tuvo lugar mediante la publicación del Real Decreto Legislativo 931/1986, que nuevamente volvió a modificar los artículos de la Ley de Contratos afectados por las Directivas. Como es lógico hubo de modificarse, asimismo, el Reglamento para adaptarlo al RDL 931/86 y a las Directivas Comunitarias, lo que tuvo lugar mediante la publicación del Real Decreto 2528/1986, de 28 de noviembre.

Después de la redacción de numerosas normas desarrolladoras e incluso innovadoras se llega al texto legal denominado de la Ley 13/1995, de 18 de mayo, de contratos de las Administraciones públicas.

Es a partir de esta Ley que el Estado español empieza a tomar conciencia de la subordinación a las directivas europeas de sus propias leyes en materia de contratación pública.

Con el objeto de incrementar la concurrencia, la transparencia y la objetividad de los procedimientos de adjudicación, así como simplificar los procedimientos de contratación se promulga la Ley 53/1999, de 28 de diciembre, por la que se modifica la Ley 13/1995.

El 16 de junio del 2000 se aprueba el Decreto Legislativo 2/2000, denominado Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

Finalmente, en el 2007, se llega a la Ley 30/2007 de contratos del sector público. Se señala en su preámbulo que la aprobación de ésta no se constriñe únicamente a transponer las nuevas directivas europeas, en concreto la Directiva 2004/18/CE, sino que, se adopta un planteamiento de reforma global, introduce modificaciones en diversos ámbitos de esta regulación, en repuesta a las peticiones formuladas desde múltiples instancias de introducir diversas mejoras en la misma y dar solución a diferentes problemas que la aplicación del antiguo texto iba poniendo de relieve.

A partir de su publicación, se sucedieron varias disposiciones legales que afectaron a esta Ley ya derogada. Así pues, después de la entrada en vigor de diferentes textos jurídicos, entre los que se destacan: el Real Decreto 817/2009, que desarrolla parcialmente la Ley; la Ley 2/2011 de Economía Sostenible; el Real Decreto 300/2011, por el que se modifica el Real Decreto 817/2009; se aprueba el Real Decreto Legislativo 3/2011, conocido como el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

La Unión Europea aprobó en 2014 las actuales Directivas de contratos públicos, que deberían haberse traspuesto al ordenamiento jurídico español antes del 18 de abril del 2016³². En concreto se trata de 4 directivas³³, entre la que destaca la 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública que viene a derogar la 2004/18/CE, conocida como la directiva de contratos.

Para la trasposición de las Directivas 2014/23 y 24, el Gobierno español elaboró un Anteproyecto Ley de Contratos del Sector Público, que fue aprobado por el Consejo de Ministros el 17 de abril del 2015. En junio del 2017 la nueva Ley de Contratos del Sector Público está pasando los trámites legales para conseguir la aprobación de las Cortes Generales.

Frente a la inseguridad generada por el incumplimiento del Gobierno español de transponer las Directivas dentro de los límites temporales marcados, diferentes comunidades autónomas han optado por regular ciertos aspectos que quedaban en suspenso. Es el caso de Cataluña, en el que el Gobierno de la Generalitat ha aprobado por primera vez una norma de rango legal que regula la contratación

³² Tal como se indica en los artículos 91 y 93 de la Directiva de contratación pública, 107 y 109 de la Directiva de sectores especiales y 54 de la Directiva de concesiones.

³³ Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública
Directiva 2014/23/UE, de 26 de febrero de 2014, relativa a la adjudicación de contratos de concesión
Directiva 2014/25/UE, de 26 de febrero de 2014, relativa a la contratación por entidades que operan en los sectores del agua, la energía, los transportes y los Servicios postales.
Directiva 2014/55/UE, de 16 de abril del 2014, relativa a la facturación electrónica en la contratación pública.

pública, mediante el Decreto Ley 3/2016, de 31 de mayo, de medidas urgentes en materia de contratación pública. La urgencia de aprobación de este Decreto deriva de la situación de inseguridad jurídica y la necesidad de adaptar los procedimientos de contratación a las disposiciones de las directivas comunitarias. Con el fin de evitar que la inseguridad jurídica derivada de las diferentes interpretaciones pueda afectar la prestación de los servicios básicos, o provocar impugnaciones frente a los tribunales, en Cataluña se legisla con urgencia esta materia puesto que se daba el supuesto de necesidad extraordinaria y urgente que exige el artículo 64 del Estatuto de autonomía de Cataluña.

En resumen, en España, en estos momentos, continua vigentes el Real Decreto Legislativo 3/2011 (TRLCSP), aunque en breve se espera la aprobación y puesta en vigor del nuevo texto adaptado a los requerimientos establecidos en las Directivas europeas.

2.2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CONTRATACIÓN PÚBLICA

Un aspecto relevante de la problemática que trata este estudio se basa en las características particulares que definen el proceso de redacción del proyecto, contratación y ejecución del contrato de obra en España, regulados ampliamente en el marco legal de referencia, el TRLCSP. Este modelo no es parecido al que utilizan otros países de nuestro entorno como Francia o Inglaterra que siguen patrones distintos. Las principales características que identifican al modelo español, y que son la base del desarrollo metodológico posterior que presenta este trabajo, quedan explicadas en los subapartados de este mismo punto. En el proceso de contratación de una obra pública en España se pueden diferenciar tres etapas. En primer lugar, para que pueda llevarse a cabo la obra es necesario un proyecto que la defina con todo detalle y precisión. Una vez situado el objeto y alcance de la actuación la Administración debe iniciar el proceso de licitación que tiene por objeto la adjudicación del encargo de ejecución a aquella empresa que haya presentado la oferta más ventajosa. Adjudicada la obra y formalizado el contrato de obra se da paso a una de las etapas más importantes y vitales, la ejecución de la obra. Es, sin lugar a dudas, en este momento del proceso cuando surgen los problemas y se ponen de manifiesto las desviaciones sobre el plan inicial previsto, tanto en términos económicos, temporales como de alcance y calidad.

En España el proceso de contratación de obras públicas requiere del cumplimiento de los requisitos y procesos establecidos en el marco legal vigente. Se exponen a continuación los aspectos característicos propios que lo definen y que difieren, en muchas ocasiones, de los modelos establecidos en los países de nuestro entorno próximo.

2.2.2.1 FASE PREVIA - PROYECTO

El proyecto es el documento mediante el cual se describe con todo detalle y desde diferentes dimensiones la obra que se pretende llevar a cabo. Generalmente este documento es redactado y/o coordinado por uno o varios autores que se responsabilizan de todo su contenido.

La Administración contratante puede optar por diferentes alternativas para llevar a cabo la redacción del proyecto. En el caso de que ésta disponga de los recursos necesarios, tanto materiales, humanos como técnicos, podrá ella misma encargarse de la redacción del proyecto. Lo más habitual, pero, es que no se disponga de estos recursos y que la Administración haya de formalizar un encargo externo mediante un contrato de servicios a través del cual contrata la redacción del proyecto a uno o varios profesionales externos capacitados y con competencias reconocidas. En casos especiales, se permite la redacción de un contrato mixto de servicios y obra, de manera que es el mismo adjudicatario de la obra quien hace frente a la redacción del proyecto. La contratación conjunta es una excepción y solo se reconoce en casos concretos, específicamente enumerados en el artículo 124 del TRLCSP.

En el artículo 4 de la Ley de la Ordenación de la Edificación (LOE)³⁴ se define el concepto “Proyecto”, como el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias técnicas de las obras. Añade que el proyecto habrá de justificar técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

En el apartado 1 del punto 6.1 del artículo 6 del Código Técnico de la Edificación³⁵ (CTE), se indica que el proyecto describirá el edificio y definirá las obras de ejecución del mismo con el detalle suficiente para que puedan valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución. En el anejo I del CTE (Figura 32) se muestra cuál ha de ser el contenido del documento proyecto. Por su especial repercusión en el presente estudio se detalla el contenido relativo a los documentos Mediciones y Presupuesto.

³⁴ La LOE (Ley de ordenación de la edificación) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los enumerados en el artículo 2 de la misma Ley.

³⁵ Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Según el artículo 2 el CTE es de aplicación, en los términos establecidos en la LOE y con las limitaciones que en el mismo se determinen, a las edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible.

IV. Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo por partidas, agrupadas en capítulos, conteniendo todas las descripciones técnicas necesarias para su especificación y valoración.
V. Presupuesto Presupuesto aproximado*	<ul style="list-style-type: none"> - Valoración aproximada de la ejecución material de la obra proyectada por capítulos.
Presupuesto detallado	<ul style="list-style-type: none"> - Cuadro de precios agrupado por capítulos - Resumen por capítulos, con expresión del valor final de ejecución y contrata. - Incluirá el presupuesto del control de calidad. - Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud

Figura 32 – Contenido documentos Mediciones y Presupuesto según el Anejo I de la parte 1 del CTE. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE)

Por su parte, en cuanto a la normativa específica en el ámbito público, en el artículo 123 del TRLCSP se especifica cuál debe ser el contenido del proyecto. En referencia a la información de carácter económica indica que deberá contener un presupuesto, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos, en su caso, estado de mediciones y de los detalles precisos para su valoración. Añade, la obligación de incorporar un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con expresión del tiempo y coste.

El RGLCAP aún vigente, en su artículo 126 describe el proyecto como el documento que define con precisión las obras y sus características técnicas, e indica expresamente que contendrá un presupuesto con expresión de los precios unitarios y descompuestos.

En el artículo 127 del RGLCAP, relativo al contenido del documento memoria del proyecto, se prescribe la obligación de incorporar, en un anexo de ésta, la justificación del cálculo de los precios adoptados y las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas.

En referencia al cálculo de los precios de las distintas unidades de obra incluidas en el presupuesto, en el artículo 130 del RGLCAP, se detalla cuál es su composición. Se dispone que el precio unitario de las unidades de obra se basará en la determinación de costes directos (CD) y los costes indirectos (CI) necesarios para su ejecución. Por su parte, en el siguiente artículo del mismo texto se describe el presupuesto de ejecución material y el presupuesto base licitación. El presupuesto de ejecución material (PEM) se obtiene a partir del sumatorio del producto entre la cantidad de cada partida por su precio unitario. El presupuesto base licitación (PBL)³⁶ se obtiene incrementando el PEM con los siguientes porcentajes:

³⁶ El PBL también se conoce como el presupuesto de ejecución para contrato (PEC). Según el Reglamento General de Contratación del Estado, en el artículo 38, modificado según el Real Decreto 982/87, de 5 de junio, el PEC se obtiene de la misma forma descrita para la obtención del PBL.

1. Gastos generales de estructura
 - Entre un 13 al 17³⁷ por ciento en concepto de gastos generales de la empresa, gastos financieros, cargas fiscales, tasas de la Administración legalmente establecidas, que inciden sobre el precio de ejecución material de las obras y demás derivados de las obligaciones del contrato.
 - El 6 por ciento en concepto de beneficio industrial del contratista.
2. El impuesto sobre el valor añadido que grave la ejecución de la obra.

En cuanto al contenido del programa de trabajo, en el artículo 132 del RGLCAP, se prescribe que en éste deberá justificar la previsible financiación de la obra durante el período de ejecución y los plazos en los que deberán ser ejecutadas las distintas partes fundamentales en que pueda descomponerse la obra, determinado el importe a abonar durante cada uno de ellos.

En conclusión, en el proyecto, desarrollado en su último estadio (proyecto de ejecución) y que se utiliza en la etapa de licitación, se establece una valoración económica de máximos denominada importe base de licitación (PBL). Este importe se justifica necesaria y obligatoriamente con la siguiente documentación de carácter económico, que se recoge en la Figura 33.

- **Un estado de mediciones (EA).** Documento en el que se relacionan y cuantifican todas las partidas de obra necesarias para ejecutar de forma completa el proyecto definido.
- **Un presupuesto.** Documento en el que se valora el estado de mediciones, a partir de la asignación de precios unitarios de ejecución material, a todas las partidas de obra contempladas en el estado de mediciones. A modo de concreción se incorpora una hoja resumen final de presupuesto, donde se recoge, el importe de ejecución material de todos los capítulos relacionados, el importe total de ejecución material de la obra (PEM) y el importe de ejecución por contrato de ésta (PEC). Para obtener el PEC o PBL, así como se ha visto antes, se incrementa el PEM con los porcentajes del 13 al 17 por ciento en concepto de gastos generales de empresa, el 6 por ciento en concepto de beneficio industrial y finalmente el porcentaje de IVA vigente.
- **Un listado de precios unitarios.** Un listado de precios unitarios de ejecución material de cada partida, con indicación del precio en cifras y letras. Comúnmente este listado recibe el nombre de cuadro de precios número 1.

³⁷ El porcentaje lo fija cada Departamento ministerial a la vista de las circunstancias concurrentes. El porcentaje a fijar para las obras del Ministerio de Fomento es del 13 por ciento según se establece en la "Orden FOM/1824/2013, de 30 de septiembre, por la que se fija el porcentaje a que se refiere el artículo 131 del RGLCAP, a aplicar en el Ministerio de Fomento.

- **Una justificación de precios** formada por los siguientes documentos:
 - Un listado de precios descompuestos a nivel de precio de ejecución material de cada partida (cuadro de precios número 2).
 - Un listado de precios simples a coste directo (CD).
 - Un listado de precios auxiliares también a coste directo.

- **Un programa mensual de desarrollo de los trabajos o plan de obra** de carácter indicativo, con previsión, de tiempo y coste. Así pues, en las obras públicas se fija siempre la duración de la fase de ejecución. Esta información se hace pública a través de los anuncios obligatorios, ya sea publicitados online o en los boletines o diarios oficiales.

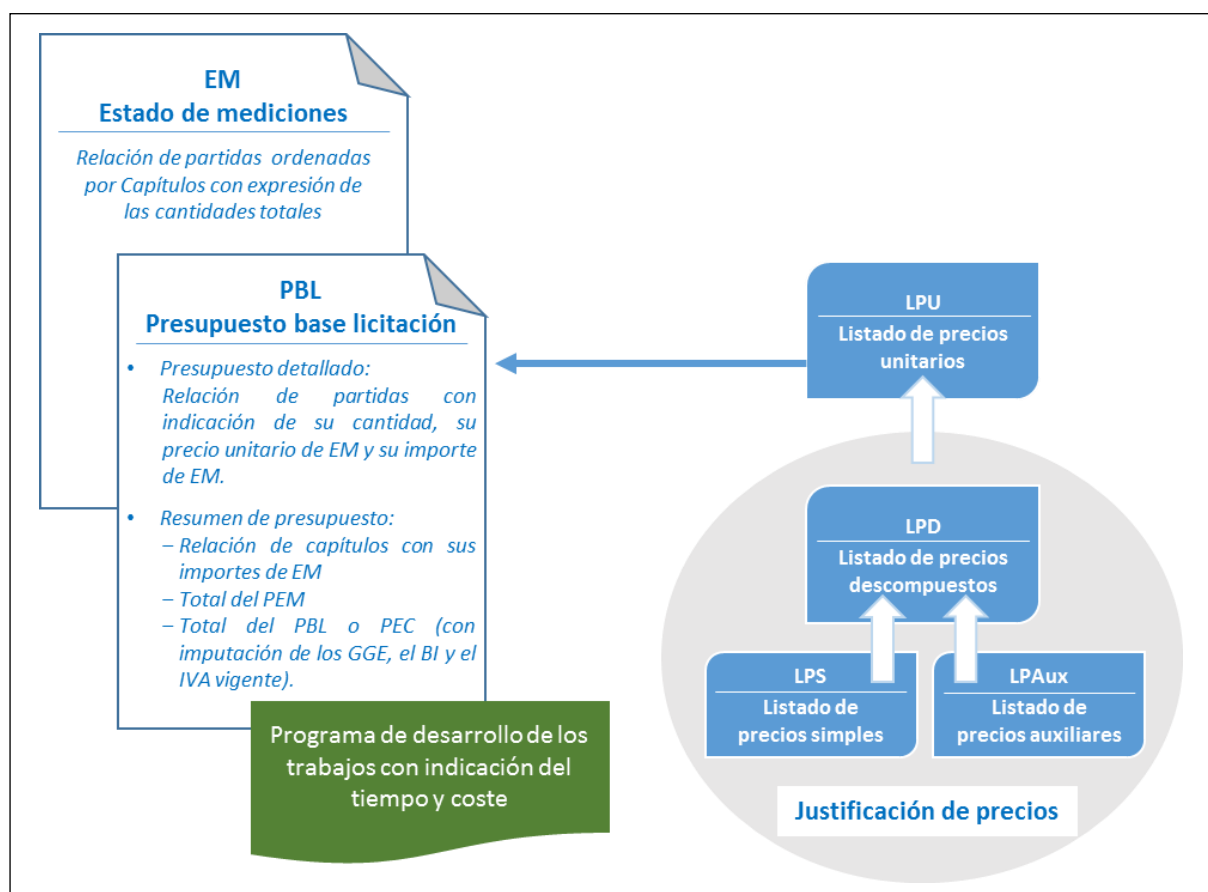


Figura 33 – Esquema de la documentación económica que ha de contener el Proyecto de ejecución de una obra pública. Fuente: autora tesis doctoral

2.2.2.2 FASE DE LICITACIÓN – ADJUDICACIÓN DEL CONTRATO

La licitación en la obra pública es el proceso mediante el cual una entidad del sector público adjudica a una empresa licitadora la ejecución de una obra definida en un proyecto. El procedimiento se inicia con un anuncio público mediante el cual se informa a todas las empresas interesadas del inicio del proceso y concluye con la adjudicación y formalización del contrato para la ejecución de la obra a la oferta económicamente más ventajosa.

a. PROCEDIMIENTO DE LICITACIÓN DE LA OBRA

- **Tipo de procedimiento de licitación.** El tipo de procedimiento más utilizado para la adjudicación de los contratos de obra es el abierto³⁸, mediante el cual todo empresario que reúna las condiciones exigibles puede presentar una proposición para optar a la adjudicación del contrato.

Es habitual que la licitación del contrato de obra se realice del proyecto completo. Debido a las limitaciones establecidas en la regulación española, no es frecuente la fragmentación del contrato en atención a las diferentes especializaciones, fases del proyecto o lotes de contratación (movimiento de tierras, cimentación y estructura, peletería, impermeabilizaciones, aislamientos, instalaciones de varios tipos, etc.). El actual TRLCSP, siguiendo con la tendencia impuesta desde sus orígenes, condiciona la posibilidad del fraccionamiento del objeto del contrato a que cada lote sea susceptible de utilización o aprovechamiento separado y constituya una unidad funcional.

En estos momentos la Directiva 2014/24/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, ha introducido un cambio substancial en la consideración del fraccionamiento de los contratos al establecer como regla general la división de los contratos públicos en lotes. Además, en Cataluña, el Decreto Ley 3/2016, de medidas urgentes en materia de contratación pública, dedica un artículo específico para tratar la división del contrato en lotes, y prescribe como obligatoria la fragmentación del objeto del contrato, con el fin de propiciar el acceso de las pequeñas y medianas empresas al negocio de la contratación pública. Así pues, se está produciendo un cambio substancial que deberá seguirse con atención para observar como lo afrontan los diferentes órganos de contratación. Sin duda, la contratación por lotes obligará a las entidades contratantes a invertir grandes esfuerzos para coordinar y supervisar las actuaciones y gestionar todo el proceso.

- **Tipo de tramitación del expediente.** La contratación administrativa es especialmente muy formalista y cualquier procedimiento requiere de múltiples trámites administrativos a lo largo de

³⁸ Cabe subrayar que en los contratos con importe igual o inferior a 200.000 euros el procedimiento más usado ha sido el negociado sin publicidad. En el nuevo Proyecto Ley de Contratos del Sector Público, por el que se transponen el ordenamiento jurídico español las directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se ha incluido una modificación en relación con la legislación vigente suprimiendo el procedimiento negociado sin publicidad por razón de la cuantía, configurando un nuevo procedimiento de negociación con licitación que obliga a publicar el correspondiente anuncio.

El Decreto Ley 3/2016, de 31 de mayo, de medidas urgentes en materia de contratación pública, de Cataluña, en su artículo 7 establece los supuestos en los que es posible la adjudicación a través del procedimiento negociado eliminando el supuesto por cuantía.

todo el proceso con el fin de garantizar los principios que la definen³⁹. El tipo de tramitación más común es la ordinaria, que se caracteriza principalmente porque los trámites son los normales establecidos en la Ley y sin reducción de plazos.

- **Criterios de adjudicación y valoración de las ofertas.** La Administración contratante debe indicar en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP) los criterios de adjudicación y las reglas para su valoración, con el fin de seleccionar de entre todas las proposiciones presentadas la oferta económicamente más ventajosa⁴⁰ que mejor satisfaga el interés público. Cuando únicamente se establezca un solo criterio éste obligatoriamente deberá ser el del importe más bajo⁴¹, salvo en caso de ofertas desproporcionadas o anormales cuando no se haya podido justificar las razones de la desproporción. En todos los casos, los criterios seleccionados deberán estar directamente vinculados con el objeto del contrato, tales como la calidad, el precio, el plazo de ejecución, etc. Su valoración ha de ser lo más objetiva⁴² posible aunque la propia Ley permite la incorporación de criterios sujetos a un juicios de valor.

Además del precio uno de los criterios que habitualmente se establece para la adjudicación del contrato es la reducción del plazo de ejecución de la obra.

b. PARTICIPACIÓN DE LOS CANDIDATOS O LICITADORES

- **Preparación de las proposiciones económicas.** Cada una de las empresas candidatas interesadas en participar en la licitación de una obra pública debe preparar su proposición según el contenido y formato⁴³ reflejado en el PCAP del contrato en cuestión. La proposición suele contener varios sobres, entre los cuales son habituales: el sobre A relativo a la capacidad para contratar y solvencia, el sobre B referido a los requisitos de carácter técnico establecidos y el sobre C concerniente a la oferta económica. Es frecuente que en el PCAP se adjunte como un anexo un modelo de oferta a cumplimentar (Figura 34), obligatorio para todos los candidatos.

³⁹ Artículo 1 del TRLCSP, relativo al objeto y finalidad de la Ley, en el que se indica que esta Ley tiene por objeto regular la contratación del sector público, a fin de garantizar que la misma se ajusta a los principios de libertad de acceso a las licitaciones, publicidad y transparencia de los procedimientos, y no discriminación e igualdad de trato entre los ciudadanos, y de asegurar, en conexión con el objetivo de estabilidad presupuestaria y control del gasto, una eficiente utilización de los fondos destinados a la realización de obras.

⁴⁰ El artículo 150 del TRLCSP cita textualmente la expresión “económicamente más ventajosa” aunque tal vez hubiera sido más afortunada la expresión: “más ventajosa” eludiendo el adverbio económicamente.

⁴¹ Si el precio es demasiado bajo puede estimarse la oferta como desproporcionada o anormal. En este caso será el órgano de contratación quien decida, en base a la información requerida, si adjudica o no el contrato a esta oferta.

⁴² En el artículo 150 del TRLCSP se señala que deberá darse más preponderancia a aquellos criterios de adjudicación que hagan referencia a características del objeto del contrato que puedan valorarse mediante cifras o porcentajes obtenidos a través de la mera aplicación de fórmulas establecidas en los pliegos.

⁴³ Artículo 146 del TRLCSP referido a la presentación de la documentación en el procedimiento abierto y las solicitudes de participación en el procedimiento restringido y negociado y en el diálogo competitivo

ANEXO II
MODELO DE PROPOSICIÓN ECONÓMICA

D./Dña....., con DNI número..... en nombre (propio) o (de la empresa que representa)..... con NIF..... y domicilio fiscal..... en..... calle..... número..... enterado del anuncio publicado en el (perfil de contratante, BOE, BOCM, DOUE)³ del día..... de..... de..... y de las condiciones, requisitos y obligaciones sobre protección y condiciones de trabajo que se exigen para la adjudicación del contrato de **OBRAS DE AMPLIACIÓN Y MEJORA (SEGUNDA FASE) DE LA INSTALACIÓN DEPORTIVA BÁSICA LAS TABLAS, DEL DISTRITO DE FUENCARRAL-EL PARDO**, con un **plazo de ejecución de tres (3) meses**, se compromete a tomar a su cargo la ejecución de las mismas, con estricta sujeción a los expresados requisitos y condiciones, **por un precio de euros (en número), al que corresponde por IVA la cuantía de euros, (en número), totalizándose la oferta en euros (en número)**, todo ello de acuerdo con lo establecido en los pliegos de prescripciones técnicas y cláusulas administrativas particulares que sirven de base a la convocatoria, cuyo contenido declara conocer y acepta plenamente. En la elaboración de esta oferta se han tenido en cuenta las obligaciones derivadas de las disposiciones vigentes en relación a la fiscalidad, a la protección del medio ambiente, y a las disposiciones vigentes en materia de protección del empleo, condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales.⁴

Fecha y firma del licitador.

DIRIGIDO AL ÓRGANO DE CONTRATACIÓN CORRESPONDIENTE.

Figura 34 – Modelo de proposición económica. Fuente: extracto de un modelo de proposición del Ayuntamiento de Madrid

Es en este momento cuando las empresas candidatas calculan el valor global por el cual están dispuestas a ejecutar la obra definida en el proyecto y según las estipulaciones contenidas en el PCAP. Esta cifra total se indica en la oferta económica, detallando en partida independiente del importe correspondiente al IVA que deba ser repercutido.

Las estrategias para elaborar y definir dicho importe son múltiples y dispares, pero siempre se establecen sobre la base de calcular los costes directos (CD) propios de las operaciones que están descritas y cuantificadas en el estado de mediciones del proyecto, ya sea por trabajos que deberá ejecutar directamente su personal o por trabajos o partidas de obra que total o parcialmente serán ejecutadas por empresas subcontratadas. Al importe resultante de esta estimación de costes directos se le añade la valoración realizada sobre los costes indirectos (CI) que la empresa considera que deberá soportar durante la ejecución de la obra y que, o bien no están explícitamente identificadas en el estado de mediciones del proyecto como partidas o bien no han estado

valoradas como factores portadores de coste en la valoración de las operaciones a CD descritas en el estado de mediciones del proyecto que ha estudiado la empresa.

Generalmente las empresas constructoras valoran los coste indirectos de la obra agrupándolos en cinco grande apartado: costes de estructura, gastos de inicio de la obra, gastos de final de la obra, gastos de amortización de inmovilizados y costes de financiamiento.

Al sumatorio de los importes de las partidas (resultado del producto entre el precio unitario de ejecución material (CD+CI) y la cantidad total medida de cada partida) se le repercute la parte proporcional de los gastos generales de empresa (GGE) y el beneficio industrial (BI) que espera obtener la empresa de la operación. Las bases de cálculo interno de estos dos conceptos (GGE y BI) no siempre coinciden con el proceso definido en la Ley de Contratos del Sector Público para la obtención del PBL (sin IVA) sino que, en este caso, los porcentajes a aplicar los determina la propia empresa en atención a cómo obtiene y trata su información económico contable (cuenta de explotación y balance de situación) y a cuáles son sus objetivos de negocio (sobre el total de costes, sobre el volumen de facturación, etc.).

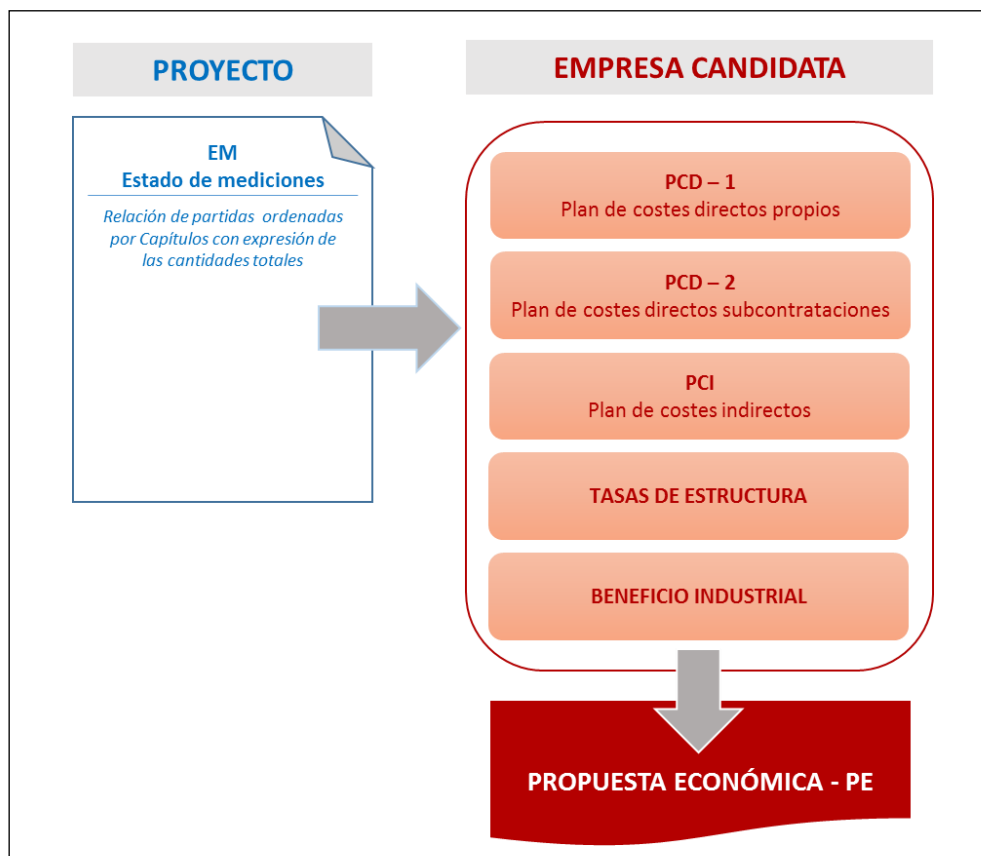


Figura 35 – Esquema de documentación económica principal para la elaboración de la oferta económica. Fuente: autora de la tesis

Es importante remarcar que todo este proceso detallado de valoración concluye con la presentación de una proposición económica que tan solo refleja el importe global por el cual la empresa está dispuesta a realizar la obra, el tipo e importe de IVA aplicado y la suma total de las dos cantidades anteriores. El esquema general del procedimiento que sigue la empresa licitadora para establecer su mejor oferta económica es el que se ha representado en Figura 35.

Una práctica usual, que ya se ha comentado, es establecer la reducción del plazo de ejecución como un criterio de adjudicación objetivo. En este caso, es costumbre incorporar en el modelo de proposición económica un campo específico para que se indique la duración propuesta por las empresas participantes.

C. CIERRE DE LA LICITACIÓN POR PARTE DE LA ADMINISTRACIÓN

La licitación concluye con la adjudicación de la obra a la empresa que haya quedado mejor clasificada según la valoración obtenida de los criterios de adjudicación señalados en el PCAP, previa presentación, por su parte y a requerimiento de la Administración contratante, de la documentación justificativa de hallarse al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias y con la Seguridad Social y de haber constituido la garantía definitiva que sea procedente. Una vez adjudicada la obra es obligatoria la formalización del contrato por escrito.

En esta etapa se destacan dos aspectos esenciales; cuáles son los precios unitarios de abono de las partidas de obra y qué tipo de contratación se utiliza o forma de abono del importe.

En cuanto a los precios unitarios de abono de las partidas, éste será el precio que se indica en el cuadro de precios unitarios del proyecto, incrementado por los márgenes de GGE y BI, fijados por orden ministerial según sea la Administración contratante y que ya han sido aplicados en el presupuesto base de licitación del proyecto, y aplicando el coeficiente de adjudicación resultado de dividir el importe sin IVA de adjudicación del contrato (importe ofertado en la proposición económica seleccionada) por el importe del PBL (sin IVA) del proyecto. Por lo tanto, la valoración de los trabajos para su posterior abono a la empresa adjudicataria se realiza con total independencia de los precios unitarios con los que la empresa ha valorado cada uno de los trabajos que ha de ejecutar y que le han servido de base para establecer el importe de la proposición económica presentada.

En relación al segundo aspecto, referido a la forma de contratación por lo que se refiere al abono total del precio, el marco legal vigente permite dos modalidades de abono de éste, el abono total y sobre la base de precios unitarios. En la mayoría de casos se realiza bajo la modalidad de precios unitarios cerrados y medición abierta. En este tipo de contrato la empresa adjudicataria asume el riesgo de la posible variación de los precios unitarios⁴⁴ pero no las desviaciones de medición o los defectos de proyecto. Este sistema permite que todo lo que no se haya contemplado en el proyecto y pase a ser necesario, los cambios, las adiciones, así como los imprevistos y los errores de medición, corran a

⁴⁴ Según el artículo 89 del TRLCSP la revisión de precios procederá siempre que no se haya establecido su improcedencia en el PCAP, cuando se haya ejecutado más del 20 por 100 del importe del presupuesto y hubiese transcurrido un año desde la formalización del contrato.

cargo de la Administración contratante. Aunque por definición en esta modalidad solo se paga lo previsto y contemplado en documento presupuesto, en la obra pública, la regulación establecida limita en gran medida la introducción de los denominados modificados. Lo que si se acepta, sin necesidad de ningún tipo de procedimiento administrativo de aprobación, es la variación en la cantidad de las partidas previstas en el presupuesto siempre que éstas no suponga un incremento del importe superior al 10 por ciento del importe primitivo de contrato⁴⁵. En punto 2.2.3 de este documento se ha desarrollado un apartado específico relativo a las variaciones, modificaciones y obra complementarias.

2.2.2.3 FASE DE EJECUCIÓN - OBRA

La fase de ejecución del contrato de obra se inicia, una vez formalizado el contrato, con el acta de comprobación del replanteo que fija el día de inicio de las obras. Durante esta etapa el contratista o contratistas adjudicatarios han de llevar a cabo la ejecución de las obras según lo proyectado y las indicaciones de la dirección facultativa. Puesto que la duración de las obras se alarga en el tiempo, el mismo TRLCSP establece en su artículo 232, específico de la ejecución del contrato de obras, que a efectos de pago la Administración expedirá mensualmente la certificación que corresponda de la parte de obra ejecutada durante dicho período de tiempo⁴⁶.

En el caso que la obra esté programada en más de una anualidad, la Ley prescribe la obligación, por parte del adjudicatario, de la presentación del plan de obra adaptado.

a. PRESENTACIÓN DEL PLAN DE OBRA

En el caso que la obra esté programada en más de una anualidad o bien si así se ha establecido en el PCAP, la Ley prescribe la obligación, por parte del adjudicatario del contrato, de la presentación del programa de trabajo. El contratista deberá cumplir esta exigencia en el plazo mínimo de 30 días desde la formalización del contrato. Este programa⁴⁷ deberá incluir:

- Ordenación en partes o clases de obra de las unidades que integran el proyecto, con expresión de sus mediciones.
- Estimación en días de los plazos de ejecución de las diversas obras u operaciones preparatorias, equipo e instalaciones y de los de ejecución de las diversas partes o unidades de obra.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada.
- Diagrama de las diversas actividades o trabajos.

⁴⁵ Artículo 234 del TRLCSP relativo a la modificación de los contratos de obra.

⁴⁶ Dichos abonos tienen el concepto de pagos a cuenta sujetos a las rectificaciones y variaciones que se produzcan en la edición final y sin suponer en forma alguna, aprobación y recepción de las obras que comprende.

⁴⁷ Esta información está contenida en el artículo 144 del RGLCAP relativo al "Programa de trabajo a presentar por el contratista.

En el TRLCSP se establece la obligación por parte del contratista de cumplir el contrato dentro del plazo total fijado para su realización, así como de los plazos parciales acordados. En caso que se produzca demora en el cumplimiento del plazo la Administración podrá optar entre la resolución del contrato o la imposición de las penalidades establecidas en el artículo 212.

b. ACREDITACIÓN Y ABONO DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Es el proceso mediante el cual la dirección facultativa cuantifica, valora, acredita y certifica periódicamente, el importe de los trabajos realizados y en correspondencia el importe a abonar a la empresa adjudicataria. Este proceso tiene varios elementos a considerar; las relaciones valoradas y las certificaciones de obra.

En el artículo 232 del TRLCSP, relativo certificaciones y abonos a cuenta, se señala que la Administración, a efectos de pago, expedirá mensualmente, las certificaciones que comprendan la obra ejecutada durante el período indicado.

El artículo 148 del RGLCAP establece el modo en que se procederá a la valoración de la obra realizada durante la fase de ejecución. En concreto, señala la obligación de que sea el director de la obra⁴⁸ quien, tomando como base las mediciones de las unidades de obra ejecutadas y los precios contratados, redacte mensualmente la correspondiente relación valorada. Y añade que la obra ejecutada se valorará a los precios de ejecución material que figuran en el cuadro de precios unitarios del proyecto. Al mismo tiempo, el artículo 150 del mismo texto, designa al director de la obra como el responsable de la expedición de la certificación de obra del período en base a la relación valorada efectuada. Además obliga al uso de un modelo oficial de certificación cuando se trate de obras de la Administración General del Estado, sus Organismos Autónomos y restantes entidades públicas estatales sujetas a la Ley.

La relación valorada es el documento, generalmente de formato libre, que cuantifica y evalúa la obra ejecutada y aceptada, desde el inicio de la obra hasta un momento concreto. Se confecciona a partir de la medición de las partidas ejecutadas y de los precios de ejecución material del proyecto. En una hoja resumen final se recoge el importe total de ejecución material como resultado del sumatorio de los importes de ejecución material de todos los capítulos en los que existen partidas valoradas. A este PEM se le imputan los porcentajes correspondientes de GGE y BI y se corrige con la aplicación del coeficiente de adjudicación. Finalmente, si la valoración se ha realizado a origen, se deduce el importe de la última certificación emitida y se obtiene el importe a certificar del período evaluado.

⁴⁸ El TRLCSP y el RGLCAP no distinguen entre el DO y el DEO, utilizando genéricamente los términos “dirección facultativa” y “director de la obra” respectivamente. En el caso que obligatoriamente deba existir un DO y un DEO según prescripción de la LOE, se entenderá que los dos términos utilizados hacen referencia a estos dos agentes.

Como ya se ha indicado, su formato acostumbra a ser libre y se presenta bajo diferentes modelos que, en muchas ocasiones, se utilizan para vigilar y controlar directamente el cumplimiento del objetivo de coste de la obra.

En el documento que conforma la relación valorada se pueden diferenciar principalmente dos secciones, ya ilustradas en el apartado “Técnicas de seguimiento y control económico y temporal” del punto 2.1.2.4 Las técnicas y metodologías de gestión de proyectos”; la primera que refleja el detalle de todos y cada uno de los trabajos que se han ejecutado (Figura 36) y, la segunda en la que se resume a nivel de capítulos la información valorada de toda la obra (Figura 37) y que adiciona y deduce los márgenes correspondientes para calcular el importe de la certificación.

