



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PROCEDIMIENTOS
DE CONSTRUCCIÓN

**COSTE
DE LA MAQUINARIA**

Julián Alcalá

Procedimientos de Construcción
COSTE DE LA MAQUINARIA

©2022 Julián Alcalá González (jualgon@upv.es)
Departamento de Ingeniería de la Construcción
y de Proyectos de Ingeniería Civil
Ref.: 0022-0004-PRC-0022-0031

Índice

1. Estructura de costes en la construcción	3
2. Costes fijos y costes variables	6
2.1. Costes de posesión	7
2.1.1. Amortización	7
2.1.2. Cargas indirectas	13
2.2. Costes de funcionamiento	14
2.2.1. Consumos	14
2.2.2. Averías y reparaciones	14
2.2.3. Neumáticos	14
2.2.4. Operador	15
3. Método Ministerio de Obras Públicas	15
3.1. Coste intrínseco	15
3.2. Coste complementario	16
3.3. Ejercicio resuelto	17
4. Bibliografía	20
5. Cuestiones	21

(Página intencionadamente dejada en blanco)

1. Estructura de costes en la construcción

La valoración de las obras de construcción se basa en la descomposición de la obra en partes más sencillas, denominadas *unidades de obra*. Las unidades de obra se refieren a partes concretas de la obra, es decir, aunque tienen un reflejo físico, pero realmente son conceptos contables a los que se asigna un *precio unitario*. La cantidad de cada unidad de obra es la *medición*, que es posible cuantificar porque todas las unidades de obra tienen un reflejo físico. Además, las unidades de obra se expresan en alguna unidad de medida: metro (M), metro cuadrado (M2), metro cúbico (M3), litro (l), tonelada (t), kilogramo (kg), etc. El producto de la *medición* por su *precio unitario* proporciona el presupuesto de esa unidad. La suma de los presupuestos de todas las unidades de obra es el presupuesto de la obra proyectada, denominado *Presupuesto de Ejecución Material (PEM)*.

Por ejemplo, supongamos una obra que consiste en colocar 100 metros de una tubería de $\phi 400$ mm de diámetro, en una zanja de 1.0 m de anchura y 1.5 m de profundidad, sobre un lecho de arena de 10 cm de espesor y con relleno procedente del material previamente excavado (figura 1)

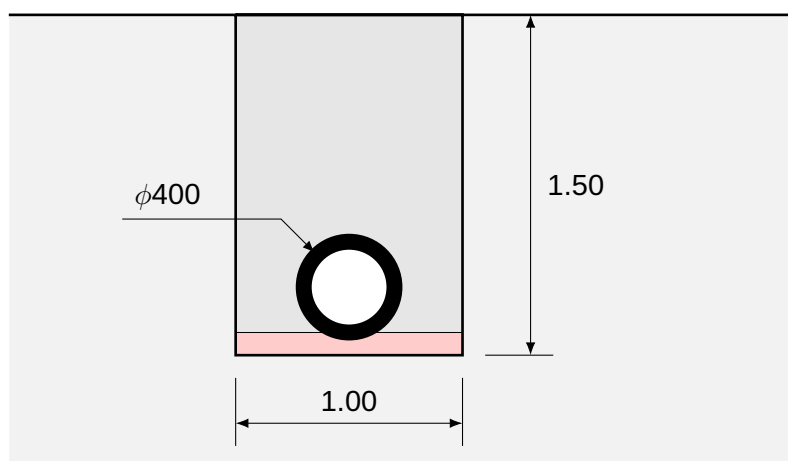


Figura 1: Sección transversal de la tubería.

Para esa obra se podrían definir las siguientes unidades de obra:

- M3 de excavación en zanja por medios mecánicos.
- M3 de arena colocada en fondo de zanja.
- M de tubería $\phi 400$.
- M3 de relleno de zanja con material procedente de la excavación.

Las mediciones de la obra se podrían obtener del modo que se muestra en la tabla 1.

Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) del proyecto sería el que se muestra en la tabla 2.

