

## Costes de objetos y costes de procesos

*Una reflexión sobre la manera de medir en los tiempos del BIM*

### Introducción

La mayoría de los procesos de la construcción, desde una unidad de obra a la obra completa, tienen componentes del coste fijos y variables.

*Se analizan en este documento exclusivamente los costes directos de las unidades de obra. Los costes indirectos y otros costes globales de la obra se describen en otros documentos.*

Los costes variables de una unidad de obra están relacionados con la cantidad ejecutada, de forma que, si no se ejecuta nada, son nulos. Generalmente se asume que varían linealmente, es decir, son directamente proporcionales a la cantidad. Los materiales suelen ser costes variables: el hormigón comprado en central es un coste variable: si no se compra nada, no se paga nada.

Naturalmente, hay muchos matices. Los costes variables raramente varían de forma proporcional pura. Los precios disminuyen con el volumen de compra y los rendimientos aumentan por la curva de aprendizaje.

Los costes fijos no dependen de la cantidad ejecutada o comprada. Cuando se opta por montar una planta para hacer el hormigón en obra una gran parte de los costes son fijos. También hay matices. Los costes fijos pueden variar con la duración de la obra y, a largo plazo, todos los costes fijos son variables.

Las descomposiciones de las unidades de obra publicadas en los cuadros de precios y utilizadas en los programas de mediciones suelen tener exclusivamente componentes variables y linealmente proporcionales. ¿Es errónea esta forma de estimar los costes?

### Un ejemplo

[*]	Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
	03CMM00002		eE	MURO PANTALLA 45 cm ESP. CUCH. MEC. Y 6 m PROF. (HA-25)		m2	145,82	
1	TO00100		ce	OF. 1ª ALBAÑILERÍA	0,130 h		19,23	2,50
2	TO00400		ce	OF. 1ª ENCOFRADOR	0,005 h		19,23	0,10
3	TO00600		ce	OF. 1ª FERRALLISTA	0,060 h		19,23	1,15
4	TP00100		ce	PEÓN ESPECIAL	0,905 h		18,28	16,54
5	CA00320		ce	ACERO B 500 S	2,000 kg		0,81	1,62
6	CH02920		ce	HORMIGÓN HA-25/P/20/Ila, SUMINISTRADO	0,085 m3		60,26	5,12
7	CH02940		ce	HORMIGÓN HA-25/F/20/Ila, SUMINISTRADO	0,618 m3		60,98	37,69
8	CP00100		ce	BENTONITA	40,000 kg		0,21	8,40
9	MC00100		ce	COMPRESOR DOS MARTILLOS	0,292 h		6,35	1,85
10	ME00400		ce	RETROEXCAVADORA	0,012 h		34,98	0,42
11	MP00100		ce	EQUIPO PANTALLA Y GRÚA AUXILIAR (ALQUILER)	0,282 u		184,15	51,93
12	MP00500		ce	PANTALLA POR P.P. DE TRANSP., MONTAJE Y DESM. DE EQUIPO	1,000 m2		13,55	13,55
13	WW00300		ce	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	9,000 u		0,55	4,95

Precio del cuadro BCCA

El cuadro de precios BCCA, la Base de Costes de la Construcción de Andalucía, contiene unidades de obra de pilotes y pantallas en las que se calcula el alquiler del equipo como coste variable, pero no linealmente, y se añade el transporte y montaje como coste fijo.

El procedimiento de cálculo se describe en la memoria.

**\* Alteración de la cantidad total de m².**

Quando la medición total del precio básico MP00100.  
 MP00100 modificado = MP00100 de la Base por coeficiente (d)

Cuadro para la obtención del coeficiente (d)

m² totales de muro pantalla en obra	Coeficiente (d)	m² totales de muro pantalla en obra	Coeficiente (d)
600	1.50	1600	0.97
700	1.30	1800	0.96
800	1.15	2000	0.95
900	1.05	2500	0.93
1000	1.00	3000	0.91
1200	0.99	4000	0.87
1400	0.98	5000	0.83
		10000	0.80