RELACIÓN VALORADA A ORIGEN				
<i>Referencia de la obra:</i>				
<i>Relación valorada a origen número:</i>				
<i>Fecha:</i>				Pag. 1 de _
			EJECUTADO	
<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio/ud</i>	<i>Importe</i>
C01 ESTRUCTURA DE HORMIGÓN				
P0110	m ²			
P0120	m ³			
P0130	m ²			
P0110	Kg			

Figura 36 – Esquema de la estructura de la relación valorada de una obra con el detalle de las partidas valoradas. Fuente: autora de la tesis doctoral

RESUMEN RELACIÓN VALORADA A ORIGEN		
Referencia de la obra:		
Relación valorada a origen número:		
Fecha:		Pag. 1 de _
Código	Descripción	Importe ejecutado
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
C02	CIMENTACIÓN	
C03	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	
C04	ESTRUCTURA METÁLICA	
Cn	GESTIÓN DE RESIUDOS	
Presupuesto de ejecución material (PEM)		<input type="text"/>
Gastos generales de empresa (GGE) 13 %		
Beneficio industrial (BI) 6 %		
Presupuesto de ejecución por contrato (PEC)		<input type="text"/> (-)
Coeficiente de adjudicación (Cadj)		
PEC después de la baja		<input type="text"/>
A deducir certificación anterior nº _		<input type="text"/> (-)
Certificación sin IVA		<input type="text"/>
_ % IVA		
Líquido certificación nº _		<input type="text"/>

Figura 37 – Esquema de la estructura de la relación valorada de resumen de los importes de los capítulos de obra ejecutados⁴⁹. Fuente: autora tesis doctoral

Generalmente se presenta en dos formatos diferentes, el representado en las Figura 36 y Figura 37 que muestran solo el importe de los trabajos ejecutados y aceptados y, el segundo, más completo, representado en las Figura 38 y Figura 39 que además de recoger la información del modelo anterior, se añaden los importes totales del presupuesto de proyecto para facilitar la vigilancia y el control. Sin duda, la segunda opción es mucho mejor.

⁴⁹ Cabe subrayar, que en aplicación de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud Laboral (Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obra de construcción), es común interpretar que el presupuesto de Seguridad y Salud Laboral no puede sufrir disminución del importe previsto (Gifra, E. (2000) y (Ribera Roget, 2011).

RELACIÓN VALORADA A ORIGEN							
Referencia de la obra:							
Relación valorada a origen número:							
Fecha:							Pag. 1 de _
		PROYECTADO			EJECUTADO		
Código	Descripción	Cantidad	Precio/ud	Importe	Cantidad	Precio/ud	Importe
C01 ESTRUCTURA DE HORMIGÓN							
PO110	m ²						
PO120	m ³						
PO130	m ²						
PO110	Kg						

Figura 38 – Esquema de la estructura de la relación valorada de obra con detalle de partidas que figuran en el proyecto y de las ejecutadas. Fuente: autora tesis doctoral

RESUMEN RELACIÓN VALORADA A ORIGEN			
Referencia de la obra:			
Relación valorada a origen número:			
Fecha:			Pag. 1 de _
Código	Descripción	Importe PROYECTADO	Importe EJECUTADO
C01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
C02	CIMENTACIÓN		
C03	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN		
C04	ESTRUCTURA METÁLICA		
Cn	GESTIÓN DE RESIUDOS		
Presupuesto de ejecución material (PEM)			
Gastos generales de empresa (GGE) 13 %			
Beneficio industrial (BI) 6 %			
Presupuesto de ejecución por contrato (PEC)			
Coeficiente de adjudicación (Cadj)			
PEC después de la baja			
A deducir certificación anterior nº _			
Certificación sin IVA			
_ % IVA			
Líquido certificación nº _			

Figura 39 – Esquema de la estructura de la relación valorada de obra de resumen de los importes de los capítulos del proyecto y de los ejecutados hasta el momento. Fuente: autora tesis doctoral

La utilización de programas informáticos específicos de gestión para la emisión de certificaciones simplifica substancialmente la extracción de la información, puesto que éstos disponen de diferentes formatos de informes diseñados expresamente para facilitar la labor (Figura 40, Figura 41, Figura 42 y Figura 43). A continuación se muestran algunas imágenes extraídas de los listados incluidos en los programas Presto, Arquímedes y TCQ.

CERTIFICACIÓN ACTUAL Y A ORIGEN							
Obra con certificación en fase 9		Certificación: 9 31/01/13					
CÓDIGO	RESUMEN	ORIGEN		ANTERIORES		ACTUAL	
		CANT	IMPORTE	CANT	IMPORTE	CANT	IMPORTE
E07	CERRAMIENTOS Y DIVISIONES						
E07LSB100	m2 Fábrica de ladrillo perforado tosco a una cara vista de 24x11,5x5 cm, e=1 pie	2.315,39	137.626,78	2.315,39	137.626,78	0,00	0,00
E07LP013	m2 Fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7 cm, e=1/2 pie en interior	1.906,28	37.763,41	1.906,28	37.763,41	0,00	0,00
E07BHV030	m2 Fábrica de bloques huecos de hormigón gris estándar de 40x20x20 cm, con una cara vista	115,86	5.534,63	115,86	5.534,63	0,00	0,00
E07TLA010	m2 Tabique de hueco sencillo de 24x11,5x4 cm	2.935,16	48.165,98	2.935,16	48.165,98	0,00	0,00
E07TLC030	m2 Tabicón de ladrillo de hueco doble mahon de 29x14x10 cm, con mortero blanco	1.404,95	37.947,70	1.404,95	37.947,70	0,00	0,00
E07TLP010	m2 Pared separadora Silensis de 1/2 pie y trasdosado de ladrillo hueco métrico de 24x11,5x5 cm	1.013,74	35.815,43	160,81	5.681,42	852,93	30.134,02
E07WP020	m Formación peldaño con ladrillo de hueco doble de 9 cm	169,20	2.796,88	0,00	0,00	169,20	2.796,88
E07WF010	m Forrado de conducto de ventilación doble con ladrillo de hueco simple de 4 cm	144,00	3.820,32	0,00	0,00	144,00	3.820,32
	TOTAL E07		309.471,13		272.719,92		36.751,22
E08	REVESTIMIENTOS Y FALSOS TECHOS						
E08PFA020	m2 Enfoscado a buena vista con mortero CSIII-W1 en cámaras	1.725,30	10.023,99	1.725,30	10.023,99	0,00	0,00
E08PEM010	m2 Guarnecido maestreado con yeso negro y enlucido con yeso blanco	17.218,28	187.507,07	7.785,92	84.788,67	9.432,36	102.718,40
E08TAE010	m2 Falso techo de placas de escayola lisa	705,76	13.719,97	0,00	0,00	705,76	13.719,97
	TOTAL E08		211.251,03		94.812,66		116.438,37

Figura 40 – Certificación actual y a origen de una obra del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

CERTIFICACIÓN Y MEDICIONES								
Obra con certificación en fase 9							Certificación: 9	31/01/2013
CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E10	AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN							
E10ATV550	m2 Aislamiento térmico en muros con poliestireno extruido Ursa XPS N WE de 50 mm							
	Planta 4							
		1	12,00		2,95	35,40		
		1	14,10		2,95	41,60		
		1	12,60		2,95	37,17		
		1	6,00		2,95	17,70		
		1	7,00		2,95	20,65		
		1	11,60		2,95	34,22		
	Planta 5							
		1	12,00		2,95	35,40		
		1	14,10		2,95	41,60		
		1	12,60		2,95	37,17		
		1	6,00		2,95	17,70		
		1	7,00		2,95	20,65		
		1	11,60		2,95	34,22		
	Planta 6							
		1	12,00		2,95	35,40		
		1	14,10		2,95	41,60		
		1	12,60		2,95	37,17		
		1	6,00		2,95	17,70		
		1	7,00		2,95	20,65		
		1	11,60		2,95	34,22		
						1.153,63	11,38	13.128,31
Certificaciones anteriores.....						780,15	11,38	8.878,11
Certificación actual.....						373,48	11,38	4.250,20
TOTAL E10.....								13.128,31
Certificaciones anteriores.....								8.878,11
Certificación actual.....								4.250,20

Figura 41 – Certificación con líneas de medición de una obra del programa PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

RELACIÓN VALORADA DE LAS UNIDADES DE OBRA EJECUTADAS HASTA LA FECHA					
Obra con certificación en fase 9					
Nº UNIDADES		CLASE DE OBRA (Designación o descripción de las partidas)	PRECIO POR UNIDAD	IMPORTE	
MEDICIÓN DE TODA LA OBRA EJECUTADA A ORIGEN [a]	MEDICIÓN SEGUN PROYECTO (máximo que puede acreditarse) [b]			TOTAL OBRA EJECUTADA [a] x [p]	QUE NO SE ACREDITA (sólo cuando a > b) [a-b] x [p]
2.850,82	1.901,80	E02 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO			
		E02CM030 m3 Excavación en terrenos compactos a máquina	2,33	6.642,41	2.211,22
324,00	324,00	E02RV020 m2 Refinado de vedados, en terrenos duros, a mano	5,38	1.743,12	
190,00	190,00	E02QB050 m3 Excavación en bataches, en terrenos duros, a máquina	15,06	2.861,40	
253,79	253,79	E02PM030 m3 Excavación en pozos en terrenos compactos, a máquina	15,30	3.882,99	
888,30	888,30	E02FP020 m2 Refinado de zanjas, pozos y bataches, en terrenos duros, a mano	5,54	4.921,18	
73,05	73,05	E02ES020 m3 Excavación en zanjas de saneamiento, en terrenos duros, a mano	59,60	4.353,78	
4.331,52	2.508,00	E02TT040 m3 Transporte de tierras al vertedero, d < 20 km, carga a máquina	15,10	65.405,95	27.535,15
		TOTAL E02 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO		89.810,83	29.746,37

Figura 42 – Relación valorada de una obra de PRESTO con el desglose de las partidas, con sus cantidades e importes certificados a origen y el exceso del importe certificado respecto al presupuestado. Fuente: programa Presto de RIB Spain

RESUMEN DE CERTIFICACIÓN			
Obra con certificación en fase 9			
CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
E01	ACTUACIONES PREVIAS	4.990,54	100,00
E02	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	89.810,83	149,52
E03	RED DE SANEAMIENTO.....	6.497,77	100,00
E04	CIMENTACIONES.....	80.458,60	100,00
E05	ESTRUCTURAS.....	562.291,22	100,00
E07	CERRAMIENTOS Y DIVISIONES.....	309.471,13	89,23
E08	REVESTIMIENTOS Y FALSOS TECHOS.....	211.251,03	99,16
E09	CUBIERTAS.....	50.129,79	100,00
E10	AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN.....	13.128,31	11,56
E11	PAVIMENTOS	5.074,15	1,77
EJECUCIÓN MATERIAL		1.333.103,37	
	13,00% Gastos generales.....	173.303,44	
	6,00% Beneficio industrial.....	79.986,20	
	Suma.....	253.289,64	
EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA		1.586.393,01	
	12,8706543% Baja.....	204.179,16 (-)	
EJECUCIÓN DESPUÉS DE BAJA		1.382.213,85	
	A deducir certificación nº 8.....	1.161.736,50 (-)	
CERTIFICACIÓN SIN IVA		220.477,35	
	21,00% IVA.....	46.300,24	
LÍQUIDO CERTIFICACIÓN Nº 9		266.777,59	

Asciende la presente certificación a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

Madrid, a 7 julio 2017.

Figura 43 – Resumen de certificación de una obra de PRESTO. Fuente: programa Presto de RIB Spain

La certificación de obra ordinaria es el documento, de formato reglamentado, mediante el cual la dirección facultativa de la obra da fe y acredita el importe que la Administración ha de pagar por la obra ejecutada en cada período según la valoración expresada en la correspondiente relación valorada. Según la legislación vigente, existen otros tipos de certificaciones de obra a parte de la ordinaria, como son: la certificación de obra anticipada, la certificación de obra final y la certificación de obra de liquidación. Su formato, reproducido en la Figura 44, está recogido en el anexo XI del RGLCAP y a menudo recoge adaptaciones particulares de cada Administración contratante.

**ANEXO XI
CERTIFICACIÓN ORDINARIA, ANTICIPADA O FINAL**

Ministerio de (1) Servicio (3)	Crédito presupuestario (2)
Designación de las obras (4)	Fechas de: (9) Licitación: Comienzo: Terminación:
Clave (5)	Programa presupuestario (6)
Certificación (7) Num. Mes y año (8)	Coeficiente adjudicación: (12) Formula (s) tipo de revisión: (13)
Adjudicatario: (10) NIF: (11)	
CONCEPTO	TOTAL
	(14) (15)
Presupuesto vigente líquido	
Importe acreditado en certificaciones anteriores	
	Total (a) (16)
Obra ejecutada durante el período a que corresponde la certificación	Que no se acredita (b) (17)
Importe líquido que se acredita en esta certificación	Obra ejecutada y que se acredita en esta certificación (a) - (b)
	Obra ejecutada con anterioridad (18)
	Revisión de precios (detalle aparte) (19)
	Abonos o anticipos a cuenta no revisables (detalle aparte) (20)
	Abonos o anticipos a cuenta revisables (detalle a parte) (21)
	Deducción (detalle aparte)
	Total

EL DIRECTOR de las obras D. (22)

CERTIFICO:

1º. Que el importe de las obras ejecutadas en el período a que corresponde esta certificación asciende a la cantidad de

2º. Que el importe que se acredita al adjudicatario asciende a la cantidad de

CONFORME

EL (23) de de 20

EL DIRECTOR DE LAS OBRAS

Figura 44 – Modelo de certificación ordinaria, anticipada o final establecida en el RGLCAP.
Fuente: Reglamento General de la Ley de Contratos de la Administraciones Públicas.

El esquema procesal de conjunto que debería seguirse para la redacción de las relaciones valoradas de obra y en la emisión de la correspondiente certificación ordinaria de obra es la que se representa en la Figura 45.

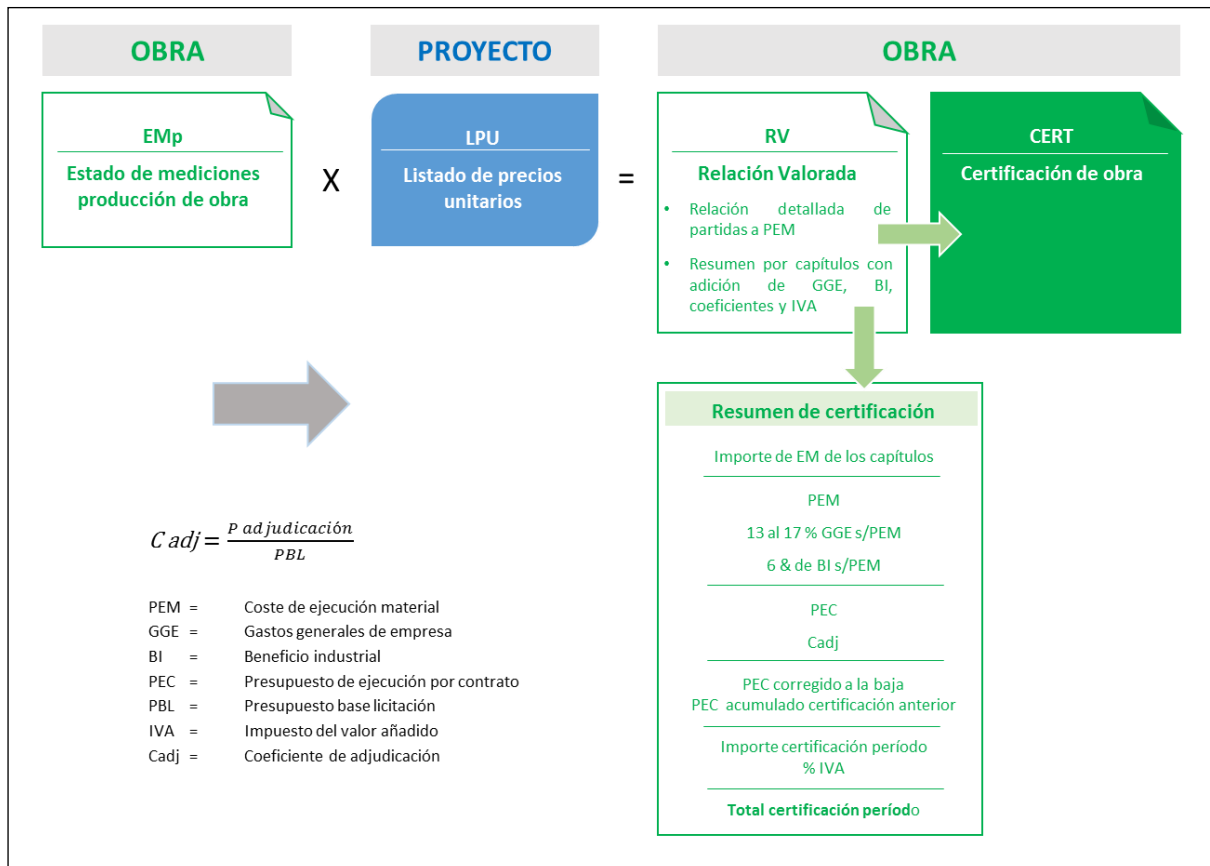


Figura 45 – Esquema procesal de redacción de la relación valorada y de la emisión de la certificación de obra ordinaria correspondiente. Fuente: autora tesis doctoral

c. PRÓRROGA DEL PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

En la obra pública los requerimientos de carácter temporal son muy presentes en todo el proceso y su incumplimiento puede acarrear graves consecuencias para el contratista. En la fase de ejecución de los contratos de obra se establece una fecha límite para el inicio de las obras y una duración máxima para su entrega y puesta a disposición para la Administración. Incluso, en muchas ocasiones la reducción del plazo señalado se puntúa como un criterio de adjudicación, luego el incumplimiento de esta condición esencial del contrato aún conlleva consecuencias mucho más graves.

Así pues, la empresa adjudicataria del contrato está obligada a realizar y entregar la obra dentro del plazo límite fijado, así como, en caso que se hayan establecido plazos parciales, cumplir con sus obligaciones sucesivas a lo largo del desarrollo de las obras. En el caso que el contratista incumpla con estas obligaciones temporales la Administración podrá resolver el contrato o bien imponer las

penalidades económicas diarias⁵⁰ recogida en el TRLCSP o las estipuladas en el PCAP, si se hubieran considerado.

En el supuesto que el retraso acumulado no fuese imputable al contratista y éste se comprometiese a entregar la obra dentro de un nuevo plazo, la Ley prevé que se le podrá conceder una prórroga del plazo señalado inicialmente, que será, por lo menos, igual al tiempo perdido.

Si el contratista se ve obligado a solicitar una prórroga del plazo de ejecución deberá realizar la petición frente al órgano de contratación dentro de los quince días siguientes desde aquél en que se produzca la causa originaria del retraso. En su petición deberá justificar la causa o causas originarias y alegar que no le son imputables, además de fijar el tiempo necesario que precisa para subsanar la situación. Si no se formula este trámite dentro del plazo señalado se estima que el contratista renuncia a su derecho, quedando la Administración facultada para conceder, dentro del último mes del plazo de ejecución, la prórroga que estime conveniente, con imposición, si procede, de las penalidades previstas en la Ley o establecidas en el PCAP.

En el artículo 231 del TRLCSP se enumeran los casos en que se puede considerar la condición de “fuerza mayor”. Cabe tenerlas muy presentes puesto que son causas, que en caso de producirse, podrán alegarse cuando sea necesaria la ampliación del plazo de ejecución del contrato, siempre que la actuación del contratista no haya sido imprudente. Además de por causa de fuerza mayor el contratista podrá acceder a la prórroga en los casos en que se aprueben modificaciones de proyecto que contemple actuaciones que requieran una ampliación del plazo de ejecución.

En los contratos de obra una de las causas de resolución del contrato de obras, que debe tenerse muy presente, es el incumplimiento del plazo fijado para la comprobación del replanteo⁵¹.

En consideración a lo expuesto puede alegarse que en las obras públicas los plazos son difícilmente movibles, pues cualquier incidencia que pueda suponer un incremento de tiempo conlleva iniciar un trámite de arduo recorrido y que no siempre culmina en beneficio del solicitante. Es por ello que, en el caso que aparezcan alteraciones de pequeño calado, no es planteable la modificación del plazo temporal. Asimismo, tal como ya se ha revelado anteriormente, el plan de obra debe trazar un camino en el que se hayan previsto que puedan producirse situaciones no contempladas que puedan ser asumidas y absorbidas durante la propia marcha de la obra. Esto es, que sea lo suficientemente flexible para que no sea necesario su redefinición a la mínima ocasión en la que se produzca un contratiempo.

⁵⁰ En el artículo 212 del TRLCSP se determina como importe de la penalidad por demora en la ejecución del contrato una cantidad diaria de 0,20 euros por cada 1.000 euros del precio del contrato.

⁵¹ Según el artículo 229 del TRLCSP relativo a la “comprobación del replanteo en los contratos de obras” las obras se iniciarán con el acta de comprobación del replanteo, en la fecha señalada en el contrato que no podrá ser superior a un mes desde la fecha de formalización del contrato.

2.2.3 LAS VARIACIONES, MODIFICACIONES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

2.2.3.1 LAS ALTERACIONES DE CARÁCTER ECONÓMICO SEGÚN EL TRLCSP

Aunque en breve se dispondrá de un nuevo texto de regulación de la contratación pública española adaptado a la Directiva Europea, se expone a continuación el tratamiento que el actual texto le da a las alteraciones de carácter económico que pueden producirse a lo largo de la ejecución del contrato, es decir, durante el desarrollo de la obra.

De la redacción de las disposiciones contenidas en la Ley, se deduce la siguiente clasificación de las modificaciones:

- **Variaciones en las cantidades de las partidas contempladas en el proyecto aprobado.** En el artículo 234 del TRLCSP se recoge la posibilidad de introducir variaciones sin necesidad de previa aprobación cuando éstas consistan en la alteración en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto, siempre que no representen un incremento del gasto superior al 10 por ciento del precio primitivo del contrato. El precio primitivo del contrato es el precio de adjudicación inicial, sin que se puedan tener en cuenta, a tal efecto, ni ulteriores modificaciones aprobadas ni contratos complementarios⁵².

La junta consultiva de Contratación Administrativa ha interpretado esta modificación del contrato en su informe 16/06⁵³, y concluye que:

- La variación en el número de unidades ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto, implica tanto el aumento como la disminución del número de unidades ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto.
- Cuando la variación es debida a una disminución en el número de unidades ejecutadas, no se aplica el límite del 10 % del precio primitivo del contrato.
- Cuando la variación es debida a un aumento en el número de unidades ejecutadas, el límite es del 10 % del precio primitivo del contrato.
- El límite del 10 % ha de aplicarse sobre el saldo de dichos aumentos o reducciones, es decir, teniendo en cuenta la variación total que se produce en el número de unidades ejecutadas, lo que implica la posibilidad de compensar excesos en la ejecución de determinadas unidades de obra con defectos en la ejecución de otro tipo de unidades de obra sobre las realmente previstas, siendo el exceso o defecto de medición final sobre el que se aplica el límite del 10 % del precio primitivo del contrato.

⁵² Informe 8/2008 de la JCCA de la Generalitat de Catalunya, de 27 de noviembre. "Contrato de obras. Aplicación del porcentaje del 10 % del precio primitivo del contrato en razón de variación de unidades de obra realmente ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto".

⁵³ Informe 16/06 de la JCCA, de 30 de octubre de 2006. "Interpretación del artículo 160.1 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas en cuanto a su aplicación a las variaciones en las mediciones.

La Ley considera que estos excesos son consecuencia de inexactitudes del proyecto o del presupuesto que resultan inevitables por lo que se prevé la posibilidad de abonarlas sin necesidad de recurrir a la modificación del contrato⁵⁴.

En el artículo 160 del RGLCAP se indica que dichas variaciones se deberán incorporar a las relaciones valoradas mensuales y deberán ser recogidas y abonadas en las certificaciones correspondientes. A la vez establece que en el caso de que, con posterioridad, se produzca la necesidad de introducir modificaciones, en el proyecto modificado se recogerán estas variaciones contabilizándose a parte, con el fin de que el proyecto de obras refleje fielmente, en todo momento, la realidad de la obra ejecutada. La propia naturaleza legal de la desviación en las mediciones previstas con un margen de hasta el 10 %, hace que no se considere acumulable al importe que produzcan otras modificaciones.

- **Modificaciones.** El capítulo V reúne las disposiciones relativas a las modificaciones de los contratos. En el artículo 105 se describe la modificación identificando en qué supuestos está condición no podrá ser aplicada. Indica que no podrá modificarse el contrato cuando se pretenda adicionar prestaciones complementarias a las inicialmente contratadas, ampliar el objeto del contrato a fin de que cumpla nuevas finalidades no contempladas o incorporar una prestación susceptible de utilización o aprovechamiento independiente. Y establece, para estos supuestos la posibilidad de aplicar el régimen para la adjudicación de los contratos complementarios.

Diferencia entre dos tipos de modificaciones, las previstas y las que no lo son.

- **Modificaciones previstas.** Se permiten en el caso que en el pliego o en el anuncio de licitación se haya advertido expresamente esta posibilidad y se hayan detallado de forma clara, precisa e inequívoca las condiciones en que podrá hacerse uso del modificado, así como el alcance y límites que pueden acordarse con expresa indicación del porcentaje del precio del contrato al que como máximo puedan afectar y se describa el procedimiento que haya de seguirse para ello.
- **Modificaciones no previstas.** Solo podrán efectuarse cuando se justifique suficientemente la concurrencia de alguna de las siguientes circunstancias:
 - Inadecuación de la prestación contratada para satisfacer las necesidades que pretenden cubrirse mediante el contrato debido a errores u omisiones padecidos en la redacción del proyecto o de las especificaciones técnicas.
 - Inadecuación del proyecto o de las especificaciones de la prestación por causas objetivas que determinen su falta de idoneidad, consistentes en circunstancias de tipo geológico, hídrico, arqueológico, medioambientales o similares, puestas de

⁵⁴ Informe 43/08 de la JCCA del Estado, de 28 de julio de 2008. "Modificaciones de los contratos, interpretación del artículo 202 de la Ley de Contratos del Sector Público. Régimen Jurídico aplicable a los contratos cuya convocatoria de licitación hubiese sido objeto de un anuncio publicado con anterioridad a la entrada en vigor de la Ley y su adjudicación se hubiese producido con posterioridad".

manifiesto con posterioridad a la adjudicación del contrato y que no fuesen previsibles con anterioridad aplicando toda la diligencia requerida.

- Fuerza mayor o caso fortuito que hiciesen imposible la realización de la prestación en los términos inicialmente definidos.
- Conveniencia de incorporar a la prestación avances técnicos que la mejoren notoriamente, siempre que su disponibilidad en el mercado se haya producido con posterioridad a la adjudicación del contrato.
- Necesidad de ajustar la prestación a especificaciones técnicas, medioambientales, urbanísticas, de seguridad o de accesibilidad aprobadas con posterioridad a la adjudicación del contrato.

En todos los casos descritos la modificación del contrato no podrá alterar las condiciones esenciales de la licitación y adjudicación y deberá limitarse a introducir variaciones estrictamente indispensables para responder a la causa objetiva que la haga necesaria. Se entenderá que alteran las condiciones esenciales los siguientes casos:

- Cuando la modificación varíe sustancialmente la función y características esenciales de la prestación inicialmente contratada.
- Cuando la modificación altere la relación entre la prestación contratada y el precio, tal como esa relación quedo definida por las condiciones de adjudicación.
- Cuando para la realización de la prestación modificada fuese necesaria una habilitación profesional diferente de la exigida para el contrato inicial unas condiciones de solvencia sustancialmente distintas.
- Cuando las modificaciones del contrato iguallen o excedan, en más o en menos, el 10% del precio de adjudicación; en el caso de modificaciones sucesivas, el conjunto de ellas no podrá superar este límite.

La JCCA Estatal, en su informe 73/2011⁵⁵, ha recogido la forma en que algunos aspectos del régimen legal de las modificaciones de los contratos públicos, deben ser interpretados a la luz de las observaciones remitidas desde los Servicios de la Comisión Europea. En concreto la recomendación versa sobre dos aspectos regulados en el artículo 107 del TRLCSP:

1. Modificaciones vinculadas a errores u omisiones del proyecto. Para proceder a la modificación bajo esta circunstancia es necesario que se demuestre que, éstos no se han producido por falta de la diligencia en la redacción del proyecto en el desarrollo de una buena práctica profesional. De hecho la observación emitida por la Comisión Europea pretende extender la diligencia exigida en la modificación del contrato vinculada a circunstancias geológicas, hídricas, arqueológicas, medioambientales y similares, a la debida a errores u omisiones del proyecto.

⁵⁵ Informe 73/2011, de la JCCA del Estado, de 1 de marzo de 2012. "Recomendación de la JCCA a los órganos de contratación sobre la interpretación de algunos aspectos del régimen de modificaciones de los contratos públicos".

2. Calificación de esencial de la modificación del contrato, cuando se realice en función de las variaciones que pueda experimentar los precios del mismo, cuando se supere el 10 % del precio primitivo del contrato. Siempre que se supere el límite indicado la modificación será considerada esencial. Cuando el importe correspondiente a la modificación se encuentre por debajo del límite señalado no siempre será calificada como no esencial.

Según se recoge en el informe 23/2011 de la JCCA del Estado⁵⁶, la alteración en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en las mediciones de proyecto, es un supuesto específico de modificación legal, que no se incluye entre los supuestos de modificaciones no previstas en la documentación que rige la licitación.

En concreto, el límite del 10 % del precio de adjudicación del contrato recogido en el artículo 107 del TRLCSP para considerar alterada una condición esencial, no comprende los eventuales excesos de medición. Por lo tanto, estos dos porcentajes máximos serán compatibles e independientes entre sí. Así pues, se podrá tener un modificado no previsto cuando se produzcan una o varias circunstancias legales, no se alteren las condiciones esenciales de la licitación y adjudicación y no se exceda del 10 % del importe de adjudicación y además hasta un 10 % de incremento del gasto por exceso de medición de las unidades de obra prevista.

- **Obras complementarias.** En el articulado de TRLCSP únicamente se hace alusión a las obras complementarias en el artículo 171. A través de este artículo se permite la utilización del procedimiento negociado para la adjudicación de obras complementarias al contratista de la obra principal, siempre que se cumplan una serie de requisitos. En ningún momento, el texto legal, define lo que se entiende por obras complementarias. En el artículo 105, relativo a los modificados de contrato, se describen el tipo de actuaciones que no podrán adicionarse al contrato inicial a través de un modificado. Al final de este mismo artículo se da a entender que las actuaciones descritas se pueden calificar como obras complementarias, pues permite que se les aplique el régimen especial de contratación de obras complementarias al contratista principal a través de un procedimiento negociado, cuando se cumplan los requisitos establecidos a tal efecto.

El tipo de actuaciones, descritas en el artículo 105, que no podrán incorporarse al contrato vigente, mediante el trámite de un modificado, son:

- Adicionar prestaciones complementarias a las inicialmente contratadas.
- Ampliar el objeto del contrato para que puedan cumplirse nuevas finalidades.

⁵⁶ Informe 23/2011, de la JCCA de la Comunidad Autónoma de Aragón, de 12 de septiembre. "Cuestiones derivadas del nuevo régimen de modificación de los contratos públicos introducido por la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible".

- Incorporar nuevas prestaciones susceptibles de utilización o aprovechamiento independiente.

En el artículo 105 del TRLCSP se plantea que la introducción de prestaciones complementarias, es decir, una nueva prestación no propuesta ni detallada en el contrato primitivo, no será considerada como un modificado. En este caso obligatoriamente deberá procederse a una nueva contratación que seguirá el procedimiento que corresponda según sus características. Señala el mismo artículo que en los supuestos enumerados anteriormente podrá aplicarse el régimen establecido para la adjudicación de contratos complementarios si concurren las circunstancias previstas en el artículo 171 b) del TRLCSP.

El contenido de los artículos referidos a la obra complementaria no permite concretar con certeza qué tipo de actuaciones pueden definirse como tal. Frente a las dudas suscitadas la Intervención General de la comunidad de Madrid se ha pronunciado a través de un informe⁵⁷ en el que pretende ahondar en el concepto normativo y doctrinal de la obra complementaria. En atención al redactado de este informe se puede definir una obra complementaria como:

- El conjunto de actuaciones accesorias respecto a la obra principal, no necesarias pero convenientes para su mejor ejecución. Esto justifica el hecho de que deban ejecutarse durante el curso de la obra principal.
- No incluidas en el proyecto principal.
- Susceptibles de contratación independiente.

Los criterios definidores de la obra complementaria elaborados en la doctrina del Consejo de Estado podrían sintetizarse de la siguiente forma:

- Posibilidad de utilización separada de la obra accesorias respecto de la principal. Se trata de una obra distinta e independiente por no estar prevista en el proyecto inicial y con sustantividad propia, susceptible de utilización autónoma.
- Su dependencia con el proyecto inicial, en el sentido que dichas obras deben ser añadidos no esenciales al proyecto inicial, si bien, resultan necesarios o muy convenientes para completar o perfeccionar la obra en orden de un mejor cumplimiento de su finalidad y sin que en ningún caso represente modificaciones imprescindibles para asegurar el fin previsto inicialmente en el proyecto.
- Las dificultades técnicas o económicas derivadas de su adjudicación y ejecución independientes.

Para que la ejecución de las obras complementarias se confíe al contratista de la obra principal a través de un procedimiento negociado sin publicidad, es necesario que concurren ciertos requisitos y no se sobrepasen ciertos límites (artículo 171 del TRLCSP). Éstos son:

⁵⁷ Informe de la Intervención General de la Comunidad de Madrid de 18 de julio de 2003. "Contratos. Concepto de obra complementaria y tramitación del expediente de contratación".

- Se trate de obras que no figuren en el proyecto ni en el contrato pero que debido a una circunstancia que no pudiera haberse previsto por un poder adjudicador diligente pasen a ser necesarias para ejecutar la obra tal como estaba descrita en el proyecto o en el contrato sin modificarla.
- Los nuevos precios sean los que rijan para el contrato primitivo o se fijen contradictoriamente.
- Siempre que dichas obras no puedan separarse técnica o económicamente del contrato primitivo sin causar grandes inconvenientes al órgano de contratación.
- Si resultaran separables, sean estrictamente necesarias para su perfeccionamiento.
- Que el importe acumulado de estas obras complementarias no supere el 50 por ciento del importe primitivo del contrato -importe de adjudicación del contrato-.

La redacción de los requisitos establecidos en este artículo parece poco afortunada puesto que introduce afirmaciones que pueden confundir al lector. Esto mismo pone de manifiesto el Informe de la Intervención General de 22-10-2002, en relación a la redacción del artículo 141.d) del TRLCAP. En él se señala lo siguiente:

“ algunos criterios, como la referencia a las circunstancias imprevistas o el carácter de obras necesarias para la ejecución del contrato, que se adivinan más propios del concepto de modificación del contrato que de las obras complementarias, y que por ello deben interpretarse de manera atemperada y no literal dentro del marco general de los caracteres que definen éstas, y en ningún caso considerarlos como amparo para incluir en esta figura supuestos cuya naturaleza responde claramente a la concepción de las modificaciones del contrato inicial de obras.”

Aunque el informe anterior se refiera al derogado TRLCAP sirve igualmente para el texto actual que sustituye al precepto indicado (artículo 171 del TRLCSP) ya que plantea las mismas circunstancias.

En resumen, las obras complementarias constituyen añadidos no esenciales, necesarios o convenientes para mejorar el cumplimiento de la finalidad de la obra principal. Por otra parte, los modificados vienen referidos a obras cuya ejecución resulta irrenunciable para asegurar el cumplimiento de la propia finalidad del contrato.

Otra gran diferencia entre obras complementarias y modificadas radica en la formalización del trámite que permite realizar éstas. Los modificados pasan a formar parte del proyecto y contrato inicial, mientras que las obras complementarias son objeto de un proyecto y contrato independientes.

Los requisitos y límites establecidos para que sea posible su adjudicación de obras complementarias al contratista principal son dos:

1. Que las actuaciones sean calificadas como obras complementarias.
2. Que los nuevos precios aplicables se redacten en base a los del contrato primitivo o cuando esto no sea posible se fijen contradictoriamente.
3. Que el total del presupuesto de estas obras complementarias no sea superior al 50 por ciento del importe primitivo del contrato del cual deriven.

Las demás obras complementarias que no cumplan los requisitos enumerados serán objeto de un nuevo procedimiento para su contratación independiente.

En la Figura 46 se muestran a modo esquemático las posibles alteraciones de carácter económico que pueden sucederse lo largo de la fase de ejecución de la obra, según regulación del actual TRLCSP. Y en la Figura 47 se recogen los límites económicos que no pueden sobrepasarse.