Ud.	nº	Largo	Ancho	Alto	TOTAL
M3	Excavación en zanja por medios mecánicos.				
	1	100.00	1.00	1.50	150.00
					150.00
M3	Arena colocada en fondo de zanja.				
	1	100.00	1.00	0.10	10.00
					10.00
M	Tubería $\phi 400$.				
	1	100.00			100.00
					100.00
M3	Relleno de zanja con material procedente de la excavación.				
	1	100.00	1.00	1.40	140.00
	(a descontar) -1	100.00		0.126	-12.56
					127.44

Tabla 1: Estado de mediciones.

Ud.	Definición	P.U.	Medición	TOTAL
M3	Excavación en zanja por medios mecánicos.	23.58	150.00	3,537.00
M3	Arena colocada en fondo de zanja.	21.24	10.00	212.40
M	Tubería $\phi 400$	83.00	100.00	8,300.00
M3	Relleno de zanja con material procedente de la excavación.	5.42	127.44	690.73
			Total	12,740.13

Tabla 2: Presupuesto.

Al Presupuesto de Ejecución Material se le añaden ahora algunos conceptos contables como son los porcentajes de *Gastos Generales* y de *Beneficio Industrial*, y eso conforma el presupuesto del proyecto.

En cuanto a los precios unitarios, éstos se forman a partir de cuatro componentes:

- Materiales
- Mano de obra
- Maquinaria
- Costes indirectos

Por ejemplo, la tabla 3 muestra la descomposición típica de la unidad de obra de la tubería.

M tubería ϕ400				
Ud.	descripción	rendimiento	p. unitario	importe
Materiales				
M	Tubo de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U).	1.000	76.84	76.84
Kg	Lubricante para unión.	0.009	17.01	0.15
Maquinaria				
H	Camión con grúa de hasta 6 t.	0.022	50.43	1.11
Mano de obra				
H	Oficial 1 ^a fontanero.	0.083	20.48	1.70
H	Ayudante fontanero.	0.083	18.88	1.57
total costes directos				81.37
costes indirectos (2% s/ 81.37)				1.63
Importe total				83.00

Tabla 3: Descomposición unidad de obra.

El coste de los materiales se refiere a lo que cuesta adquirir los materiales que forman parte de la unidad y transportarlos hasta su acopio en obra. El coste de mano de obra se refiere a los costes salariales de los trabajadores que ejecutan la unidad. Los costes indirectos se refieren a aquellos elementos que se necesitan en la obra pero que participan de varias unidades de obra (por ejemplo, un grupo electrógeno que proporciona la electricidad), o que son difíciles de determinar a priori (por ejemplo, la herramienta que necesitan los trabajadores). Los costes indirectos se suelen estimar como un porcentaje de los costes directos (materiales + mano de obra + maquinaria), o como un porcentaje de las horas de trabajo asignadas a la mano de obra de la unidad y se aplica a todas las unidades de obra por igual.

El coste de la maquinaria, sin embargo, se refiere al coste de operación de las máquinas principales que ejecutan una unidad, y cuyo coste se obtiene a partir de un coste horario aplicado a cada máquina que se emplea en la obra. Lo que se va a ver en este tema es la forma de obtener este coste a partir de todos los conceptos que forman parte de la estructura de costes. En el ejemplo de la tabla 3, se cuenta con emplear un camión con grúa, como el de la figura 2. El coste de este camión por cada hora que está puesto a disposición de la obra es de 50.43 euros, y se estima que se va a tener en la obra durante 2.2 horas colocando la tubería, por lo que en cada metro de tubería se imputa un tiempo de trabajo de $2.2/100 = 0.022$ h/m.



Figura 2: Camión con grúa 6t (Fuente: Palfinger)

2. Costes fijos y costes variables

El coste horario de una máquina se define como el coste total que la máquina supone para el tenedor, dividido entre las horas de funcionamiento de la máquina:

$$C_h = \frac{C_t}{N_f} \quad (1)$$

siendo C_h el coste horario, C_t el coste total y N_f el número de horas que la máquina está funcionando.