Variación del precio básico MP00500  
 MP00500 modificado = MP00500 de la Base por coeficiente (e)

El coeficiente (e) se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$(e) = \frac{1000}{\text{m}^2 \text{ totales de muros pantalla de la obra}}$$

Cálculo de los componentes de alquiler (d) y transporte (e)

**Costes variables no proporcionales y costes fijos**

El coeficiente *d*, que disminuye el precio del alquiler por metro cuadrado cuando aumenta la cantidad, es un coste variable, pero no linealmente. El coeficiente *e* convierte el coste del transporte en un coste fijo, ya que se obtiene el mismo importe total para cualquier cantidad.

		Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Factor	Pres	ImpPres	TotPres
1/0	-	0						1	125.600,00	125.600,00	125.600,00
2/1	-	01						1	0 125.600,00	125.600,00	125.600,00
3/2	-	1.1	03CMM00002		MURO PANTALLA 45 cm ESP. CUCH. MEC. Y 6 m PROF. (HA-25)	800,00	m2		157,00	125.600,00	125.600,00
4/3		1.1.1	TO00100		OF. 1ª ALBAÑILERÍA	0,130	h		19,23	2,50	1.999,92
5/3		1.1.2	TO00400		OF. 1ª ENCOFRADOR	0,005	h		19,23	0,10	76,92
6/3		1.1.3	TO00600		OF. 1ª FERRALLISTA	0,060	h		19,23	1,15	923,04
7/3		1.1.4	TP00100		PEÓN ESPECIAL	0,905	h		18,28	16,54	13.234,72
8/3		1.1.5	CA00320		ACERO B 500 S	2,000	kg		0,81	1,62	1.296,00
9/3		1.1.6	CH02920		HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	0,085	m3		60,26	5,12	4.097,68
10/3		1.1.7	CH02940		HORMIGÓN HA-25/F/20/IIa, SUMINISTRADO	0,618	m3		60,98	37,69	30.148,51
11/3		1.1.8	CP00100		BENTONITA	40,000	kg		0,21	8,40	6.720,00
12/3		1.1.9	MC00100		COMPRESOR DOS MARTILLOS	0,292	h		6,35	1,85	1.483,36
13/3		1.1.10	ME00400		RETROEXCAVADORA	0,012	h		34,98	0,42	335,81
14/3		1.1.11	MP00100		EQUIPO PANTALLA Y GRÚA AUXILIAR (ALQUILER)	0,282	u	1,15	184,15	59,72	47.775,88
15/3		1.1.12	MP00500		PANTALLA POR P.P. DE TRANSP., MONTAJE Y DESM. DE EQUIPO	1.000,000	m2	-800	13,55	16,94	13.550,00
16/3		1.1.13	WW00300		MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	9,000	u		0,55	4,95	3.960,00

Precio e importe total para 800 m2 de muro pantalla

En Presto se utiliza el factor para introducir el ajuste del alquiler y del transporte. En este caso, con signo negativo, para que actúe dividiendo, y sobre una cantidad con base mil, para aumentar la legibilidad y mantener la precisión.

Desde este punto de vista, por tanto, no hay mayores dificultades.

### Cálculo y significado de los coeficientes

El significado real del precio del transporte se entiende fácilmente, ya que se trata de asignar un coste fijo de 13.550,00 € a la unidad de obra, sea cual sea la superficie. Puede comprobarse en la imagen de Presto que se obtiene este importe para la superficie especificada, igual que para cualquier otra.

