



Received: 14-10-2019
Accepted: 27-10-2019

Anales de Edificación
Vol. 6, Nº1, 63-69 (2020)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2020.4456

Estudio sobre datos históricos de nueve promociones públicas de viviendas de protección oficial

Study on historical data of nine public promotions of officially protected housing

Juan Pedro Ruiz Fernández^a, Nelia Valverde Gascueña^a, Miguel Ángel López Guerrero^b & Joaquín Fuentes del Burgo^a

^aDepartamento de Ingeniería Civil y de la Edificación, E. Politécnica de Cuenca University of Castilla la Mancha (Spain, juanpedro.ruiz@uclm.es; nelia.valverde@uclm.es; joaquin.fuentes@uclm.es), ^bDepartamento de Matemáticas, E. Politécnica de Cuenca University of Castilla la Mancha (Spain, mangel.lopez@uclm.es)

Resumen— ¿Se puede aprender de la experiencia? Un empirista afirmaría que todo el conocimiento humano se deriva de ella. En el presente artículo se analiza el nivel de confianza de los pronósticos que se pueden realizar, relativos a la construcción de viviendas, con base en lo ocurrido en promociones similares. Se parte de los datos históricos proporcionados por nueve promociones públicas de viviendas de protección oficial (VPO) en bloque, cuyos proyectos y direcciones de obra han sido realizados por el mismo equipo técnico. Las nueve promociones, al desarrollarse en el ámbito de la protección oficial pública, cuentan con características funcionales, formales y de calidad similares. Por otro lado, las características constructivas de las nueve promociones también son comparables: cimentación y estructura de hormigón armado, cerramientos tradicionales, cubiertas planas, instalaciones y materiales de acabados similares. El procedimiento de adjudicación en todos los casos ha sido por concurso abierto. El presupuesto de ejecución material se calculó según una estructura de veinticuatro capítulos prácticamente idéntica para las nueve promociones, y el control de plazos y de costes se realizó según los procedimientos regulados en el “Código de Contratos del Sector Público”. El estudio consiste en el cálculo de las desviaciones medias tanto en costes como en plazos de ejecución contratados. Posteriormente se realiza un estudio estadístico del porcentaje de los capítulos, tanto sobre el presupuesto del proyecto como sobre el presupuesto de liquidación. Por último, a través de una regresión polinómica, se obtiene la curva que mejor se ajusta a los valores de producción. Los niveles de confianza obtenidos relativos a costes, plazos de ejecución y porcentajes de capítulos ofrecen altas desviaciones que revelan poca fiabilidad en los pronósticos. Por el contrario, las desviaciones en los valores de producción a origen respecto de la curva estándar de mejor ajuste han sido mucho menores.

Palabras Clave— Desviaciones de tiempo y coste; distribución porcentual de capítulos; curvas de producción.

Abstract— Can you learn from the experience? An empiricist would claim that all human knowledge derives from it. This article analyzes the level of confidence of the forecasts that can be made, related to the construction of houses, based on what happened in similar promotions. It is based on the historical data provided by nine public promotions of officially protected housing (VPO) in

block, whose projects and construction management have been carried out by the same technical team. The nine promotions, when developed in the field of public official protection, have similar functional, formal and quality characteristics. On the other hand, the construction characteristics of the nine promotions are also comparable: foundation and structure of reinforced concrete, traditional enclosures, flat roofs, installations and materials of similar finishes. The adjudication procedure in all cases has been by open tender. The material execution budget was calculated according to a structure of twenty-four chapters practically identical for the nine promotions, and the control of deadlines and costs was carried out according to the procedures regulated in the “Public Sector Contract Code”. The study consists in the calculation of the average deviations both in costs and in terms of execution contracted. Subsequently, a statistical study of the percentage of the chapters is carried out, both on the project budget and on the settlement budget. Finally, through a polynomial regression, the curve that best fits the production values is obtained. The confidence levels obtained regarding costs, execution times and percentages of chapters offer high deviations that reveal little reliability in the forecasts. On the contrary, the deviations in the values of production at origin with respect to the standard curve of best fit have been much smaller.