El coste total C_t de la máquina se puede dividir en dos: *coste fijo* C_f , o coste de posesión, y el *coste variable* C_v , o coste de funcionamiento. El coste de posesión o coste fijo es aquel que no depende del funcionamiento de la máquina, y que se tiene tanto si la máquina está en funcionamiento como si está parada. Los costes de posesión son los siguientes:

- Amortización
- Gastos de inversión (intereses)
- Seguros
- Almacenamiento
- Conservación y limpieza

El coste de posesión se puede expresar como el producto del coste horario fijo por el número total de horas:

$$C_f = c_{hf} \times N \quad (2)$$

donde c_{hf} es el coste horario fijo, y N es el número total de horas (N es la suma entre el número de horas de funcionamiento y el de horas de parada ($N = N_f + N_p$))

Los costes de funcionamiento por su parte son aquellos que se generan debido al funcionamiento de la máquina, y sólo se tienen si la máquina está en marcha. Son los siguientes:

- Carburantes (o consumo eléctrico)
- Reparaciones
- Lubricantes, fungibles y neumáticos
- Mano de obra
- Transportes

El coste variable o coste de funcionamiento se puede expresar como el producto del coste horario variable por el número horas en las que la máquina está funcionando:

$$C_v = c_{hv} \times N_f \quad (3)$$

donde c_{hv} es el coste horario variable, y N_f es el número de horas de funcionamiento, como ya se ha dicho.

Como el coste total es la suma entre el coste fijo y el variable y teniendo en cuenta las ecuaciones 2 y 3, la ecuación 1 quedaría:

$$C_h = \frac{c_{hf} \times N + c_{hv} \times N_f}{N_f} = \frac{c_{hf} \times (N_f + N_p) + c_{hv} \times N_f}{N_f} = c_{hf} \frac{N_f + N_p}{N_f} + c_{hv} \quad (4)$$

Esta ecuación muestra cómo el coste horario de la máquina alcanzaría un mínimo si N_p fuera nulo, es decir, si la máquina estuviese siempre trabajando y no parase nunca. Este es el objetivo que persiguen los gestores de parque de maquinaria: minimizar las paradas de las máquinas. Esto sucede en todos los sectores en los que el trabajo lo hacen máquinas, sean constructoras, empresas de transportes, o en la industria. Además, el beneficio que proporcionan las máquinas se produce cuando la máquina trabaja, y por tanto, hay que tenerla en marcha el mayor tiempo posible.

A continuación se profundiza en los conceptos de coste de posesión y costes de funcionamiento.

2.1. Costes de posesión

2.1.1. Amortización

El valor de una máquina se reduce con el tiempo desde el mismo momento de su fabricación. El hecho de que una máquina tenga una edad hace que pierda parte de su valor, independientemente de su estado o de su capacidad de trabajo: el desgaste que sufre durante su funcionamiento, el deterioro que se sufren sus materiales, la pérdida de ajustes o la falta de prestaciones que se van acrecentando en sus componentes, hacen que las máquinas viejas no puedan tener el mismo valor que las nuevas. Además, las máquinas nuevas incorporan mejores tecnologías que incrementan sus prestaciones en detrimento de las viejas. En definitiva, la vida útil de cualquier máquina está tasado, y con ello la cantidad de trabajo que pueden desempeñar, es decir, el número de horas de trabajo con las que se puede contar. Por tanto, hay que evaluar esa pérdida de valor, esa depreciación, y tenerla en cuenta a la hora de calcular el coste de la máquina.

Pues bien, la amortización es la cuantificación monetaria de la depreciación sufrida por las máquinas. Al valorar la amortización, el propietario de esa máquina consigue:

- Crear un fondo para la renovación de la máquina. Es decir, ir acumulando la cantidad que le costará comprar una nueva cuando la que tiene quede obsoleta.