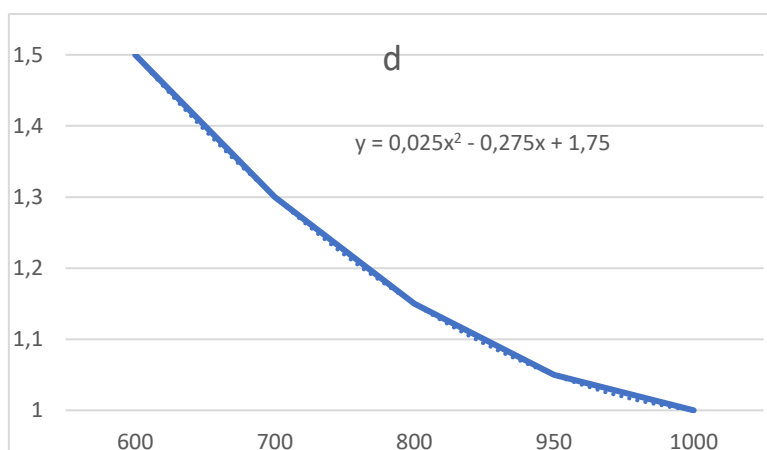
Sin embargo, no existe o no se describe el modelo económico en el que se basa el cálculo del coste del alquiler. Tampoco está claro cómo obtener los valores cuando la cantidad no es una de las que figuran en la tabla.

La interpretación de la tabla requiere un esfuerzo importante de ingeniería inversa, cuyas conclusiones se muestran en la tabla siguiente.

Superficie (m2)	Curva	d
Entre 600 y 1000	Parábola	$2,5 * Q^2 - 5,25 * Q + 3,75$
Entre 1000 y 2000	Recta	$-0,05 * Q + 1,05$
Entre 2000 y 5000	Recta	$-0,04 * Q + 1,03$
Entre 5000 y 10000	Recta	$-0,006 * Q + 0,86$

*Siendo Q la superficie dividida por 1000*

La curva entre 600 y 1000 m2 es un polinomio de segundo grado cuyo resultado es exacto para los cinco valores publicados, lo cual demuestra que es realmente la expresión que se ha utilizado para generarlos.



*Valores de d entre 600 y 1000 m2; en línea de puntos la expresión exacta*

Para los valores no publicados hay por tanto dos posibilidades, la interpolación lineal y la aplicación de la expresión, sin que quede claro en el procedimiento. A su vez, estos

valores se pueden redondear o no antes de su aplicación dando lugar a cuatro importes distintos.

Por ejemplo, para 950 m2 el coeficiente d y su importe son los siguientes.

Interpolación	d	Importe
Recta	1,025	274,60
Id. id. redondeado	1,03	275,94
Polinómica	1,01875	272,92
Id. id. redondeado	1,02	273,26

La diferencia real es irrelevante, pero un organismo supervisor del tipo de los que desarrollan y aplican estos cuadros de precios puede rechazar un presupuesto por esta discrepancia. El sistema tampoco es compatible con el formato de intercambio BC3: se puede traspasar el precio base pero los ajustes hay que hacerlos caso por caso.

*Una simple mención en la memoria a que el coeficiente d es aplicable a todas las superficies entre un valor y el siguiente, por ejemplo, eliminaría estos problemas.*

### Desviación de la verdad

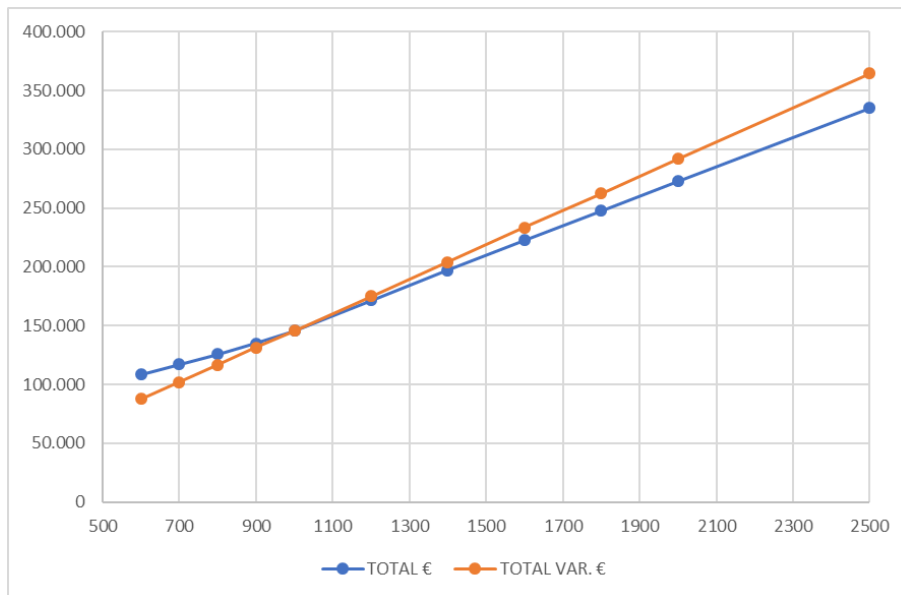
¿Hasta qué punto un sistema de ajuste como este merece la pena para estimar correctamente el precio?