Index Terms— Deviations of time and cost; percentage distribution of chapters; production curves.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los profesionales de la edificación es práctica común el uso de datos históricos para obtener el coste de una futura construcción como, por ejemplo, calcular el presupuesto de un edificio de viviendas de unas determinadas calidades multiplicando la superficie construida del citado edificio por un precio medio del m² construido, calculado este en función de los costes de ejecución de otros edificios de viviendas de similares características. En España existen trabajos muy importantes sobre el predimensionado de costes, entre los cuales se puede destacar la tesis de Carvajal Salinas (1992). De igual forma, los profesionales de la edificación apelan a la experiencia para determinar, de forma temprana, el plazo de ejecución de una obra basándose en los tiempos de ejecución habidos en obras ya realizadas.

A esta corriente de pensamiento, a la que se apuntan nuestros profesionales, se la conoce como *nomotética*, que reivindica la posibilidad de inferir, a través del estudio de datos históricos, leyes que permitan predecir comportamientos futuros (Peer, 1982). Por otro lado existe la corriente contraria: la *ideográfica*, la cual mantiene que los proyectos son únicos y hay que estudiarlos de forma individual, negando la posibilidad de realizar generalizaciones (Kenley, 2005). Estos últimos afirman que los pronósticos que se realizan a través del análisis de datos históricos son tan imprecisos que las inferencias carecen de validez.

Ante estas dos corrientes distintas el presente estudio trata estadísticamente los datos recabados en nueve promociones públicas de VPO. Se centra fundamentalmente en establecer los índices de dispersión, que permiten determinar la fiabilidad de las previsiones que se pudieran realizar en función de los citados datos históricos.

II. DATOS HISTÓRICOS

Se dispone de los datos históricos que proporcionan nueve promociones públicas de viviendas de protección oficial en

bloque, cuyos proyectos y direcciones de obra han sido realizados por el mismo equipo técnico. Las nueve promociones, al desarrollarse en el ámbito de la protección oficial pública, cuentan con características funcionales, formales y de calidad similares. Por otro lado, las características constructivas de las nueve promociones también son comparables: cimentación y estructura de hormigón armado, cerramientos tradicionales, cubiertas planas, instalaciones y materiales de acabados similares. El procedimiento de adjudicación en todos los casos ha sido por concurso abierto. El presupuesto de ejecución material se calculó según una estructura de veinticuatro capítulos prácticamente idéntica para las nueve promociones, y el control de plazos y de costes se realizó según los procedimientos regulados en el Código de Contratos del Sector Público (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2019). Concretamente, se cuenta con los siguientes datos históricos de cada una de las nueve promociones públicas:

- Nombre de la obra y número de viviendas de la promoción.
- Procedimiento, forma de adjudicación y empresa adjudicataria.
- Baja de adjudicación en tanto por ciento.
- Fechas de adjudicación, acta de replanteo y acta de recepción positiva de las obras.
- Presupuesto inicial, presupuesto de adjudicación e importe final de liquidación.
- Cuadro de importes de ejecución material por capítulos, del proyecto y de la liquidación.
- Duración programada y duración real en meses.
- Mes e importe de las certificaciones emitidas a origen, incluida la certificación de liquidación.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el análisis de los puntos relativos a costes, plazos de ejecución y porcentajes de

capítulos consiste en realizar un análisis estadístico descriptivo, obteniendo valores medios y valores de dispersión.

Se describe con más detalle la metodología utilizada para obtener la curva de producción estándar. Dicha metodología, empleada por otros autores como Kenley & Wilson (1986) y Blyth & Kaká (2006), consiste en convertir en porcentaje, de 0% a 100%, el plazo de ejecución y el coste total de cada promoción. Como variable independiente se establece el tiempo y como variable dependiente la producción en euros, en ambos casos de forma porcentual. De esta manera, el plazo de ejecución será en todos los casos del 0% al 100% y la producción igualmente del 0% al 100%, lo que permite comparar las promociones de mayor y menor tamaño y las de mayor y menor plazo de ejecución, dado que todas terminarán en el 100% del plazo de ejecución y en el 100% del coste de ejecución.

