

## Un ejemplo de mediciones por referencias

*Este documento contiene un ejemplo tomado de "Costes y presupuestos para edificaciones", de Carlos Augusto Eyzaguirre Acosta, Marcombo, Lima, 2020, un magnífico ejemplo de aplicación práctica de programas informáticos para desarrollar una visión integrada de costes y tiempos.*

*La obra aneja contiene también los ejemplos de medición de hormigón armado de este mismo libro, no descritos en este documento.*

### Excavación

Se trata de excavar zanjas longitudinales de las dimensiones que se ven en las figuras siguientes. Hay dos tipos de terreno, con coeficientes de esponjamiento de 1,25 y 1,10, que se asignarán a dos unidades de obra distintas.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
										3.978,50	
1	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 1		125,50	2,00	2,50		627,50		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 2		573,00	2,00	2,00		2.292,00		<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 3		176,50	2,00	3,00		1.059,00	3.978,50	<input checked="" type="checkbox"/>

#### Terreno 1

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
										2.886,18	
1	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 4		122,00	2,50	3,00		915,00		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 5		117,80	2,50	2,80		824,60		<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 6		118,60	2,50	2,60		770,90		<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 7		22,90	2,50	2,30		131,68		<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 8		48,80	2,50	2,00		244,00	2.886,18	<input checked="" type="checkbox"/>

#### Terreno 2

Los subtotales pueden ser automáticos, que aparecen cuando cambia el valor de un campo entre dos líneas, como "Espacio", o manuales, que se activan en cualquier línea que sea conveniente.

### Relleno

Para rellenar cada zanja se descuenta una altura fija de 20 cm, correspondiente al volumen que ocupan los materiales instalados. La parte superior, de 30 cm de altura, se rellena con material de préstamo de un coeficiente de esponjamiento de 1,15. El resto se rellena con el 90% de las tierras excavadas del terreno 2 y

otras tierras seleccionadas hasta completar el volumen necesario. En todos los casos se supone que el coeficiente de esponjamiento de cada terreno es también su índice de compactación.

El relleno con material propio se calcula por referencia a la medición del terreno 2, de forma que se adaptará automáticamente a cualquier cambio en las dimensiones de la excavación.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
1	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	90% del terreno 2	0,9				=01/01.02.CanPres	2.597,56	2.597,56	<input checked="" type="checkbox"/>

*90% del material excavado del terreno 2*

El volumen necesario del material de aportación se calcula obteniendo el volumen total a rellenar y restando la unidad de obra anterior.

El volumen a rellenar se puede calcular copiando y pegando las mediciones de la excavación y operando la columna de la altura para restar 0,50 m:

Mediciones.Altura - 0.5

Sin embargo, esta altura, una vez modificada, no se puede verificar fácilmente y habría que modificarlas de nuevo manualmente si cambian en la partida referenciada de la excavación.

Para evitar este problema calcularemos el volumen utilizando varias de las posibilidades de Presto:

- Aplicando fórmulas FIE
- Aplicando expresiones de Presto
- Mediante referencia de medición

El formato de las fórmulas de medición viene definido por la asociación FIE, en este caso se puede usar:

d-0.5

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
1	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 1		125,50	2,00	2,50	d-0.5	502,00		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 2		573,00	2,00	2,00	d-0.5	1.719,00		<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 3		176,50	2,00	3,00	d-0.5	882,50	3.103,50	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 4		122,00	2,50	3,00	d-0.5	762,50		<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 5		117,80	2,50	2,80	d-0.5	677,35		<input checked="" type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 6		118,60	2,50	2,60	d-0.5	622,65		<input checked="" type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 7		22,90	2,50	2,30	d-0.5	103,05		<input checked="" type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Área 8		48,80	2,50	2,00	d-0.5	183,00	2.348,55	<input checked="" type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	Spc0030	Menos material propio	-1				=01/01.03.CanPres	-2.597,56		<input checked="" type="checkbox"/>

*Volumen a rellenar utilizando una fórmula FIE*

Esta expresión, donde "d" corresponde a la columna de la altura, se multiplica por las demás dimensiones, excluyendo la propia columna.

*De esta forma si cambian las dimensiones sólo hay que copiar y pegar las columnas.*

La corrección se puede realizar también mediante expresiones de Presto, como la que se ve en la imagen. En este caso los campos usados en la expresión deben anularse para que no multipliquen dos veces.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
										2.221,00	
1 ▶	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Área 2		573,00	2,00	2,00	=\$((Mediciones.Altura-0.5))\$	1.719,00		<input checked="" type="checkbox"/>

*Expresión de Presto que resta 0,50 m de la altura*

También es posible realizar el cálculo aplicando referencias de medición, ya que el volumen que se busca es el total de las zanjas menos el que corresponde a una altura de 0,50 m de cada zanja. Este volumen se puede calcular utilizando como referencia la variable "SupHor" de la partida original, que contiene la superficie en planta total de las zanjas, multiplicada por la altura deseada.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
										2.854,49	
1 ▶	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Total excavar terreno 1					=01/01.01.CanPres	3.978,50		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Menos una altura de 0,50 m	-1			0,50	=01/01.01.SupHor	-875,00		<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Total excavar terreno 2					=01/01.02.CanPres	2.886,18		<input checked="" type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Menos una altura de 0,50 m	-1			0,50	=01/01.02.SupHor	-537,63		<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	Spc0030	Menos material propio	-1				=01/01.03.CanPres	-2.597,56		<input checked="" type="checkbox"/>

*Cálculo del volumen de aportación mediante referencias*

Para calcular el volumen de relleno de la capa superior se pueden copiar nuevamente todas las mediciones de la excavación y reemplazar la altura por 0,30 o utilizar el sistema de referencias, como se indica en la imagen.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
										974,71	
1 ▶	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Superficie zanjas *,30 m	1,15			0,30	=01/01.01.SupHor	603,75		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	Superficie zanjas *,30 m	1,15			0,30	=01/01.02.SupHor	370,96		<input checked="" type="checkbox"/>

*Superficie de las zanjas de los terrenos 1 y 2 multiplicada por una altura de 0,30 m*

En todo caso se añadirá el coeficiente esponjamiento en cada línea, ya que es el volumen de tierra que hay que solicitar.