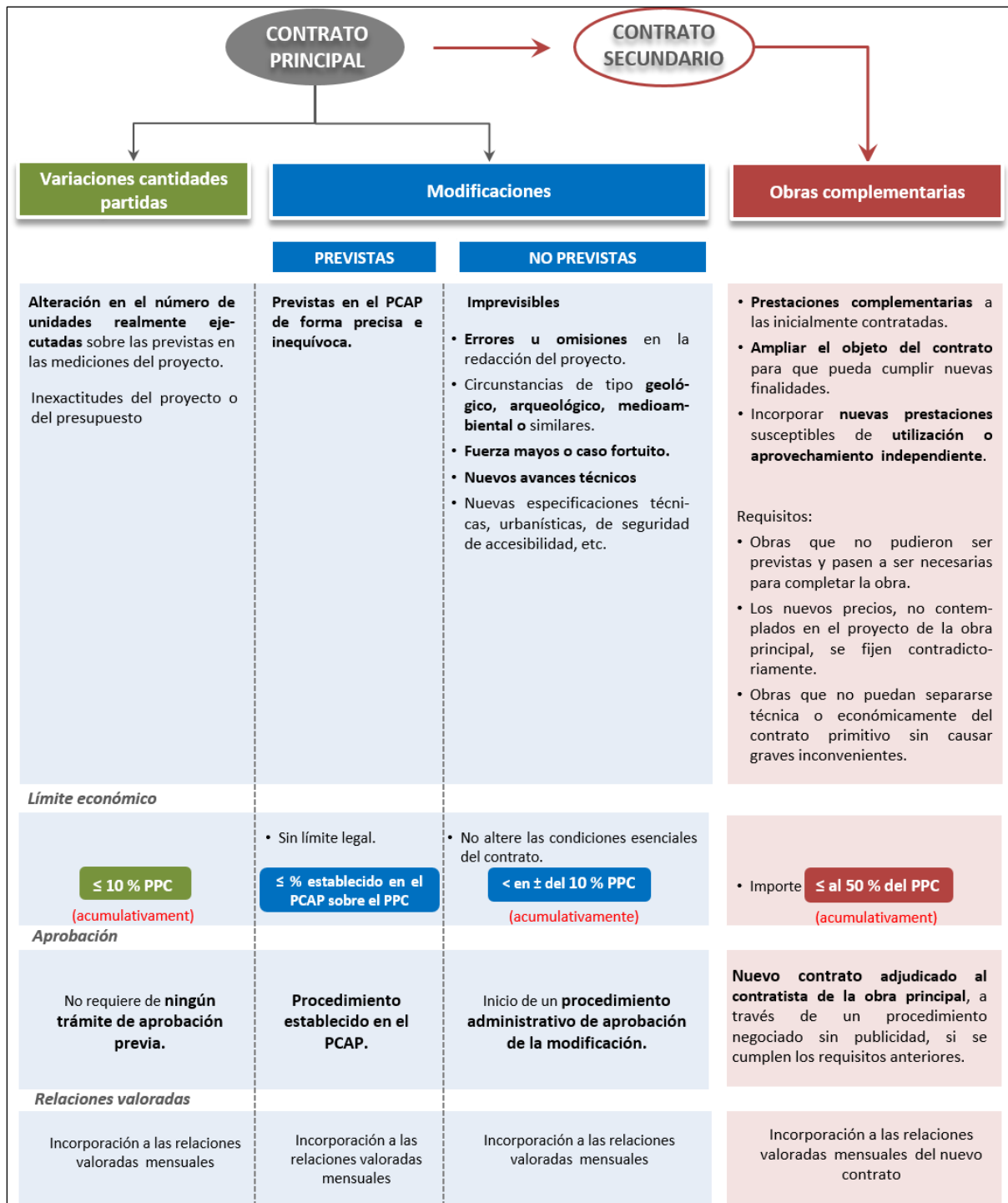


Figura 46 – Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según el TRLCSP. Fuente: autora tesis doctoral

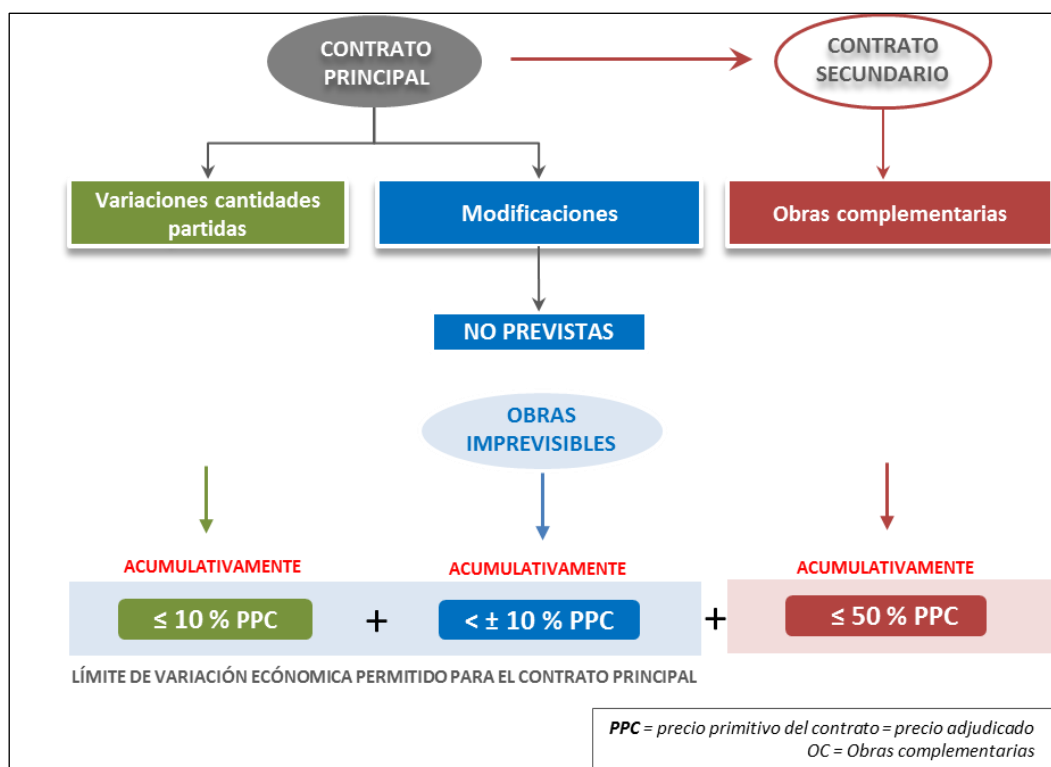


Figura 47– Límites económicos de variación de importes en la contratación pública de obras según TRLCSP (sin contemplar las modificaciones previstas). Fuente: autora tesis doctoral

2.2.3.2 LAS ALTERACIONES DE CARÁCTER ECONÓMICO SEGÚN LA DIRECTIVA SOBRE CONTRATACIÓN PÚBLICA (2014/24/UE)

El 28 de marzo de 2014 se publicaron en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) las nuevas directivas sobre contratación pública. En lo que respecta al estudio realizado, la directiva que afecta es 2014/24/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, relativa a la contratación pública, y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE.

Entre otros, la Directiva sobre contratación pública preconiza la transparencia ligada a la publicidad, la competencia como piedra angular de la contratación, la simplificación y eficiencia en los procesos de licitación y la potenciación de la participación de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en la contratación pública. En conclusión, como señalan Jerónimo Martínez García y Ana Isabel Elez Gómez, en el artículo “Comentario a las nuevas directivas europeas en materia de contratación pública” (Mártinez García & Elez Gómez, Diciembre 2015) estos principios son los que deben guiar la transposición de la Directivas a España. Se trata de tenerlos siempre presentes a lo largo de los diversos preceptos que vayan a redactarse, a fin de que se logre una contratación no sólo más eficiente, sino también más competitiva, más abierta y menos corrupta.

El régimen actual vigente a la redacción de este documento, contenido en los artículos 105 a 108 del TRLCSP, sobre las modificaciones del contrato fue consecuencia de la aprobación de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible. El marco regulado, tal como se ha expuesto en el punto anterior, resulta particularmente estricto, puesto que cabe reconocer las causas según los supuestos tasados. A nivel cuantitativo la modificación no puede suponer una variación superior al 10 por ciento del precio del contrato, al que pueda añadirse un 10 por ciento más en concepto de variaciones en las mediciones de las partidas previstas, tal como ya se ha descrito.

La fecha límite para la transposición de la Directiva era el 18 de abril del 2016, no habiendo sido cumplida por el estado Español. Aunque no se haya respondido a esta obligación puede que sus disposiciones puedan surtir efecto directo. La JCCA ha emitido una Recomendación, publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) de 17 de marzo de 2016, en la que expone su interpretación sobre qué preceptos de la Directiva tienen efecto directo. Esta Recomendación no menciona los preceptos que regulan las nuevas causas de modificación y sus límites cuantitativos, aunque otros órganos consultivos sí aprecian efecto directo respecto a dichos preceptos⁵⁸.

De acuerdo con la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, las directivas que no hayan estado transpuestas dentro de los plazos correspondientes son de aplicación directa si sus disposiciones tienen contenido incondicional y si son lo suficientemente claras y precisas.

En Cataluña, con el fin de evitar la inseguridad jurídica generada a partir de la no transposición de las Directivas, la Comisión Permanente de la JCCA de la Generalitat de Cataluña, en fecha 6 de abril, aprobó un informe 1/2016, en el cual se concretan qué disposiciones de las directivas son de aplicación directa. Con el fin de evitar dudas de interpretación, se emitió la Instrucción 1/2016, de 28 de abril, de la Dirección General de Contratación Pública, la cual tiene por objeto concretar los efectos de la aplicación directa de determinadas disposiciones de las directivas, de acuerdo con el Informe 1/2016 de la JCCA de Cataluña.

Finalmente, el día 2 de junio de 2016, se publicó en el Diario Oficial de la Generalitat de Cataluña (DOGC) el Decreto Ley 3/2016, de 31 de mayo, de medidas urgentes en materia de contratación. Este Decreto es de aplicación a todas las administraciones catalanas y dispone diferentes preceptos para dar respuesta a la necesidad de regular, con rango de ley, cuestiones afectadas por la aplicación directa de las directivas europeas. Entre las medidas establecidas destaca la división obligatoria del contrato en lotes para facilitar la contratación de las PYMES; la regulación del ciclo de vida de los bienes y de los servicios; la supresión del procedimiento negociado sin publicidad por razón de cuantía y la regulación de un procedimiento con publicidad, de tramitación más simple y rápida, que debe ser resuelto en tan solo un mes por parte de la Administración.

⁵⁸ Informe 1/2016 de la JCCA de Cataluña (Comisión Permanente). Asunto: Contenidos de la Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública, que tienen que ser de aplicación directa a partir del día 18 de abril de 2016, fecha en que finaliza el plazo para su transposición. Breve referencia a la aplicación directa de la Directiva 2014/23/UE, de 26 de febrero de 2014, relativa a la adjudicación de contratos de concesión.

En particular, en el artículo 9 de esta ley catalana, se regulan las causas de modificación de los contratos, indicando que éstos se podrán modificar cuando sea necesario realizar prestaciones adicionales que únicamente pueda llevar a cabo el contratista por razones económicas o técnicas o porque una nueva adjudicación pueda generar inconvenientes significativos o un aumento sustancial de costes para la Administración. En cualquier caso, el límite máximo global de una modificación por esta causa será del 50% del valor inicial del contrato. Como añadido en el último apartado de este mismo artículo se señala que las modificaciones del contrato se deben ajustar a lo que establecen las directivas comunitarias.

Puesto que, como ya se ha explicado anteriormente, algunos de los preceptos de las directivas pueden ser de aplicación inmediata, se retoma el contenido definido en la normativa comunitaria en referencia a la modificación de los contratos. En primer lugar, el considerando número 107 de la Directiva 2014/24/UE determina que deberá procederse a un nuevo procedimiento de contratación cuando la modificación introduzca cambios fundamentales, en particular a lo referido al ámbito de aplicación y al contenido de los derechos y obligaciones mutuos de las partes. Al mismo tiempo, reconoce la posibilidad que se introduzcan modificaciones en el contrato cuando éstas representen un cambio menor de su valor hasta un determinado límite, sin que sea necesario seguir un nuevo procedimiento de contratación. La Directiva establece unos umbrales mínimos por debajo de los cuales no será necesario un nuevo procedimiento de contratación.

La modificación de los contratos es también objeto de reforma en la nueva Directiva, que introduce una mayor flexibilización.

En el caso de obras adicionales, el considerando 108 de la directiva, reconoce la posibilidad de recogerlas en una modificación del contrato inicial sin que sea necesario formalizar un nuevo procedimiento de contratación, siempre que se cumplan los requisitos que se recogen en el artículo.

El artículo 72 de la Directiva regula el ámbito y límites para la modificación de los contratos durante su vigencia. En el apartado uno se establece los casos de en los que será posible proceder a una modificación sin que sea necesario iniciar un nuevo procedimiento de contratación. Son los siguientes:

1. Cuando las modificaciones estuvieran previstas en los pliegos iniciales de la contratación. Los límites económicos, el alcance, su naturaleza, las condiciones a cumplir y la forma de proceder deberán quedar fijadas de forma inequívoca, clara y precisa en el clausulado de los pliegos. En todo caso está prohibido incorporar modificaciones que puedan alterar la naturaleza global del contrato. Una de las posibilidades recogida en este punto, es la revisión de precios, contemplada como una modificación prevista.
2. Cuando sea preciso incorporar obras adicionales que resulten necesarias, a condición que cambiar el contratista no sea factible por razones económicas o técnicas⁵⁹ y genere inconvenientes significativos o un aumento sustancial de costes para el órgano de contratación. En este supuesto el incremento del precio resultante de la modificación del contrato no excederá del 50 por ciento del valor del contrato inicial⁶⁰. En caso que se

⁵⁹ Tales como requisitos de intercambiabilidad o interoperabilidad con el equipo existente.

⁶⁰ A efectos del cálculo el precio actualizado será el valor de referencia si el contrato incluye una cláusula de indexación.

introduzcan varias modificaciones sucesivas, dicha limitación se aplicará al valor de cada una de las modificaciones.

3. Cuando se cumplan todas las condiciones siguientes: que la necesidad de la modificación derive de circunstancias que un poder adjudicador diligente no hubiera podido prever; que no altere la naturaleza global del contrato; y que el incremento del precio resultante de la modificación no exceda del 50 por ciento del valor del contrato. En caso que se introduzcan varias modificaciones sucesivas, dicha limitación se aplicará al valor de cada una de las modificaciones.
4. Cuando la modificación sea inferior al 15 por ciento del valor del contrato inicial. En este supuesto la Directiva exime de la necesidad de comprobar si se considera una modificación esencial o sustancial. Cuando se efectúen varias modificaciones, el valor se calculará sobre la base del valor neto acumulado de las sucesivas modificaciones.
5. Cuando las modificaciones se consideren que no son sustanciales. Se considera que una modificación es no sustancial cuando se cumple una o varias de las condiciones siguientes:
 - que la modificación no introduzca condiciones que, de haber figurado en el procedimiento de contratación inicial, habrían permitido la selección de candidatos distintos de los seleccionados inicialmente o la aceptación de una oferta distinta a la aceptada inicialmente o habrían atraído a más participantes en el procedimiento de contratación;
 - que la modificación no altere el equilibrio económico del contrato o del acuerdo marco en beneficio del contratista de una manera que no estaba prevista en el contrato o acuerdo marco inicial;
 - que la modificación no amplíe de forma importante el ámbito del contrato o del acuerdo marco;
 - que el contratista inicialmente designado como adjudicatario por el poder adjudicador no sea sustituido por un nuevo contratista en circunstancias distintas de las previstas en el apartado 1, letra d).

En atención a lo extraído de la Directiva se propone establecer la siguiente clasificación de las modificaciones del contrato, en cuanto a lo que se refiera a su objeto:

- **Modificaciones previstas.** Cuando las modificaciones, con independencia de su importe, estén previstas en los pliegos de manera clara, precisa e inequívoca, y siempre que con ello no se altere su naturaleza global.
- **Modificaciones no previstas.** En este caso puede establecerse la siguiente división:
 - **Obras adicionales o complementarias** que resulten necesarias y el cambio de contratista no sea factible por razones técnicas o económicas y genere inconvenientes significativos o un aumento sustancial de costes. El límite económico establecido, para cada modificación sucesiva, es del 50 por ciento del importe del contrato inicial.

- **Obras imprevisibles**, siempre que la modificación no altere la naturaleza global del contrato y el incremento del precio, de cada modificación sucesiva, no supere el 50 por ciento del contrato inicial.
- **Obras que no supongan un incremento del gasto superior al 15 por ciento del importe del contrato inicial**. En este caso, la suma de los importes de las modificaciones sucesivas no puede suponer un incremento del gasto superior al 15 % del importe del contrato inicial. En el caso que se produzcan varias modificaciones el valor se calculará sobre la base del valor neto acumulado de las sucesivas modificaciones.

En todos los casos la modificación no podrá tener carácter sustancial. Se considera que una modificación es sustancial cuando dé lugar a un resultado materialmente diferente al previsto en un principio y, en todo caso, cuando introduzca condiciones que habrían permitido la selección de candidatos distintos a los considerados en el procedimiento principal o la aceptación de una oferta distinta; se altere el equilibrio económico del contrato en beneficio del contratista en un modo no previsto inicialmente; se amplíe de forma importante el ámbito contractual; o el contratista inicialmente adjudicatario sea sustituido por un nuevo contratista en circunstancias distintas a las previstas en el artículo 72.1 d) de la Directiva.

En la Figura 48 se muestran a modo esquemático las posibles alteraciones de carácter económico que pueden sucederse lo largo de la fase de ejecución de la obra, según regulación de la nueva directiva sobre contratación pública de obras. Y en la Figura 49 se recogen los límites económicos que no pueden sobrepasarse.

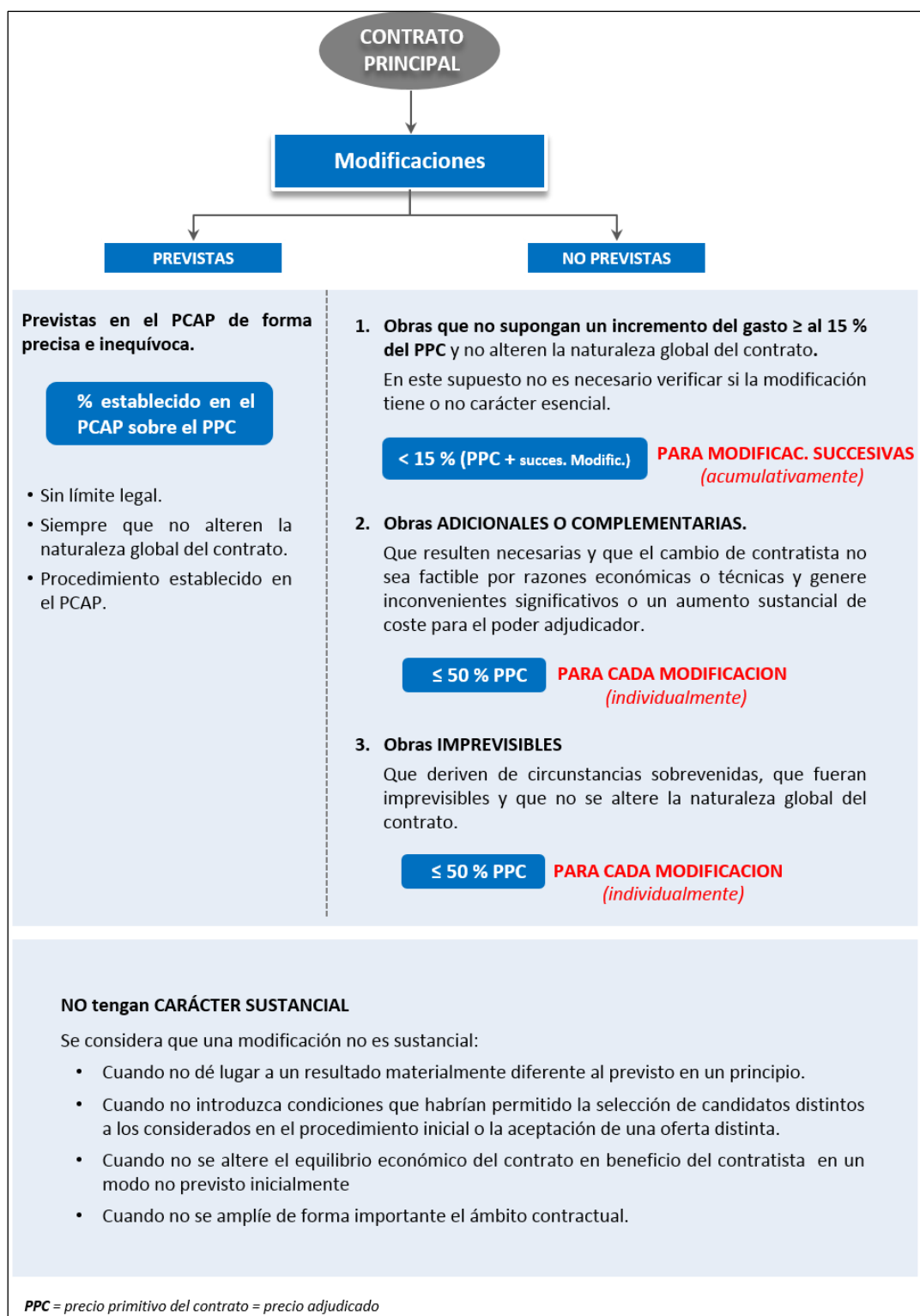


Figura 48 – Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según Directiva sobre contratación pública (2014/24/UE). Fuente: autora tesis doctoral

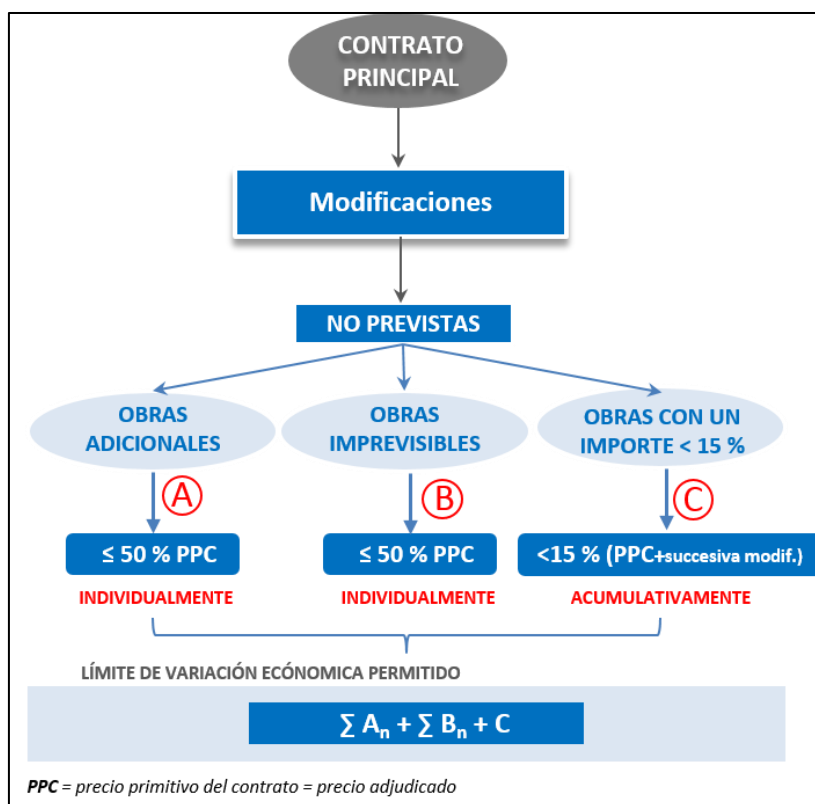


Figura 49 - Límites económicos de variación de importes de las modificaciones no previstas en la contratación pública de obras según Directiva sobre contratación pública (2014/24/UE). Fuente: autora tesis doctoral

2.2.3.3 LAS ALTERACIONES DE CARÁCTER ECONÓMICO SEGÚN EL PROYECTO DE LEY DE CONTRATOS DEL SECTOR PÚBLICO POR EL QUE SE TRANSPONE AL ORDENAMIENTO JURÍDICO ESPAÑOL LAS DIRECTIVAS DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, 2014/23/UE Y 2014/14/UE.

Se mantiene en el artículo 240 la particularidad de no considerar una modificación la variación que durante la ejecución de la obra se produzca exclusivamente en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto, siempre que no representen un incremento del gasto superior al 10 por ciento del precio del contrato. Del mismo modo, señala que estas variaciones, legalmente permitidas, se podrán recoger en la certificación final.

En el artículo 201 se prescribe la posibilidad de modificación del contrato en los siguientes supuestos:

- Cuando se haya previsto en el pliego de cláusulas administrativas particulares (PCAP).
- Excepcionalmente, cuando no se haya previsto y sea necesario modificar el contrato, siempre que se cumplan las condiciones establecidas en la propia Ley.

En lo referente a las modificaciones previstas, reguladas en el actual TRLCSP en el artículo 106 y en el artículo 202 del nuevo texto en trámite de aprobación, en esencia mantienen el mismo criterio,

aunque el contenido del nuevo artículo sea más extenso, puesto que reestructura y completa la información en él expuesta.

En cuanto a las modificaciones no previstas, se regulan en el artículo 203 del nuevo texto y en el 107 del actual. En este caso, tanto el título como el contenido han variado sustancialmente con el fin de adaptarse a las disposiciones establecidas en la Directiva de contratación pública. El título original es “Modificaciones no previstas en la documentación que rige la licitación” y el nuevo pasa a ser “Modificaciones no previstas en el pliego de cláusulas administrativas particulares: prestaciones adicionales, circunstancias imprevisibles y modificaciones no sustanciales”. Para que pueda procederse a una modificación, según el nuevo contenido adaptado a la Directiva, esta deberá limitarse a introducir las variaciones estrictamente indispensables para responder a la causa objetiva que la haga necesaria.

Los supuestos que eventualmente podrían justificar una modificación no prevista, son los siguientes:

- Cuando deviniera necesario añadir obras adicionales a las inicialmente contratadas, siempre y cuando se den los dos requisitos siguientes:
 - Que el cambio de contratista no fuera posible por razones de tipo económico o técnico, por ejemplo que obligara al órgano de contratación a adquirir obras con características técnicas diferentes a las inicialmente contratadas, cuando estas diferencias den lugar a incompatibilidades o a dificultades técnicas de uso o de mantenimiento que resulten desproporcionadas; y, así mismo, que el cambio de contratista generara inconvenientes significativos o un aumento sustancial de costes para el órgano de contratación.
 - Que la modificación del contrato implique una alteración en su cuantía que no exceda, aislada o conjuntamente con otras modificaciones acordadas conforme al artículo 203, del 50 por ciento de su precio inicial, IVA excluido.
- Cuando la necesidad de modificar un contrato vigente se derive de circunstancias sobrevenidas y que fueran imprevisibles en el momento en que tuvo lugar la licitación del contrato, siempre y cuando se cumplan las tres condiciones siguientes:
 - Que la necesidad de la modificación se derive de circunstancias que una Administración diligente no hubiera podido prever.
 - Que la modificación no altere la naturaleza global del contrato.
 - Que la modificación del contrato implique una alteración en su cuantía que no exceda, aislada o conjuntamente con otras modificaciones acordadas conforme a este artículo, del 50 por ciento de su precio inicial, IVA excluido.
- Cuando las modificaciones no sean sustanciales. En este caso se tendrá que justificar especialmente la necesidad de las mismas, indicando las razones por las que esas prestaciones no se incluyeron en el contrato inicial.

Una modificación de un contrato se considerará sustancial cuando tenga como resultado un contrato de naturaleza materialmente diferente al celebrado en un principio. En cualquier caso,

una modificación se considerará no sustancial cuando se cumpla una o varias de las condiciones siguientes:

- Que la modificación no introduzca condiciones que, de haber figurado en el procedimiento de contratación inicial, habrían permitido la selección de candidatos distintos de los seleccionados inicialmente o la aceptación de una oferta distinta a la aceptada inicialmente o habrían atraído a más participantes en el procedimiento de contratación.
- Que la modificación no altere el equilibrio económico del contrato en beneficio del contratista de una manera que no estaba prevista en el contrato inicial.
- Que la modificación no amplíe de forma importante el ámbito del contrato. En todo caso, se considerará que se amplía de modo importante el ámbito del contrato cuando las modificaciones supongan una alteración en su cuantía que exceda, aislada o conjuntamente, del 15 por ciento del precio inicial del mismo, IVA excluido, si se trata del contrato de obras, o de un 10 por ciento, IVA excluido, cuando se refiera a los demás contratos.

En resumen se propone establecer la siguiente clasificación de las modificaciones del contrato, en cuanto a lo que se refiera a su objeto:

- **Modificaciones previstas.** Cuando las modificaciones, con independencia de su importe, estén previstas en los pliegos de manera clara, precisa e inequívoca, y siempre que con ello no se altere su naturaleza global.
- **Modificaciones no previstas.** En este caso puede establecerse la siguiente división:
 - **Obras adicionales o complementarias** que resulten necesarias y el cambio de contratista, o bien no sea factible, o bien genere inconveniente significativos. El límite económico establecido, para el conjunto de las modificaciones no previstas, es del 50 por ciento del precio inicial⁶¹.
 - **Obras que deriven de circunstancias sobrevenidas y que fueran imprevisibles**, siempre que la modificación no altere la naturaleza global del contrato y el incremento del precio, del conjunto de las modificaciones no previstas, no supere el 50 por ciento del contrato inicial.
 - **Obras que no tengan carácter sustancial.** En este caso se tendrá que justificar especialmente la necesidad de las mismas, indicando las razones por las que esas prestaciones no se incluyeron en el contrato inicial. Se considera que una modificación es sustancial cuando dé lugar a un resultado materialmente diferente al previsto en un principio y, en todo caso, cuando introduzca condiciones que habrían permitido la selección de candidatos distintos a los considerados en el procedimiento principal o la

⁶¹ Según el último párrafo del artículo 203 del Proyecto de Ley de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo, 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, para el cálculo de este precio se tomará en cuenta el precio actualizado, si el contrato incluye cláusula de revisión de precios.

aceptación de una oferta distinta; se altere el equilibrio económico del contrato en beneficio del contratista en un modo no previsto inicialmente; o se amplíe de forma importante el ámbito contractual. Se supondrá que se amplía de modo importante el ámbito del contrato cuando las modificaciones supongan una alteración en su cuantía que exceda, aislada o conjuntamente, del 15 por ciento del precio inicial del mismo, IVA excluido.

Como puede apreciarse, el Proyecto de Ley de Contratos del Sector Público, incorpora en su articulado, con algunos matices, la nueva regulación más flexible, sobre las modificaciones contractuales recogida en la Directiva Europea. La diferencia más destacable, es el límite cuantitativo establecido en el texto que transpone al derecho español la Directiva. Mientras que la Directiva permite que los modificados por diferentes causas alcancen, aisladamente, un porcentaje del precio del contrato, el marco estatal en proceso de aprobación, establece como límite cuantitativo un importe máximo sobre la suma de todas las modificaciones no previstas, fijado en un 50 por ciento del precio del contrato.

Cabe destacar que en el artículo 204 del Proyecto de Ley se determina la obligatoriedad de aceptación por parte del contratista de las modificaciones no previstas siempre que su importe no exceda, aislada o conjuntamente, del 20 por ciento del precio inicial del contrato. En cuanto a las previstas, serán siempre de obligada aceptación por parte del contratista original, puesto que el adjudicatario ya tenía conocimiento de ellas cuando aceptó el contrato.

Si la modificación del contrato supone la supresión o reducción de unidades de obras, el contratista no tendrá derecho a reclamar indemnización alguna.

Cuando las modificaciones supongan la introducción de unidades de obra no previstas en el proyecto o cuyas características difieran de las fijadas en éste, y no sea necesario realizar una nueva licitación, los precios aplicables a las mismas serán fijados por la Administración, previa audiencia del contratista por plazo mínimo de tres días hábiles. Cuando el contratista no aceptase los precios fijados, el órgano de contratación podrá contratarlas con otro empresario en los mismos precios que hubiese fijado o ejecutarlas directamente.

Cuando el director facultativo de la obra considere necesaria una modificación del proyecto y se cumplan los requisitos legales establecidos, recabará del órgano de contratación autorización para iniciar el correspondiente expediente, que se sustanciará con las siguientes actuaciones:

- a) Redacción de la modificación del proyecto y aprobación técnica de la misma.
- b) Audiencia del contratista y del redactor del proyecto, por plazo mínimo de tres días.
- c) Aprobación del expediente por el órgano de contratación, así como de los gastos complementarios precisos.

Cuando la tramitación de una modificación exija la suspensión temporal total de la ejecución de las obras y ello ocasione graves perjuicios para el interés público, el Ministro, si se trata de la Administración General del Estado, sus Organismos autónomos, Entidades gestoras y Servicios comunes de la Seguridad Social y demás entidades públicas integrantes del sector público estatal, podrá acordar que continúen provisionalmente las mismas tal como esté previsto en la propuesta

técnica que elabore la dirección facultativa, siempre que el importe máximo previsto no supere el 10 por ciento del precio inicial del contrato, IVA excluido, y exista crédito adecuado y suficiente para su financiación.

El expediente de continuación provisional a tramitar al efecto exigirá exclusivamente la incorporación de las siguientes actuaciones:

- a) Propuesta técnica motivada efectuada por el director facultativo de la obra, donde figure el importe aproximado de la modificación, la descripción básica de las obras a realizar y la justificación de que la modificación se encuentra en uno de los supuestos previstos en el apartado 2 del artículo 201.
- b) Audiencia del contratista.
- c) Conformidad del órgano de contratación.
- d) Certificado de existencia de crédito.
- e) Informe de la Oficina de Supervisión de Proyectos, en el caso de que en la propuesta técnica motivada se introdujeran precios nuevos.

En el plazo de seis meses contados desde el acuerdo de autorización provisional deberá estar aprobado técnicamente el proyecto, y en el de ocho meses el expediente de la modificación del contrato. Dentro del citado plazo de ocho meses se ejecutarán preferentemente, de las unidades de obra previstas, aquellas partes que no hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas.

Las obras ejecutadas dentro del plazo de ocho meses, serán objeto de certificación y abono en los términos previstos en la Ley con la siguiente singularidad:

- Las certificaciones a expedir durante la tramitación del expediente modificado que comprendan unidades no previstas en el proyecto inicial tomarán como referencia los precios que figuren en la propuesta técnica motivada, cuyos abonos tienen el concepto de pagos a cuenta provisionales sujetos a las rectificaciones y variaciones que puedan resultar una vez se apruebe el proyecto modificado, todo ello, sin perjuicio de las rectificaciones y variaciones que se produzcan en la medición final y sin suponer en forma alguna, aprobación y recepción de las obras que comprenden.

En la Figura 50 se muestran a modo esquemático las posibles alteraciones de carácter económico que pueden sucederse lo largo de la fase de ejecución de la obra, según regulación recogida en el nuevo Proyecto Ley Y en la Figura 51 se recogen los límites económicos que no pueden sobrepasarse.

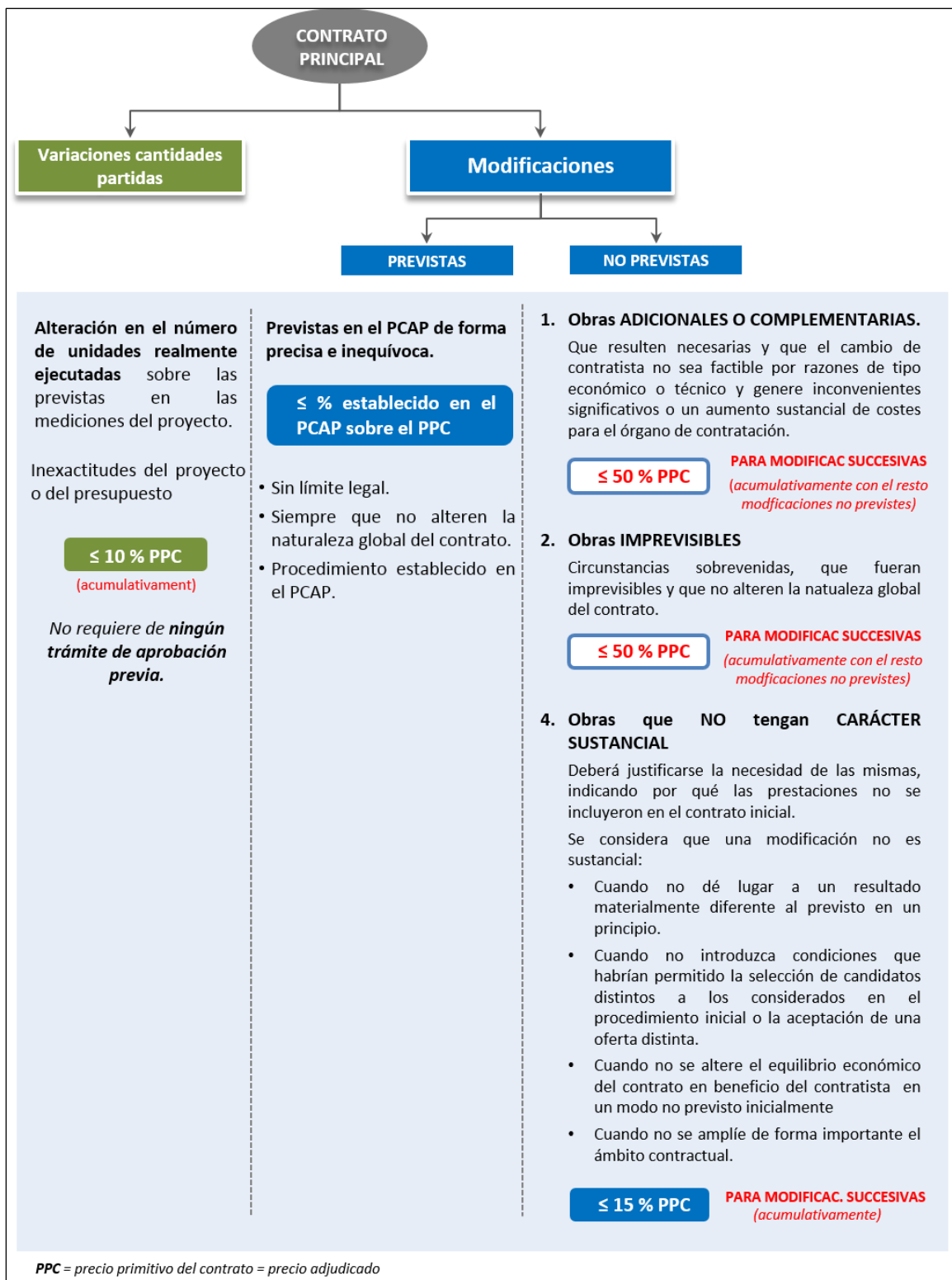


Figura 50 - Alteraciones de carácter económico sobre el contrato de obra principal según Proyecto Ley de Contratos del Sector Público. Fuente: autora tesis doctoral

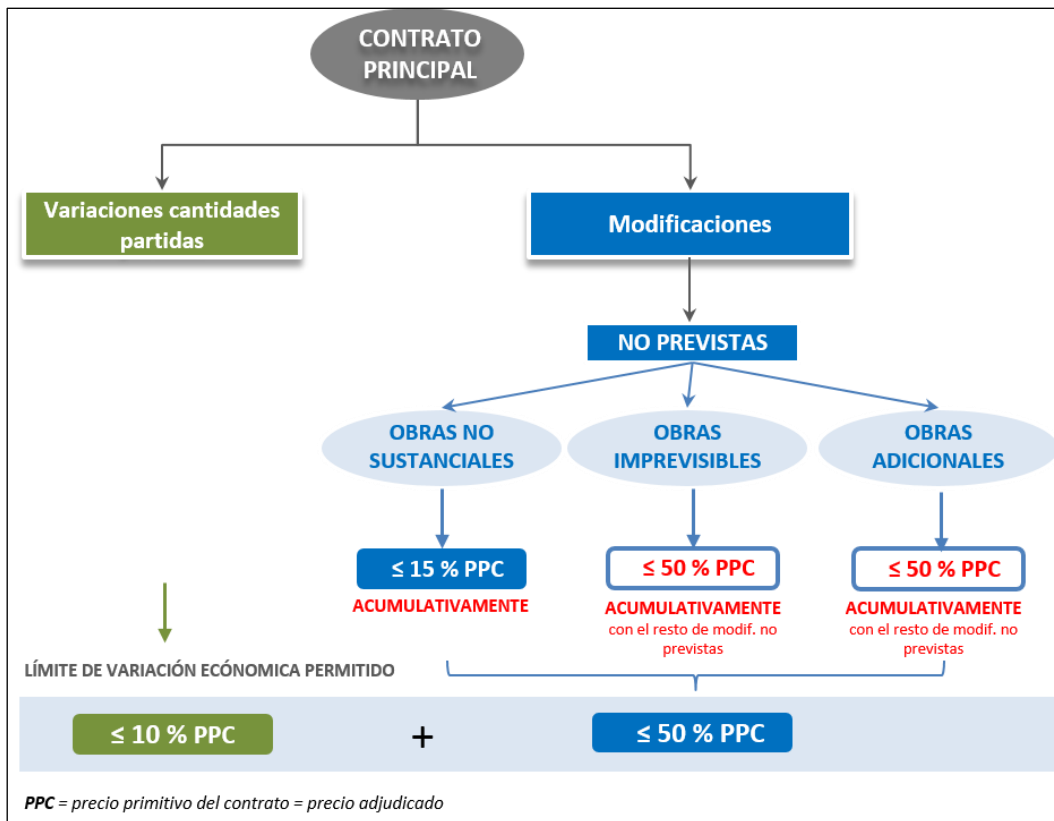


Figura 51 - Límites económicos de variación de importes en la contratación pública de obras según Proyecto Ley de Contratos del Sector Público. Fuente: autora tesis doctoral

Capítulo 3

3. Metodología

La presente tesis doctoral se enmarca bajo la categoría de proyecto de desarrollo tecnológico de sistemas de diagnóstico y control y, por lo tanto, se centra en el estudio y análisis de instrumentos, técnicas y procedimientos que emplea el conocimiento científico para controlar, transformar o crear determinados procesos con la finalidad de descripción y producción, tanto de problemas referidos al ámbito como a soluciones orientadas al mismo orden, con el fin de mejorar rutinas concretas. Como investigación tecnológica pretende lograr un conocimiento aplicado y de uso práctico de manera inmediata que se concreta en diseños e innovaciones negociables para el sector productivo, así como para las ingenierías y la arquitectura.