La tabla recoge las diferencias entre los importes resultantes de aplicar el ajuste propuesto y el coste de 145,82 €/m2, que corresponde a 1.000 metros cuadrados.

m2	d	Alq. €/m2	Mon. €/m2	Total/m2	Total €	Total var. €	Dif. %
600	1,5	77,90	22,58	180,82	108.491	87.492	-19%
700	1,3	67,51	19,36	167,21	117.045	102.074	-13%
800	1,15	59,72	16,94	157,00	125.598	116.656	-7%
900	1,05	54,53	15,06	149,92	134.930	131.238	-3%
1000	<b>1</b>	<b>51,93</b>	<b>13,55</b>	<b>145,82</b>	<b>145.820</b>	<b>145.820</b>	<b>0%</b>
1200	0,99	51,41	11,29	143,04	171.651	174.984	2%
1400	0,98	50,89	9,68	140,91	197.274	204.148	3%
1600	0,97	50,37	8,47	139,18	222.690	233.312	5%
1800	0,96	49,85	7,53	137,72	247.898	262.476	6%
2000	0,95	49,33	6,78	136,45	272.898	291.640	7%
2500	0,93	48,30	5,42	134,06	335.138	364.550	9%
3000	0,91	47,26	4,52	132,11	396.340	437.460	10%
4000	0,87	45,18	3,39	128,91	515.627	583.280	13%
5000	0,83	43,10	2,71	126,15	630.761	729.100	16%
10000	0,8	41,54	1,36	123,24	1.232.392	1.458.200	18%

A primera vista puede parecer que hay mucha diferencia en los casos extremos, pero esta diferencia es relativa.

Entre otras cosas, no está incluido el coste de la armadura, que es aproximadamente el 25 % del coste total. Como este coste es estrictamente proporcional las diferencias en los extremos se reducen al -16% y +14%, respectivamente.



Coste variable (naranja) y coste ajustado (azul)

*Bastaría con presentar tres unidades de obra en el cuadro de precios, con los precios ajustados a tres rangos de superficies, para reducir la diferencia de estimación a un valor inferior al 5%, perfectamente asumible.*

### Ajustes globales

En el cuadro de precios BCCA el ajuste analizado sólo se aplica a los muros pantalla y a los pilotes. Todos los componentes de los más de cinco mil precios descompuestos varían linealmente. Por tanto, el error que se trata de arreglar con exactitud "científica" en pilotes y pantallas se asume sin más en el resto del proyecto.

En realidad, los costes de todas las unidades de obra de un proyecto requieren ajustes por cantidad, sea por costes fijos, por economía de escala o por curva de aprendizaje, así como otros ajustes por el tipo de obra, accesibilidad, situación del mercado, forma de contratación e incluso por el tipo de promotor y el historial del equipo de diseño.

Por tanto, hay que realizar este ajuste, pero con una metodología que sea práctica y coherente en toda la obra.

Una de las publicaciones que ha presentado ajustes por rendimiento para toda la obra es el *Banco estadístico de costes de la construcción*, de Sergio Pasarín y Salvador Pujolás, EDETCO, Barcelona, 1983.