Cada certificación corresponde a un porcentaje del plazo de ejecución y a un porcentaje del valor ganado del proyecto, es decir, tiene dos coordenadas (x, y), y por tanto, cada certificación supone un punto en un gráfico de dispersión. Existen tantos puntos en el gráfico como certificaciones emitidas en el conjunto de las promociones. Para obtener la curva de producción estándar se emplea la técnica de regresión simple, identificando la curva que mejor se adapta a la tendencia de todos los puntos del gráfico. La curva de tendencia con mayor R^2 resulta ser una curva polinómica a la que se limita en su 4º grado para facilitar su uso y tratamiento.

Hay que señalar que la curva de producción estándar se ha obtenido con base en ocho de las nueve promociones estudiadas. El motivo por el que se desestima una de las nueve promociones iniciales es porque ha tenido dos constructores diferentes. En algún momento, antes de concluir la promoción, se rescindió el contrato con un primer adjudicatario y la terminó un segundo adjudicatario. Esto supone una discontinuidad organizativa del proceso constructivo que, a juicio de los autores, inhabilita la promoción para su inclusión en el estudio.

Para medir los errores de pronóstico que se pudieran cometer utilizando los valores de la curva, se calculan las desviaciones estándar en y (SDY por su acrónimo en inglés) de cada promoción, aplicando la siguiente fórmula:

$$SDY = \sqrt{\frac{\sum (y - Y)^2}{n - 4}} \quad (1)$$

Los cálculos y gráficos se han realizado con el software Excel, una potente hoja de cálculo que permite realizar el procesamiento de datos estadísticos a nivel profesional (Carlberg, 2012; Levin et al., 2004).

IV. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

Desde el punto de vista temporal, los datos analizados han sido el plazo de ejecución planificado y el plazo de ejecución real. De las nueve promociones estudiadas, siete de ellas no cumplieron el plazo de ejecución contratado, dos terminaron el proyecto en plazo y ninguna de ellas terminó antes del plazo programado. El retraso medio en la conclusión del proyecto es del 17%, con un mínimo porcentual del 0% en dos de las promociones y un máximo del 47% en una de las promociones. La desviación estándar, medida de dispersión que permite inferir errores medios de pronóstico, es prácticamente la misma que el retraso medio. Esto significa que si se pronosticara, a la vista de lo que ha ocurrido en estas nueve promociones, que una obra que se contrata con un plazo de ejecución de 10 meses tendrá una duración real de un 17% más del plazo contratado (1,7 meses más), el error medio que cometeríamos sería también de $\pm 1,7$ meses.

Además, se realiza un estudio de correlación del tamaño de la promoción (según el número de viviendas de la misma) comparado con el plazo de ejecución planificado y con el plazo de ejecución que realmente se produjo. Los resultados se ofrecen en el gráfico de dispersión de la figura 1, donde se puede observar que los plazos de ejecución programados tienen un mejor índice de correlación R^2 que los plazos realizados, ambos respecto al tamaño de la promoción.

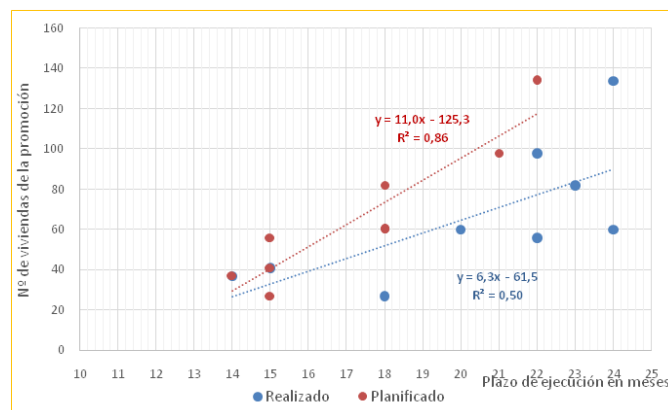


Fig. 1. Gráfico de dispersión de los plazos de ejecución y el tamaño de la promoción, líneas de tendencia e índices de correlación.