La idea se desarrolla bajo un método hipotético-deductivo, como camino lógico para buscar la solución a problemas que se presentan. Este método de trabajo consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con aquellas. Siendo la cuestión planteada básicamente observacional, la hipótesis se puede clasificar como empírica y de este modo observar de forma fiel los criterios para evaluar su validez.

El enfoque para su desarrollo ha sido fundamentalmente cuantitativo, por ello se han seguido las pautas habituales en este tipo de investigación; planteamiento del problema, revisión de la literatura, construcción del marco teórico, proposición de la hipótesis y comprobación de que la hipótesis es congruente y eficaz con la solución del problema planteado.

El principal objetivo de esta investigación es modificar los modelos que se utilizan habitualmente para registrar y monitorizar los costes del proceso de ejecución de obra desde la perspectiva del promotor público, de la dirección facultativa o la de los gestores del proyecto, a fin de que con una estructura de registro similar y respetuosa con la información que se obtiene del tradicional sistema de registro de control de costes de obra, sea posible obtener adicionalmente información, fiable y veraz sobre las desviaciones económicas presentes y futuras que pueden acaecer durante la ejecución, así como sobre el horizonte probable de liquidación y cierre de la obra, en base a la información disponible. Ello es posible conseguirlo si se logra incorporar a las estructuras de los modelos existentes para el control y seguimiento de los costes de ejecución, la información de índole económico que se genera durante el proceso de realización de la obra y que no incorporan los actuales modelos de control de costes hasta el momento de la acreditación de su ejecución en obra.

Paralelamente, esta investigación se marca como subobjetivos la posibilidad de mejorar, mediante la propuesta de esta nueva metodología y la aplicación del nuevo modelo, el control permanente del volumen total de las desviaciones económicas que soporta la ejecución de obra, la posibilidad de asignación de causas de desviación, la representación gráfica y analítica del comportamiento económico y de cumplimiento de plazo de la ejecución de obra, así como la incorporación de cuadros de mando a los informes periódicos de obra.

Por ello, la investigación se ha desarrollado siguiendo las etapas siguientes:

1. Etapa de planteamiento del problema.

El problema de fondo son los sobrecostos y los incumplimientos de plazos que con mucha frecuencia se producen durante el desarrollo de las obras y que acaban suponiendo verdaderos desajustes en las previsiones y objetivos inicialmente planteados. El primer capítulo de este documento trata con toda amplitud esta problemática.

El hecho empírico es que la gran mayoría de estas desviaciones, sea cual sea su origen o causa, se ocasionan o materializan durante la ejecución de la obra proyectada, siendo ésta, sin duda, la fase más crítica del proceso global del proyecto. Conscientes de esta circunstancia, esta tesis propone el diseño de una nueva metodología capaz de mostrar el grado de avance real de la obra en términos de comportamiento a nivel de coste y tiempo, con el único fin de disponer del máximo de plazo posible para que sea factible adoptar las medidas oportunas que permitan revertir o reconducir la situación. Si durante la marcha de la obra se producen situaciones no previstas es preciso actuar con presteza y eficacia y ello solo será posible si se dispone de la información con tiempo suficiente para establecer nuevas estrategias para dar un giro positivo a los acontecimientos y reordenar la situación.

La cuestión es que los modelos tradicionales de seguimiento y control, manejados desde la perspectiva de la representación de los intereses de la promoción, se limitan a un simple registro de datos administrativos de carácter económico para la emisión de las certificaciones de obra obligatorias para la facturación en la obra pública.

La Figura 52 describe de forma esquemática el proceso seguido habitualmente para llevar a cabo el control de costes durante la fase de ejecución de las obras, desde la posición de la dirección facultativa o dirección de obra en representación del promotor. Se parte del método tradicional de emisión de las relaciones valoradas consistente en la valoración de la cantidad de obra realmente ejecutada o acreditada hasta la fecha de certificación, partiendo de las previsiones contenidas en el presupuesto del proyecto e incorporando también, la valoración de las modificaciones y variaciones aprobadas y acreditadas. En algunos casos el seguimiento se detiene en este punto, sin llegar a realizar un verdadero control puesto que éste se limita a la simple comparativa entre lo realmente ejecutado y acreditado (resultado de la RV) y lo pendiente de ejecución según lo ocurrido hasta el momento y lo previsto inicialmente. Estos datos recogidos del seguimiento realizado se reflejan en modelos normalizados para la representación documental de las relaciones valoradas. En ocasiones, los valores obtenidos en estas relaciones valoradas son la fuente de datos que utilizan los métodos dinámicos diseñados para llevar a cabo la gestión económico-temporal del avance real de la obra, así como para las estimaciones o predicciones de comportamiento futuro, como es el caso del EVM.

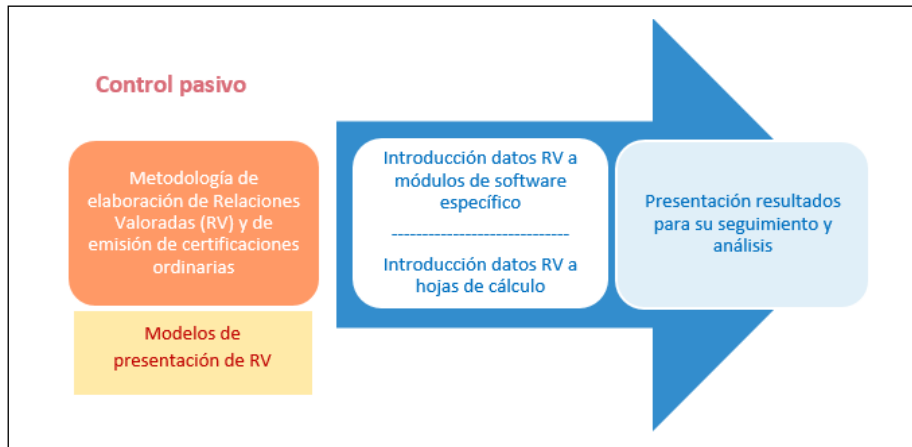


Figura 52 – Definición del proceso para el seguimiento y control pasivo. Fuente: autora tesis doctoral

El proceso de desarrollo descrito parte de hechos consumados y validados a través de las relaciones valoradas. Por lo tanto, los modelos de seguimiento activo se limitan a reflejar resultados de comportamiento basados en parte de la información habitualmente disponible del seguimiento realizado, desatendiendo una gran cantidad de información existente que, sin duda, influye en el resultado actual y futuro de avance de la obra.

Así pues, la metodología que se propone parte de la hipótesis de que el proceso anteriormente expuesto no es capaz de mostrar la verdadera conducta de la obra, dado que desatiende mucha de la información conocida y disponible. En la Figura 53 se representa el proceso que se propone seguir para llevar a cabo un seguimiento y control de costes y tiempos ajustado a la realidad del avance de la obra.

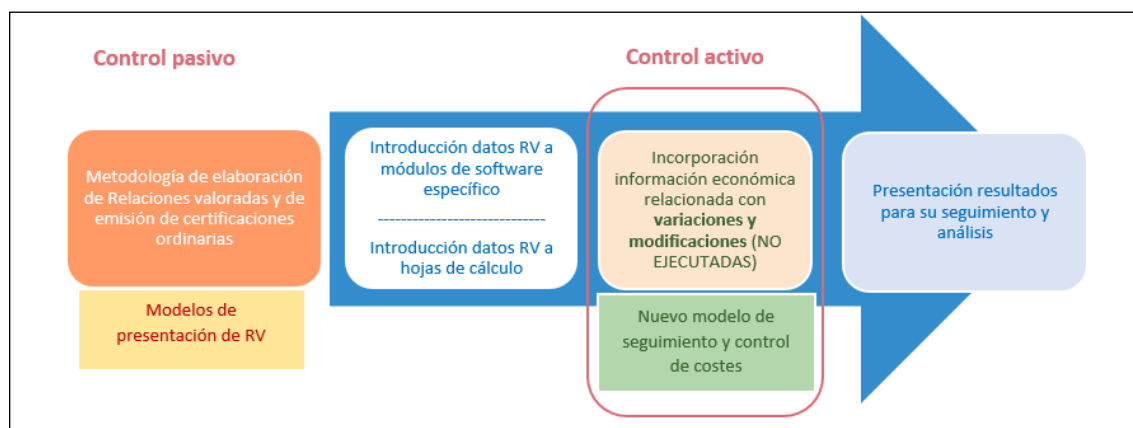


Figura 53 – Definición del nuevo proceso para el seguimiento y control activo. Fuente: autora tesis doctoral

El nuevo planteamiento exige el rediseño de los modelos de seguimiento y control de costes y tiempos, de tal manera que éstos sean capaces de reflejar las alteraciones de todo tipo que sean conocidas en un momento dado.

En la Figura 54 se advierte claramente el avance que la implementación de esta nueva metodología puede suponer en la detección de los sobrecostes y con ello el logro de tiempo para adoptar las medidas que se estimen oportunas.

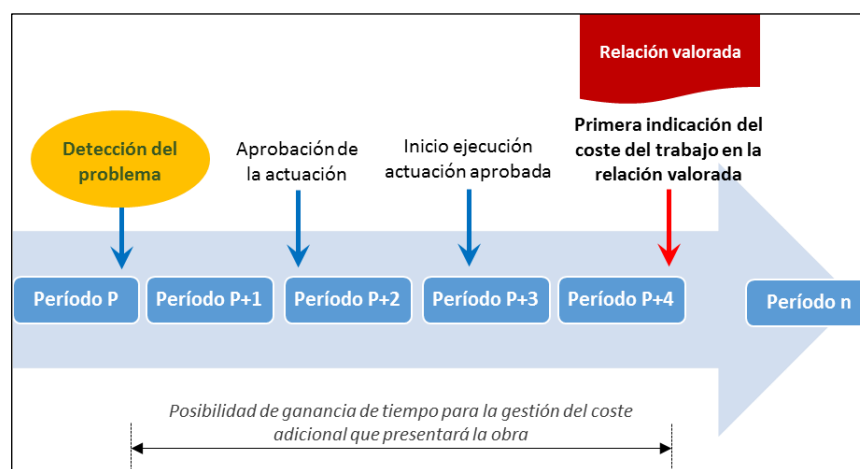


Figura 54 - Representación temporal de las acciones relacionadas con la habitual detección de un sobrecoste de obra. Fuente: autora tesis doctoral

2. Etapa de revisión de la literatura existente.

En esta etapa se estudian y analizan en profundidad las distintas metodologías y modelos que se utilizan en la gestión de proyectos de construcción (Figura 55), tanto desde el punto de vista del control de costes, como de la programación de obras. Por su importante implicación en el proceso de redacción y ejecución de los proyectos, también se han incluido en el estudio aquellos sistemas integrados relativamente novedosos que de algún modo se prevé que acercan satisfactoriamente la consecución de resultados en relación a los costes finalmente soportados y al cumplimiento del plazo de ejecución de las obras de construcción. Una mención especial debe hacerse al Método del Valor Ganado (EVM) por ser una técnica de amplia difusión dentro de la gestión de proyectos que persigue establecer una determinada metodología de trabajo para facilitar el seguimiento del cumplimiento del aspecto económico y de plazo a través del registro y control de costos acreditados de obra (costes ganados en relación a la obra proyectada y costes totales), al cálculo de magnitudes e índices y a la representación gráfica de estos datos a fin de facilitar la visión general e interpretación del comportamiento de la ejecución de la obra. En este mismo orden, también se ha analizado en profundidad los

diferentes modelos que incorpora el software de mayor implementación en España para el control de certificaciones de obra.

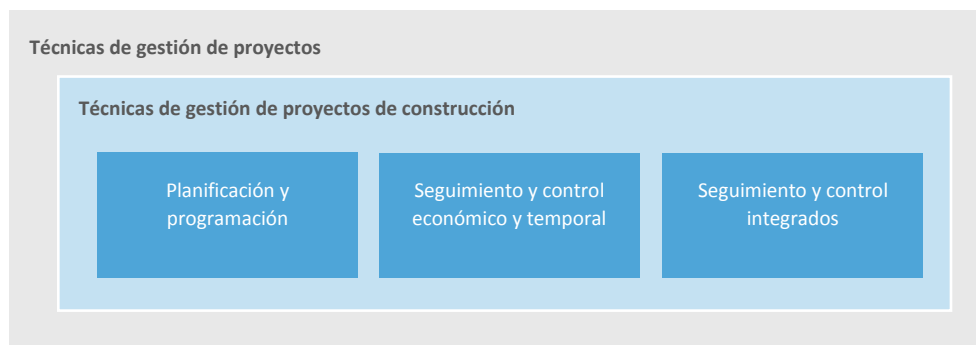


Figura 55 – Clasificación de las técnicas de gestión de proyectos de construcción. Fuente: autora tesis doctoral

Dado que el enfoque del trabajo de investigación se centra en la ejecución de obras sujetas a contratación pública, se ha considerado imprescindible estudiar, conocer y reflejar a fondo las principales características del sistema de contratación pública en las distintas fases del proceso de desarrollo del proyecto (Figura 56), su licitación y finalmente su ejecución y liquidación a fin de determinar tanto los sistemas de acreditación y abono de la obra ejecutada, como el tratamiento que establece la legislación vigente en relación a las desviaciones económicas (variaciones y modificaciones) y de incumplimiento del plazo inicial establecido. El análisis y estudio de este apartado ha resultado ser más complejo de lo habitual por la inminente adaptación al actual texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público de la Directiva sobre contratación pública.

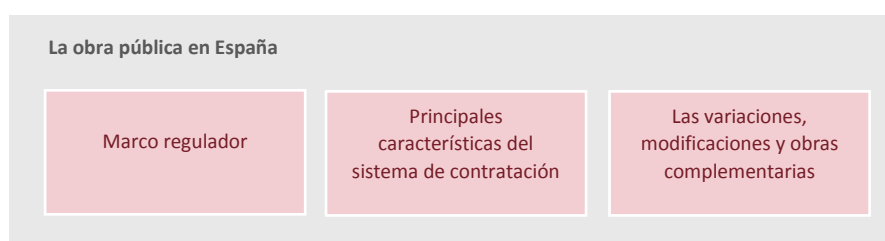


Figura 56 – Apartados del desarrollo teórico del capítulo relativo a la contratación de obra pública en España. Fuente: autora tesis doctoral

3. Etapa de construcción del marco conceptual.

A partir de la identificación de la problemática derivada del uso de las metodologías y técnicas definidas y en atención a los argumentos facilitados en el primer apartado de este capítulo se procede al diseño de una nueva metodología que sea capaz superar los obstáculos que los métodos descritos presentan. En concreto, se adopta como modelo de referencia y comparación el EVM, debido a que se trata de una metodología que introduce conceptos, técnicas de medida y de representación de gran valor por su elevada capacidad de transmisión de información y resultados.

La nueva metodología se basa en el tratamiento adecuado de la información conocida durante el desarrollo de la obra. Se trata pues de gestionar toda la información disponible y no tan solo la obtenida de los sistemas tradicionales de emisión de las relaciones valoradas (obra ejecutada).

La metodología desarrollada se ha denominado como IMADO, resultado de la adición de las siglas representativas de su título: “**I**ntegration of infor**M**ation for advanced **D**etection of cost **O**verruns” (Integración de la información para la detección avanzada de sobrecostes).

4. Etapa de formulación de la hipótesis planteada.

El nuevo planteamiento parte del diseño y testeo de nuevos modelos de registros capaces de integrar esta metodología, sin alterar la funcionalidad de los modelos de registro de datos que provienen del sistema tradicional de control de certificaciones que se utilizan habitualmente en los gabinetes de gestión y control de proyectos y obras, áreas técnicas de las Administraciones Públicas y/o software de control de certificaciones.

El modelo a proponer debe mantener una estructura de registros ordenada, así como suprimir la duplicidad de información innecesaria para el correcto y completo funcionamiento de éste. Del mismo modo, debe permitir que los usuarios poco avezados al uso de métodos de control económico puedan aplicarlo de forma fácil y sin necesidad de ampliar sus conocimientos, más allá de los mínimos imprescindibles para su rápido manejo.

El resultado final surge de la discusión y debate entre diferentes propuestas y variantes esbozadas, analizando las ventajas e inconvenientes que cada modelo aporta, con el fin de establecer el modelo óptimo e idóneo capaz de contener las características de los modelos existentes, mejorar su organización y estructura y aportar valor añadido de manera que sea capaz de anticipar el comportamiento económico y temporal de la obra, evidenciando las alteraciones que se produzcan en base al plan inicial establecido.

Para la definición de la nueva estructura de seguimiento y control durante la fase de ejecución se han seguido los siguientes procesos (Figura 57):

- Diseño y descripción de un nuevo modelo para la estructura de seguimiento y control que permita mejorar las prestaciones de los modelos tradicionales. Incorporación a la estructura tradicional de nuevos campos (diferencial de medición, medición de cierre y estimación a la conclusión) que recojan información conocida sobre el progreso real de la obra y que permitan anticipar el comportamiento final económico y temporal de la obra, evidenciando las alteraciones producidas sobre al plan base inicial lo antes posible.
- Incorporación al modelo diseñado de un sistema para la detección y clasificación de las desviaciones de carácter económico detectadas en relación a la previsión establecida en el plan de línea de base diseñado inicialmente y que se toma como referencia o punto de comparación. Elaboración de una propuesta básica de primer nivel de clasificación tipológica de las desviaciones de carácter económico en atención al marco jurídico regulador en el ámbito de contratación de las obras públicas en España. Esta división facilitará el control del cumplimiento de los límites cuantitativos impuestos por el marco legal vigente.
- Planteamiento, definición, descripción y formulación de las magnitudes (PV, AC y APV_{Imado}) e indicadores a obtener del modelo definido para la metodología IMADO que suprimen la necesidad de obtener la magnitud EV (magnitud eliminada) propia y definitoria de la metodología EVM. El cálculo de estos valores permitirá conocer el estado del proyecto en cada punto de observación o control, así como su grado de progreso en términos de alcance, coste y tiempo en comparación con el plan inicial aprobado.
- Interpretación y representación gráfica de las magnitudes e indicadores definidos para la nueva metodología.
- Diseño de un cuadro de mando para el seguimiento y control de la ejecución de la obra, que sirva a los responsables de la actuación para visualizar de forma rápida, resumida, y gráfica el grado de avance y desarrollo del proceso, y en consecuencia, dispongan de los datos e información suficiente que les permita adoptar las medidas oportunas pertinentes para enderezar la situación en caso que se evidencien alteraciones respecto al plan previsto, en términos de cumplimiento económico y temporal.

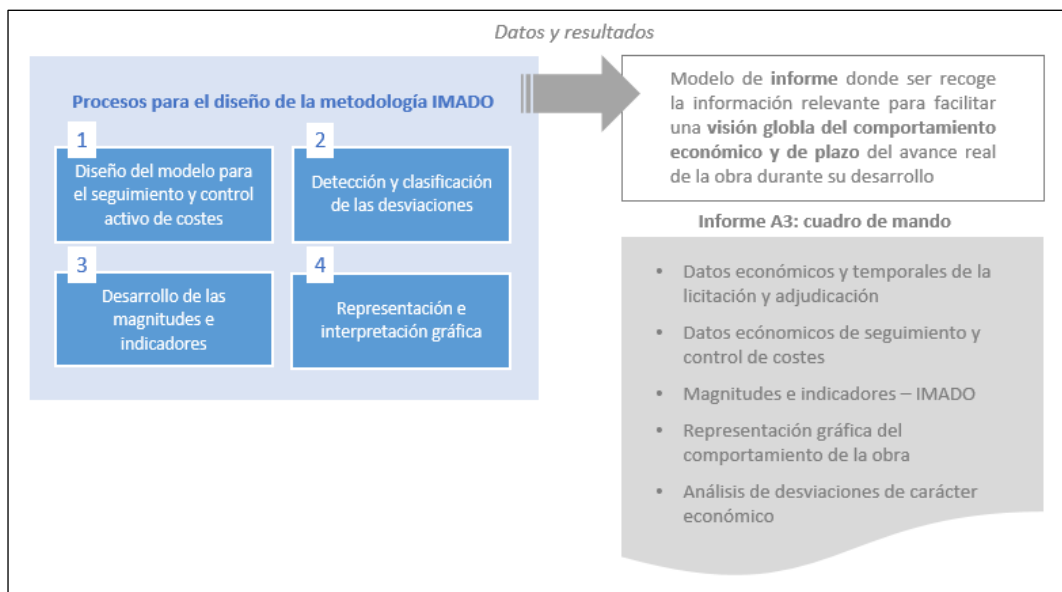


Figura 57 – Descripción de los procesos para el diseño de la metodología IMADO. Fuente: autora tesis doctoral

5. Etapa de comprobación de la hipótesis

La metodología diseñada ha sido testeada en diferentes tipos de obra, tanto pública y como privada, realizadas durante los últimos años. Dado que en todas ellas existe desde inicio una gran cantidad de partidas y al mismo tiempo durante su desarrollo se han producido gran cantidad de incidencias, se ha optado por definir una obra tipo que sirva de modelo, para la verificación del comportamiento del nuevo método.

Así pues, se ha definido una obra simple, con pocas partidas, sobre la que se han replicado 5 posibles escenarios que reproducen situaciones combinadas posibles y/o habituales durante el desarrollo de una obra.

Se ha aplicado el nuevo método sobre los cinco escenarios definidos, verificando su correcta funcionalidad y su contribución a la detección avanzada de los sobrecostes o retrasos. Con el objeto de mostrar todo su potencial se han comparado los resultados obtenidos con los alcanzados con la aplicación de la metodología EVM.

Finalmente, y teniendo en cuenta su gran capacidad de transmisión de información, se ha procedido al análisis gráfico de los valores obtenidos en la aplicación de IMADO sobre uno de los cinco escenarios, el más complejo y completo (proceso de obra con sobrecostes y con retraso en el plazo de ejecución de la obra).

Capítulo 4

4. Resultados y discusión

- 4.1 El plan de acción
- 4.2 Descripción del modelo
- 4.3 Caso de estudio
- 4.4 Desarrollo de indicadores de la técnica IMADO.
- 4.5 Aplicación de los indicadores de seguimiento al caso de estudio
- 4.6 Análisis gráfico
- 4.7 Cuadro de mando

El modelo desarrollado en el presente estudio parte de la idea que la práctica totalidad de las incidencias producidas en la obra que originan desviaciones económicas son conocidas por los agentes implicados en el proceso con anterioridad a su producción y, por lo tanto, antes de que se hagan evidentes a través de cualquier sistema de seguimiento y control de costes.

El modelo propuesto y desarrollado, que se ha convenido en denominar “Integration of information for advanced detection of cost overruns – IMADO”, se fundamenta en una óptima gestión de la información obtenida durante el proceso de seguimiento, en concreto a toda aquella referida a las circunstancias que puedan acabar derivando en la introducción de cambios o modificaciones que produzcan alteraciones de tipo económico. El sistema se sustenta en la hipótesis de recoger la información en el preciso momento en que ésta es conocida o percibida y que se dispone de la suficiente certeza que los hechos se producirán. Los nuevos datos recogidos, incorporados en un punto de observación durante el seguimiento, permitirán dibujar un pronóstico fiable del horizonte de liquidación económica de la obra (EAC) que será válido para el momento concreto del análisis. El método se sirve para su aplicación de la información obtenida de las relaciones valoradas periódicas, pero introduce una nueva dimensión al seguimiento, consistente en el registro anticipado de la información obtenida, sin esperar que el propio sistema de control de certificaciones la haga evidente una vez los hechos se han consumado y figuren en la información reportada a través de cualquier sistema de seguimiento y control de costes de obra.

De esta forma, el modelo consigue ganar tiempo para gestionar el proceso y para aplicar, si corresponde, las medidas correctoras que faciliten optimizar los resultados de la obra y acercarse al objetivo de coste planificado inicialmente.

El método desarrollado no es una fórmula, sino un procedimiento natural de registro avanzado de la información que se genera durante el proceso de seguimiento de la obra, basado en el conocimiento, que no entorpece la tradicional metodología de emisión de certificaciones de obra, sino que la complementa añadiendo una apreciación económica de alta fiabilidad sobre el posible importe de cierre y liquidación de la ejecución de la obra.

A parte de proponer un modelo capaz de integrar la información económica que se produce durante el proceso de ejecución en el sistema de control y seguimiento de costes, también propone y desarrolla un conjunto de indicadores, que manteniéndose fieles a los valores e índices del sistema de control y medida del grado de cumplimiento de un proyecto planteado originalmente por el EVM, se adaptan al formato de presentación de las relaciones valoradas periódicas de las obras de construcción. Para la obtención de los nuevos indicadores no se requiere el cálculo del importe del EV y se fundamenta en la aplicación del modelo de gestión de la información dirigida a detectar de manera avanzada los sobrecostes de obra que desarrolla y presenta este trabajo, llamado IMADO.

Este modelo se ha desarrollado con una doble intención: ser útil para gestionar las acciones correctoras que deben adoptar los responsables del proyecto y de la ejecución de la obra (director de obra, director de la ejecución de la obra y del project manager) y; ser informativo, claro y útil desde el

punto de vista de la Administración pública contratante para la toma de decisiones. Sería deseable que este doble objetivo se viera reflejado en un sistema de información gerencial (Management Information System –MIS) que fuera capaz de transmitir los resultados económicos operacionales de la ejecución del proceso en términos de calidad, oportunidad, cantidad y relevancia dentro de un cuadro de mando idóneo de uso generalizado en la Administración pública.

4.1 EL PLAN DE ACCIÓN

Como ya se ha expuesto dentro del marco teórico del trabajo, antes de iniciar la fase de ejecución de la obra y, consecuentemente, el seguimiento y control del avance durante su desarrollo, es necesario trazar el plan de ruta, definiendo cuál va a ser el objetivo u objetivos a alcanzar y el punto de referencia y comparación que ha de servir de base para el control del progreso en términos de alcance, coste y tiempo. Se trata pues de concretar el alcance del trabajo (WBS), el cronograma y el presupuesto objetivo. Todo ello recogido de forma integral (Figura 58) en la representación de la curva de coste y tiempo, conocida como la curva “S” y que muestra la línea de base que permitirá comparar lo planificado con el avance real.

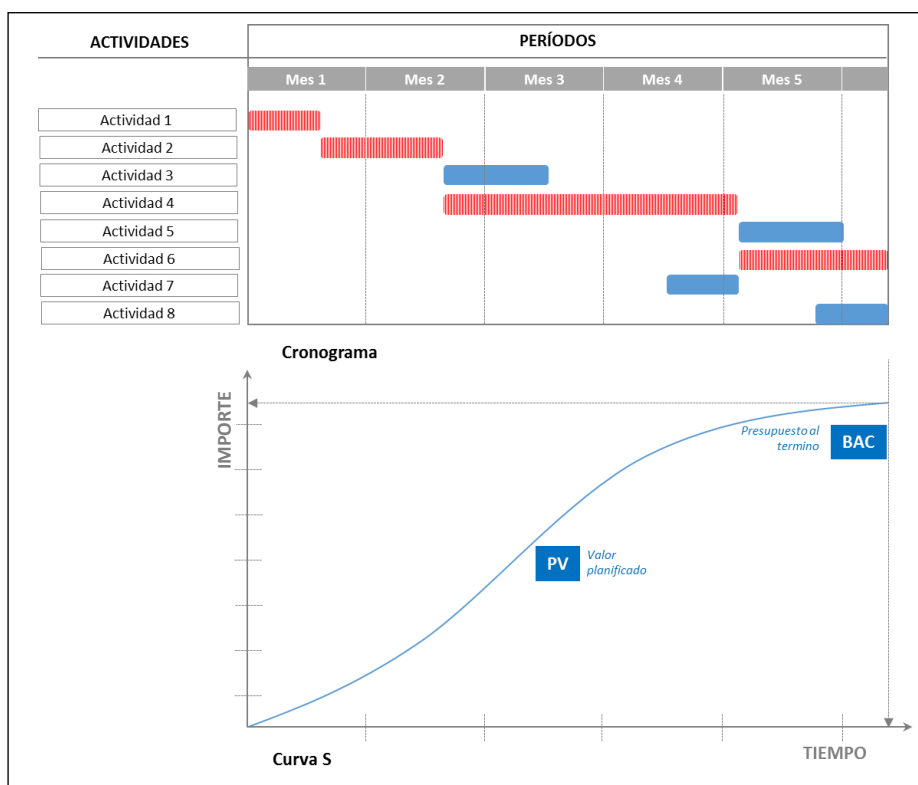


Figura 58 – Representación del plan de acción con el cronograma y la curva “S”. Fuente: autora tesis doctoral

Luego, una de las cuestiones fundamentales a afrontar para llevar a cabo el proceso de seguimiento y control de costes es fijar cuál es –desde la perspectiva de la Administración contratante–, la base comparativa principal que necesita utilizar el sistema de seguimiento y control. Es decir, cuál es el presupuesto que sirve de referencia para observar las posibles desviaciones económicas con respecto a lo que vaya sucediendo en obra o de lo que pueda pasar. En el estudio, se ha convenido en nombrarlo como “presupuesto objetivo”. Complementariamente, y para la vigilancia del cumplimiento de los plazos de ejecución establecidos, será conveniente disponer también del cronograma del desarrollo anticipado de los trabajos o plan de obra.

Según se ha expuesto en el apartado correspondiente a las particularidades del sistema definido para la contratación de obras en el sector público, este tipo de obras se caracterizan por:

- Disponer de un presupuesto denominado Presupuesto Base Licitación, incorporado obligatoriamente en el documento proyecto de ejecución. El importe final de este presupuesto es el precio de salida para la preparación de las ofertas por parte de los participantes en el proceso de licitación, de manera que las ofertas presentadas no pueden superar la cifra señalada.
- El contrato se adjudica a la oferta económicamente más ventajosa⁶². El importe adjudicado recibe el nombre de presupuesto adjudicado, presupuesto del contrato o presupuesto primitivo del contrato.
- Resultado de la adjudicación se obtiene el coeficiente de adjudicación, calculado a partir de la división entre el presupuesto adjudicado y el PBL, siendo siempre un valor inferior o igual a 1.
- El proyecto de ejecución, además del PBL debe contener un plan de obra valorado. Entonces, en los contratos de obra pública la duración de la obra siempre está prevista aunque puede modificarse puesto que a veces la reducción del período de ejecución es un parámetro que se puntúa como criterio de adjudicación.
- En algunos casos es obligatorio la presentación del programa de trabajo por parte del contratista adjudicatario.

Así pues, en los contratos de obra pública, el presupuesto objetivo es el presupuesto adjudicado, resultado del proceso de licitación y adjudicación. El cronograma valorado según el precio adjudicado, podrá ser el plan incorporado en el proyecto corregido por el coeficiente de adjudicación, o bien, como que a veces se exige la presentación de una nueva programación por parte de la empresa adjudicataria del contrato será este último el que forme parte del plan de acción.

La Figura 59 representa de manera esquemática los principales documentos que han de servir de referencia para llevar a cabo la monitorización de los costes y del plazo previamente establecido de su ejecución.

⁶² Aunque se indique la “oferta económicamente más ventajosa” el contrato se adjudica a la oferta que haya obtenido mayor puntuación en el proceso de valoración de las ofertas según los criterios de adjudicación establecidos.

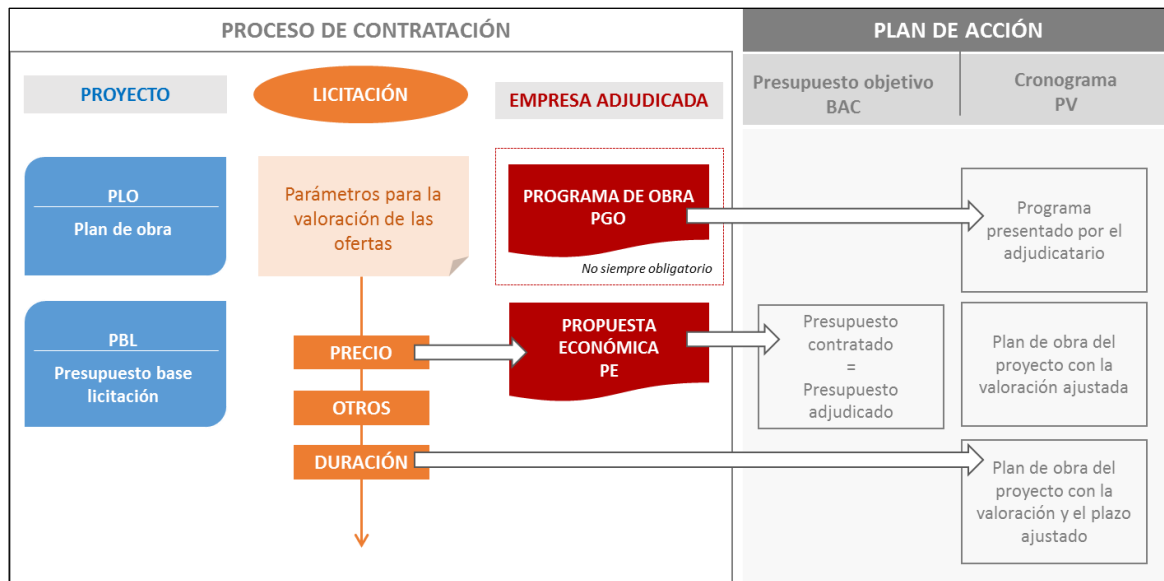


Figura 59 – Proceso para la determinación del presupuesto objetivo y el cronograma del plan de acción o línea de base. Fuente: autora tesis doctoral

Es posible, también, presentar de una forma integrada toda la información de los documentos requeridos para plantear un sistema de seguimiento y control de costes; el presupuesto de contrato (BAC) y el programa valorado de desarrollo de los trabajos (PV). El primero constituye la base de referencia económica de comparación y, el segundo, la base de referencia de comparación del cumplimiento del plazo de ejecución tal como puede apreciarse en la Figura 60.

PLAN DE LÍNEA DE BASE											
PRESUPUESTO OBJETIVO (PO)				PLANIFICACIÓN OBJETIVA (PV)							
C Concepto	Cantidades	Ud	Precio unitario	Importe	Importe periodo 1	Importe periodo 2	Importe periodo 3	Importe periodo 4	Importe periodo 5	Importe periodo 6	acumulado
CAPÍTULO 1					80%	20%	0%	0%	0%	0%	100%
Actividad 1.1	100,00	m ²	23,00	2.300,00	20.640,00	5.160,00					25.800,00
Actividad 1.2	200,00	m ³	50,00	10.000,00							
Actividad 1.3	300,00	m ²	45,00	13.500,00							
CAPÍTULO 2					0%	60%	40%	0%	0%	0%	100%
Actividad 2.1	450,00	m ²	4,00	1.800,00		14.880,00	9.920,00				24.800,00
Actividad 2.2	520,00	m ²	10,00	5.200,00							
Actividad 2.3	750,00	m ³	12,00	9.000,00							
Actividad 2.4	200,00	m ²	44,00	8.800,00							
CAPÍTULO 3					0%	0%	33%	33%	33%	0%	100%
Actividad 3.1	400,00	m ²	125,00	50.000,00			22.610,00	22.610,00	22.610,00		67.830,00
Actividad 3.2	75,00	m ²	78,00	5.850,00							
Actividad 3.3	25,00	m ³	40,00	1.000,00							
Actividad 3.4	90,00	m ²	122,00	10.980,00							
CAPÍTULO 4					0%	0%	0%	0%	40%	60%	100%
Actividad 4.1	50,00	m ²	19,00	950,00					5.084,00	7.625,00	12.709,00
Actividad 4.2	80,00	m ²	19,00	1.520,00							
Actividad 4.3	155,00	m ³	25,00	3.875,00							
Actividad 4.4	95,00	m ²	44,00	4.180,00							
Actividad 4.5	143,00	ud	12,00	1.716,00							
Actividad 4.6	234,00	kg	2,00	468,00							
<i>Importe parcial</i>					20.640,00	20.040,00	32.530,00	22.610,00	27.694,00	7.625,00	
BAC				Importe total	20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	correcto
PVn											

Figura 60 – Representación integrada del presupuesto inicial del contrato (BAC) y del programa de desarrollo de los trabajos (PV). Fuente: autora tesis doctoral

Todos los sistemas de control de costes de obra orientados a la Administración contratante utilizan como fuente de información principal las valoraciones periódicas de los trabajos realizados hasta el final del período evaluado, ya sean expresadas a origen o sólo comprensivas de la valoración de los trabajos efectuados durante el último periodo. Además, todos ellos se basan en la aplicación del principio contable de acreditación que viene reflejado en la normativa contable europea (Normativa contable europea, 2007). Este principio establece como criterio que los efectos de las transacciones o de los efectos económicos se registraran cuando sucedan. Es decir, y en el ámbito de las obras de construcción, se registrarán cuando se presenten unos determinados costes de obra, relaciones valoradas, que son elaboradas por la DF de la obra, con el consentimiento del contratista o del industrial especialista contratado, si se trata de una contratación por lotes. Excepto el abono anticipado de partidas de obra, la relación valorada no es capaz de reflejar ninguna otra cosa que no haya sido aceptada y ejecutada en obra satisfactoriamente. Las posibles modificaciones de trabajos, las disminuciones o aumentos de volumen de obra de partidas previstas en el proyecto o cualquier otro cambio, no se recogerán en la relación valorada ni se incluirán en la correspondiente certificación de obra hasta que realmente no se produzcan en obra, con independencia que el hecho fuera conocido con anterioridad a su ejecución, cosa que suele pasar bastante a menudo.