- Reflejar contablemente la disminución del valor patrimonial de la máquina. El valor de la empresa es la suma de sus activos, por lo que si uno de sus activos (una máquina) pierde valor eso debe reflejarse en el valor de la empresa.
- Distribuir el coste de la máquina entre la producción. A medida que la máquina trabaja proporciona un beneficio, pero hay que descontar de ese beneficio la pérdida de valor que sufre la máquina que lo genera.
- Recuperar la inversión efectuada en la adquisición de la máquina a lo largo de los años. Si se ha financiado la adquisición de la máquina, la amortización no es sino la restitución de ese crédito.

Cada empresa realiza la amortización de los equipos según sus intereses, pero debe tenerse en cuenta que:

- La inflación o el progreso técnico, entre otros, pueden crear discrepancias importante entre el fondo creado y el valor de reposición. Si una máquina se queda obsoleta y no se ha contabilizado adecuadamente su depreciación puede que no sea posible su reposición.
- El Fisco ¹ establece límites en la cantidad y duración de la amortización. Téngase en cuenta que la amortización computa como gasto a efectos fiscales, por lo que las empresas emplean la amortización de equipos para hacer ajustes fiscales,

La amortización se evalúa por ejercicios fiscales (años), aunque puede amortizarse por horas de trabajo o por unidades de obra ejecutadas, pero eso es mucho más complejo, y solamente se hace para máquinas muy especiales (tuneladoras o dragas por ejemplo). Consiste en determinar la cantidad que la empresa va a declarar como destinada a amortizar equipos. Para el cálculo de la amortización se necesita conocer:

- Inversión inicial o costo de adquisición V_0 . Incluye todos los costes necesarios para adquirir y poner a trabajar la máquina en obra (valor de la máquina, transportes, seguros, impuestos, aranceles, montajes, etc.).
- Valor residual V_r . Todas las máquinas tienen un valor al final de su vida útil, bien porque pueden ser reutilizadas para otros fines, bien porque pueden ser vendidas como chatarra.
- Valor de depreciación V_d : Es la diferencia entre el valor de compra y el valor residual $V_0 - V_r$, es decir, es la cantidad a amortizar.
- Período de amortización, entendido como el número de años N entre los que amortizar la diferencia $V_0 - V_r$. La amortización depende del ritmo de trabajo de la máquina, pero una máquina debe amortizarse aunque no trabaje, pues la depreciación no se detiene cuando la máquina está parada. Si la amortización pretende conservar o recuperar la inversión, su plazo debería coincidir con la vida útil de la máquina, si bien la vida útil es difícil de conocer (depende del uso, condiciones de trabajo, rutinas de mantenimiento, calidad del operador, etc.), por lo que lo habitual es establecer el plazo con criterios contables o fiscales. Ello supone que la amortización se convierte en una herramienta para deformar el balance de la empresa, por lo que el Fisco fija por ley estos plazos. Es lo que se denomina amortización fiscal, o amortización contable. OJO: Los neumáticos se amortizan de forma independiente, pues su vida útil es mucho menor.

Según la forma en que se vaya distribuyendo el coste de la máquina a lo largo de los diferentes ejercicios fiscales genera un inmovilizado diferente en las cuentas de la empresa. La mejor forma de

¹Ver sede.agenciatributaria.gob.es

evaluar este inmovilizado es mediante el denominado *valor medio de la inversión* V_m . Este inmovilizado se refiere al valor que la empresa tiene por estar en posesión de una máquina, pero que no le produce liquidez, porque no puede comerciar con él. Dicho de una forma simple, no puede, por ejemplo, pagar la nómina de sus trabajadores con la máquina. El valor medio de la inversión es el cómputo total del valor de la máquina que resulta de ir deduciendo las amortizaciones anuales, y promediado al período de cómputo N . Existen diversas fórmulas para determinar la amortización en cada año de la vida útil de la máquina, y cada una de ellas produce un valor medio de la inversión diferente. A continuación se describen las más habituales:

Método lineal En este método se distribuye el valor a amortizar por partes iguales entre los años del período de amortización (figura 3). El valor para cada año es:

$$C_i = \frac{V_d}{N} \quad (5)$$

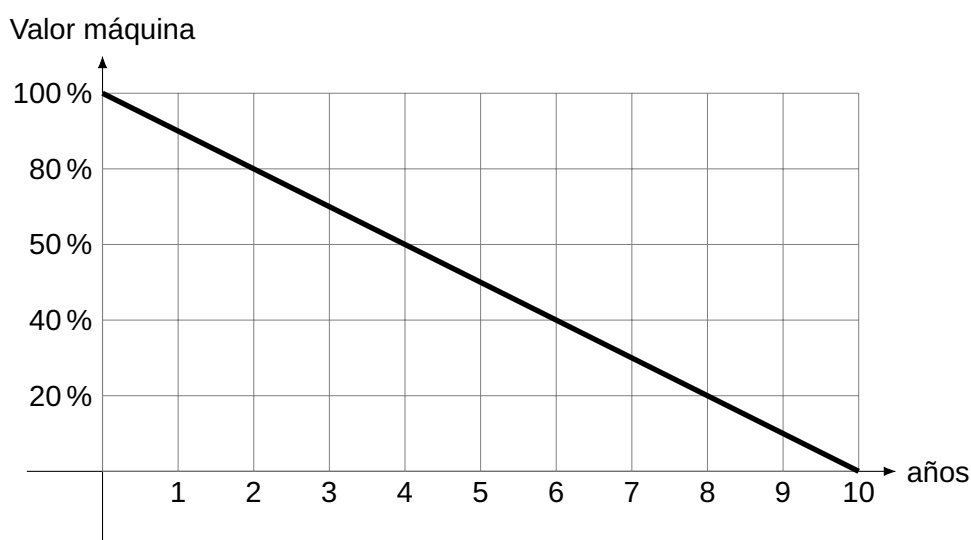


Figura 3: Evolución del valor de la maquinaria con amortización lineal.

El valor medio de la inversión se obtendrá como el sumatorio siguiente²:

$$V_m = \frac{V_d}{N} \left[1 + \left(1 - \frac{1}{N}\right) + \left(1 - \frac{2}{N}\right) + \dots + \left(1 - \frac{N-1}{N}\right) \right] = V_d \frac{N-1}{2N} \quad (6)$$

Para un período de amortización de $N=10$ años, el valor medio de la inversión es del 55 % de V_d .

Método lineal con doble amortización inicial En este método se distribuye el valor a amortizar por partes iguales entre los años del período de amortización más uno, y se amortiza el primer año el doble de esa cantidad (figura 4). El valor para cada año es:

$$C_1 = 2 \frac{V_d}{N+1} \quad (7)$$

$$C_i = \frac{V_d}{N+1}; i > 1$$

²Recuérdese que $\sum_{i=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$

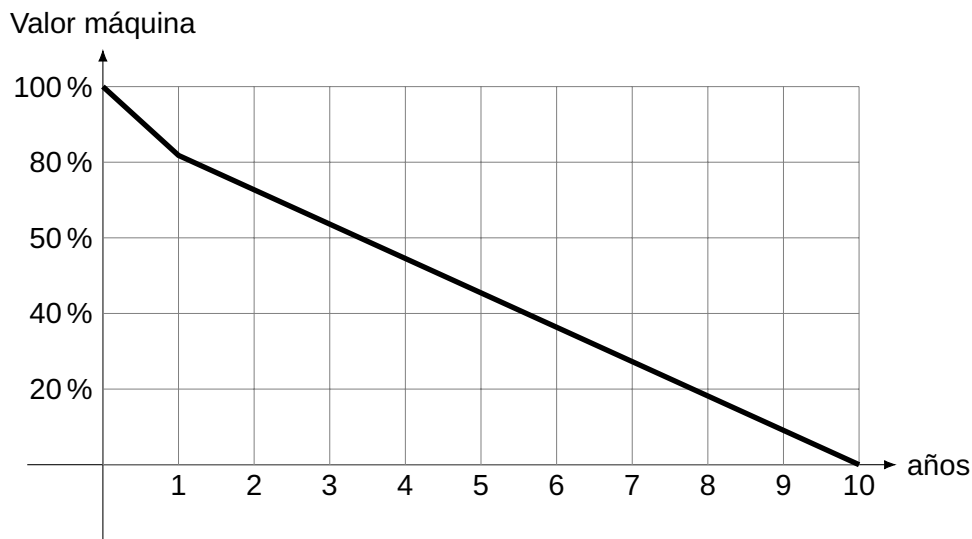


Figura 4: Evolución del valor de la maquinaria con amortización lineal con doble amortización inicial.