El estudio económico se ha fundamentado en el análisis de los presupuestos de adjudicación y los importes de liquidación. Las nueve promociones han sufrido un incremento del coste presupuestado al coste realizado. El incremento medio ha sido de un 4,53%, desviación casi cuatro veces inferior a la desviación temporal media del 17%. El máximo ha sido un 13,48%, el mínimo un 1,14% y la desviación estándar un 82% del incremento medio. Al igual que ocurre con los plazos, el error de pronóstico es alto, aunque como los valores de desviación son menores los pronósticos podrán ser mucho más ajustados. Por ejemplo: una

obra con un presupuesto de 1.000.000 € tendría pronóstico de coste medio final de entre 1.008.150 € y 1.082.450 €.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros muchos autores, entre ellos Shenhar & Dvir (2007) y Vrínkut (2009), afirmando que los retrasos en los incrementos de costes en los proyectos son demasiado comunes para ser ignorados, la mayoría de los proyectos no cumplen con el tiempo planificado y los objetivos presupuestarios.

También se ha estudiado el efecto que tiene cada capítulo sobre el presupuesto (Ruiz-Fernández et al., 2018) y sobre el importe de liquidación de las obras, determinando el porcentaje medio. Los resultados se muestran en la tabla 1. En la columna “Desviación” se indica, en porcentaje, la desviación media que ha tenido cada capítulo respecto del importe presupuestado al importe realmente ejecutado.

TABLA I
PORCENTAJE MEDIO DE CAPÍTULOS Y DESVIACIÓN

Nº	Capítulo	S/Presup	S/Liquid	Desviación
Cap. 1	Movimiento de tierras	1,97%	2,08%	16,77%
Cap. 2	Cimentaciones	7,38%	7,21%	1,48%
Cap. 3	Saneamiento	0,86%	0,86%	5,12%
Cap. 4	Estructura	13,40%	13,05%	1,86%
Cap. 5	Albañilería	16,71%	16,19%	1,35%
Cap. 6	Solados	6,79%	6,74%	3,75%
Cap. 7	Alicatados y chapados	3,45%	3,24%	-1,37%
Cap. 8	Cantería y piedra artificial	1,95%	1,92%	0,92%
Cap. 9	Carpintería de madera	5,79%	5,74%	3,90%
Cap. 10	Carpintería de aluminio	5,43%	5,31%	2,38%
Cap. 11	Carpintería de acero	1,88%	2,13%	32,93%
Cap. 12	Instalaciones: fontanería	1,92%	2,01%	9,92%
Cap. 13	Instalaciones: electricidad	6,50%	6,56%	5,59%
Cap. 14	Instalaciones: calefacción	7,27%	7,13%	2,49%
Cap. 15	Instalaciones: protección	0,28%	0,28%	4,21%
Cap. 16	Instalaciones: ventilación	1,24%	1,57%	30,46%
Cap. 17	Instalaciones: telecomunicaciones	1,12%	1,09%	1,03%
Cap. 18	Aparatos sanitarios	1,64%	1,60%	1,49%
Cap. 19	Revestimientos y falsos techos	5,41%	5,50%	7,63%
Cap. 20	Vidriería	0,79%	0,78%	4,64%
Cap. 21	Pinturas	3,92%	3,94%	5,28%
Cap. 22	Decoración y varios	0,23%	1,05%	285,20%
Cap. 23	Seguridad y salud	2,07%	2,11%	7,80%
Cap. 24	Control de calidad	2,00%	1,92%	0,00%
Cap. 1	Totales	100,00%	100,00%	-

Como se ha apuntado anteriormente, dado que la estructura de capítulos de las nueve promociones estudiadas es prácticamente idéntica, los porcentajes que se muestran en la tabla 1 pueden servir de ayuda a efectos de confeccionar la “valoración aproximada de la ejecución material de la obra proyectada por capítulos” para proyectos básicos, tal como exige el Anejo 1 de la Parte Primera del Código Técnico de la Edificación (Código Técnico de la Edificación, 2019).

Se han identificado los capítulos en los que se producen las mayores desviaciones entre los importes presupuestados y los importes de liquidación: “Decoración y varios”, “Carpintería de acero”, “Instalaciones de ventilación” y “Movimiento de tierras”. Igualmente, los capítulos donde se producen las menores desviaciones son: “Control de calidad”, “Cantería y piedra artificial”, “Instalaciones de telecomunicación” y “Albañilería”.