Una estructura habitual de elaboración de informes de control de costes soportados de construcción es la que se muestra en la Figura 61, y a menudo incluye los siguientes campos o registros:

- A – Código y descripción de los trabajos a ejecutar
- B – Presupuesto objetivo (cantidad, precio unitario e importe total)
- C – Coste de construcción de obra en el último período (cantidad e importe)
- D – Coste de construcción de obra acumulado (cantidad e importe)
- E – Coste pendiente de ejecutar respecto del presupuesto de contratación (cantidad, importe y porcentaje que representa).

PLANIFICACIÓN - PLAN DE ACCIÓN				EJECUCIÓN / SEGUIMIENTO Y CONTROL - RELACIONES VALORADAS								
Relación de tareas a realizar		PRESUPUESTO OBJETIVO - BAC			CERTIFICACIÓN - AC				PENDIENTE PARA LA CONCLUSIÓN - ETC			
Código	Descripción resumida de los trabajos	Cantidades	Precio /ut	Importe	Certificación período		Certificación a origen		Pendiente de ejecutar			
					Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	%	
				BAC					AC	ETC		
A		B			C		D		E			

Figura 61 – Estructura básica de los informes de control de costes de obra (sin histórico). Fuente: autora tesis doctoral

Los datos se introducen a nivel detallado de cada actividad que compone el presupuesto objetivo y que se están ejecutando en obra (cantidad producida e importe), incidiendo en la importancia de que los importes unitarios mantengan el mismo carácter de coste. Esto quiere decir, y al tratarse de una contratación de obra pública, a nivel de precios de ejecución material (PEM = coste directo + coste indirecto). Como resultado de este proceso, también se facilita la información de seguimiento y control de forma resumida utilizando el mismo sistema de clasificación que utiliza el presupuesto del proyecto (capítulos y subcapítulos del presupuesto).

Como se muestra en la Figura 61, esta estructura no presenta los datos históricos detallados de la producción de obra, sino tan solo del último período. Para disponer de todo el detalle sobre la evolución de la producción en obra debe añadirse a la estructura anterior, tantas columnas como valoraciones de períodos se hayan presentado, así como se representa en la Figura 62 y que contempla adicionalmente los siguientes apartados:

- C1 – Coste de construcción de obra en el período número 1 (cantidad e importe)
- C2 – Coste de construcción de obra en el período número 2 (cantidad e importe)
- Cn – Coste de construcción de obra en el período número n (cantidad e importe)

PROCESO PLANIFICACIÓN - PLAN DE ACCIÓN				PROCESO EJECUCIÓN / SEGUIMIENTO Y CONTROL - RELACIONES VALORADAS													
Relación de tareas a realizar		PRESUPUESTO OBJETIVO - BAC			CERTIFICACIÓN - AC								PENDIENTE PARA LA CONCLUSIÓN - ETC				
Código	Descripción resumida de los trabajos	Cantidades	Precio /ut	Importe	Certif. período nº1		Certif. período nº2		Certif. período nº N		Certificación a origen		Pendiente de ejecutar				
					Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	%		

A

B

C1

C2

Cn

D

E

Figura 62 – Estructura detallada de los informes de control de costes en obras con histórico. Fuente: autora tesis doctoral

El planteamiento del nuevo modelo propuesto se fundamenta en la observación que, en la mayoría de ocasiones, las incidencias de obra, que provocan una variación del coste de obra, son conocidas por el equipo de gestión y/o por la dirección facultativa de las obras con anterioridad al momento de ejecutarlas y, por lo tanto, antes que se incorporen a las valoraciones de obra ejecutada que se utilizan para alimentar el control de costes tradicional (Figura 63). En el peor de los casos y, aunque la legislación no lo contempla, la situación se podría conocer en el mismo momento que el control de costes refleja una determinada desviación económica de sobrecoste y aun así, esto no representaría ningún impedimento en el funcionamiento tradicional de la metodología que se utiliza generalmente en el seguimiento y control de costes de certificaciones de obra.

poder garantizar el cumplimiento de los preceptos legales en materia de modificados. Por lo tanto, con la aplicación de la metodología propuesta se alcanzan dos objetivos vitales esenciales:

- Disponer de los datos necesarios para anticipar cuál es el comportamiento de la obra en términos de alcance, coste y tiempo.
- Permitir una adecuada gestión de las modificaciones en términos administrativos.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo incorpora tres nuevos registros, columnas o apartados en el esquema de control con el fin que den cabida a:

- Un **diferencial de medición** (cantidad que modifica el presupuesto objetivo), destinado a recoger todas aquellas circunstancias que puedan hacer variar la estimación de la producción que realmente se realizará en obra en atención a las decisiones y condiciones que se vayan conociendo durante todo el proceso (F).
- Una **medición de cierre** (cantidad total resultante), destinado a recoger la medición total prevista en base a la incorporación de todas las circunstancias que han hecho modificar la previsión inicial (G).
- Un **importe total**, destinado a recoger el pronóstico de liquidación de la obra como resultado de multiplicar la previsión de medición de cierre por su precio unitario de contrato (H).

La incorporación de esta propuesta quedaría como se representa en la Figura 64, en el modelo que refleja la estructura detallada con histórico de los informes de control de costes en obras.

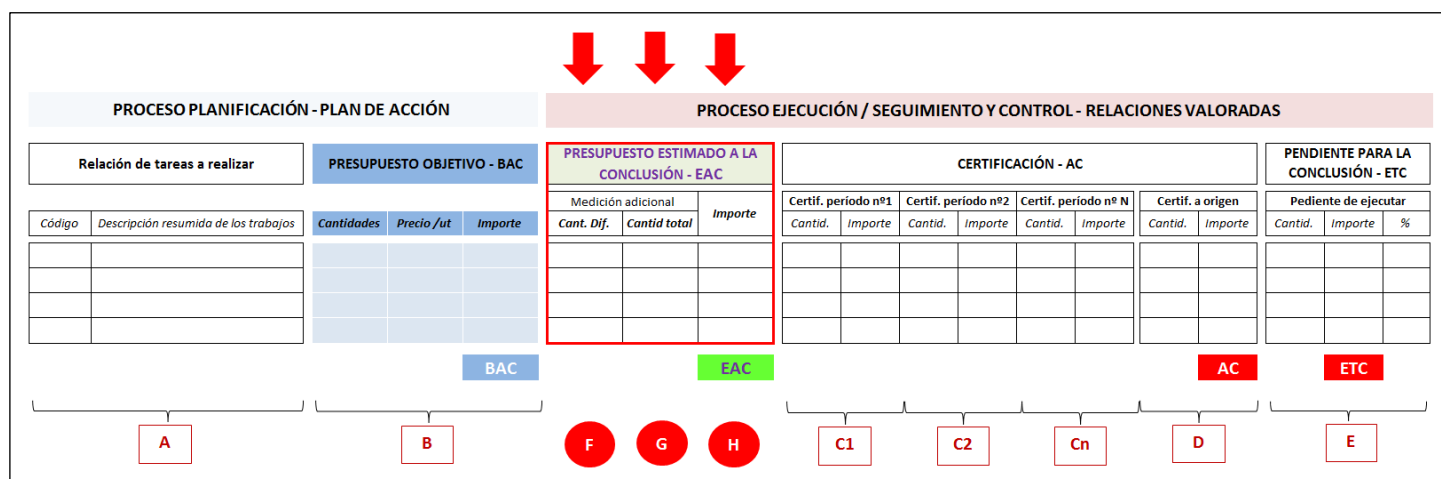


Figura 64 – Representación del nuevo modelo con la incorporación de tres nuevos registros. Fuente: autora tesis doctoral

Esta incorporación permite obtener periódicamente un valor de alta confianza y, avanzado al propio proceso de ejecución, sobre el importe de liquidación de la obra a su cierre y, por tanto, posibilita aplicar mediadas con más comodidad y efectividad.

Los valores del presupuesto objetivo son inamovibles. Una vez fijados se mantienen sin modificación puesto que éstos sirven como punto de comparación para establecer y valorar las posibles desviaciones económicas (B).

La columna del diferencial de medición (producción esperada) debe recoger todas aquellas circunstancias que puedan hacer variar la estimación de la producción que realmente se realizará en la obra en atención a las decisiones y condiciones que se vayan conociendo durante todo el proceso. Este proceso es más amplio que el tiempo de la propia ejecución de la obra, y debe comprender desde que se ha fijado el presupuesto objetivo hasta que se liquida y acaba la ejecución de la obra. Lo más importante es que los diferenciales de medición se recojan y reflejen en el esquema tan pronto como son conocidos, apreciados o previstos por el equipo que llevará a término la gestión de la obra, con independencia del momento futuro en que probablemente se puedan ejecutar en obra (F).

Tan solo es necesario actuar cuando aparezcan circunstancias que puedan hacer variar el objetivo de coste. En el resto de ocasiones el modelo no requiere ningún tipo de intervención y por lo tanto, no produce ninguna carga de trabajo adicional.

Las causas que originan sobrecostes tendrán valor de signo positivo y las actuaciones correctoras o los defectos de producción tendrán valores de signo negativo. Cuando se trate de modificaciones de trabajos existentes en el presupuesto de referencia solo deberán introducirse los valores diferenciales del cambio detectado. Cuando se trate de nuevas incorporaciones (precios contradictorios), habrá de añadirse nuevas filas con código-descriptor-precio unitario y diferencial de producción.

La columna de “medición de cierre” (medición del horizonte de liquidación) es el valor resultante de adicionar a la medición del presupuesto objetivo el valor del diferencial de la medición anterior. Reflejará en todo momento, la previsión actualizada de producción necesaria en obra. Por defecto adopta el valor de la medición del presupuesto objetivo (G).

El apartado de “previsión de cierre” (estimate at completion-EAC) responderá a la “previsión actualizada de cierre (horizonte de liquidación)”. Estos datos adoptan un carácter dinámico sobre los costes del presupuesto objetivo o de contratación. Cuando se identifiquen o se detecten diferenciales de producción – que se habrán de ejecutar necesariamente en obra y abonar al contratista- el valor de la contratación ya habrá cambiado y es lo que nos permitirá dibujar con confianza el importe más fiable de cierre de la operación. El importe de “previsión al cierre” se obtiene de multiplicar los valores de “medición de cierre” por el precio unitario a CEM que ya contiene el presupuesto objetivo en el caso de partidas existente, o de un precio unitario provisional en el caso de partidas de nueva adición que se deban añadir. Como resultado de ello la medición de producción del contrato definitiva deberá coincidir con la medición de cierre que provisionalmente es conocida. El valor acumulado de este nuevo apartado es el que ofrecerá de una forma más fiable el importe probable de liquidación de la obra (EAC) en cada periodo y que permitirá actuar con más rapidez (H).

Las columnas de “coste de construcción período número 1 a período número “n” recogen los valores de producción y las valoraciones de la producción de obra de cada mes, de acuerdo con los precios unitarios de contrato (C) – (C1, C2, ...Cn).

Las columnas de “coste de construcción acumulado”, recogen la producción y el importe a origen (desde el inicio de la obra hasta el último período conocido) (D). Y, por último, las columnas de “coste de construcción pendiente de ejecutar” no son más que la diferencia entre la medición de EAC (medición al cierre) y la producción acumulada a origen del último periodo controlado (E).

En el caso que se pretenda utilizar la hoja de seguimiento durante la fase de ejecución para controlar el tipo de desviaciones producidas y sus importes acumulados podrán añadirse los campos indicados en la Figura 65 a la Figura 64. Frente a la inminente aprobación en breve del nuevo Proyecto Ley de Contratos del Sector Público se ha considerado oportuno incorporar el tipo de alteraciones en él recogidas (véase el apartado 2.2.3.3).

Columnas adicionales que pueden utilizarse para realizar un control del tipo de variaciones y modificaciones y de sus límites legales permitidos

PROCESO PLANIFICACIÓN - PLAN DE ACCIÓN					PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL - REGISTRO DE ALTERACIONES										PRESUPUESTO ESTIMADO A LA CONCLUSIÓN - EAC																																																																																																																								
Relación de tareas a realizar		PRESUPUESTO OBJETIVO - BAC			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">MODIFICACIONES (M)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Modificaciones PREVISTAS (MP)</th> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">Modificaciones NO PREVISTAS (MNP)</th> <th colspan="2" rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="10" style="text-align: center;">≤ 50 % PPC</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">NO SUBSTANCIALES (MNS)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">IMPREVISIBLES (MIM)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">ADICIONALES (MAD)</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">≤ 10 % PPC</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">≤ 15 % PPC</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">≤ 50 % PPC</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">≤ 50 % PPC</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">límite establ. PCAP</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> <th>Cantidades</th><th>Importe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>										MODIFICACIONES (M)										Modificaciones PREVISTAS (MP)		Modificaciones NO PREVISTAS (MNP)												≤ 50 % PPC										NO SUBSTANCIALES (MNS)		IMPREVISIBLES (MIM)		ADICIONALES (MAD)								≤ 10 % PPC		≤ 15 % PPC		≤ 50 % PPC		≤ 50 % PPC		límite establ. PCAP				Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe																																																	Medición añadida		EAC
MODIFICACIONES (M)										Modificaciones PREVISTAS (MP)																																																																																																																													
Modificaciones NO PREVISTAS (MNP)																																																																																																																																							
≤ 50 % PPC																																																																																																																																							
NO SUBSTANCIALES (MNS)		IMPREVISIBLES (MIM)		ADICIONALES (MAD)																																																																																																																																			
≤ 10 % PPC		≤ 15 % PPC		≤ 50 % PPC		≤ 50 % PPC		límite establ. PCAP																																																																																																																															
Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe	Cantidades	Importe																																																																																																																												
Código		Descripción resumida de los trabajos			Cantidades		Precio /ut		Importe		[VCP+MNS+MIM+MAD+MP]		Cantidades dif.	Cantidad total	Importe																																																																																																																								

BAC	IVCP	A	IMNS	B	IMIM	C	IMAD	D	IMP	E	EAC
-----	------	---	------	---	------	---	------	---	-----	---	-----

Resumen de las variaciones de carácter económico

Tipo	Importe (€)	Porcentajes (%)	Límites en porcentaje (%)
IVCP	A		≤ 10 % PPC
IMNS	B		≤ 15 % PPC
IMIM	C		≤ 50 % PPC
IMAD	D		≤ 50 % PPC
IMP	E		límite establ. PCAP

Figura 65 – Ampliación de opciones de la hoja de seguimiento para incorporar los campos relativos al tipo de variación o modificación introducida. Fuente: autora tesis doctoral

4.3 CASO DE ESTUDIO

Con el objetivo de demostrar la utilidad y funcionamiento del modelo, en este trabajo se ha aplicado la propuesta sobre un caso sencillo, de pocas unidades de obra o actividades y pocos capítulos que permite apreciar todo su potencial y ventajas.

En la imagen siguiente (Figura 66) se muestra el plan de línea de base definido inicialmente para el caso de estudio. Tal como se aprecia, la línea de referencia queda integrada por un presupuesto y una planificación objetiva, quedando fijado desde el inicio, que tareas se deberán llevarse a cabo, por qué importe y cómo se espera que desarrollen éstas en el tiempo.

PLAN DE LÍNEA DE BASE											
PRESUPUESTO OBJETIVO (PO)					PLANIFICACIÓN OBJETIVA (PV)						
C Concepto	Cantidades	Ud	Precio unitario	Importe	Importe periodo 1	Importe periodo 2	Importe periodo 3	Importe periodo 4	Importe periodo 5	Importe periodo 6	acumulado
CAPÍTULO 1					80%	20%	0%	0%	0%	0%	100%
					20.640,00	5.160,00					25.800,00
Actividad 1.1	100,00	m ²	23,00	2.300,00							
Actividad 1.2	200,00	m ³	50,00	10.000,00							
Actividad 1.3	300,00	m ²	45,00	13.500,00							
CAPÍTULO 2					0%	60%	40%	0%	0%	0%	100%
						14.880,00	9.920,00				24.800,00
Actividad 2.1	450,00	m ²	4,00	1.800,00							
Actividad 2.2	520,00	m ²	10,00	5.200,00							
Actividad 2.3	750,00	m ³	12,00	9.000,00							
Actividad 2.4	200,00	m ²	44,00	8.800,00							
CAPÍTULO 3					0%	0%	33%	33%	33%	0%	100%
							22.610,00	22.610,00	22.610,00		67.830,00
Actividad 3.1	400,00	m ²	125,00	50.000,00							
Actividad 3.2	75,00	m ²	78,00	5.850,00							
Actividad 3.3	25,00	m ³	40,00	1.000,00							
Actividad 3.4	90,00	m ²	122,00	10.980,00							
CAPÍTULO 4					0%	0%	0%	0%	40%	60%	100%
									5.084,00	7.625,00	12.709,00
Actividad 4.1	50,00	m ²	19,00	950,00							
Actividad 4.2	80,00	m ²	19,00	1.520,00							
Actividad 4.3	155,00	m ³	25,00	3.875,00							
Actividad 4.4	95,00	m ²	44,00	4.180,00							
Actividad 4.5	143,00	ud	12,00	1.716,00							
Actividad 4.6	234,00	kg	2,00	468,00							
Importe parcial					20.640,00	20.040,00	32.530,00	22.610,00	27.694,00	7.625,00	
BAC					20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	correcto
Importe total											
					PVn						

Figura 66 - Plan de línea de base definido inicialmente para el caso de estudio. Fuente: autora tesis doctoral

A continuación se exponen los diferentes escenarios en los cuales se ha ensayado el caso de estudio. Cada uno de ellos define un planteamiento de sucesos diferente en el desarrollo de la obra.

- Escenario 1 – Proceso de obra con sobrecostos y sin retraso de obra

Información avanzada (1)	Al inicio de la ejecución de la obra (período 1) se ha observado que los trabajos correspondientes a la actividad 1.30 del capítulo 1, requerirá una producción mayor, con un total de 100 unidades de más de las previstas inicialmente.
	En el período 2 se descubre que hace falta un trabajo (actividad 2.15) correspondiente al capítulo 2, que requerirá de una producción de 75 unidades a precio unitario de 25 unidades monetarias.
	En el período número 3 se observa que serán necesarias 100 unidades más de producción de la actividad 3.10 del capítulo 3.
Incidencias en Producción (2)	En el período 3 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 1.30.
	En el período 4 se ejecutan las 75 unidades de la nueva actividad 2.15.
	En el período 5 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 3.10.
Información Planificación (3)	El ritmo de ejecución durante los primeros períodos ha presentado un ligero retraso sobre la planificación prevista.
	La planificación de la obra no se ve resentida por estos aumentos de producción que se absorben mediante personal.

- Escenario 2 – Proceso de obra sin sobrecostos y sin retraso de obra

(1)	No se han detectado cambios
(2)	No hay incidencias
(3)	El ritmo de ejecución ha sido bastante fiel a la programación prevista.
	El plazo total no ha sufrido ningún cambio y se ha cumplido.

- Escenario 3 – Proceso de obra con sobrecostos y con retraso de obra

Información avanzada (1)	Al inicio de la ejecución de la obra (período 1) se ha observado que los trabajos correspondientes a la actividad 1.30 del capítulo 1, requerirá una producción mayor, con un total de 100 unidades de más de las previstas inicialmente.
	En el período 2 se descubre que hace falta un trabajo (actividad 2.15) correspondiente al capítulo 2, que requerirá de una producción de 75 unidades a precio unitario de 25 unidades monetarias.

	En el período número 3 se observa que serán necesarias 100 unidades más de producción de la actividad 3.10 del capítulo 3.
Incidencias en Producción (2)	En el período 3 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 1.30.
	En el período 4 se ejecutan las 75 unidades de la nueva actividad 2.15.
	En el período 5 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 3.10.
Información Planificación (3)	El ritmo de ejecución durante los tres primeros períodos ha presentado un ligero retraso sobre la planificación prevista. A partir del cuarto período el ritmo se ha recuperado sin ser capaz de absorber la producción extra que ha originado sobrecostos.
	La planificación general inicial de la obra no se ha podido cumplir. El plazo total previsto se ha visto incrementado con un período de más (séptimo período).

- Escenario 4 – Proceso de obra sin sobrecostos y con retraso de obra

(1)	No se han detectado cambios
(2)	No hay incidencias
(3)	El ritmo de ejecución ha sido permanentemente por debajo de la programación prevista. Esto ha provocado que el plazo total de ejecución de alargase un período de más (séptimo período).

- Escenario 5 – Proceso con ahorro económico y sin retrasos de obra

(1)	Al inicio de la ejecución de la obra (período 1) se ha observado que los trabajos correspondientes a la actividad 1.30 del capítulo 1, requerirá una menor producción de un total de 100 unidades de menos de las previstas inicialmente.
	En el período número 3 se observa que la producción de la actividad 3.10 del capítulo 3 podrá disminuirse en 100 unidades.
(2)	En el período 3 se da por finalizada la producción de la actividad 1.30.
	En el período 5 se da por finalizada la producción de la actividad 3.10.
(3)	El ritmo de ejecución siempre se ha mantenido por debajo de la planificación inicial prevista, pero acomodada a la planificación ajustada de disminución de producción.
	El plazo total de ejecución inicialmente previsto se ha cumplido.

Dado que seguramente el método de referencia más estudiado y extendido hasta ahora para realizar el seguimiento y control económico de obra a través de indicadores es el EVM, los cálculos de las magnitudes de desarrollo del cumplimiento económico y del plazo de ejecución del proyecto, se han realizado simultáneamente sobre el EVM y sobre el método propuesto, con el fin de reflejar y evidenciar las diferencias de valor que ofrecen ambos métodos y para remarcar las ventajas y fiabilidad del nuevo modelo y también con la finalidad de demostrar que la utilización del término, “valor ganado” (EV) no aporta ninguna ventaja en la obtención de datos o en su representación gráfica que no se obtenga con el modelo propuesto y desarrollado en este estudio.

Los resultados de cálculo de las principales magnitudes que se obtienen sobre el caso de muestra y para el escenario 1 (con desviación de costes y sin retraso), en aplicación del EVM sobre el desarrollo de la obra, para cada uno de los períodos son los que quedan indicados en la Tabla 3.

Concepto	Acrónimo	Fórmula	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Planificación Valorada	PVn		20.640 €	40.680 €	73.210 €	95.820 €	123.514 €	131.139 €
Valor Ganado	EVn		14.300 €	34.150 €	68.300 €	94.350 €	121.010 €	131.139 €
Coste Actual	ACn		14.300 €	34.150 €	72.800 €	100.725 €	139.885 €	150.014 €
Variación de coste	CVn	EVn-ACn	- €	- €	- 4.500 €	- 6.375 €	- 18.875 €	- 18.875 €
Variación de plazo	SVn	EVn-PVn	- 6.340 €	- 6.530 €	- 4.910 €	- 1.470 €	- 2.504 €	- €
Índice cumplimiento coste	CPI _n	EVn/ACn	1,00	1,00	0,94	0,94	0,87	0,879
Índice cumplimiento plazo	SPI _n	EVn/PVn	0,69	0,84	0,93	0,98	0,98	1,00

Tabla 3 – Valores de los principales indicadores utilizados por el EVM del escenario 1. Fuente: autora tesis doctoral

Para su mayor comprensión se muestra en la Tabla 4 el desarrollo seguido para la obtención del valor de la magnitud EV. Tal como ya se ha manifestado, la fijación de dicho valor requiere de la distinción dentro del importe de la certificación de la parte correspondiente a la obra prevista y la parte derivada de alteraciones producidas. Sin un seguimiento activo del avance y un control del alcance (cambios) resulta imposible determinar si el importe certificado se corresponde a producción prevista o a nuevas adiciones o variaciones. Esta circunstancia se produce habitualmente cuando el director del proyecto se limita exclusivamente a un control cuantitativo basado en la simple emisión de las relaciones valoradas.

Partiendo de los datos facilitados en la descripción del caso y de los escenarios, y en concreto en este caso para el escenario 1, el valor del EV se obtiene fácilmente puesto que se conoce en qué períodos se han ejecutado los excesos de producción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	
PVn	20.640,00 €	40.680,00 €	73.210,00 €	95.820,00 €	123.514,00 €	131.139,00 €	acum.
Acn	14.300,00 €	34.150,00 €	72.800,00 €	100.725,00 €	139.885,00 €	150.014,00 €	acum.
VarCert			4.500,00 €	1.875,00 €	12.500,00 €		peri.
			4.500,00 €	6.375,00 €	18.875,00 €	18.875,00 €	acum.
EV	14.300,00 €	34.150,00 €	68.300,00 €	94.350,00 €	121.010,00 €	131.139,00 €	acum.

VarCert Variaciones certificadas
 Acum. Acumuladas
 Peri. Período

$$EVn = ACn - VarCertacum$$

Tabla 4 – Desarrollo de la obtención de la magnitud EV del EVM. Fuente: autora tesis doctoral

La Tabla 5 recoge los diferentes importes de cálculo que se obtendrían del EAC mediante cada una de las técnicas expuestas en el punto “El Método del Valor Ganado” del apartado “b) Técnicas de seguimiento y control económico y temporal” del título “2.1.2.4 Técnicas y metodologías de gestión de proyectos”, de pronóstico de EAC que obtiene el EVM. La tabla pretende reflejar las importantes diferencias en el importe de pronóstico del EAC que obtiene el EVM mediante las técnicas estudiadas.

Cálculo de EAC (Previsión del importe de liquidación de la obra)		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Téc. 1	BAC	131.139	131.139	131.139	131.139	131.139	131.139
Téc. 2	BAC + (ACn-EVn)	131.139	131.139	135.639	137.514	150.014	150.014
Téc. 3	(ACn/EVn) x BAC	131.139	131.139	139.779	140.000	151.594	150.014
Téc. 4	(ACn + [(BAC-EVn)/(CPI _n x SPI _n]))	182.940	149.685	144.594	140.612	151.836	150.014
Téc. 5	ACn + [(BAC-EVn)/(0,8 CPI _n + 0,2 SPI _n))]	160.349	155.386	156.524	149.819	154.521	150.014
Téc. 6	ACn + [(BAC-EVn)/(0,5 CPI _n + 0,5 SPI _n))]	247.978	228.128	206.759	179.275	163.303	150.015

Tabla 5 – Valores periódicos de pronóstico de EAC según las técnicas de cálculo del EVM recogidas en el punto g) del apartado “Técnicas de seguimiento y control” del título 2.1.2.4 “Técnicas y metodologías de gestión de proyectos”. Fuente: autora tesis doctoral

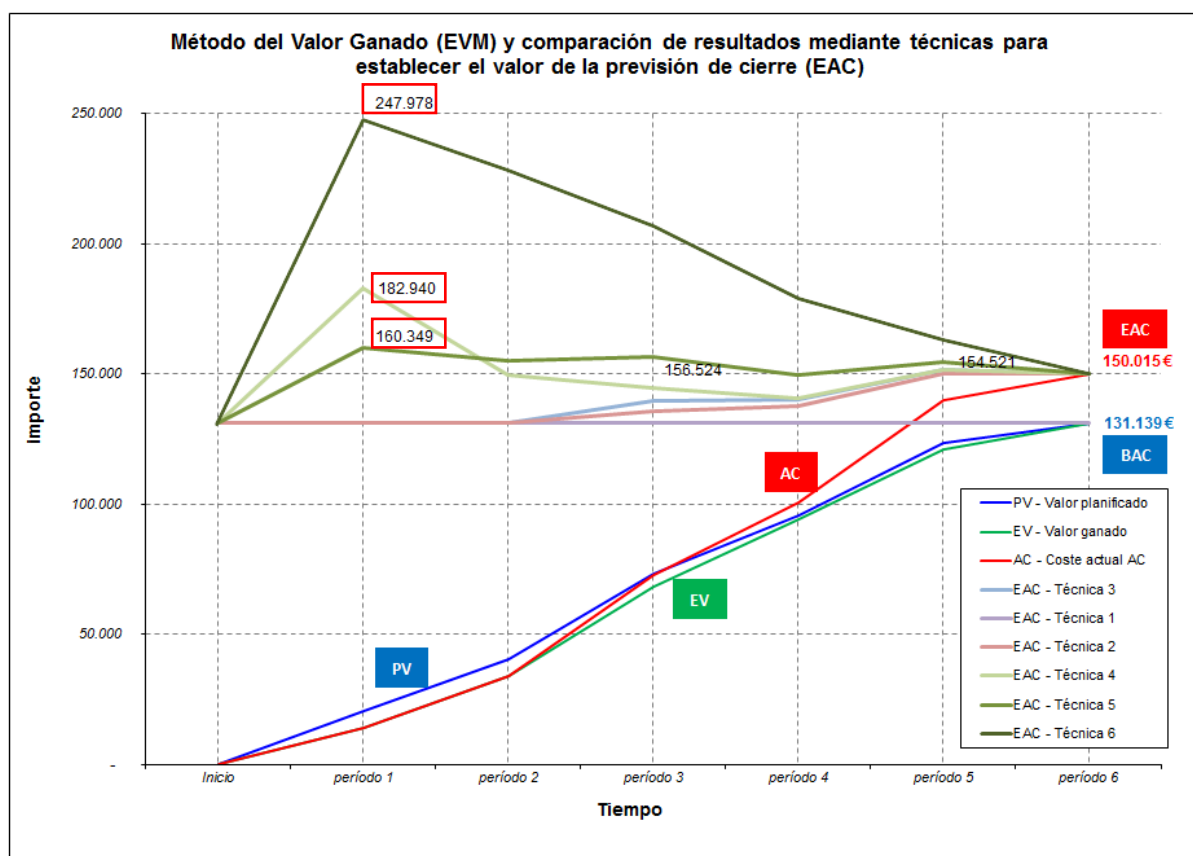


Gráfico 1 – Representación gráfica comparativa de los valores del EAC con diferentes técnicas de evaluación. Fuente: autora tesis doctoral

Como ya se anunciaba, en la Tabla 5 y el Gráfico 1, se puede observar la gran disparidad de valores de EAC que hay entre las diferentes técnicas, sobre todo en los primeros períodos de ejecución de la obra. En el caso sometido a estudio, solo las técnicas más simples (2 y 3) son capaces de dibujar una aproximación aceptable al valor de cierre real de la obra. En cuanto a los valores obtenidos de las técnicas 1 y las variantes de la 4, mayormente en los primeros períodos, debe destacarse que difícilmente se podrán considerar como válidos dado que están pronosticando unos valores de liquidación muy elevados que ni el sistema de costes identifica, ni hay conocimiento de ningún motivo objetivo que pueda predecir una desviación tan importante. En estos casos, es muy improbable que ningún equipo que tenga a su cargo la responsabilidad de gestionar la obra (director de obra, director de ejecución o project manager), empiece a tomar medidas correctoras en base a los valores de desviación que ofrecen estas técnicas de evaluación del EAC del EVM. Luego, y para continuar el proceso de comparación de resultados, se ha optado por prescindir de los valores de predicción obtenidos por estas últimas técnicas.

Incorporando al modelo propuesto basado en la gestión anticipada de la información que se genera durante el transcurso de la obra (IMADO), resulta que los datos de pronóstico periódico de EAC logrados mediante el nuevo modelo, aunque cuantitativamente son parecidos a las técnicas empleadas 2 y 3, presentan la ventaja significativa que detecta y evidencia los sobrecostos con mucha antelación, tal como se puede observar en la Tabla 6.




Cálculo de EAC (Previsión del importe de liquidación de la obra)		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>IMADO</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EVM</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EVM</p>  </div> </div>					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Técnica 2	$EACn = BAC + (ACn - EVn)$	131.139	131.139	135.639	137.514	150.014	150.014
Técnica 3	$EACn = (ACn / EVn) \times BAC$	131.139	131.139	139.779	140.000	151.594	150.014
IMADO	Magnitud	135.639	137.514	150.014	150.014	150.014	150.014

Tabla 6 – Comparativa de los valores de previsión de EAC según las técnicas 2 y 3 en contraposición a los valores obtenidos mediante la técnica IMADO. Fuente: autora tesis doctoral




Diferencial de sobrecostos en el cálculo de EAC		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>IMADO</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EVM</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EVM</p>  </div> </div>					
		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
técnica 2		0	0	4.500	6.375	18.875	18.875
técnica 3		0	0	8.640	8.861	20.455	18.875
IMADO		4.500	6.375	18.875	18.875	18.875	18.875

Tabla 7 – Importes de los sobrecostos detectados para cada técnica de previsión de EAC (2 y 3) y para la técnica IMADO. Fuente: autora tesis doctoral

Como puede apreciarse, el modelo propuesto ofrece una detección de las desviaciones económicas mucho más anticipada, dado que el sistema no requiere que los costes se hayan producido, parcial o totalmente, en obra. Una visión global de estas técnicas de pronóstico a lo largo de la evolución de todo el proceso de obra es la representada en el Gráfico 2 que contiene todo el transcurso de la ejecución y fija los diferentes valores que se van a obtener para cada una de las técnicas comparadas en la Tabla 7. Los valores representados mediante la línea verde, son los alcanzados utilizando el modelo propuesto. En detalle, se puede apreciar que ya en el primer período y, a partir del segundo y

del tercero, se corrige la previsión de coste de cierre y, por tanto, la detección de sobrecostes de obra, en atención a las modificaciones de obra que se ejecutarán en un futuro.

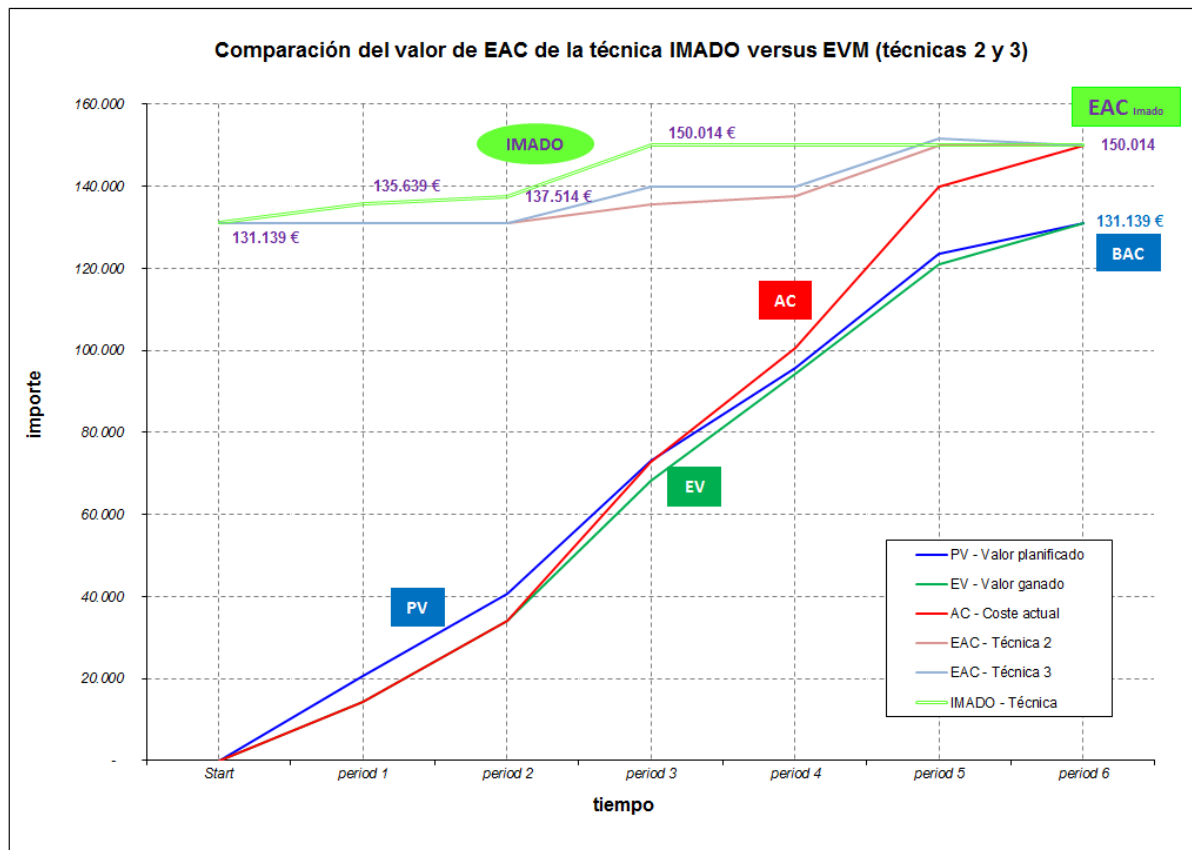


Gráfico 2 – Representación gráfica de los valores obtenidos mediante técnicas seleccionadas (T2 y T3), respecto de los valores obtenidos con la técnica IMADO para el escenario 1. Fuente: autora tesis doctoral

En la Tabla 8 se presenta la información económica que en el período número 3 ofrece el modelo IMADO propuesto. En este caso, se puede apreciar la claridad del modelo y la fiabilidad de los importes que es capaz de prever durante el proceso de la obra. Como se puede comprobar, la metodología propuesta no interfiere en la información procedente del control de costes solo la complementa de una forma efectiva que facilita tomar conocimiento de las desviaciones de manera anticipada y, consecuentemente, adoptar acciones correctoras con más tiempo.