## Transporte a vertedero

Para el transporte a vertedero del material sobrante se utilizan nuevamente dos referencias, con su coeficiente de esponjamiento correspondiente.

[*]	Tag	Espacio Vigas	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
1	<input type="checkbox"/>	Terreno 1	Terreno 1	1,25				=01/01.01/Terreno 1	4.973,13		<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	Terreno 2	10% Terreno 2	1,1	0,10			=01/01.02.CanPres	317,48		<input checked="" type="checkbox"/>

*Cantidad de material para transporte a vertedero*

## Ventajas de las referencias de medición

Como se ve en la documentación y en las imágenes siguientes, todas las mediciones necesarias para resolver este ejemplo se han deducido basándose exclusivamente en las líneas de medición de la excavación, adaptándose automáticamente a las variaciones que pudieran tener.

[*]	Tag	CodSup	CodInf	Resumen	Espacio	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad
							[141,55]	[3.386,55]	[261,40]	[180,20]		[24.812,09]
1	<input type="checkbox"/>	01	01.01	Excavación masiva en terreno duro	Terreno 1	Área 3		176,50	2,00	3,00		1.059,00
2	<input type="checkbox"/>	01	01.01	Excavación masiva en terreno duro	Terreno 1	Área 1		125,50	2,00	2,50		627,50
3	<input type="checkbox"/>	01	01.01	Excavación masiva en terreno duro	Terreno 1	Área 2		573,00	2,00	2,00		2.292,00
4	<input type="checkbox"/>	01	01.02	Excavación masiva en terreno medio	Terreno 2	Área 4		122,00	2,50	3,00		915,00
5	<input type="checkbox"/>	01	01.02	Excavación masiva en terreno medio	Terreno 2	Área 5		117,80	2,50	2,80		824,60
6	<input type="checkbox"/>	01	01.02	Excavación masiva en terreno medio	Terreno 2	Área 6		118,60	2,50	2,60		770,90
7	<input type="checkbox"/>	01	01.02	Excavación masiva en terreno medio	Terreno 2	Área 7		22,90	2,50	2,30		131,68
8	<input type="checkbox"/>	01	01.02	Excavación masiva en terreno medio	Terreno 2	Área 8		48,80	2,50	2,00		244,00

*Mediciones de la excavación*

[*]	Tag	CodSup	CodInf	Resumen	Espacio	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad
							[141,55]	[3.386,55]	[261,40]	[180,20]		[24.812,09]
9	<input type="checkbox"/>	01	01.03	Relleno con material propio	Terreno 2	90% del terreno 2	0,9				=01/01.02.CanPres	2.597,56
10	<input type="checkbox"/>	01	01.04	Relleno con material de aportación	SpC0030	Menos material propio	-1				=01/01.03.CanPres	-2.597,56
11	<input type="checkbox"/>	01	01.04	Relleno con material de aportación	Terreno 1	Total excavar terreno 1					=01/01.01.CanPres	3.978,50
12	<input type="checkbox"/>	01	01.04	Relleno con material de aportación	Terreno 1	Menos una altura de 0,50 m	-1			0,50	=01/01.01.SupHor	-875,00
13	<input type="checkbox"/>	01	01.04	Relleno con material de aportación	Terreno 2	Menos una altura de 0,50 n	-1			0,50	=01/01.02.SupHor	-537,63
14	<input type="checkbox"/>	01	01.04	Relleno con material de aportación	Terreno 2	Total excavar terreno 2					=01/01.02.CanPres	2.896,18
15	<input type="checkbox"/>	01	01.05	Relleno de la capa superior	Terreno 1	Superficie zanjas *, 30 m	1,15			0,30	=01/01.01.SupHor	603,75
16	<input type="checkbox"/>	01	01.05	Relleno de la capa superior	Terreno 2	Superficie zanjas *, 30 m	1,15			0,30	=01/01.02.SupHor	370,96
17	<input type="checkbox"/>	01	01.06	Eliminación de material excedente	Terreno 1	Terreno 1	1,25				=01/01.01/Terreno 1	4.973,13
18	<input type="checkbox"/>	01	01.06	Eliminación de material excedente	Terreno 2	10% Terreno 2	1,1	0,10			=01/01.02.CanPres	317,48

*Mediciones del relleno y transporte a vertedero*

En un caso sencillo como éste no son evidentes las ventajas respecto a la práctica tradicional de copiar todas las mediciones y modificar lo que sea diferente. Sin embargo, en un proyecto real, grande, una buena estrategia de medición recompensa el esfuerzo con creces en ahorro de tiempo y errores.

*Cuando el presupuesto proviene de un modelo BIM el sistema de referencias es especialmente útil porque aprovecha la información de los elementos modelados para realizar las mediciones de otros muchos componentes del proyecto.*