En este caso, el valor medio de la inversión se obtiene como la suma:

$$V_m = \frac{V_d}{N} \left[1 + \left(1 - \frac{2}{N+1} \right) + \left(1 - \frac{3}{N+1} \right) + \dots + \left(1 - \frac{N}{N+1} \right) \right] = V_d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{N(N+1)} \right) \quad (8)$$

Para un período de amortización de $N=10$ años, el valor medio de la inversión es del 50.91 % de V_d .

Método de la suma de dígitos En cada año se obtiene la cantidad a amortizar como el valor multiplicado por el dígito opuesto al del año en cuestión, dividido por la suma de dígitos de todos los años del período (figura 5):

$$C_i = V_d \frac{N+1-i}{\sum_{j=1}^N j} = V_d \frac{2(N+1-i)}{N(N+1)} \quad (9)$$

Por ejemplo, si se va a amortizar una cantidad de 1000 € en un período de amortización de 10 años la suma de dígitos es: $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 = 55$, por lo que las amortizaciones de cada

año serían:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 1000 \frac{10}{55} = 182 \\
 C_2 &= 1000 \frac{9}{55} = 164 \\
 C_3 &= 1000 \frac{8}{55} = 145 \\
 C_4 &= 1000 \frac{7}{55} = 127 \\
 C_5 &= 1000 \frac{6}{55} = 109 \\
 C_6 &= 1000 \frac{5}{55} = 91 \\
 C_7 &= 1000 \frac{4}{55} = 73 \\
 C_8 &= 1000 \frac{3}{55} = 55 \\
 C_9 &= 1000 \frac{2}{55} = 36 \\
 C_{10} &= 1000 \frac{1}{55} = 18
 \end{aligned} \tag{10}$$

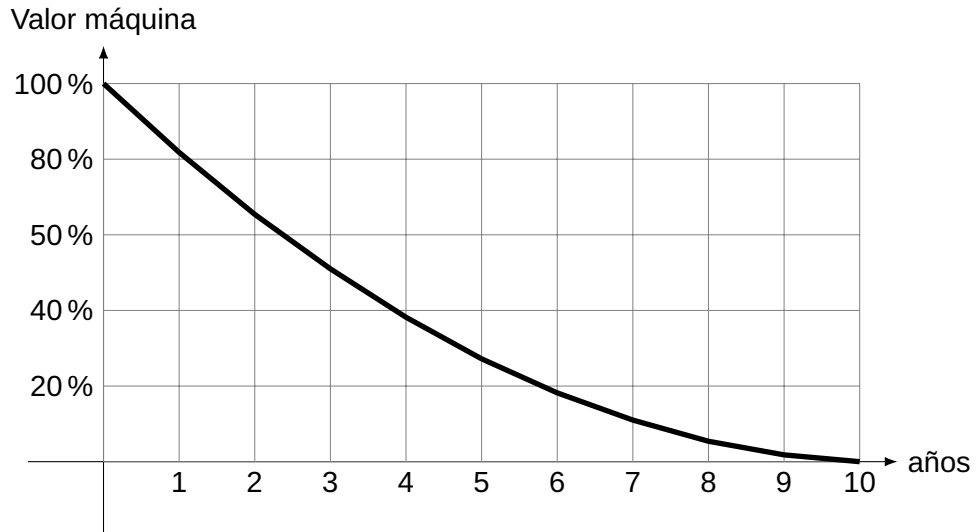


Figura 5: Evolución del valor de la maquinaria con amortización por suma de dígitos.