En la tabla 2 se refunden los capítulos iniciales en otros de mayor tamaño para observar su porcentaje medio en el total. Según las medias obtenidas en este estudio, se puede comprobar que las aseveraciones emanadas de la experiencia práctica de técnicos y jefes de obra son acertadas en relación con la construcción de edificios típicos de viviendas: el término de la cimentación supone aproximadamente un 10% de la obra, el término de la estructura supone aproximadamente un 25% de la obra, el presupuesto de las instalaciones se sitúa en torno al 20% del presupuesto total de la obra, y otras similares.

TABLA II
PORCENTAJE MEDIO DE SUPRACAPÍTULOS DE OBRA SOBRE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL Y SOBRE EL IMPORTE DE LIQUIDACIÓN

Capítulo	S/Presup.	S/Liquid.
Movimiento de tierras y cimentaciones	9,35%	9,29%
Saneamiento	0,86%	0,86%
Estructura	13,40%	13,05%
Albañilería, revestimientos y falsos techos	22,12%	21,69%
Solados, alicatados y cantería	12,20%	11,90%
Carpintería, cerrajería y vidrio	13,88%	13,97%
Instalaciones	19,98%	20,23%
Pintura, decoración y varios	4,14%	4,99%
Seguridad y salud	2,07%	2,11%
Control de calidad	2,00%	1,92%
Totales	100,00%	100,00%

Pero ¿qué fiabilidad tendrían los pronósticos que se pudieran hacer con base en los datos anteriores? En la tabla 3 se ha calculado la desviación estándar de los datos de los porcentajes de cada uno de los capítulos respecto del presupuesto de ejecución material. Todos los capítulos tienen una desviación estándar diferente, siendo la dispersión media el 31%.

Los datos muestran que la dispersión media se encuentra en torno a un tercio del porcentaje asignado a cada capítulo. Por un lado existen capítulos con una dispersión que supera el 100%, como “Decoración y varios” y “Cantería y piedra artificial”; y otros cercanos al 100%, como “Carpintería de acero”. El resultado parece lógico, ya que las unidades de obra presupuestadas en estos capítulos pueden ser sustituidas por otras que se podrían presupuestar en otros capítulos del presupuesto. Por otro lado, los capítulos con menor dispersión son, por este orden, “Instalación de fontanería”, “Estructura” y “Albañilería”.

TABLA III
DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN PORCENTAJE POR CAPÍTULOS SOBRE EL
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Nº	Capítulo	Desviación estándar
Cap. 1	Movimiento de tierras	36%
Cap. 2	Cimentaciones	37%
Cap. 3	Estructura	12%
Cap. 4	Albañilería	15%
Cap. 5	Solados	18%
Cap. 6	Alicatados y chapados	17%
Cap. 7	Cantería y piedra artificial	135%
Cap. 8	Carpintería de madera	45%
Cap. 9	Carpintería de aluminio	32%
Cap. 10	Carpintería de acero	94%
Cap. 11	Instalaciones: saneamiento	37%
Cap. 12	Instalaciones: fontanería	11%
Cap. 13	Instalaciones: electricidad	29%
Cap. 14	Instalaciones: calefacción	23%
Cap. 15	Instalaciones: protección	30%
Cap. 16	Instalaciones: ventilación	80%
Cap. 17	Instalaciones: telecomunicaciones	84%
Cap. 18	Aparatos sanitarios	17%
Cap. 19	Revestimientos y falsos techos	34%
Cap. 20	Vidriería	35%
Cap. 21	Pinturas	27%
Cap. 22	Decoración y varios	157%
Cap. 23	Seguridad y salud	38%
Cap. 24	Control de calidad	44%
Media		31%

Por último, siguiendo la metodología descrita en el apartado anterior, con los valores porcentuales en tiempo y coste de las certificaciones emitidas en cada una de las promociones, se genera el gráfico de dispersión de la figura 2 y se calcula, por regresión, la curva polinómica que mejor se adapta a dichos valores:

$$y = -2,8971x^4 + 5,2503x^3 - 2,266x^2 + 0,9223x \quad (2)$$

Dicha curva proporciona un valor de correlación R^2 cercano a uno.