Presupuesto objetivo (PO)				Coste a la finalización (EAC)		
Concepto	Cantidades	Precio unitario	Importe	Diferencia detección incidencias	Producción final	Importe final
CAPÍTULO 1						
Actividad 1.1	100,00	23,00	2.300,00		100,00	2.300,00
Actividad 1.2	200,00	50,00	10.000,00		200,00	10.000,00
Actividad 1.3	300,00	45,00	13.500,00	100,00	400,00	18.000,00
CAPÍTULO 2						
Actividad 2.1	450,00	4,00	1.800,00		450,00	1.800,00
Actividad 2.15		25,00		75,00	75,00	1.875,00
Actividad 2.2	520,00	10,00	5.200,00		520,00	5.200,00
Actividad 2.3	750,00	12,00	9.000,00		750,00	9.000,00
Actividad 2.4	200,00	44,00	8.800,00		200,00	8.800,00
CAPÍTULO 3						
Actividad 3.1	400,00	125,00	50.000,00	100,00	500,00	62.500,00
Actividad 3.2	75,00	78,00	5.850,00		75,00	5.850,00
Actividad 3.3	25,00	40,00	1.000,00		25,00	1.000,00
Actividad 3.4	90,00	122,00	10.980,00		90,00	10.980,00
CAPÍTULO 4						
Actividad 4.1	50,00	19,00	950,00		50,00	950,00
Actividad 4.2	80,00	19,00	1.520,00		80,00	1.520,00
Actividad 4.3	155,00	25,00	3.875,00		155,00	3.875,00
Actividad 4.4	95,00	44,00	4.180,00		95,00	4.180,00
Actividad 4.5	143,00	12,00	1.716,00		143,00	1.716,00
Actividad 4.6	234,00	2,00	468,00		234,00	468,00
			BAC	131.139,00		
					EAC_t	150.014,00

Tabla 8 - Información económica mediante el modelo IMADO conocida en el período 3.
Fuente: autora tesis doctoral

El modelo diseñado no tan solo prevé correctamente los valores de cierre de la operación de una manera sencilla, sino que permite actuar con mucha antelación ya que el conocimiento de los hechos de obra se incorporan, junto con su valoración, al sistema de información tan pronto como son conocidos y, por consiguiente, permiten una actuación mucho más rápida en la valoración del EAC así como de la posibilidad de intervenir con medidas correctoras que eliminen parcial o totalmente las desviaciones de costes que se prevé que se producirán, tal como se puede apreciar en el Gráfico 3.

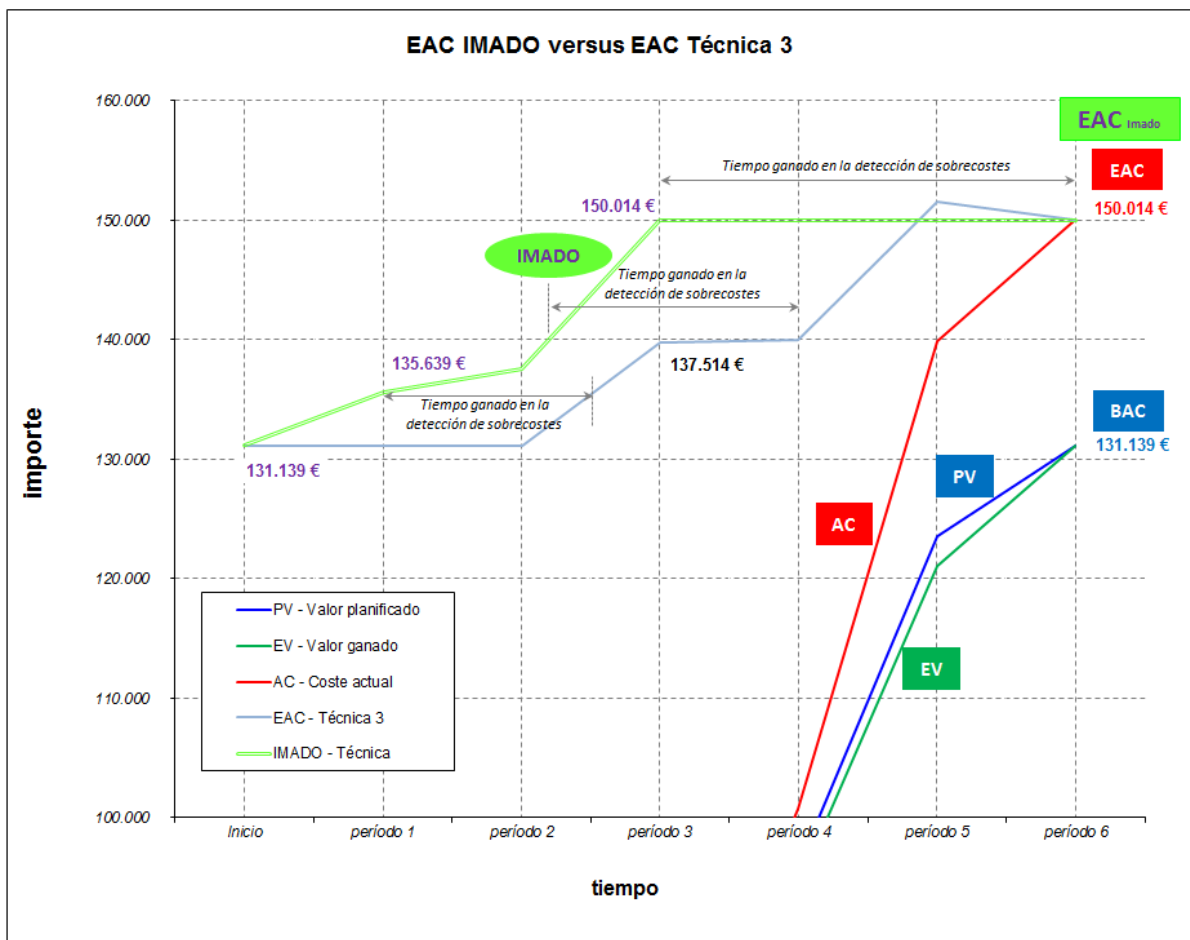


Gráfico 3 – Ampliación y detalle del avance de reacción del modelo IMADO respecto de la técnica 3 del EVM en la previsión del importe de cierre. Fuente: autora tesis doctoral

La incorporación de esta propuesta hace posible avanzar en el conocimiento y la valoración de desviaciones económicas con mucha antelación y consigue, en muchos casos, la corrección de sobrecostos que de otro modo se incorporarían definitivamente en la liquidación. Del mismo modo, el modelo puede incorporar con mucha facilidad un nuevo registro en la tabla, que permita identificar todas y cada una de las causas de desviación, con el objeto de trasladarlas a los informes periódicos que vayan dirigidos a la parte contratante.

4.4 DESARROLLO DE INDICADORES DE LA TÉCNICA IMADO

Una vez validado el correcto funcionamiento del modelo, se ha considerado imprescindible dotarlo de un conjunto de indicadores que, de la misma forma que hace el EVM, permita en cada etapa de seguimiento y control, conocer las magnitudes económicas más importantes, los valores de las desviaciones, los ratios de eficiencia y los valores que se puedan prever para el cierre y liquidación de la obra. Del mismo modo, estos indicadores y su traslado al sistema de representación gráfica, sin duda, pueden facilitar el establecimiento de unos cuadros de mando que resuman la información y faciliten mostrar una imagen global y fiel del comportamiento de la ejecución de la obra en términos de cumplimiento del alcance, del coste y del tiempo.

De acuerdo con la argumentación realizada con anterioridad, todos los indicadores de la Tabla 10 que utilizan el término del valor ganado (EV) deben ser substituidos por nuevos indicadores que no requieren de este concepto y de su valor para obtener los valores de los otros indicadores. Por lo tanto, el indicador a prescindir es el del valor ganado (EV) y los indicadores afectados por esta decisión y que habrán de modificarse y volver a formular son:

- Variación del coste (CV)
- Variación del plazo (SV)
- Índice de cumplimiento del coste (CPI)
- Índice de cumplimiento del plazo (SPI)
- Coste a la finalización (EAC)
- Programación ganada (ES)

El cambio más importante en estos últimos indicadores corresponde al método para calcular el importe de la previsión al cierre en un determinado período (EAC). La idea expuesta y defendida en este trabajo redefine esta previsión incorporando al BAC todos aquellos hechos económicos que se conocen, en un determinado momento, y que pueden acabar pasando durante la ejecución de la obra, y todo ello con independencia de que los trabajos origen de desviación económica se hayan ejecutado y contabilizado como costes reales. La expresión matemática que representaría su fórmula, es:

$$EACn\ Imado = BAC + \sum_{i=1}^m (Dif.\ prod_i \times Up_i)$$

EACn Imado Estimación del coste a la compleción de la ejecución de la obra, incorporando las modificaciones que aún no se han producido pero que ya se conocen

BAC Importe total del presupuesto de referencia

Dif.prod Cantidad modificativa de la producción originalmente prevista en el presupuesto de referencia

Up Precio unitario de contrato del trabajo

<i>i</i>	<i>límite inferior correspondiente a la primera actividad de obra del plan de acción</i>
<i>m</i>	<i>límite superior correspondiente a la última actividad de obra del plan de acción</i>
<i>n</i>	<i>período de control</i>

Ya que el modelo de base sobre el que se sustenta esta propuesta define el valor de la previsión al cierre de obra con una elevada fiabilidad, conviene disponer de un valor planificado y reajustado con las diferencias (ahorro o sobrecoste) que la magnitud del EAC ha sido capaz de detectar. Por este motivo se plantea crear el nuevo indicador, denominado “Valor Planificado Ajustado” (APV), que se explica a continuación.

Nuevas magnitudes

- **Valor planificado ajustado (APV_n Imado).**

Representa el valor planificado en el período de estudio según el presupuesto de referencia que se haya asignado al trabajo programado, ajustado de acuerdo la información suministrada por el modelo de seguimiento propuesto. O sea, se corresponde con el PVn original corregido con las desviaciones económicas detectadas hasta el momento y planificadas siguiendo los mismos criterios utilizados en la planificación inicial, respetando el plazo total de cada operación o conjunto de operaciones programadas, así como el plazo total inicial y final previsto.

Se ha llegado a esta propuesta después de verificar y contrastar que generalmente la introducción de modificaciones durante el transcurso de la obra no determina necesariamente que la empresa adjudicataria solicite, y la Administración contratante conceda, una ampliación de plazo de ejecución de la obra. Para más información sobre este tema se puede retomar el apartado “c) Prórroga del plazo de ejecución de la obra” del punto “2.2.2.3. Fase de ejecución – obra”.

Así pues, el valor APV_n Imado puede variar en cada período, si la información que proviene del seguimiento del avance de la obra detecta cambios y/o modificaciones de carácter económico.

En la Figura 67 y Figura 68 se muestra un ejemplo de detección y corrección de los valores planificados en función de la información disponible en el momento de la observación. Tal como se aprecia, en el período 2 se detecta una variación en la cantidad de una actividad y ello obliga a redefinir los importes planificados. Esta corrección se realiza estableciendo como pauta que se mantendrá la distribución planificada inicialmente (en el ejemplo un 60 por ciento en el período 2 y un 40 % en el período 3).

2.- PERÍODO 2

INC
↓

INCIDENCIAS						
Variación en las cantidades						
Cantidad periodo 1	Cantidad periodo 2	Cantidad periodo 3	Cantidad periodo 4	Cantidad periodo 5	Cantidad periodo 6	TOTAL
						0,00
100,00						100,00
						0,00
	75,00					75,00
						0,00
						0,00
						0,00
						0,00
						0,00

PRESUPUESTO OBJETIVO (PO)			
Concepto	Cantidades	Precio unitario	Importe
CAPÍTULO 1			
Actividad 1.1	100,00	23,00	2.300,00
Actividad 1.2	200,00	50,00	10.000,00
Actividad 1.3	300,00	45,00	13.500,00
CAPÍTULO 2			
Actividad 2.1	450,00	4,00	1.800,00
Actividad 2.15		25,00	
Actividad 2.2	520,00	10,00	5.200,00
Actividad 2.3	750,00	12,00	9.000,00
Actividad 2.4	200,00	44,00	8.800,00
CAPÍTULO 3			
Actividad 3.1	400,00	125,00	50.000,00
Actividad 3.2	75,00	78,00	5.850,00
Actividad 3.3	25,00	40,00	1.000,00
Actividad 3.4	90,00	122,00	10.980,00
CAPÍTULO 4			
Actividad 4.1	50,00	19,00	950,00
Actividad 4.2	80,00	19,00	1.520,00
Actividad 4.3	155,00	25,00	3.875,00
Actividad 4.4	95,00	44,00	4.180,00
Actividad 4.5	143,00	12,00	1.716,00
Actividad 4.6	234,00	2,00	468,00
Importe parcial			
BAC			131.139,00

LÍNEA DE BASE (AJUSTADO)						
PLANIFICACIÓN AJUSTADA (APV)						
Importe periodo 1	Importe periodo 2	Importe periodo 3	Importe periodo 4	Importe periodo 5	Importe periodo 6	acumulado
80%	20%	0%	0%	0%	0%	100%
24.240,00	6.060,00	-	-	-	-	30.300,00
0%	60%	40%	0%	0%	0%	100%
-	16.005,00	10.670,00	-	-	-	26.675,00
0%	0%	33%	33%	33%	0%	100%
-	-	22.610,00	22.610,00	22.610,00	-	67.830,00
0%	0%	0%	0%	40%	60%	100%
-	-	-	-	5.084,00	7.625,00	12.709,00
24.240,00	22.065,00	33.280,00	22.610,00	27.694,00	7.625,00	
24.240,00	46.305,00	79.585,00	102.195,00	129.889,00	137.514,00	correcto

APVn Imado

Figura 68 – Ejemplo de modelo para la redefinición del nuevo valor planificado de la línea de base (APV_n Imado). Fuente: autora tesis doctoral

Su formulación es la siguiente:

$$APVn \text{ Imado acum.} = \sum_{i=1}^n PV_i + \sum_{i=1}^n ((Dif. prod_m \times Up_m)_i \times Y_i)$$

<i>APVn Imado acum.</i>	<i>Valor planificado ajustado acumulado del presupuesto de referencia hasta un período determinado</i>
<i>PV_i</i>	<i>Valor planificado del presupuesto de referencia en un periodo determinado.</i>
<i>Dif.prod</i>	<i>Cantidad modificativa de la producción originalmente prevista en el presupuesto de referencia</i>
<i>Y</i>	<i>Tanto por uno de porcentaje de repercusión según lo planificado inicialmente</i>
<i>Up</i>	<i>Precio unitario de contrato del trabajo</i>
<i>m</i>	<i>actividad del plan de acción</i>
<i>n</i>	<i>período de control</i>

- **Variación de coste (CV_n Imado)**

Representa el déficit o superávit presupuestario conocido en un momento dado, expresado como la diferencia entre el total del presupuesto de referencia o presupuesto objetivo (BAC) y la previsión al cierre conocida en este mismo momento (EAC_n Imado).

$$CV_n \text{ Imado} = BAC - EAC_n \text{ Imado}$$

- **Variación de plazo (SV_n Imado)**

Representa una magnitud de cumplimiento del cronograma que determina en qué medida el proyecto está avanzado o retrasado en relación a la fecha de entrega, en un momento determinado. Este nuevo indicador mide el cumplimiento del plazo previsto con inclusión de las desviaciones económicas conocidas hasta el momento, siendo capaz de aproximar los adelantos o atrasos de plazo en relación al conjunto de trabajos que se prevé que se hayan de ejecutar.

$$SV_n \text{ Imado} = AC_n - APV_n \text{ Imado}$$

Se introducen dos nuevos ratios de eficiencia que evalúan la previsión de desviación económica a la liquidación de la obra y sobre la planificación ajustada. Estos nuevos índices son: el porcentaje de desviación económica EAC (%CV_n Imado) y el porcentaje de desviación económica reajustada a la planificación (%CV APV_n Imado).

- **Porcentaje de desviación económica EAC (%CV_n Imado)**

Expresa en forma porcentual la relación que existe entre el importe de la desviación económica conocida y prevista mediante la técnica propuesta (CV_n Imado) y el presupuesto de referencia (BAC). Los valores positivos representan sobrecostos y, valores negativos ahorro.

$$\%CV_n \text{ Imado} = \frac{CV_n \text{ Imado}}{BAC} \times 100$$

- **Porcentaje de desviación económica reajustada a la planificación (%CV APV_n Imado)**

Expresa en forma porcentual la relación que hay entre el coste actual del periodo (AC_n) y el importe económico planificado del período reajustado con la información suministrada por el sistema Imado, partiendo de la premisa que el plazo total se cumplirá. Un valor positivo de este porcentaje indica una producción por debajo de la necesaria para cumplir el plazo de obra establecido. Un valor negativo, indica una producción por encima de la prevista para cumplir el plazo inicial fijado.

$$\%CVAPV_n \text{ Imado} = \frac{SV_n \text{ Imado}}{APV_n \text{ Imado}} \times 100$$

Con el fin de estimar la fecha de finalización se plantea una nueva fórmula para la obtención de la programación ganada (ES) a partir de las nuevas magnitudes. El cálculo de la fecha estimada de finalización en base a la unidad temporal y no monetaria, así como de la variación temporal respecto a la fecha inicial prevista, se realiza aplicando las mismas fórmulas planteadas en el apartado específico de la programación ganada del subapartado “El Método de Programación Ganada” del apartado “b) Técnicas de seguimiento y control económico y temporal” del punto “2.1.2.4 Las técnicas y metodologías de gestión de proyectos”.

- **Programación ganada (ES Imado)**

Expresa en unidad temporal el atraso o adelanto en un momento concreto (punto de control) en relación a la fecha programada (AT). En la Figura 69 se representan gráficamente los indicadores (ES_n Imado, $EAC(t)_n$, $VAC(t)_n$ y $SV(t)_n$) y se justifican sus cálculos.

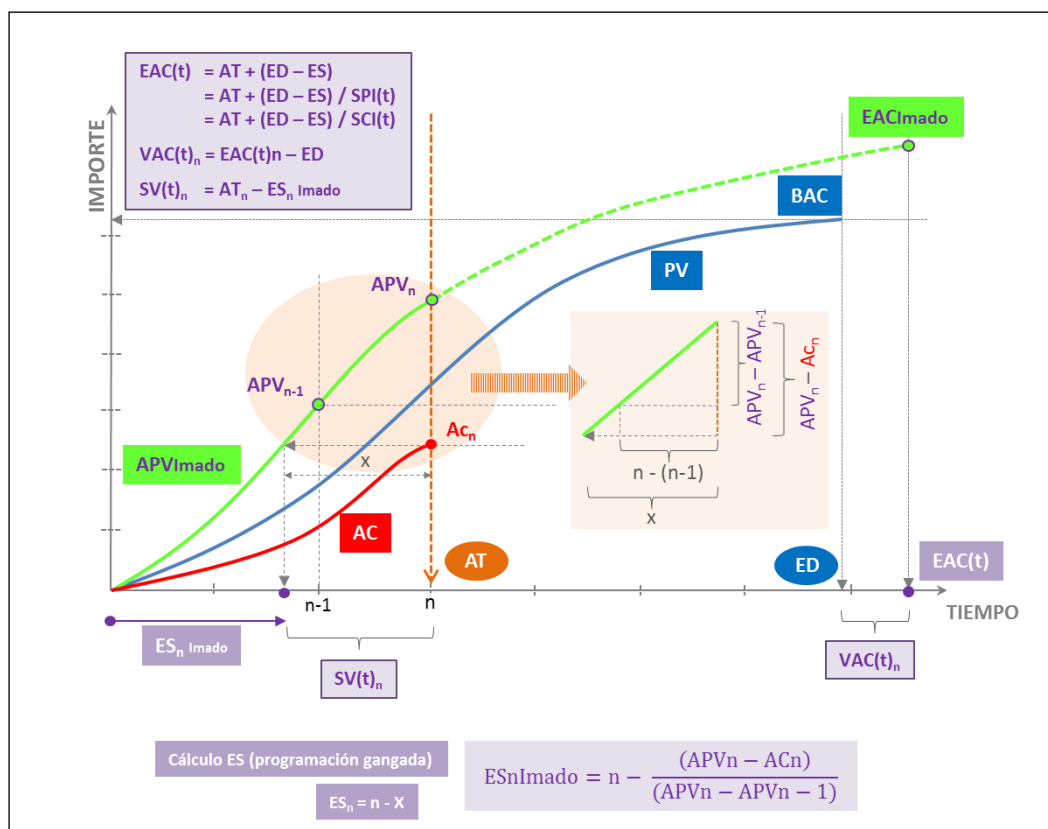


Figura 69 – Representación gráfica de las magnitudes e indicadores para el cálculo de la programación ganada. Fuente: autora tesis doctoral

El conjunto global de indicadores para el seguimiento y control de la obra para la monitorización de costes y cumplimiento de plazo durante la ejecución de la obra que se proponen en este trabajo y que pueden ser utilizados en la elaboración de cuadros de mando periódicos, son los que se recogen en la Tabla 10. Todos los indicadores que incorporan el término IMADO se corresponden a indicadores nuevos creados a partir de la nueva propuesta. En comparación se reúnen en la Tabla 9 los indicadores utilizados para la aplicación de la técnica del EVM.

EVM (Método del valor ganado)	MAGNITUDES (UM)			
	Presupuesto a la Finalización (Budget at Completion)	BAC	$\sum PV_n$	Presupuesto objetivo estimado inicialmente y fijado como objetivo a alcanzar. Importe total planificado del proyecto.
	Valor Planificado (Planned Value)	PV_n		Coste presupuestado del trabajo planificado hasta una fecha determinada.
	Valor Ganado (Earned Value)	EV_n		Coste presupuestado del trabajo realizado a una fecha determinada.
	Coste Actual (Actual Cost)	AC_n		Coste total incurrido por el trabajo realizado, es decir, monto total gastado hasta una fecha.
	DESVIACIONES (UM)			
	Variación de Coste (Cost Variance)	CV_n	$EV_n - AC_n$	Permite analizar si se está gastando lo previsto, o bien, si está por encima o por debajo del valor planificado.
	Variación de Plazo (Schedule Variance)	SV_n	$EV_n - PV_n$	Permite analizar si el proyecto se está ejecutando de acuerdo a su cronograma, si se encuentra adelantado o retrasado.
	PORCENTAJE DESVIACIÓN (UM)			
	% Variación de Coste (% Cost Variance)	% CV_n	SV_n / EV_n	Valor relativo de la situación, en términos de coste.
% Variación de Plazo (%Schedule Variance)	% SV_n	SV_n / PV_n	Valor relativo de la situación, en términos de plazo.	
ÍNDICES DE EFICIENCIA				
Índice cumplimiento Coste (Cost Performance Index)	CPI_n	EV_n / AC_n	Permite mostrar que tan ajustado está el proyecto al presupuesto de costes.	
Índice cumplimiento Plazo (Schedule Performance Index)	SPI_n	EV_n / PV_n	Permite mostrar que tan eficiente se está avanzando en comparación al cronograma.	
ES (Programación ganada)	MAGNITUDES (UT)			
	Programación ganada (Earned Schedule)	ES_n	$(n-1) + ((EV_n - PV_{n-1}) / (PV_n - PV_{n-1}))$	Plazo de tiempo en el que se debía haber ejecutado lo producido.
	DESVIACIONES (UT)			
	Variación de Plazo (Schedule Variance)	$SV(t)_n$	$ES_n - AT_n$	Plazo de tiempo ganado o perdido según el tiempo planificado.
	ÍNDICES DE EFICIENCIA			
	Índice cumplimiento Plazo (Schedule Performance Index)	$SPI(t)_n$	ES_n / AT_n	Índice de eficiencia de tiempo.
	Índice cumplimiento Coste (Cost Performance Index)	$SCI(t)_n$	$CPI_n * SPI(t)_n$	Índice de eficiencia de tiempo en base al coste.
	PROYECCIONES (UT)			
	Estimado a la conclusión (Estimate to Completion)	$EAC(t)_n$	$AT_n + (ED - ES_n) = ED - SV(t)_n$	Estimación duración total según la variación en tiempo producida en el momento de control.
		$EAC(t)_n$	$AT_n + (ED - ES_n) / SPI(t)_n$	Estimación duración total según la tendencia marcada por el $SPI(t)_n$.
	$EAC(t)_n$	$AT_n + (ED - ES_n) / SCI(t)_n$	Estimación duración total según la tendencia marcada por el $SCI(t)_n$.	

Tabla 9 – Indicadores del EVM (Método del valor Ganado) y del ES (programación ganada). Fuente: autora tesis doctoral

INDICADORES	ACRÓNIMO	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
MAGNITUDES			
Presupuesto a la Finalización (Budget at Completion)	BAC	$\sum PV_n$	Presupuesto objetivo estimado inicialmente y fijado como objetivo a alcanzar. Importe total planificado del proyecto.
Valor Planificado (Planned Value)	PV _n		Coste presupuestado del trabajo planificado hasta una fecha determinada.
Coste Actual (Actual Cost)	AC _n		Coste total incurrido por el trabajo realizado, es decir, monto total gastado hasta una fecha.
Valor Planificado Ajustado (Adjusted Planned Value)	APV _n Imado	ver explicación	Es el nuevo valor planificado del período que incorpora las desviaciones económicas conocidas por aplicación del modelo "Imado", manteniendo el mismo plazo de obra fijado inicialmente y la misma distribución de planificación.
DESVIACIONES			
Variación de Coste (Cost Variance)	CV _n Imado	BAC - EAC _n Imado	El monto del déficit o superávit presupuestario conocido en un momento dado, expresado como la diferencia entre el total del presupuesto de referencia (BAC) y la previsión al cierre conocida en este momento (EAC Imado)
Variación de plazo (Schedule Variance)	SV _n Imado	AC _n - APV _n Imado	Medida de cumplimiento del cronograma. Determina el avance o retraso en relación a la fecha de entrega, en un momento dado. Mide el cumplimiento del plazo previsto con inclusión de las desviaciones económicas conocidas hasta el momento, siendo capaz de aproximar los adelantos o retrasos de plazo en relación al conjunto de trabajos que se prevé que se hayan de ejecutar.
PORCENTAJE DESVIACIÓN			
% Desviación económica EAC (% Cost Variance EAC)	%CV _n Imado	$((EAC_n \text{ Imado} / BAC) - 1) \times 100$	Indicador porcentual que expresa la desviación económica prevista en un determinado momento respecto del presupuesto de referencia.
% Desviación económica planificada (% Cost Shedule Variance)	%CV APV _n Imado	$((AC_n / PV_n \text{ Imado}) - 1) \times 100$	Indicador porcentual que expresa la desviación de producción real respecto de la producción prevista una vez ajustada con las mismas previsiones conocidas para el cumplimiento del plazo de obra inicial.
ÍNDICES DE EFICIENCIA			
Índice cumplimiento Coste (Cost Performance Index)	CPI _n Imado	BAC / EAC _n Imado	Medida de eficiencia del coste de los recursos presupuestados. La interpretación de los valores continua siendo la misma, pero el indicador ahora es capaz de responder de manera avanzada.
Índice cumplimiento Plazo (Schedule Performance Index)	SPI _n Imado	AC _n / APV _n Imado	Medida de eficiencia del cronograma. La interpretación de los valores continua siendo la misma, pero el indicador es capaz de responder de manera avanzada.
PREDICCIONES			
Coste a la Finalización (Estimate at Completion)	EAC _n Imado	ver explicación	Es el coste final de la obra estimado atendiendo a la información generada en el proceso en relación a las desviaciones económicas, con independencia del momento en el cual se ejecuten.

ES _n Imado (Programación Ganada - IMADO)	MAGNITUDES (UT)			
	Programación ganada (Earned Schedule)	ES _n Imado	$n - ((APV_n - Acn) / (APV_n - APV_{n-1}))$	<i>Plazo de tiempo en el que se debía haber ejecutado lo producido.</i>
	DESVIACIONES (UT)			
	Variación de Plazo (Schedule Variance)	SV(t) _n	ES _n - AT _n	<i>Plazo de tiempo ganado o perdido según el tiempo planificado.</i>
	ÍNDICES DE EFICIENCIA			
	Índice cumplimiento Plazo (Schedule Performance Index)	SPI(t) _n	ES _n / AT _n	<i>Índice de eficiencia de tiempo.</i>
	Índice cumplimiento Coste (Cost Performance Index)	SCI(t) _n	CPI _n * SPI(t) _n	<i>Índice de eficiencia de tiempo en base al coste.</i>
	PROYECCIONES (UT)			
	Estimado a la conclusión (Estimate to Completion)	EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n) = ED - SV(t) _n	<i>Estimación duración total según la variación en tiempo producida en el momento de control.</i>
		EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n) / SPI(t) _n	<i>Estimación duración total según la tendencia marcada por el SPI(t).</i>
	EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n) / SCI(t) _n	<i>Estimación duración total según la tendencia marcada por el SCI(t).</i>	

	Indicadores del EVM
	Indicadores del IMADO
	Indicadores EVM y IMADO
UM	Unidades monetarias
UT	Unidades temporales

Tabla 10 – Propuesta de nuevos indicadores para la aplicación del modelo IMADO (modelo estandarizado para el seguimiento y control económico y del cumplimiento temporal en la fase de ejecución). Fuente: autora tesis doctoral

En el *Gráfico 4* se representan los indicadores definidos para el nuevo modelo diseñado, conocido por IMADO.

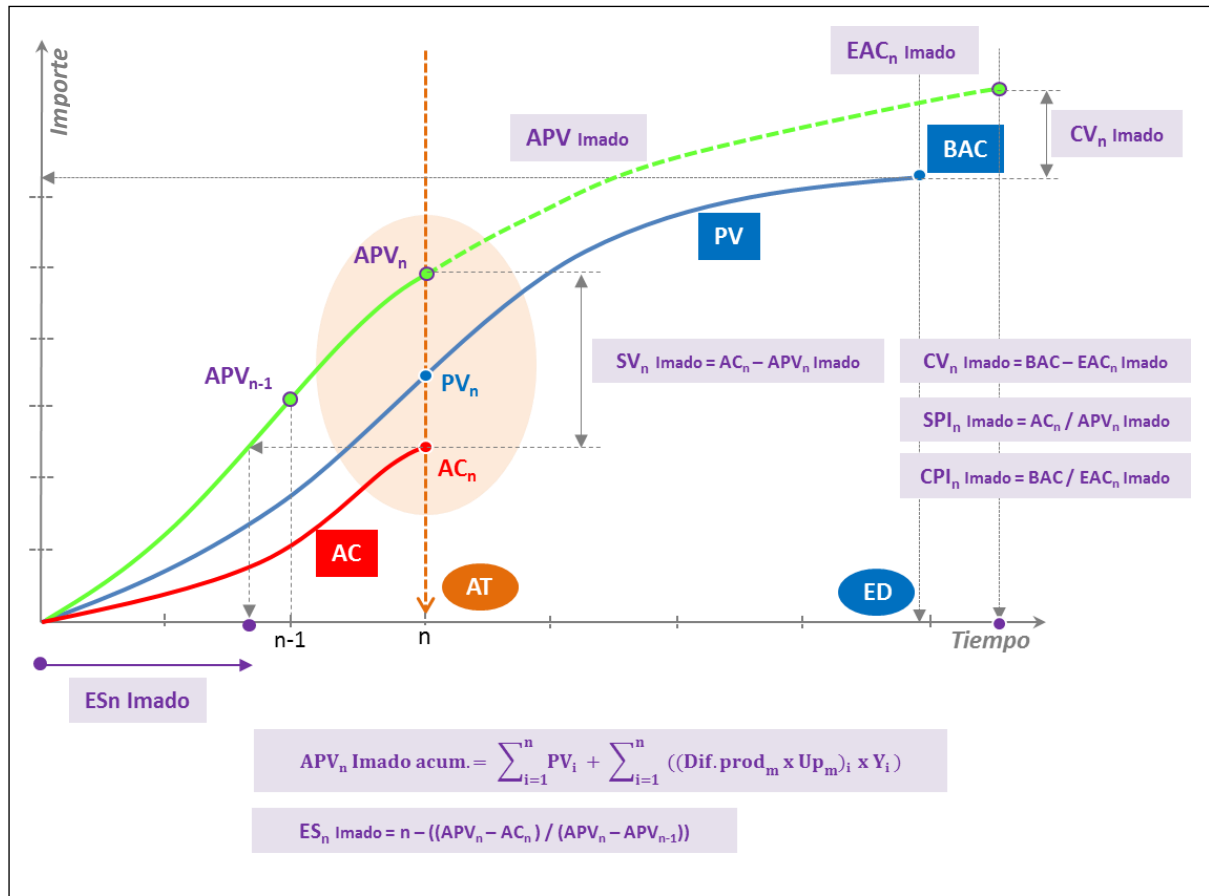


Gráfico 4 – Representación gráfica de las magnitudes e indicadores del método IMADO. Fuente: autora tesis doctoral

4.5 APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO AL CASO DE ESTUDIO

Se ha procedido a calcular los indicadores básicos del Método del Valor Ganado (EVM) y los nuevos propuestos por el modelo diseñado, que no necesitan calcular el importe del valor ganado (EV) para establecer su valor ya que, así como se explica en el trabajo, raramente quedan cuantificados de manera independiente en las relaciones valoradas mensuales de obra. Así pues, en todos los casos, se han obtenido el conjunto de valores e indicadores que define el EVM y los que propone el nuevo método que pueden identificarse por el término IMADO, comparándolos e explicando, si corresponde, la interpretación que merece cada nuevo indicador.

En el Anexo1 se muestran los resultados obtenidos para todos los escenarios descritos. A continuación y como caso más representativo se reproducen y comentan los resultados del escenario de obra que presenta sobrecostes y un retraso en su finalización (escenario 3).

Se reproduce a continuación el escenario sobre el cual se plantea el análisis:

- Escenario 3 – Proceso de obra con sobrecostes y con retraso de obra

Información avanzada (1)	Al inicio de la ejecución de la obra (período 1) se ha observado que los trabajos correspondientes a la actividad 1.30 del capítulo 1, requerirá una producción mayor, con un total de 100 unidades de más de las previstas inicialmente.
	En el período 2 se descubre que hace falta un trabajo (actividad 2.15) correspondiente al capítulo 2, que requerirá de una producción de 75 unidades a precio unitario de 25 unidades monetarias.
	En el período número 3 se observa que serán necesarias 100 unidades más de producción de la actividad 3.10 del capítulo 3.
Incidencias en Producción (2)	En el período 3 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 1.30.
	En el período 4 se ejecutan las 75 unidades de la nueva actividad 2.15.
	En el período 5 se ejecutan las 100 unidades de exceso de la actividad 3.10.
Información Planificación (3)	El ritmo de ejecución durante los tres primeros períodos ha presentado un ligero retraso sobre la planificación prevista. A partir del cuarto período el ritmo se ha recuperado sin ser capaz de absorber la producción extra que ha originado sobrecostes.
	La planificación general inicial de la obra no se ha podido cumplir. El plazo total previsto se ha visto incrementado con un período de más (séptimo periodo).

Se muestran a continuación (Tabla 11 y Tabla 12) los resultados obtenidos para el escenario 3. Es importante observar que dada la situación que representa este escenario, el final de la obra se atrasa un período, finalizando ésta en el período número 7.

ESCUENARIO 3			Proceso de obra con sobrecostos y con retrasos de obra								
			1	2	3	4	5	6	7		
			PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7		
CONCEPTO			FÓRMULA								
EVM (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	138.635,00	144.070,00	150.014,00
		Earned Value	EV _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	119.760,00	125.195,00	131.139,00
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n	0,00	0,00	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00
		Shedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n	-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-3.754,00	-5.944,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n	1,00	1,00	0,94	0,94	0,86	0,87	0,87
		Shedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n	0,69	0,84	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)	131.139,00	131.139,00	135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)	131.139,00	131.139,00	139.779,20	139.999,74	151.807,41	150.910,15	150.014,00
T4 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))		182.940,35	149.684,77	144.594,25	140.611,65	152.220,31	151.234,90	150.014,00		
T5 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))		160.348,89	155.386,42	156.524,18	149.818,63	155.100,70	152.620,37	150.014,20		
T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))	137.288,46	136.243,73	143.304,47	142.066,88	152.500,74	151.270,20	150.014,05			
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule	ES _n	(n-1) + ((EV _n - PV _{n-1}) / (PV _n - PV _{n-1}))	0,69	1,67	2,85	3,93	4,86	5,22	6,00
		Shedule Variance (t)	SV(t) _n	AT _n - ES _n	0,31	0,33	0,15	0,07	0,14	0,78	1,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n)	6,31	6,33	6,15	6,07	6,14	6,78	7,00

Tabla 11- Tabla de valores de los indicadores del EVM correspondientes al escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

		CONCEPTO	ACRÓNIMO	FÓRMULA	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7
IMADO (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	138.635,00	144.070,00	150.014,00
		Ajusted Planned Value	APV _{n Imado}		24.240,00	46.305,00	83.751,67	110.528,33	142.389,00	150.014,00	150.014,00
		Estimate at Completion	EAC _{n Imado}		135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00
	INDICADORES	Cost Variance	CV _{n Imado}	BAC - EAC _{n Imado}	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00
		Shedule Variance	SV _{n Imado}	AC _n - APV _{n Imado}	-9.940,00	-12.155,00	-10.951,67	-9.803,33	-3.754,00	-5.944,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _{n Imado}	BAC / EAC _{n Imado}	0,97	0,95	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
		Shedule Performance Index	SPI _{n Imado}	AC _n / APV _{n Imado}	0,59	0,74	0,87	0,91	0,97	0,96	1,00
		% Desviation EAC _{IMADO}	%CVI _{n Imado}	$((EAC_{n Imado} / BAC) - 1) \times 100$	3,43%	4,86%	14,39%	14,39%	14,39%	14,39%	14,39%
	%CV APV _{n Imado}	$((AC_n / APV_{n Imado}) - 1) \times 100$	41,01%	26,25%	13,08%	8,87%	2,64%	3,96%	0,00%		
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule IMADO	ES _{n Imado}	$n - ((APV_n - AC_n) / (APV_n - APV_{n-1}))$	0,59	1,45	2,71	3,63	4,88	5,22	6,00
		Shedule Variance (t)	SV(t) _{n Imado}	AT _n - ES _{n Imado}	0,41	0,55	0,29	0,37	0,12	0,78	1,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n Imado}	AT _n + (ED - ES _{Imado})	6,41	6,55	6,29	6,37	6,12	6,78	7,00

Tabla 12 – Tabla de valores de los indicadores de IMADO correspondientes al escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

Para el modelo IMADO se utilizan las magnitudes BAC, PV_n y AC_n del EVM, puesto que son datos válidos y necesarios para el control. El valor que no es necesario y por lo tanto se desestima para los cálculos del método IMADO es el EV_n , puesto que como ya se ha explicado reiteradamente, se trata de una magnitud que no se deduce fácilmente sino que requiere de unos cálculos previos, para desglosar del importe del AC_n qué parte corresponde a producción prevista y qué otra no.

En el modelo IMADO se añaden dos magnitudes nuevas, propias del sistema, el APV_n Imado y el EAC_n Imado. Asimismo los indicadores de variación y los índices de coste y tiempo varían su formulación pasando a ser calculados a partir de las dos nuevas magnitudes. Además se añaden dos indicadores más de carácter porcentual, relativos a la desviación de coste y tiempo.

Seguidamente se comentan algunas de las magnitudes e indicadores del sistema IMADO.

- **Valor a la finalización (EAC_n Imado)**

Como se puede observar en la Tabla 12 el EAC_n Imado se considera una magnitud dado que es un valor extraído directamente del modelo diseñado. No se trata de un valor formulado sino de un dato obtenido del propio sistema a partir de la incorporación de la información lograda durante el seguimiento y control.