Unidades de obra	Ud	Hasta	%	Hasta	%
Carga y transporte	m3	500	25	5000	15
Derribos	m2	20	15	100	10
Excavación de zanjas y pozos	m3	300	30	1000	15
Pilotes y pantallas	m	300	40	1000	20
Estructura de hormigón	t	1500	20	5000	10
Estructura de acero	t	50	15	100	5
Fábricas exteriores	m2	750	8	2000	5
Tabiquería	m2	1500	9	4000	5
Paneles de cartón yeso y escayola	m2	1000	25	3000	10
Revestimientos verticales	m2	150	10	500	5
Cubiertas	m2	300	20	1000	10
Solados	m2	1500	10	4000	5
Aislamiento	m2	300	10	1000	5
Evacuación horizontal	m	30	15	100	5
Evacuación vertical	m	150	10	500	5
Pintura	m2	700	10	2000	5

Donde se fijan precisamente tres rangos de ajuste para todos los casos contemplados.

### Otros problemas

La falta de trazabilidad de los precios generados, al perderse la relación biunívoca entre código y precio, se añade a otros problemas prácticos, de interpretación y contractuales, ya que cualquier modificación de superficie puede producir variaciones de precios en cualquier momento y etapa del proyecto y de la ejecución.

*Es interesante observar que junto a esta pretendida exactitud los rendimientos de los recursos laborales y de maquinaria encajan difícilmente, resultando imposible determinar la composición del equipo que se necesita para la ejecución de los muros y la producción por hora o por día de trabajo.*

---

## Costes de objetos y costes de procesos

### Coste estándar: objetos

El uso de costes que varían linealmente es una manera simplificada de calcular los costes que está especialmente orientada a la estimación por el equipo de diseño durante la etapa de proyecto.

El objetivo del presupuesto que redacta el equipo de proyecto, en la realidad y en la mayoría de los países, no es tanto estimar el coste exacto como definir detalladamente el proyecto para que sea licitable y el resultado construido sea el deseado. Este objetivo es a veces difícil de entender en nuestro entorno porque la legislación española de obra pública obliga a fijar un precio en ese documento, que será la base de la oferta

presentada por los licitadores. Pero en otros lugares la fijación del precio no es misión del equipo de proyecto, que incluso puede ser incompatible para ello.

El cálculo de los precios es por tanto una estimación y la metodología correcta es más importante que la precisión y los decimales. El autor del proyecto considera y define el proyecto como el estado final de un objeto. Para valorarlo, identifica y contabiliza sus distintos componentes y les asigna un precio unitario promedio, tomado de una referencia, sistema que en la industria se denomina generalmente de coste *estándar*. Asume como criterio la variabilidad pura, no porque ignore que hay costes fijos o no proporcionales, sino porque sabe que ese refinamiento se hará en otro momento. Pero tiene que garantizar que las condiciones de la unidad de obra y del proyecto en su conjunto son coherentes con los ámbitos de aplicación de los precios usados.

*Dicho de una forma más general, tiene que estar seguro de que existen una o más formas razonables de construir cada pieza de ese resultado final y de tomar las decisiones adecuadas cuando no es así.*

### Primeros principios: procesos

El punto de vista del contratista es distinto. La forma en la que se va a desarrollar la ejecución, que para el autor del proyecto es secundaria, es ahora la base del cálculo de los costes: el proceso pasa a tomar prioridad sobre el objeto.

*Planteamos un problema proporcionando la descripción del estado final de la solución. La tarea es descubrir una secuencia de procesos que lleve a ese estado meta. La idea es: dado un plano, encontrar la receta.*

Herbert H. Simon, "The sciences of the artificial"

Su primera tarea es por tanto decidir, entre las diferentes secuencias posibles de ejecutar cada objeto, cual es la más adecuada para la obra.