Las desviaciones estándar en y corresponden a la desviación media de los valores históricos de producción con respecto al valor de la curva polinómica de cuarto grado que se ha obtenido por regresión. Los resultados son muy alentadores, ya que la media se cifra en el 4,5%, siendo la menor del 1,6% y la mayor del 6,6%.

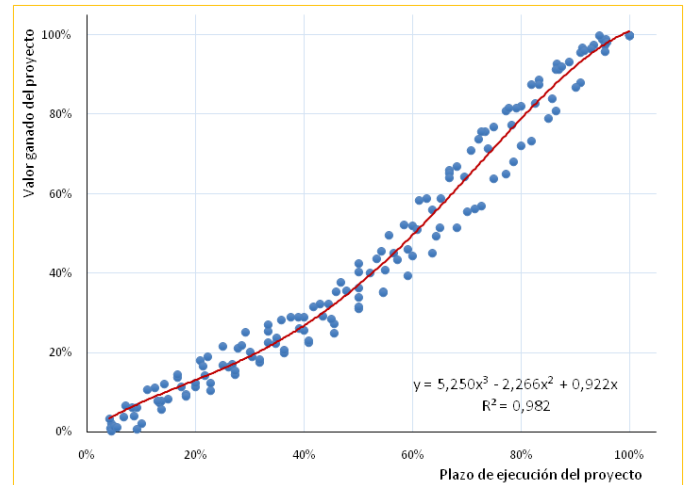


Fig. 2. Gráfico de dispersión de los valores de producción a origen de ocho promociones estudiadas, curva de tendencia polinómica de cuarto grado e índice de correlación.

La curva de producción estándar puede servir para predimensionar, de forma temprana, el valor ganado del proyecto en función de los plazos de ejecución planificados, o viceversa, con errores de pronóstico realmente pequeños.

En la tabla 4 se presenta un ejemplo de aplicación de la curva estándar, donde se quiere pronosticar el valor ganado de un proyecto (valor de las certificaciones a origen) conociendo el presupuesto y el plazo de ejecución estimados. Aplicando la fórmula de la curva estándar (1), se puede calcular el valor ganado del proyecto y la producción esperada media de cada mes, con errores de pronóstico bajos.

TABLA IV
EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR (2) A UNA OBRA DE
PROMOCIÓN PÚBLICA DE VPO EN BLOQUE CON UN PLAZO DE EJECUCIÓN DE
20 MESES

Meses	Tiempo transcurrido	Valor ganado del proyecto	Producción mensual
1º	5%	4,1%	4,1%
2º	10%	7,4%	3,3%
3º	15%	10,3%	2,9%
4º	20%	13,0%	2,7%
5º	25%	15,8%	2,8%
6º	30%	18,9%	3,1%
7º	35%	22,5%	3,5%
8º	40%	26,6%	4,1%
9º	45%	31,3%	4,7%
10º	50%	36,6%	5,4%
11º	55%	42,6%	6,0%
12º	60%	49,2%	6,5%
13º	65%	56,1%	7,0%
14º	70%	63,5%	7,3%
15º	75%	70,9%	7,4%
16º	80%	78,2%	7,3%
17º	85%	85,1%	6,9%
18º	90%	91,3%	6,2%
19º	95%	96,4%	5,1%
20º	100%	100%	3,6%

El empleo conjunto de la fórmula de la curva estándar (2) y los porcentajes medios de los capítulos de la tabla 1, permite hacer pronósticos del plazo de ejecución transcurrido al término de los primeros capítulos de la obra. Por ejemplo, se quiere conocer cuánto tiempo del plazo de ejecución de la obra habrá transcurrido al término de la estructura (concluidos el movimiento de tierras, el saneamiento, la cimentación y la propia estructura). Según la tabla 1, el valor ganado del proyecto será el 23,20%, despejando en la fórmula (2) el valor de x (es decir, el porcentaje de tiempo transcurrido) será el 35,67 % del plazo; si se aplicara a un plazo de ejecución de la obra total de 20 meses, supondría que desde el inicio de la obra ha transcurrido un plazo natural de siete meses y cuatro días.