Esta magnitud ofrece valores avanzados respecto de las técnicas más habituales para establecer el valor al horizonte de cierre (EAC) que plantea el EVM. Tal como se señalaba, la virtud de este método radica en el hecho de avanzarse a la información que lanza el sistema de control de costes en relación a los sobrecostes de obra. El valor de esta magnitud en los períodos de inicio y final son plenamente coincidentes. En períodos intermedios, el valor de EAC_n Imado responde con más rapidez (entre 2 y 3 períodos) en comparación con el indicador tradicional del EAC del EVM. Ésta es una de las ventajas más significativas del método propuesto.

- **Variación de coste (CV_n Imado)**

Los importes obtenidos a partir de la fórmula definida para el sistema IMADO permite adelantarse en la detección de desviaciones, aunque lógicamente, al final la desviación en coste total lanzada por los dos sistemas es la misma. Luego, la principal ventaja del nuevo cálculo del indicador es que es capaz de detectar las desviaciones económicas sobre el coste de las obras con más rapidez, lo que permitirá tomar medidas correctoras con más prontitud.

- **Variación de plazo (SV_n Imado)**

Los valores de este indicador al inicio y al final son plenamente coincidentes con el SV del EVM. La mejora que incorpora esta nueva formulación del indicador es que evalúa la falta de producción global (la prevista y la añadida) para respetar el plazo inicial de la operación.

- **Índice de cumplimiento del coste (CPI_n Imado)**

Los valores de este indicador al inicio y al final son plenamente coincidentes con el CPI del EVM. De la observación de los valores obtenidos puede afirmarse que el método IMADO anticipa el índice de la operación ya en el período 3 mientras que en el EVM no lo hace hasta el período 6, es decir, con una antelación de 3 meses.

- **Índice de cumplimiento del plazo (SPI_n Imado)**

Los valores de este indicador al inicio y al final son plenamente coincidentes con el SPI del EVM. Los valores calculados por el método IMADO son, en todos los períodos, más pesimistas que los del EVM, mostrando ya desde el primer período un índice muy reducido que permite intuir una desviación importante en el plazo de ejecución si no se adoptan las medidas oportunas.

- **Programación ganada (ES_n Imado)**

Los valores de este indicador son muy parecidos a los obtenidos aplicando la formulación de la programación ganada a través de las magnitudes del Método del Valor Ganado. Tal vez pueda destacarse que comparando los resultados la técnica de IMADO muestra valores más elevados intuyéndose que si la obra progresa según la tendencia será preciso un período más adicional al previsto inicialmente.

4.6 ANÁLISIS GRÁFICO

Con el objeto de mostrar la conveniencia y la ventaja que proporciona la utilización de los nuevos indicadores se propone trasladarlos a una representación gráfica detallada que facilite su comprensión y permite observar con detalle la calidad de los datos que suministra. Se ha seleccionado el escenario 3 (proceso de obra con sobrecostes y con retraso de obra) para llevar a cabo este análisis gráfico detallado, período a período como a escenario más representativo, ya que como indican varios autores (Flyvbjerg B. , 2007) se da en más del 90 por ciento de los casos.

El análisis de la situación se debe completar con la interpretación de los valores y de los indicadores que figuran en la Tabla 12.

• Período número 1

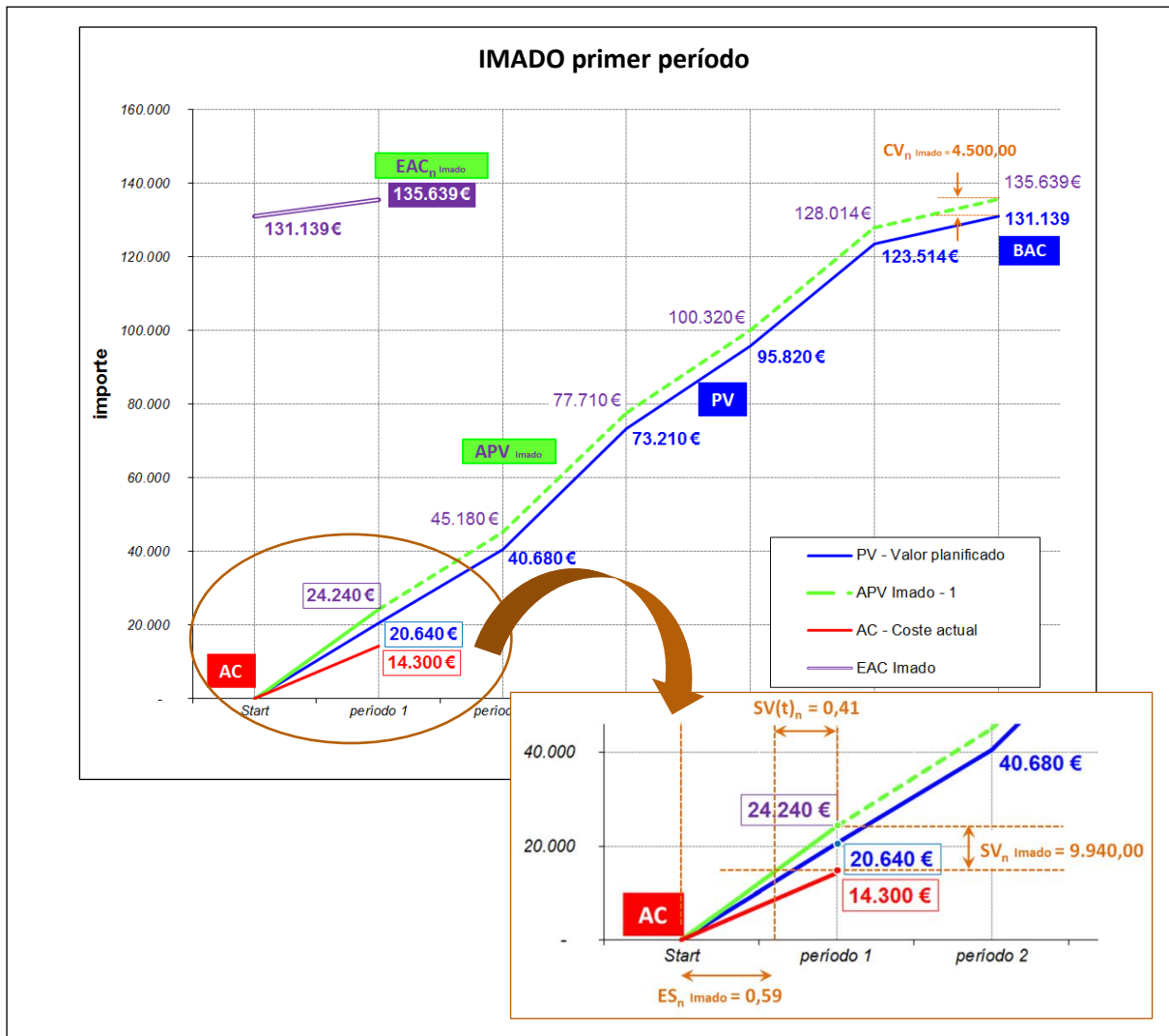


Gráfico 5 – Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 1 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

En la imagen ampliada de la parte inferior puede observarse que la obra presenta un retraso de aproximadamente un cuarto de período sobre las previsiones iniciales y de casi medio período sobre la planificación ajustada ($SV(t)_n$).

El déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo es de 9.940,00 um (SV_n Imado). Esta pérdida es importante puesto que equivale a un 41,01 por ciento ($\%CV$ APV_n Imado) del que se debería haber realizado para cumplir el plazo establecido.

La desviación económica final sobre el BAC es de 4.500,00 um (CV_n Imado), que equivale a un 3,43 % ($\%CV_n$ Imado).

• Período número 2

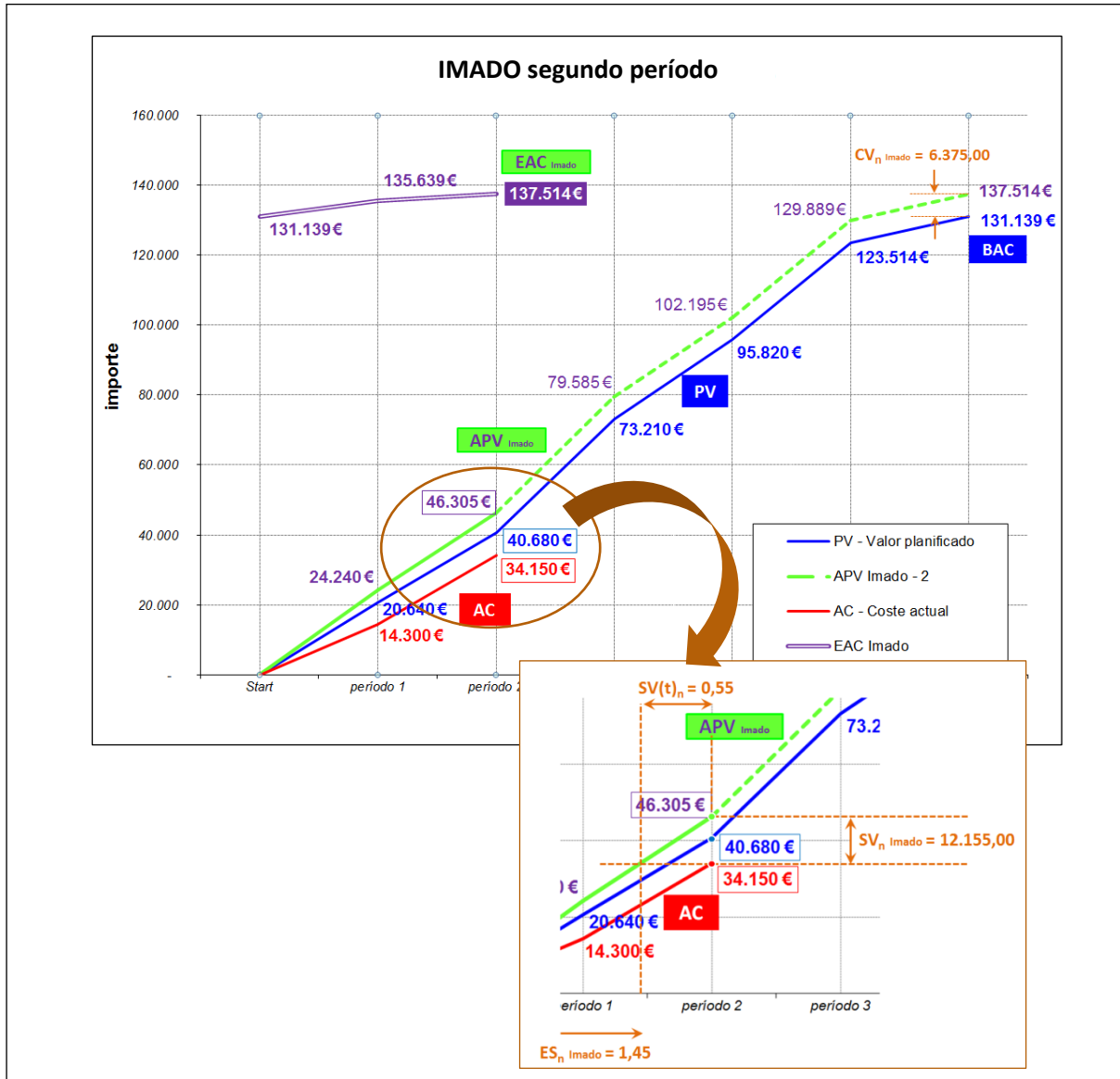


Gráfico 6 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 2 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

En la imagen ampliada de la parte inferior puede observarse que la obra presenta un aumento del retraso. Ahora es de poco más de medio período aproximadamente sobre la planificación ajustada ($SV(t)_n$). El déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo también ha aumentado y ahora es de 12.155,00 um ($SV_n \text{ Imado}$). Esta pérdida de producción continúa siendo importante aunque se observa una ligera recuperación respecto del período anterior, 26,25 % ($\% CV APV_n \text{ Imado}$). La previsión actualizada de desviación económica final sobre el BAC es de 6.375,00 um ($CV_n \text{ Imado}$), que equivale a un 4,86 % ($\% CV_n \text{ Imado}$).

• Período número 3

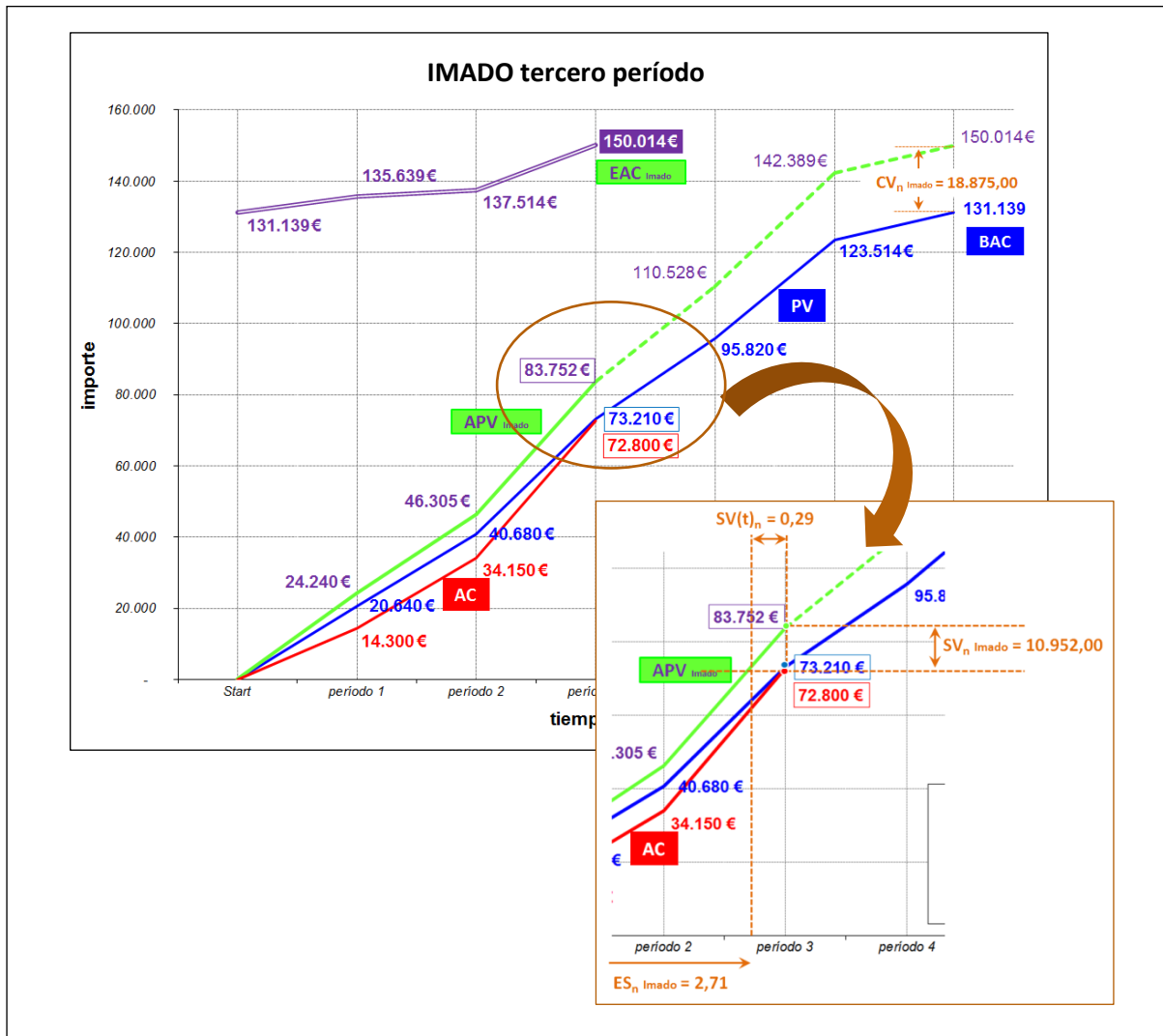


Gráfico 7 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 3 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

En la imagen ampliada de la parte inferior puede observarse que la obra ha recuperado parte del retraso de producción. El retraso es de un poco más de $\frac{1}{4}$ de período sobre la planificación ajustada ($SV(t)_n$). El déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo también se ha reducido y ahora es de 10.952,00 um (SV_n Imado). La pérdida de producción continúa recuperándose, marcando un 13,08 % ($\% CV APV_n$ Imado).

La previsión actualizada de desviación económica final sobre el BAC es de 18.875,00 um (CV_n Imado), que representa un 14,39 % ($\% CV_n$ Imado).

• Período número 4

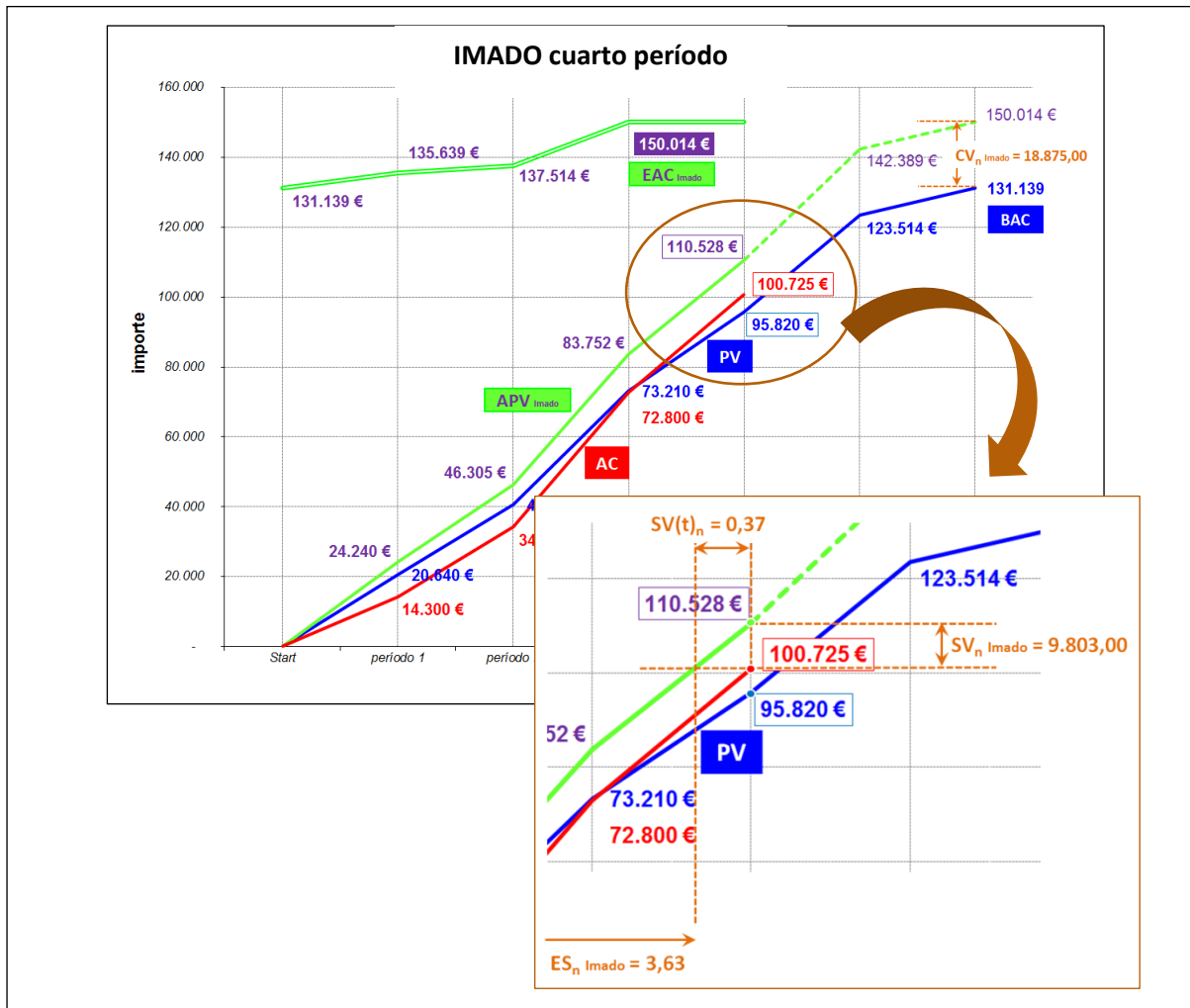


Gráfico 8 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 4 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

La producción ejecutada (AC_n) ya ha superado las previsiones de producción iniciales (PV_n), aunque por la incorporación de nuevos trabajos no contemplados en esta planificación la obra presenta retraso para cumplir el plazo establecido. En este sentido, el déficit de producción hace prever un retraso parecido al retraso del período anterior (número 3) sobre la planificación ajustada. El déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo se ha reducido ligeramente y ahora es de 9.803,00 um ($SV \text{ Imado}$). La pérdida de producción continúa recuperándose, marcando un 8,87 % ($\% CV \text{ APV Imado}$).

La previsión actualizada de desviación económica final sobre el BAC se mantiene en 18.875 um ($\% CV \text{ Imado}$).

• Período número 5

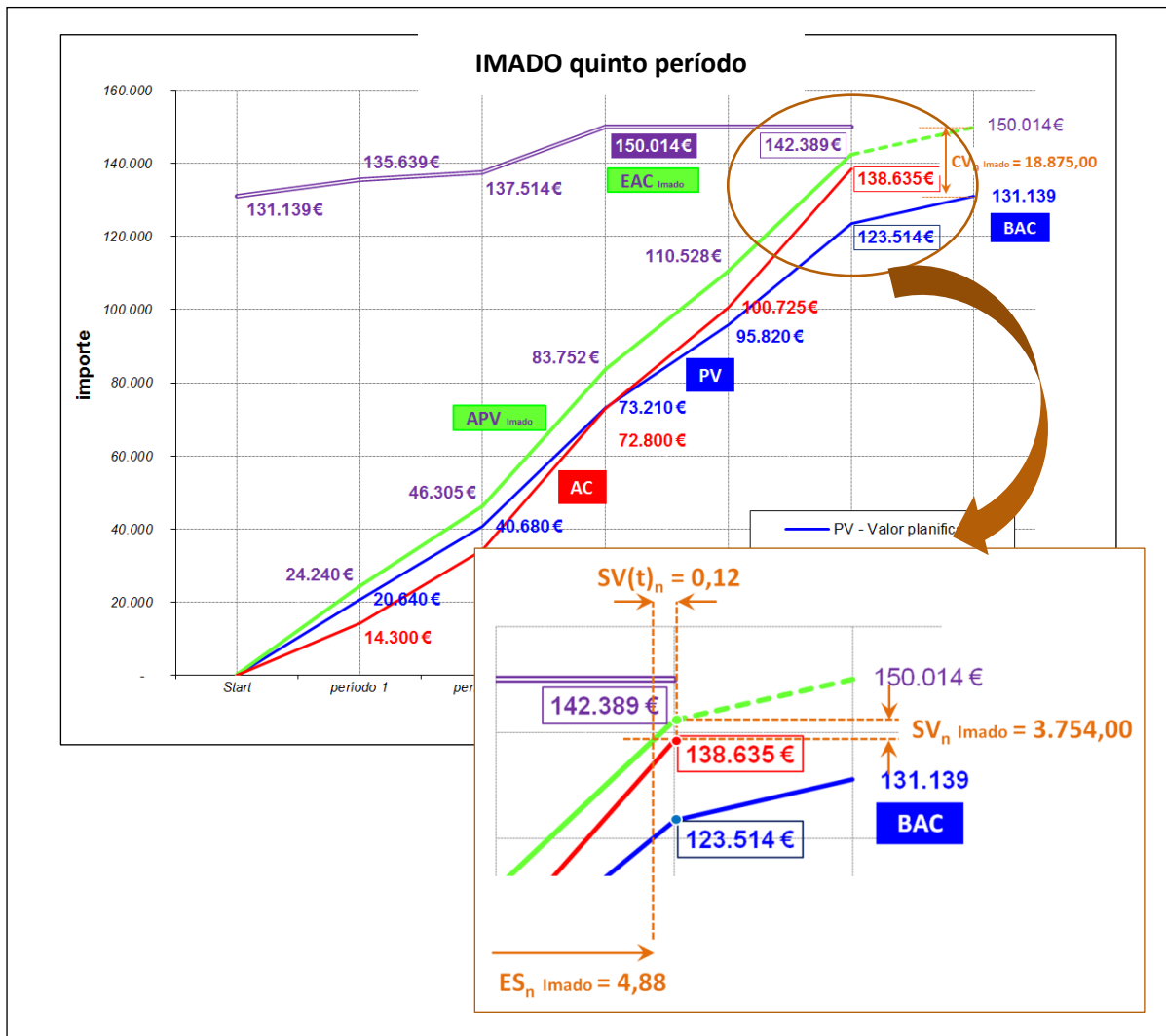


Gráfico 9 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 5 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

En el detalle de la parte inferior se puede observar que se ha realizado un importante esfuerzo para aumentar la producción y ajustarse a la planificación ajustada. El déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo se ha reducido hasta las 3.754 um ($SV_n \text{ Imado}$). Este importe representa un 2,64 % sobre la planificación ajustada al horizonte de cierre de la operación ($CV \text{ APV}_n \text{ Imado}$).

La previsión actualizada de desviación económica final sobre el BAC se mantiene en 18.875 um ($CV_n \text{ Imado}$), lo que representa un 14,39 % ($\%CV_n \text{ Imado}$).

• Período número 6

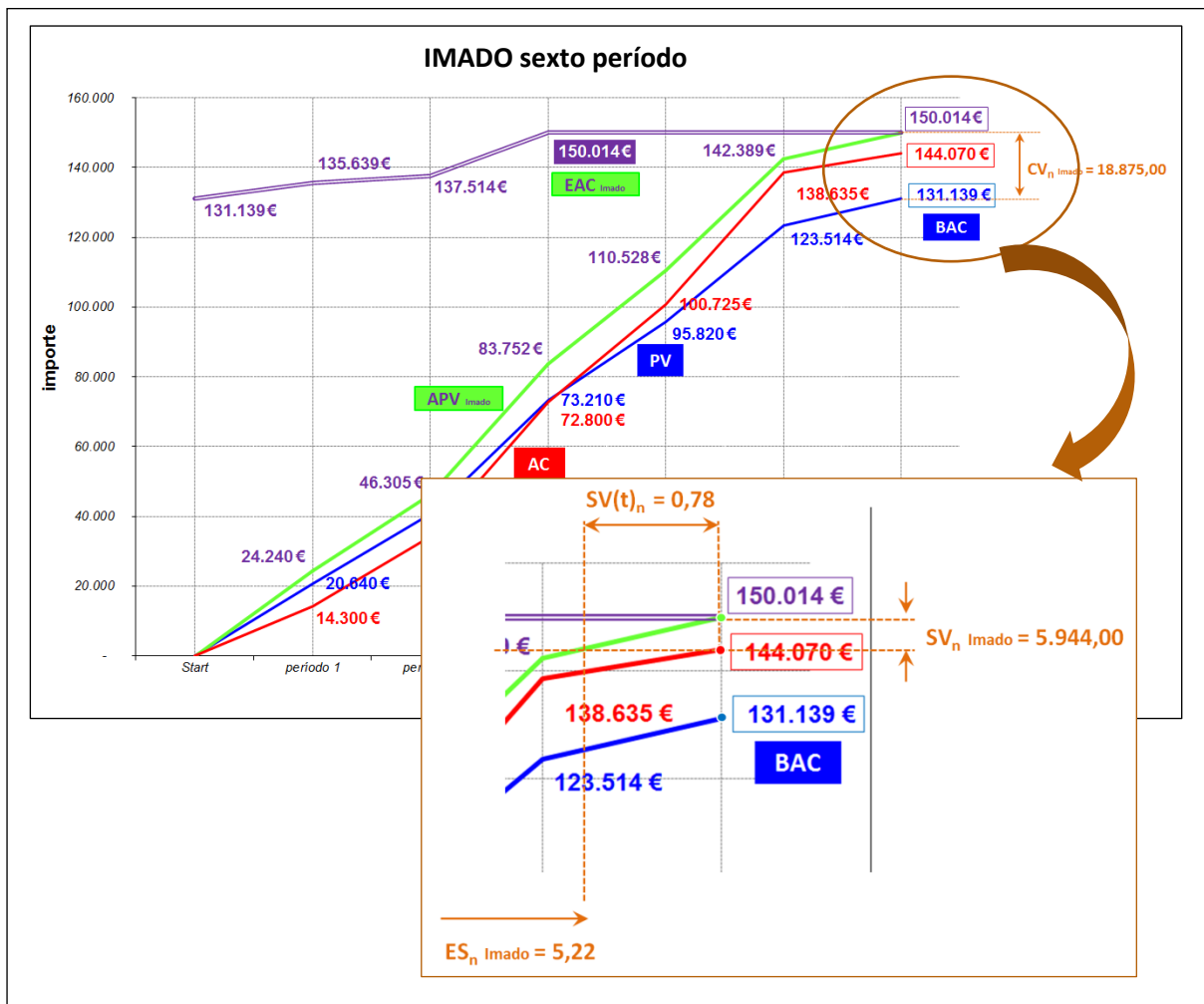


Gráfico 10 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 6 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

En el detalle de la parte inferior puede observarse que ha disminuido el ritmo de producción que preveía finalizar los trabajos con un retraso muy poco significativo sobre el plazo establecido. La pendiente de la recta de producción es mucho más suave, incrementándose el retraso de previsión de finalización hasta unos $\frac{3}{4}$ de período, lo que correspondería a un déficit de producción para cumplir el objetivo de plazo de 5.944 um (SV_n Imado). Este importe representa un 3,96 % sobre la planificación ajustada al horizonte de cierre de la operación (%CV APV_n Imado).

La previsión actualizada de desviación económica final sobre el BAC se mantiene en 18.875 um (CV_n Imado), lo que representa un 14,39 % (% CV_n Imado).

• Período número 7

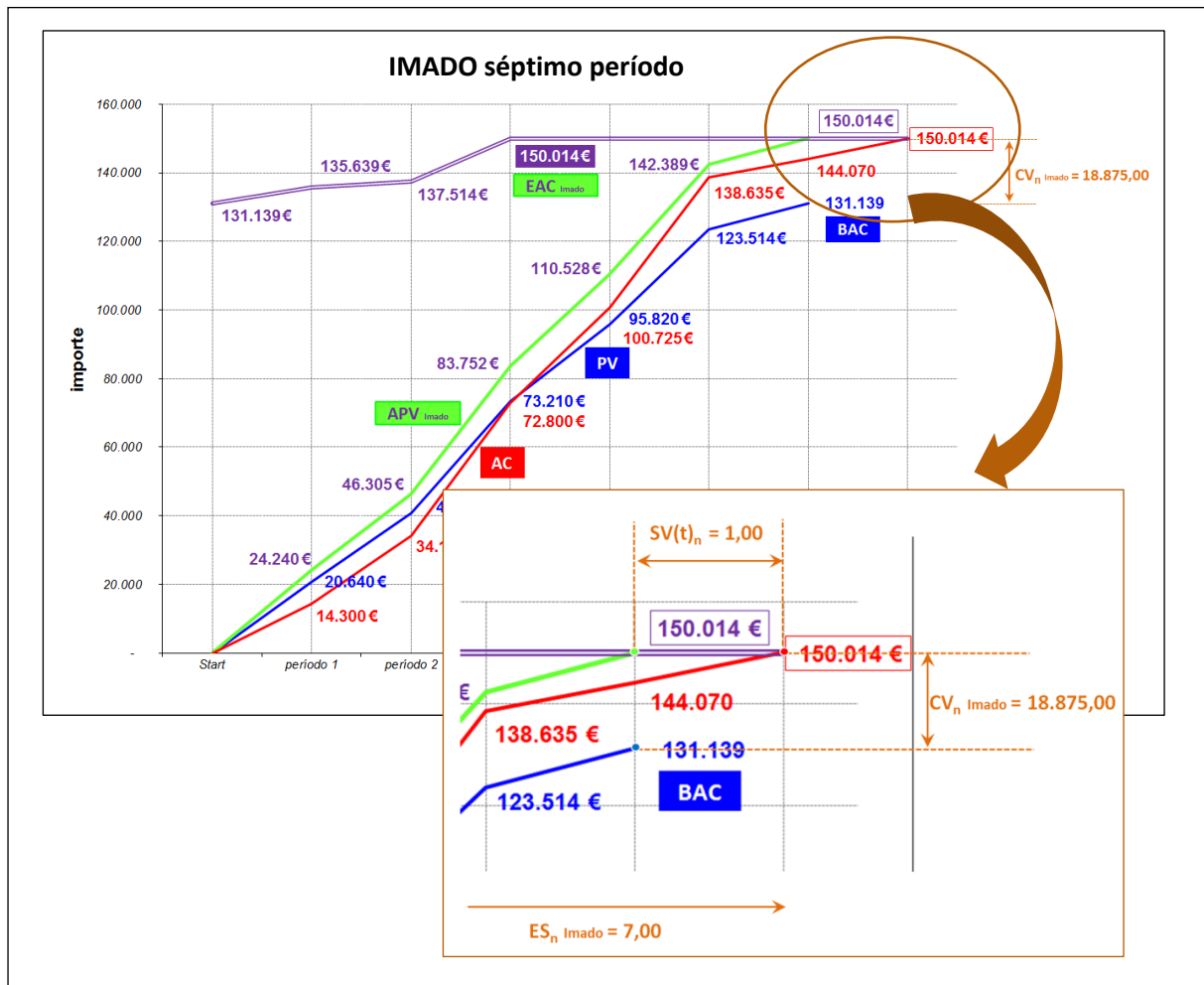


Gráfico 11 - Representación gráfica y detallada de la situación económica de la obra en el período número 7 del escenario 3. Fuente: autora tesis doctoral

EI

Gráfico 11 representa la situación en el séptimo período de finalización de la obra. En el detalle de la parte inferior se puede observar que la obra ha presentado un retraso final de un período completo.

La desviación económica final sobre el BAC ha sido de 18.875 um (CV_n Imado), lo que representa un 14,39 % (%CV Imado).

4.7 CUADRO DE MANDO

Los cuadros de mando tienen por objeto ofrecer una visión de conjunto, resumida y rápida de la situación en cuanto al comportamiento de un negocio, una parte de un negocio o de un conjunto de operaciones. Aplicado al campo de la gestión y control en la ejecución de obras, y desde la perspectiva del promotor ya sea público o privado, debería permitir resumir la principal información del proceso de ejecución de la obra en poco espacio, y siempre como complemento de los informes periódicos completos que pueden elaborar la dirección facultativa o el project manager sobre el comportamiento de la obra (datos de las empresas o industriales que han intervenido en la realización de los trabajos, estado de la contratación, actas e informes de obra, permisos, órdenes de cambio, cumplimiento de la planificación de los trabajos programados, incidencias en materia de seguridad y salud laboral en el trabajo, información sobre el importe de los trabajos ejecutados hasta la fecha, importe de los trabajos pendientes de ejecutar, informes sobre desviaciones económicas y de planificación, control de documentación durante el proceso de la obra, reportajes gráficos, etc.).

Como puede observarse la cantidad de información es tan grande que resulta poco operativa para aquellas personas con responsabilidad que necesitan obtener una idea de conjunto suficientemente clara para liderar y promover, si se considera oportuno, acciones correctoras. Con esta idea surge la necesidad de utilizar un nuevo documento, el “cuadro de mando de seguimiento de la obra”, capaz de sintetizar la información más importante sobre el avance del proceso de ejecución de la obra y sobre el grado de confianza de alcanzar los resultados esperados.

Sin lugar a dudas, este documento debería aprovechar las aportaciones que realiza este trabajo, no tan solo en la estructura de presentación de los resultados económicos resumidos en capítulos de obra, sino con la potencia gráfica de representación de los indicadores que se han explicado en apartados anteriores. De esta manera, se considera que un esquema mínimo que puede aportar suficiente información sobre el estado de la obra es el que se presenta en las páginas siguientes (Figura 70).

El modelo de informe se ha diseñado para que pueda ser impreso en una sola hoja en formato DIN A3, o bien, en dos hojas de formato DIN A4. En la cabecera de la hoja se han situado los datos descriptivos e identificativos concernientes a la obra en cuestión. La primera hoja del informe se distribuye en dos partes diferenciadas, la superior donde se recogen los datos generales relativos a la información de carácter económico y temporal obtenida de la documentación del proceso de licitación (proyecto y/o pliego de cláusulas administrativas particulares); y la inferior en la que se muestra la tabla de importes resultado del seguimiento realizado hasta la etapa de control objeto de análisis. La siguiente hoja muestra un resumen de los datos ordenando la información en tres apartados; el primero de ellos reúne en una tabla las magnitudes, indicadores e índices del modelo IMADO; a continuación se sitúa la parte de información gráfica que ilustra de forma clara el progreso de la obra en términos de coste y tiempo; y en la parte inferior se presenta un cuadro resumen con indicación de los importes de las modificaciones incorporadas hasta la fecha, y para que esta sea de utilidad se añade información de qué cantidad resta para alcanzar los límites permitidos (éstos pueden consultarse en la parte superior de la primera hoja).

En relación a los datos económicos de seguimiento y control, se describen a continuación los campos expresados:

- Código y tareas. Su contenido se corresponde al del plan de acción definido en la fase inicial del proceso. En el caso que sea necesario introducir nuevas tareas éstas se situarán en la posición que les corresponda según su naturaleza y se les asignará el código conforme al criterio de codificación que se haya establecido. Con el objeto de identificarlas rápidamente se aconseja destacarlas con una fuente de color diferente. Así mismo el código puede incorporar entre sus caracteres el “PC” (precio contradictorio) con el fin de que sea posible reconocerlos fácilmente.
- Presupuesto objetivo (BAC). Se trata del presupuesto fijado como punto de referencia para la comparación de los resultados. A fin de presentar la información de forma resumida se muestran los importes de los paquetes de tareas (capítulos). Los importes desglosados se corresponden al precio de ejecución material (PEM). En la parte final de la columna se agregan los conceptos para la obtener el presupuesto base licitación y a partir de éste el presupuesto de adjudicación una vez aplicado el coeficiente de adjudicación.
- Presupuesto planificado para el período de control (PV_n). Se muestran los importes iniciales planificados para el momento concreto o punto de control.
- Presupuesto planificado ajustado para el periodo de control (APV_n Imado). Se detallan los importes conocidos hasta el momento para la fecha de control, recogiendo las alteraciones acaecidas. Es por tanto, el importe real que debería haberse planificado, según la información disponible hasta la fecha.
- Presupuesto estimado a la conclusión (EAT_n Imado). Importe total estimado a la conclusión de la actuación conforme a la información recogida hasta el momento.
- Desviación estimación (CV_n Imado). Se corresponde al importe diferencial en más o menos entre el presupuesto planificado (BAC) y el estimado a la conclusión (EAC_n Imado). Son los sobrecostos previstos de acuerdo con el conocimiento actual.
- Importe certificación a origen (AC_n). Importe certificado acumulado hasta el momento. Equivale a la producción realizada y aprobada. Con tal de alcanzar el importe líquido de la certificación en curso se adjuntan en la parte inferior de la columna los conceptos a repercutir.
- Importe pendiente de ejecutar (ETC_n Imado). En esta columna se exhiben los importes pendientes de ejecutar. Estos valores se obtienen de la sustracción al importe certificado del importe planificado ajustado ($AC_n - APV_n$ Imado).