*La mayor o menor facilidad para encontrar esa receta es lo que se denomina precisamente "constructibilidad".*

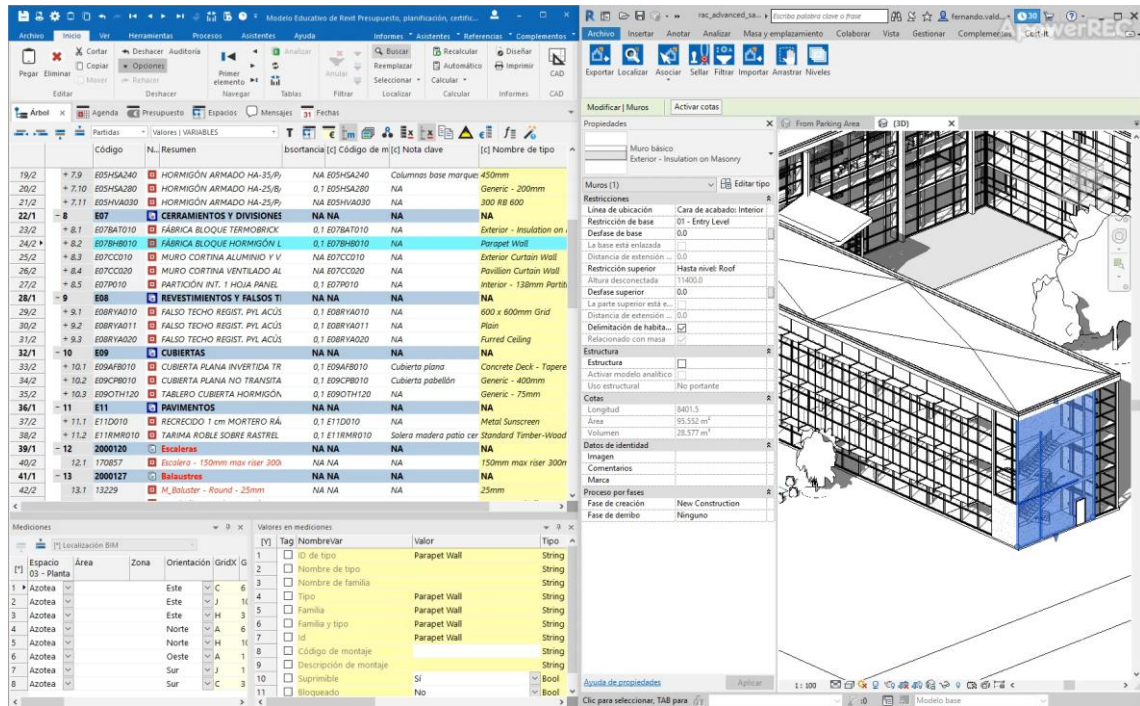
Estas decisiones que no pueden ser conocidas en fases anteriores. El contratista decide, por ejemplo, si el hormigón se compra o se instala una planta, y calcula el coste como corresponda. El coste de sus compras dependerá de su volumen global de transacciones con cada proveedor, que también es imposible conocer antes de conocer el adjudicatario.

El procedimiento se entiende muy bien por su nombre en inglés: "*first principles*". El contratista tratará de acercarse lo más posible a la realidad de la construcción, utilizando costes fijos, semifijos y variables con toda la precisión de que sea capaz. Al mismo tiempo, estimará los costes de elementos del proyecto de poco volumen o poco riesgo adoptando costes variables promedio, de forma similar al método usado en etapa de proyecto.

### El mundo BIM

Los modelos BIM representan un buen punto de partida para la estimación del coste desde el punto de vista del proyecto como estado final de un conjunto de objetos, aplicando costes variables puros sobre la base de decisiones generales correctas de

constructibilidad. El presupuesto de coste variable puede deducirse del modelo, con mayor o menor grado de aproximación, en un determinado porcentaje, y con todos los ajustes que sea necesario,



### Presupuesto de un modelo BIM a coste variable

Sin embargo, el paso al cálculo del coste por primeros principios no es trivial y no se puede deducir directamente de la información contenida en el modelo BIM del proyecto. Entre otras cosas, requiere una planificación, que depende de decisiones que no se modelan, como el tiempo deseado para la ejecución o el número y tipo de recursos disponibles.

*En realidad, no hay un método "bueno" y otro "malo". Cada uno tiene su ámbito de aplicación y hay que evitar que se confundan los puntos de vista de los papeles de los distintos agentes de la edificación, utilizando un método en el ámbito del otro con la pretensión de que sea más "científico".*