V. CONCLUSIONES

Los objetivos de todo proyecto de construcción pueden ser múltiples, pero realizar las obras dentro del coste y plazo de ejecución previstos son objetivos estratégicos e interdependientes: *“el tiempo es oro”*. Planificar costes y plazos con precisión requiere mucho esfuerzo y requiere que el estado de elaboración del proyecto se encuentre muy avanzado. En ocasiones, promotores, constructores y técnicos necesitan realizar pronósticos tempranos en los estados iniciales del proyecto utilizando experiencias previas, es decir, con base en el análisis de datos históricos recabados en promociones realizadas.

El estudio realizado con los datos históricos de promociones públicas de viviendas de protección oficial puede servir como experiencia válida para inferir pronósticos en futuras promociones de características similares. Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- Existen mayores desviaciones en el plazo planificado de ejecución de la obra que en los costes presupuestados. El porcentaje medio de retraso en la entrega de las obras supone casi cuatro veces más que el porcentaje medio de incremento en los costes. Asimismo, se han calculado las desviaciones estándar de los datos de costes y plazos resultando valores de dispersión altos, aunque de igual manera las desviaciones en plazos son mayores que las desviaciones en costes.
- Se establece una clara correlación entre el tamaño de la promoción y el plazo planificado de ejecución de la obra, no así entre el tamaño de la promoción con el plazo real de ejecución de la obra.
- Se obtienen los porcentajes medios de los capítulos sobre el 100% de la ejecución material del proyecto y se calcula una desviación media que supone aproximadamente un tercio de dichos porcentajes, aunque la dispersión de los datos varía mucho según el capítulo del que se trate. Se constata que los pronósticos

que se puedan hacer sobre datos históricos de presupuestos por capítulos u oficios son de dudosa fiabilidad.

- Se enuncia una curva estándar, polinómica de cuarto grado, que relaciona el plazo de ejecución de la obra con el valor ganado de la misma. Dicha curva tiene un índice de correlación muy alto, cercano a uno, proporcionando desviaciones estándar medias realmente bajas. En este caso, al contrario que ocurre con los porcentajes de capítulos, los pronósticos que se puedan realizar con base en la citada curva estándar sobre futuras promociones de similares características serán bastante fiables.

REFERENCIAS

- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2019). Código de Contratos del Sector Público. <https://www.boe.es/legislacion/codigos/>, (acceso 14 enero 2019).
- Blyth, K., & Kaká, A.P. (2006). "A novel multiple linear regression model for forecasting S-curves". *Engineering, Construction and Architectural Management*, 13 (1), 82-95.
- Carlberg, C. (2012). *Análisis estadístico con Excel*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.
- Carvajal Salinas, E. (1992). *El predimensionado de coste en arquitectura: modelos P2CT y P2CR*. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda.
- Código Técnico de la Edificación. (2019). <https://www.codigotecnico.org/>, (acceso 14 enero 2019).
- Kenley, R., & Wilson, O.D. (1986). A construction project cash flow model. An ideographic approach. *Construction Management and Economics*, 9, 213-232.
- Kenley, R. (2005). *Financing Construction: Cash Flows and Cash Farming*. EE.UU. y Canadá: Taylor and Francis e-Library.
- Levin, R.I., Rubin, D.S., Balderas Lozada, M., del Valle Sotelo, J.C. & Gómez Castillo, R. (2004). *Estadística para la administración y economía*, 7ª Ed. México: Pearson Educación.
- Peer, S. (1982). Application of cost-flow forecasting models. *Journal of the Construction Division, ASCE, Proc. Paper 17128*, 108 n° CO2, 226-232.
- Ruiz-Fernández, J. P., Valverde-Gascuña, N., & Fuentes-del-Burgo, J. (2018). La cimentación y la estructura en el coste de ejecución material del proyecto: estudio estadístico. Libro de Actas del III Congreso Internacional de Innovación Tecnológica en Edificación (CITE2018). Madrid: Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid.
- Shenhar, A.J. & Dvir, D. (2007). Project management research – The challenge and opportunity. *Project Management*

Journal, 38 (2), 93-99.

Vrînkut, M. (2009). Critical Chain Project Management and the Construction Industry in Romania. Review of International Comparative Management, 10 (5), 1060-1067.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.