En este caso, el valor medio de la inversión se obtiene como:

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{V_d}{N} \left[1 + \left(1 - \frac{2}{N} + \frac{2}{N(N+1)} \right) + \left(1 - \frac{2}{N} + \frac{4}{N(N+1)} \right) + \dots \right. \\
 &\quad \left. \dots + \left(1 - \frac{2}{N} + \frac{2(N-1)}{N(N+1)} \right) \right] = V_d \frac{N+2}{3N}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Para un período de amortización de $N=10$ años, el valor medio de la inversión es del 40 % de V_d .

Método del resto declinante También se llama del costo decreciente, y se aplica a equipos con amortizaciones rápidas (2 a 4 años). La amortización se obtiene como el doble de la cuota lineal calculada para el resto no amortizado (figura 6).

$$C_i = V_d \left(1 - \frac{2}{N}\right)^{i-1} \frac{2}{N} \quad (12)$$

Por ejemplo, para amortizar 1000 € en un período de 4 años resultarían las cuotas que siguen:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{1000}{4} \cdot 2 = 500 \\ C_2 &= \frac{1000 - 500}{4} \cdot 2 = \frac{500}{4} \cdot 2 = 250 \\ C_3 &= \frac{500 - 250}{4} \cdot 2 = \frac{250}{4} \cdot 2 = 125 \\ C_4 &= \frac{250 - 125}{4} \cdot 2 = \frac{125}{4} \cdot 2 = 62.5 \end{aligned} \quad (13)$$

Queda un resto de $125 - 62.5 = 62.5$ €, que puede tomarse como el valor residual.

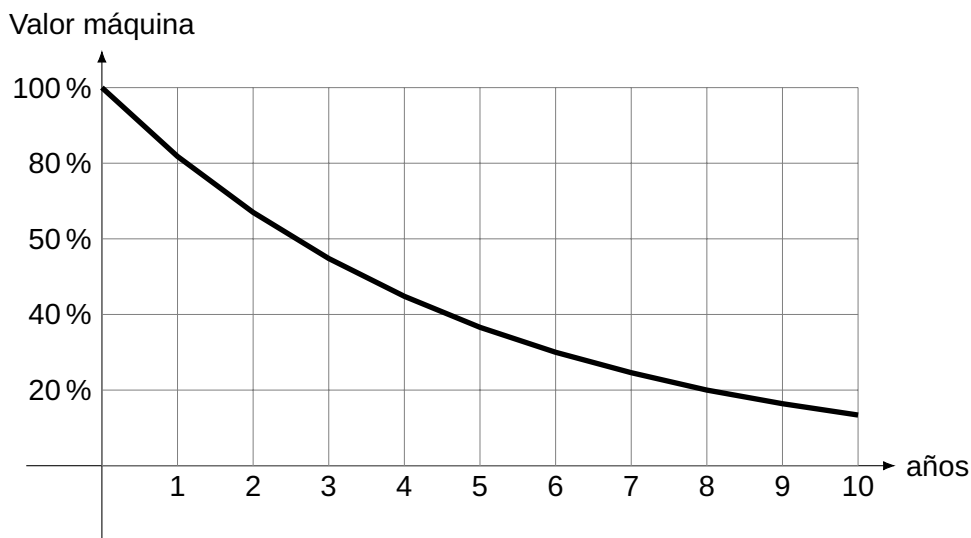


Figura 6: Evolución del valor de la maquinaria con amortización por el método del resto declinante.

El valor medio de la inversión ahora se obtiene como ³:

$$V_m = \frac{V_d}{N} \left[1 + \left(1 - \frac{2}{N}\right) + \left(1 - \frac{2}{N}\right)^2 + \dots + \left(1 - \frac{2}{N}\right)^{N-1} \right] = \frac{V_d}{2} \left[1 - \left(1 - \frac{2}{N}\right)^N \right] \quad (14)$$