En el apartado correspondiente a “Resumen de datos” pueden localizarse tres grupos de información:

- Magnitudes, indicadores e índices. Tabla de valores del método IMADO, tanto los referidos a datos de carácter económico como temporal (ES). A través de ella se visualizan de una forma sencilla y rápida los valores numéricos (tanto en unidades monetarias como en unidades temporales) necesarios para conocer el estado del proyecto.
- Gráficos. Representación gráfica de los resultados obtenidos. De esta forma se plasma la información de una forma más visual, facilitando la comprensión de los datos recogidos en la tabla anterior, en especial, en términos de cumplimiento y plazo. Se incorpora una tabla resumen de los datos más significativos.
- Variaciones económicas. Debido a su gran interés se añade este apartado con el fin de diferenciar el tipo de alteración económica producida y sus importes. Como ya se ha comentado someramente, en la obra pública las alteraciones de carácter económico se ven condicionadas a unos límites cuantitativos que no pueden ser rebasados. Para facilitar la labor de control se dispone de una tabla con los tipos de modificaciones y de los importes recogidas hasta la fecha y los importes pendientes para alcanzar los límites permitidos. También se acompaña una gráfica con expresión de los límites establecidos y los importes producidos para cada tipo de modificación, con el objeto que pueda visualizarse el margen aún disponible para futuras alteraciones.

En la parte inferior de las dos hojas del DIN A3 se dispone de una reserva de espacio para que puedan anotarse los comentarios u observaciones que se estime oportunas.



Capítulo 5

5. Conclusiones

El modelo diseñado es el resultado de esta tesis doctoral. Más que una técnica el modelo IMADO se presenta como una metodología de seguimiento y control económico y temporal del avance de proyectos durante su fase de ejecución, por medio de la monitorización de las relaciones valoradas periódicas de ejecución de la obra y de aquellos acontecimientos futuros conocidos que implicarán desviaciones. El método se ha definido desde la perspectiva de uso del director del proyecto (director de obra o de ejecución de la obra o project manager) en representación del promotor. Y en concreto, para el ámbito de la obra pública, sujeta a un marco legal de regulación específico.

En atención a la exposición realizada a lo largo de todo el texto se indican a continuación las premisas establecidas como punto de partida para el desarrollo de la presente tesis doctoral:

1. Existe en la obra pública un abuso comprobado de la figura de las modificaciones contractuales y de los contratos de obra complementaria que derivan en la aparición de sobrecostes e incumplimientos temporales respecto a los importes y plazos de ejecución adjudicados.
2. Las causas que dan origen a estas desviaciones son atribuibles a una amplia diversidad de circunstancias que pueden sucederse en las diferentes etapas del proceso de contratación en la obra pública. En España no se ha hecho público ningún estudio minucioso que analice la magnitud de las desviaciones económicas y del plazo en la ejecución de la obra pública así como del origen de estas desviaciones, debido a la poca transparencia de acceso a la información relacionada con la ejecución y liquidación de la contratación pública de obras. Las manifestaciones sobre desviaciones económicas y de plazo de ejecución en la obra pública conocidas se deben mayoritariamente a la experiencia profesional y a las noticias publicadas en la prensa.
3. Se puede afirmar que la mayor parte de las variaciones sobre lo previsto se manifiestan durante la fase de ejecución de la obra. Por ello, esta tesis defiende la necesidad de implementar una metodología eficiente que facilite, a través de la monitorización del seguimiento y control de las relaciones valoradas y de la integración valorada de aquellos acontecimientos futuros conocidos, la detección prematura de las consecuencias que pueden ocasionar las alteraciones de carácter temporal y/o económico que se presentan durante la ejecución.
4. La implantación de un sistema de seguimiento y control requiere del diseño previo de una línea de base que defina los objetivos a alcanzar y establezca el modo en que ha de desarrollarse la obra, desde el punto de vista, organizacional, temporal y económico. Sin este punto de partida resulta imposible realizar un correcto seguimiento y control puesto que no se dispone del plan de base que ha de servir de comparación.
5. Los métodos y técnicas de seguimiento y control tradicional se basan en la simple recogida de datos, limitándose únicamente a la comparación entre lo certificado y lo pendiente de ejecutar según lo proyectado.

6. Una de las técnicas de gestión integral más conocidas y explotadas es el EVM. La aplicación de esta metodología en el ámbito de la construcción presenta considerables dificultades e inconvenientes para que su uso pueda ser adoptado y extendido a los responsables de la gestión de proyectos de obra pública.

El nuevo modelo definido:

1. Establece una nueva metodología de trabajo basada en la incorporación al sistema de seguimiento, de los datos económicos de las alteraciones conocidas durante el desarrollo del proyecto, tan pronto como se tiene constancia y una cierta certeza de que realmente se producirán en un futuro durante la ejecución de la obra.
2. Permite la detección avanzada de las incidencias que se producen durante el desarrollo de la obra para que los directores y/o responsables de la gestión de la obra puedan visualizar el comportamiento del proyecto y en consecuencia adoptar, lo antes posible, las medidas oportunas para la corrección de la tendencia con el fin de no desviarse de los objetivos planteados.
3. Se integra con extrema facilidad a las estructuras habituales de monitorización para el seguimiento y control de costes en obra, tanto para aquellos procesos planteados sobre hojas de cálculo, como para aquellos módulos que tienen desarrollados diversos programas informáticos de control y seguimiento de certificaciones de obra.
4. No modifica las entradas de registros ni la confección de las relaciones valoradas ni de la emisión de las certificaciones de obra.
5. Permite el registro, evaluación e identificación, prácticamente a tiempo real, de todas aquellas incidencias que durante la ejecución de la obra puedan provocar desviaciones económicas.
6. Introduce una nueva magnitud conocida como APV_{Imado}, que representa el valor que realmente debería haberse planificado inicialmente, obtenido en la fecha de control en atención a la información disponible.
7. Incorpora, tres nuevos campos en la recogida de datos diseñado para el seguimiento durante la fase de ejecución (diferencial de medición, medición total e importe final), que son los que permitirán alcanzar el valor estimado a la conclusión u horizonte de liquidación en cada fecha de control.
8. No formula una estimación económica a la liquidación de obra de base probabilística sino que el importe que provee el modelo desarrollado es el resultado de la integración de la información conocida, cierta y contrastable hasta el momento del avance real de la obra. Se trata de un valor obtenido directamente del sistema diseñado. Ofrece una aproximación fiable al importe u horizonte de liquidación económica (EAC), puesto que se sustenta en la propia

información que se genera durante el transcurso de la obra sin esperar que los trabajos se ejecuten y queden reflejados en las correspondientes relaciones valoradas.

9. Permite la adición de nuevos campos para que sea posible la asignación detallada de cada alteración a una causa u origen concreto. En el modelo desarrollado, la clasificación de las alteraciones de carácter económico se ha establecido según la división recogida en el actual Anteproyecto Ley de Contratos del Sector Público. Esta clasificación permite el control del cumplimiento de los límites económicos establecidos en el actual marco legal.
10. Procura un conjunto de indicadores económicos que facilitan la lectura, interpretación y la visión de conjunto sobre el comportamiento de la obra en términos de cumplimiento de coste y plazo de ejecución.
11. Posibilita la representación gráfica del comportamiento de la obra a partir de sus magnitudes e indicadores, dotando al sistema de una herramienta de gran potencial por su facilidad de interpretación de resultados, poniendo en comparación lo planificado inicialmente en el plan de base, el ajustado de la planificación y lo que realmente está sucediendo, en un momento dado o punto de control.
12. Facilita la elaboración de cuadros de mando que resumen de manera efectiva los datos de conjunto de cumplimiento económico y de plazo de ejecución que necesita conocer el responsable de la Administración.

En base a todo lo expuesto puede afirmarse que:

1. La implantación del modelo a los sistemas tradicionales de seguimiento y control supone un avance cualitativo en pro de un mayor conocimiento y control del avance real del proyecto, en términos de coste y tiempo.
2. Los valores manejados para la definición del modelo son simples y fáciles de obtener si se aplica la metodología establecida. Se supera de esta forma la dificultad que supone para los directores de proyecto conseguir el EV, valor imprescindible para la aplicación del método del valor ganado.
3. La simplicidad de las bases del modelo permite su incorporación a los programas informáticos específicos de seguimiento y control económico y temporal.
4. La información recogida en el modelo propicia la obtención de proyecciones objetivas del comportamiento económico de la obra, sin que sea necesario plantear hipótesis probabilísticas para obtener importes de liquidación poco fiables y seguros.

El modelo presentado está sujeto a una condición de planteamiento consistente en establecer que las duraciones totales de las tareas permanezcan invariables aun cuando se produzcan desviaciones de carácter económico durante el desarrollo del proyecto. La influencia que la inaplicabilidad de esta

condición que pueda producir parcialmente en los resultados intermedios de seguimiento y control puede ser objeto de un nuevo estudio de investigación.

Uno de los aspectos apuntados en esta tesis, pero no desarrollado, es la definición de una metodología de clasificación de las alteraciones de carácter económico que tenga en cuenta el origen o causa de su aparición y permita la asignación de responsabilidades entre los diferentes agentes implicados en el desarrollo de la obra.

Bibliografía

- AACE. (2016). *AACE International*. Obtenido de <http://web.aacei.org/>
- AENOR. (2016). *Estándares en apoyo del BIM*. Madrid: AENOR- Asociación española de Normalización y Certificación.
- Ahiaga-Dagbui, D., & Simon, D. (2014). Rethinking construction cost overruns: cognition, learning and estimation. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 19(1), 38-54.
- Aliverdi, R., Naeni, L., & Salehipour, A. (2013). Monitoring project duration and cost in a construction project by applying quality control charts. *International Journal o Project Management*, 31(3) 411-423.
- Al-Jibouri, S. (2003). Monitoring systems and their effectiveness for project cost control in construction. *International Journal of Project Management*, 21(2), 145-154.
- APMG. (2017). *APMG international*. Obtenido de <http://www.apmg-international.com/>
- Arditi, D., Akan, G., & Gurdamar, S. (1985). Cost overruns in public projects. *Project Management*, 3(4), 218-224.
- Ayala, J. J. (2004). Gestión de contratos de obras de las Administraciones Públicas. Estudio de los orígenes y causas de las habituales desviaciones presupuestarias.
- Ayats Pérez, C. (2015). *LEAN: Diseño y construcción*. Editorial Círculo Rojo.
- Batcheler, H. I. (2015). Building Information Modeling Two Years Later- Huge Potential, Some Success and Several Limitations.
- Batselier, J., & Vanhoucke, M. (2015). Empirical evaluation of earned value management forecasting accuracy for time and cost. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(11) 05015010.
- Bayram , S., & Al-Jibouri, S. (2016). Efficacy of Estimation Methods in Forecasting Building Projects' Costs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(11), 05016012.
- Burke, R. (2003). *Project Management Planning and Control Techniques (4th edition)*.
- Carrasco, J. (2009). *Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Editorial Evolución S.A.
- Cervera, L. (2009).
- Chan, D., & kumaraswamy, M. (1997). Competitive Study of Causes of Time Overruns in Hong Kong Construction Projects. *International Journal of Project Management*, Vol. 15, número 1, páginas 55-63.

- Chan, P., & Chan, P. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 11 Issue: 2, 203-221.
- Christensen, B. M. (1998). *The Critical Path Method, and optimizing time last planning and scheduling method*. Arizona (Estados Unidos): General Eléctric.
- Cleland, D., & Roland Gareis. (2006). *Global Project Management Handbook*. McGraw-Hill Professional.
- Comisión de Agricultura, A. y. (10 de Diciembre de 2013). *Diario de sesiones del Congreso de los Diputados número 479*. Madrid.
- Contreras, J. E. (2007). *Sistema de control de gestión basado en la Técnica del Valor Ganado: presentación de un nuevo estimador de tiempo de Proyectos en ejecución*. Chile: Escuela de Postgrado Economía y Negocios de la Universidad de Chile.
- Cordero, D. (3 de Febrero de 2014). Cuando el sobrecoste forma parte del plan. *El País*, págs. 21-37.
- Coriat, B. (2015). *El taller y el cronometro: Ensayo sobre Taylorismo, el Fordismo y la población en masa*. Madrid: Siglo XXI.
- CPM. (2017). CPM. Obtenido de <http://www.mycpm.org/>
- Crawford, L. (. (s.f.).
- Crowford, L. (2007). *Global Body of Project Management Knowledge and Standards. The Wiley Guide to Managing Projects*. USA: Hoboken.
- De Cos, M. (2007). *Teoría general del proyecto. Volumen I: Dirección de proyectos - Project Management*. España: Editorial Síntesis SA.
- De Heredia, R. (2007). Dirección integrada de proyecto - DPI - "Project Management". *Valencia: Editorial de la UPV*, 1-166.
- De la Morena, J. L. (2012). Evolución histórica de la contratación pública en España. *Observatorio de la Contratación Pública*.
- Domingo, A. (2005). *Dirección y gestión de proyectos: Un enfoque práctico*. España: RA-MA Editorial (2ª edición).
- Eastman, C. M. (1999). *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. Florida: Boca Ratón.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. *AIA Journal*.
- Emilsy, M. (2010). Una mirada hacia el pasado, presente y futuro de la gestión de proyectos. *Escuela de Ingeniería Industrial*, pps 43-50.

- Enterprise, L. C. (2017). *Lean Construction Enterprise*. Obtenido de <http://www.leanconstructionenterprise.com/home>
- European Commission. (2014). *Annex Spain to the Eu Anti-Corruption Report (annex 9)*. Brussels.
- Fleming, Q., & Koppelman, J. (2005). *Earned Value Project Management (3rd edition)*. Project Management Institute.
- Flyvbjerg, B. (2007). Megaproject Policy and Planning: Problems, Causes, Cures. Institut for Samfundsudvikling og. Planlægning: Aalborg Universitet .
- Flyvbjerg, B. (2014). What You Should Know About Megaprojects and Why: An Overview. *Project Management Journal*, vol. 45, no. 2, April-May, 6-19.
- Flyvbjerg, B., Holm, M., & Buhl, S. (2002). Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279-295.
- Forteza Usieto, A. (2016). Análisis de las causas de desviación en el presupuesto en los grandes y megaproyectos de construcción pública en España. Valencia.
- Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. *International Journal of Project Management*, 21(5), 321-326.
- Gifra, B. E., & Torrent, P. A. (2000). *Contratación pública de obras*. Girona: Manuscritos.
- Graphisoft. (de 2017). *Graphisoft*. Obtenido de http://www.graphisoft.com/info/about_graphisoft/
- Grau, D., & Back, W. (2015). Predictability Index: Novel Metric to Assess Cost and Schedule Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(12).
- Guerra, L., Coronel, A., de Irujo, L., & Llorente, A. (2002). *Gestión integral de proyectos*. Madrid: FC editorial.
- Guo, B., Yiu, T., González, V., & Goh, Y. (2016). Using a Pressure-State-Practice Model to Develop Safety Leading Indicators for Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(2).
- Hartmann, T., Gao, J. y Fischer, M. (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134, 776–785.
- Hayes, R. D. (2001). Analysis and application of earned value management to the Naval Construction Force. *Construction Engineering and management* .
- Henderson, K. (2003). Earned schedule: A breakthrough extension to earned value theory. A retrospective analysis of real project data. *The Measurable News*, 13-7.21.

- Herrera, R., Muñoz-La Rivera, F., Vargas, C., Antio, M. (2017). Uso e Impacto de los Modelos nD como Herramienta para la Dirección de Proyectos en la Industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción. *SciELO Analytics, Inf. tecnol (online)*. Vol. 28, nº 4, pp. 169-178.
- IPMA. (julio de 2017). *International project management association*. Obtenido de <http://www.ipma.world/>
- Juridías, R. F. (2016). Método del valor ganado (EVM): aplicación en la gestión de proyectos de edificación en España. *Tesis doctoral*. Madrid: Universidad Europea.
- Kala, T., Seppänen, O., y Stein, C. (2010). Using an integrated 5D y location-based planning system in a large hospital construction project. *Lean Construction Journal*. 102–112
- Kelley, J. E. (1959). Critical-path planning and scheduling.
- Kerzner, H. (2006). *Project Management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kim, E., Wells, W., & Duffey, M. (2003). A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*, 21(5), 375-382.
- KPMG. (2015). *Global Construction survey 2015 Climbing the curve*.
- KPMG. (Julio de 2017). Obtenido de <https://home.kpmg.com/es/es/home.html>
- Krafcik, J. (1988). Triumph of the Lean Production System. *School of Management del MIT*.
- Lipke, W. (2003). Schedule is different. *The Measurable News*, 31-4.
- 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.
- Mansfield, N., Ugwu, O., & Doran, T. (1994). Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects. *International Journal of Project Management*, 254-260.
- Martí, J., Yepes, V., González-Vidosa, F., & Alcalá, J. (2012). *Estructura del desglose del trabajo (WBS)*. Valencia: Editorial de la Universitat Politècnica de Valencia.
- Mártinez García, J., & Elez Gómez, A. (Diciembre 2015). Comentario a las nuevas directivas europeas en materia de contratación pública. *Gabilex*, 14.
- Montes-Guerra, M., Guimena, F., Pérez-Ezcurdia, M., & Díez-Silva, H. (2014). The influence of monitoring and control on project management succes. *International Journal of Construction Project Management*, 6(2), 163.
- Moslemi, L., Shadrokh, S., & Selehipour, A. (2008). A fuzzy approach for the earned value management. *International Journal of Project Management*, 29. 764-772.

- Mourgues, C., & Fischer, M. (2001). Investigaciones en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). *Center for Integrated Facility Engineering*.
- Narbaev, T., & De Marco, A. (2013). Combination of growth model and earned schedule to forecast project cost at completion. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1) 04013038.
- Nijkamp, P., & Ubbels, B. (1999). How reliable are estimates of infrastructure costs? A comparative analysis. *International Journal of Transport Economics*, 26(1), 23-53.
- Normalización, O. I. (2003). ISO 10006:2003. *Sistemas de gestión de la calidad - Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos*.
- Normativa contable europea. (16 de Noviembre de 2007). *Real Decreto 1514/2007, Plan General de Contabilidad*.
- OBM Exhibit, 3. (2011). *Guidance on Exhibit 300 - Planning, budgeting, acquisition and management of it capital assets*. United States Nuclear Regulatory Commission.
- OBS. (2017). *OBS Business School*. Obtenido de <http://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- Odeck, J. (2004). Cost overruns in road construction - what are their sizes and determinants? . *Transport Policy*, 11(1), 43-53.
- Ohara, S. (2003). *Booklet on P2M- What's P2M*. Japan: Project Management Professionals Certification Center.
- Pina Ruiz, P. (2014). *Desarrollo de un modelo de predimensionado de costes de construcción en el proyecto arquitectónico*. Tesis doctoral. ETS Arquitectura (UPM).
- Planner, L. (de Julio de 2017). *Lean Construction Enterprise*. Obtenido de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>
- PMAJ. (2017). *Project Management Association of Japan*. Obtenido de <http://www.pmaj.or.jp/ENG/>
- PMI. (2007). *Construction Extension to the PMBOK Guide Third Edition*. PMI Product.
- PMI. (2014). *PMBOK, 5ª edición*. PMI.
- PMI. (Julio de 2017). *Madrid*. Obtenido de <https://pmi-mad.org/index.php/quienes-somos/capitulo-de-madrid-espana-del-pmi/65-ique-es-el-project-management-instituter>
- PMI. (2017). *Project Management Institute*. Obtenido de <https://www.pmi.org>

- Popov, V., Juocevicius, V., Migilinskas, D., Ustinovichius, L., y Mikalauskas, S (2009). The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment. *Automation in Construction*, 19(3), 357–367 (2010).
- Porrás, H., Giovanni, O., & Galvis, J. Elaboración de modelos del procesos constructivo 5D con tecnologías "Building Information Modeling. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*. 14(38), 59-73
- Poveda, R., González, M., & Gómez-Senent, E. (2007). *Fundamentos de la dirección y gestión de proyectos*. Valencia: Editorial de la UPV.
- Ramírez de Arellano, A. A. (2010). *Presupuestación de obras (4ª edición)*. Sevilla: Secretariado de publicaciones Universidad de Sevilla.
- Ramos, R. & Sebatiao, O. (2013). *Evaluación de la aplicación del sistema Last Planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa*. Tesis doctoral. Lima-Perú
- RIB, S. (2016). Modelo de utilización de Presto para el cost manager. *Presto*.
- Ribera Roget, A. (2011). *Presupuestos de proyectos y ofertas económicas de obra; cómo tratar y evaluar los costes de construcción*. Madrid: Editorial Manuscritos.
- Ribera, A. (2001). Control de obras, seguimiento económico y tratamiento de la información. (págs. Volumen 2 pag. 1-52). Barcelona: Fundación Politécnica de Cataluña.
- RIB-Spain. (2016). Aplicación del Método del Valor Ganado (EVM) y de la Programación Ganada (ES) con Presto. *PRESTO* (<https://rib-software.es>, 1-9.
- RIB-Spain. (2016). Estructura de Desglose del Trabajo EDT. *PRESTO* (<https://www.rib-software.es>, 1-8.
- RIB-Spain. (2016). EVM, gestión del valor ganado para la empresa constructora. *PRESTO* (<https://www.rib-software.es>), 1-8.
- RIB-Spain. (2016). Valor ganado para el director de obra. *PRESTO* (<https://www.rib-software.es>), 1-6.
- RIB-Spain. (2016). Valor Ganado para el director de obra. *PRESTO* (<https://www.rib-software.es>), 1-6.
- RIB-Spain. (2017). Gestión del valor ganado con Presto. El proyecto A-12. *PRESTO* (<https://www.rib-software.es>), 1-8.
- Salim, S. M. (2015). A study of factors caused for time & cost overruns in construction Project & their remedial measures. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(2), 48-53.
- Sapolsky, H. M. (1972). *The Polaris System Development*. E-dition.

- Sovacool, B., Gilbert, & Nugent, D. (2014). Risk, Innovation, Electricity Infrastructure and Construction Cost Overruns: Testing Six Hypotheses. *Energy*, 74, 906-917.
- Valderrama, F., & Guadalupe, G. R. (s.f.). Dos modelos de aplicación del método del valor Ganado (EVM) para el sector de la construcción. *PRESTO*.
- Valderrama, F. (2010). *Mediciones y presupuestos par Arquitectos e ingenieros de edificación*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Valderrama, F., & Guadalupe, R. (2016). Dos modelos de aplicación del EVM para el sector de la construcción. *PRESTO* (<http://www.rib-software.es>), 1-16.
- Valladolid, B. (Noviembre de 2014). *Entender BIM y sus ventajas*. Obtenido de Congreso internacional BIM Valladolid: <https://bimvalladolid.wordpress.com/2014/04/15/entender-bim-y-sus-ventajas/>
- Valledor, L., & de la Fuente, D. (2010). Certificaciones a la gestión de proyectos. IPMA, PMI, ISPI y APM GROUP. *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. Donostia.
- Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24(4) 289-302.
- Wallace, W. (2014). *Gestión de Proyectos*. Edimburgo: Edinburgh Business School.
- Wikipedia . (26 de junio de 2017). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n
- Willems, L., & Vanhoucke, M. (2015). Classification of articles and journals on project control and earned value management. *International Journal of Project Management*, 33, 1610-1634.
- Williams, T., & Gong, J. (2014). Predicting construction cost overruns using text mining, numerical data and ensemble classifiers. *Automation in Construction*, 43, 23-29.

Escenario 1

ESCUENARIO 1 Proceso de obra con sobrecostos y sin retrasos de obra				1	2	3	4	5	6	
				PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	
CONCEPTO		ACRÓNIMO	FÓRMULA							
EV M (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	139.885,00	150.014,00
		Earned Value	EV _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	121.010,00	131.139,00
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n	0,00	0,00	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00
		Schedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n	-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-2.504,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n	1,00	1,00	0,94	0,94	0,87	0,87
		Schedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n	0,69	0,84	0,93	0,98	0,98	1,00
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)	131.139,00	131.139,00	135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)	131.139,00	131.139,00	139.779,20	139.999,74	151.593,91	150.014,00
	T4 - EAC _n		AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))	182.940,35	149.684,77	144.594,25	140.611,65	151.836,20	150.014,00	
	T5 - EAC _n		AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))	160.348,89	155.386,42	156.524,18	149.818,63	154.521,33	150.014,20	
	T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))	137.288,46	136.243,73	143.304,47	142.066,88	152.210,22	150.014,05		
	ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule	ES _n	(n-1) + ((EV _n - PV _{n-1}) / (PV _n - PV _{n-1}))	0,69	1,67	2,85	3,93	4,91
Schedule Variance (t)			SV(t) _n	AT _n - ES _n	0,31	0,33	0,15	0,07	0,09	0,00
Estimate at Completion (t)			EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n)	6,31	6,33	6,15	6,07	6,09	6,00
IMADO (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	139.885,00	150.014,00
		Ajusted Planned Value	APV _{n IMADO}		24.240,00	45.180,00	83.751,67	110.528,33	142.389,00	150.014,00
	Estimate at Completion	EAC _{n IMADO}		135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _{n IMADO}	BAC - EAC _{n IMADO}	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00
		Schedule Variance	SV _{n IMADO}	AC _n - APV _{n IMADO}	-9.940,00	-11.030,00	-10.951,67	-9.803,33	-2.504,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _{n IMADO}	BAC / EAC _{n IMADO}	0,97	0,95	0,87	0,87	0,87	0,87
		Schedule Performance Index	SPI _{n IMADO}	AC _n / APV _{n IMADO}	0,59	0,76	0,87	0,91	0,98	1,00
		% Desviation EAC _{IMADO}	%CVI _{n IMADO}	((EAC _{n IMADO} / BAC) - 1) x 100	3,43%	4,86%	14,39%	14,39%	14,39%	14,39%
% Desviation APV _{IMADO}		%CV APV _{n IMADO}	((AC _n / APV _{n IMADO}) - 1) x 100	41,01%	24,41%	13,08%	8,87%	1,76%	0,00%	
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule _{IMADO}	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,59	1,76	2,87	3,91	4,98	6,00
		Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,41	0,24	0,13	0,09	0,02	0,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{IMADO})	6,41	6,24	6,13	6,09	6,02	6,00

Escenario 2

ES CENARIO 2		Proceso de obra sin desviaciones económicas y sin retrasos de obra									
		CONCEPTO	ACRÓNIMO	FÓRMULA	1	2	3	4	5	6	
					PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	
E V M (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	121.010,00	131.139,00	
		Earned Value	EV _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	121.010,00	131.139,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Schedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n		-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-2.504,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Schedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n		0,69	0,84	0,93	0,98	0,98	1,00
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
T4 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))			182.940,35	149.684,77	135.656,42	131.712,18	131.348,59	131.139,00		
T5 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))			160.348,89	155.386,42	146.848,94	140.336,45	133.671,45	131.139,20		
T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))			137.288,46	136.243,73	134.446,36	133.075,31	131.672,15	131.139,05		
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule	ES _n	(n-1) + ((EV _n - PV _{n-1}) / (PV _n - PV _{n-1}))	0,69	1,67	2,85	3,93	4,91	6,00	
		Schedule Variance (t)	SV(t) _n	AT _n - ES _n	0,31	0,33	0,15	0,07	0,09	0,00	
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n)	6,31	6,33	6,15	6,07	6,09	6,00	
I M A D O (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	121.010,00	131.139,00	
		Ajusted Planned Value	APV _{n IMADO}		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	
	INDICADORES	Estimate at Completion	EAC _{n IMADO}		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Cost Variance	CV _{n IMADO}	BAC - EAC _{n IMADO}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Schedule Variance	SV _{n IMADO}	AC _n - APV _{n IMADO}		-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-2.504,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _{n IMADO}	BAC / EAC _{n IMADO}		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Schedule Performance Index	SPI _{n IMADO}	AC _n / APV _{n IMADO}		0,69	0,84	0,93	0,98	0,98	1,00
		% Desviación EAC _{IMADO}	%CVI _{n IMADO}	((EAC _{n IMADO} / BAC) - 1) x 100		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
% Desviación APV _{IMADO}	%CV APV _{n IMADO}	((AC _n / APV _{n IMADO}) - 1) x 100		30,72%	16,05%	6,71%	1,53%	2,03%	0,00%		
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule _{IMADO}	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,69	1,84	2,93	3,98	4,98	6,00	
		Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,31	0,16	0,07	0,02	0,02	0,00	
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{IMADO})	6,31	6,16	6,07	6,02	6,02	6,00	

Escenario 3

ESCAMENARIO 3			Proceso de obra con sobrecostos y con retrasos de obra								
			1	2	3	4	5	6	7		
			PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7		
CONCEPTO			FÓRMULA								
EVM (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n	20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n	14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	138.635,00	144.070,00	150.014,00	
		Earned Value	EV _n	14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	119.760,00	125.195,00	131.139,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n	0,00	0,00	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00
		Schedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n	-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-3.754,00	-5.944,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n	1,00	1,00	0,94	0,94	0,86	0,87	0,87
		Schedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n	0,69	0,84	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)	131.139,00	131.139,00	135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)	131.139,00	131.139,00	139.779,20	139.999,74	151.807,41	150.910,15	150.014,00
T4 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))		182.940,35	149.684,77	144.594,25	140.611,65	152.220,31	151.234,90	150.014,00		
T5 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))		160.348,89	155.386,42	156.524,18	149.818,63	155.100,70	152.620,37	150.014,20		
T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))		137.288,46	136.243,73	143.304,47	142.066,88	152.500,74	151.270,20	150.014,05		
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule	ES _n	(n-1) + ((EV _n - PV _{n-1}) / (PV _n - PV _{n-1}))	0,69	1,67	2,85	3,93	4,86	5,22	6,00
		Schedule Variance (t)	SV(t) _n	AT _n - ES _n	0,31	0,33	0,15	0,07	0,14	0,78	1,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n)	6,31	6,33	6,15	6,07	6,14	6,78	7,00
IMADO (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n	20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n	14.300,00	34.150,00	72.800,00	100.725,00	138.635,00	144.070,00	150.014,00	
		Ajusted Planned Value	APV _{n IMADO}	24.240,00	46.305,00	83.751,67	110.528,33	142.389,00	150.014,00	150.014,00	
	INDICADORES	Estimate at Completion	EAC _{n IMADO}	135.639,00	137.514,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	150.014,00	
		Cost Variance	CV _{n IMADO}	BAC - EAC _{n IMADO}	-4.500,00	-6.375,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00	-18.875,00
		Schedule Variance	SV _{n IMADO}	AC _n - APV _{n IMADO}	-9.940,00	-12.155,00	-10.951,67	-9.803,33	-3.754,00	-5.944,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _{n IMADO}	BAC / EAC _{n IMADO}	0,97	0,95	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
		Schedule Performance Index	SPI _{n IMADO}	AC _n / APV _{n IMADO}	0,59	0,74	0,87	0,91	0,97	0,96	1,00
		% Desviation EAC _{n IMADO}	%CVI _{n IMADO}	((EAC _{n IMADO} / BAC) - 1) x 100	3,43%	4,86%	14,39%	14,39%	14,39%	14,39%	14,39%
% Desviation APV _{n IMADO}	%CV APV _{n IMADO}	((AC _n / APV _{n IMADO}) - 1) x 100	41,01%	26,25%	13,08%	8,87%	2,64%	3,96%	0,00%		
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule IMADO	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,59	1,45	2,71	3,63	4,88	5,22	6,00
		Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,41	0,55	0,29	0,37	0,12	0,78	1,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{n IMADO})	6,41	6,55	6,29	6,37	6,12	6,78	7,00

Escenario 4

ESCENARIO 4 Proceso de obra sin sobrecostos y con retrasos de obra				1	2	3	4	5	6	7		
				PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7		
EVM (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	119.760,00	125.195,00	131.139,00	
		Earned Value	EV _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	119.760,00	125.195,00	131.139,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Schedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n	-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-3.754,00	-5.944,00	0,00	
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
		Schedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n	0,69	0,84	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00	
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
	T4 - EAC _n		AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))	182.940,35	149.684,77	135.656,42	131.712,18	131.495,69	131.421,21	131.139,00	131.139,00	
	T5 - EAC _n		AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))	160.348,89	155.386,42	146.848,94	140.336,45	133.983,94	132.625,19	131.139,00	131.139,00	
	T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))	137.288,46	136.243,73	134.446,36	133.075,31	131.737,94	131.451,89	131.139,00	131.139,00		
	ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule	ES _n	(n-1) + ((EV _n - PV _{n-1}) / (PV _n - PV _{n-1}))	0,69	1,67	2,85	3,93	4,86	5,22	6,00
Schedule Variance (t)			SV(t) _n	AT _n - ES _n	0,31	0,33	0,15	0,07	0,14	0,78	1,00	
Estimate at Completion (t)			EAC(t) _n	AT _n + (ED - ES _n)	6,31	6,33	6,15	6,07	6,14	6,78	7,00	
IMADO (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00	
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	34.150,00	68.300,00	94.350,00	119.760,00	125.195,00	131.139,00	
		Ajusted Planned Value	APV _{n IMADO}		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00	131.139,00	
		Estimate at Completion	EAC _{n IMADO}		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _{n IMADO}	BAC - EAC _{n IMADO}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Schedule Variance	SV _{n IMADO}	AC _n - APV _{n IMADO}	-6.340,00	-6.530,00	-4.910,00	-1.470,00	-3.754,00	-5.944,00	0,00	
		Cost Performance Index	CPI _{n IMADO}	BAC / EAC _{n IMADO}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
		Schedule Performance Index	SPI _{n IMADO}	AC _n / APV _{n IMADO}	0,69	0,84	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00	
		% Desviation EAC _{n IMADO}	%CVI _{n IMADO}	((EAC _{n IMADO} / BAC) - 1) x 100	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
		% Desviation APV _{n IMADO}	%CV APV _{n IMADO}	((AC _n / APV _{n IMADO}) - 1) x 100	30,72%	16,05%	6,71%	1,53%	3,04%	4,53%	0,00%	
	ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule _{IMADO}	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,69	1,84	2,93	3,98	4,97	5,95	6,00
			Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,31	0,16	0,07	0,02	0,03	0,05	1,00
			Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{n IMADO})	6,31	6,16	6,07	6,02	6,03	6,05	7,00

Escenario 5

ESCUENARIO 5 Proceso de obra con ahorro económico y sin retrasos de obra				1	2	3	4	5	6	
				PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	
				PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	
EVM (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	29.650,00	63.800,00	89.850,00	104.010,00	114.139,00
		Earned Value	EV _n		14.300,00	29.650,00	63.800,00	89.850,00	104.010,00	114.139,00
	INDICADORES	Cost Variance	CV _n	EV _n - AC _n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Schedule Variance	SV _n	EV _n - PV _n	-6.340,00	-11.030,00	-9.410,00	-5.970,00	-19.504,00	-17.000,00
		Cost Performance Index	CPI _n	EV _n / AC _n	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Schedule Performance Index	SPI _n	EV _n / PV _n	0,69	0,73	0,87	0,94	0,84	0,87
		Estimate at Completion	T2 - EAC _n	BAC + (AC _n - EV _n)	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
			T3 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / CPI _n)	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
T4 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (CPI _n x SPI _n))		182.940,35	168.893,59	141.070,97	133.882,41	136.226,24	133.671,00		
T5 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,80 CPI _n + 0,20 SPI _n))		160.348,89	156.511,40	147.973,92	141.461,44	137.921,42	135.389,17		
T6 - EAC _n	AC _n + ((BAC-EV _n) / (0,95 CPI _n + 0,05 SPI _n))	137.288,46	136.480,56	134.683,20	133.312,15	132.566,88	132.033,78			
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule _{IMADO}	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,69	1,45	2,71	3,74	4,30	3,77
		Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,31	0,55	0,29	0,26	0,70	2,23
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{IMADO})	6,31	6,55	6,29	6,26	6,70	8,23
IMADO (UM)	MAGNITUDES	Budget at completion	BAC		131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00	131.139,00
		Panned Value	PV _n		20.640,00	40.680,00	73.210,00	95.820,00	123.514,00	131.139,00
		Actual Cost	AC _n		14.300,00	29.650,00	63.800,00	89.850,00	104.010,00	114.139,00
		Ajusted Planned Value	APV _{n IMADO}		17.040,00	36.180,00	64.543,33	82.986,67	106.514,00	114.139,00
	Estimate at Completion	EAC _{n IMADO}		126.639,00	126.639,00	114.139,00	114.139,00	114.139,00	114.139,00	
	INDICADORES	Cost Variance	CV _{n IMADO}	BAC - EAC _{n IMADO}	4.500,00	4.500,00	17.000,00	17.000,00	17.000,00	17.000,00
		Schedule Variance	SV _{n IMADO}	AC _n - APV _{n IMADO}	-2.740,00	-6.530,00	-743,33	6.863,33	-2.504,00	0,00
		Cost Performance Index	CPI _{n IMADO}	BAC / EAC _{n IMADO}	1,04	1,04	1,15	1,15	1,15	1,15
		Schedule Performance Index	SPI _{n IMADO}	AC _n / APV _{n IMADO}	0,84	0,82	0,99	1,08	0,98	1,00
		% Desviación EAC _{IMADO}	%CVI _{n IMADO}	((EAC _{n IMADO} / BAC) - 1) x 100	-3,43%	-3,43%	-12,96%	-12,96%	-12,96%	-12,96%
% Desviación APV _{IMADO}		%CV APV _{n IMADO}	((AC _n / APV _{n IMADO}) - 1) x 100	16,08%	18,05%	1,15%	-8,27%	2,35%	0,00%	
ES (UT)	INDICADORES	Earned Schedule _{IMADO}	ES _{n IMADO}	n - ((APV _n - AC _n) / (APV _n - APV _{n-1}))	0,84	1,82	2,99	4,08	4,98	6,00
		Schedule Variance (t)	SV(t) _{n IMADO}	AT _n - ES _{n IMADO}	0,16	0,18	0,01	-0,08	0,02	0,00
		Estimate at Completion (t)	EAC(t) _{n IMADO}	AT _n + (ED - ES _{IMADO})	6,16	6,18	6,01	5,92	6,02	6,00