Para un período de amortización de $N=10$ años, el valor medio de la inversión es del 44.63 % de V_d , pero queda siempre un valor residual de:

$$V_r = V_d \left(1 - \frac{2}{N}\right)^N \quad (15)$$

³Recuérdese que $\sum_{i=1}^n k^i = \frac{1-k^{n+1}}{1-k}$

En general, los métodos de suma de dígitos y del resto declinante se ciñen mejor a la depreciación real de las máquinas de construcción, que son mayores al principio, y se reducen con el paso del tiempo. Esto es positivo porque para máquinas costosas no se sobrevalora el valor de la máquina durante su vida útil, y si hay que desprenderse de ellas no se incurre en pérdidas por el sobrecoste patrimonial respecto a su tasación. Sin embargo, tienen dos problemas: por un lado, no pueden aplicarse a períodos inferiores a un año, y por otro, hacen que el coste horario de la máquina varíe de unos años a otros.

2.1.2. Cargas indirectas

Son cargas indirectas las que resultan de seguros, impuestos, intereses y gastos de almacenamiento, conservación y limpieza.

Los seguros de las máquinas de construcción cubren los daños a las máquinas destinadas a trabajar en obras, considerando como valor asegurado el valor de otro bien nuevo (sin impuestos) de la misma o análoga clase y capacidad, incluyendo gastos de transporte, montaje y derechos de aduana. Las pólizas se establecen normalmente para una duración de un año, pero a veces se aseguran solamente durante el tiempo en que la máquina se está utilizando en una obra. Estos seguros cubren riesgos por los que se puede perder en parte o totalmente la máquina. Cubren contingencias, no averías: incendios accidentes, robos, etc.

Si las máquinas circulan por la vía pública la ley exige tener en vigor un seguro que cubra daños a terceros (seguro de circulación).

Los impuestos que afectan a las máquinas dependen de su uso y su forma de funcionamiento, por ejemplo, para circular por la vía pública se tiene que abonar el impuesto de circulación⁴.

Como valores orientativos puede tomarse que la prima de seguros está entre un 2 % y un 4 % del valor medio de la inversión, y $\approx 2\%$ por impuestos.

Los intereses se aplican tanto en el caso de adquisición con fondos propios, como en el caso de financiación ajena. Es decir, si la máquina se ha adquirido al contado (lo cual es muy extraño) no se pagarán intereses a ninguna entidad de crédito, pero hay que imputar a la máquina los mismos intereses que se aplicarían si la máquina se hubiese financiado, sobre el valor pendiente de amortizar. Esto es así para compensar la pérdida patrimonial por inmovilizado. En este caso la empresa determina el interés de referencia a emplear, pero debe ser realista (similar al del dinero prestado). Si se amortiza linealmente la cuota aplicable es constante. En caso de financiación ajena la cuota varía en función del valor residual en cada momento. En la actualidad, la tasa de descuento aplicable ronda el 8 %, pero en algunas modalidades de crédito puede ser muy superior.

Los gastos de almacenamiento no suelen afectar a la mayoría de máquinas de construcción si la empresa cuenta con instalaciones propias para guardar las máquinas cuando no se están utilizando, pero en muchas ocasiones el almacenamiento si lleva implícito un gasto generado por el almacén, o por ciertas tasas (draga atracada en un puerto, por ejemplo). Suele considerarse al menos un 1 % del valor medio de la inversión por este concepto.

Finalmente, los gastos de conservación y limpieza se deben aplicar siempre, porque la maquinaria de construcción trabaja en condiciones exigentes y el desgaste es importante. Por eso está sujeta a labores periódicas de mantenimiento: sustitución de filtros, manguitos, etc., puestas a punto, limpieza y engrase de partes móviles, etc. Su coste puede rondar el 4-8 % del costo horario.

⁴Ver www.dgt.es

2.2. Costes de funcionamiento

2.2.1. Consumos

El consumo principal, es decir, de combustible o de electricidad de una máquina, tiende a aumentar con el tiempo, pero en condiciones normales de uso puede considerarse constante. Como valores aproximados pueden tomarse los que se dan en la tabla 4.

Fuente de energía	Consumo estimado
Gasoil	0.12 - 0.16 litros / CV y hora
Gasolina	0.24 - 0.30 litros / CV y hora
Electricidad	0.8 kW/h por kW

Tabla 4: Consumos estimados.

Los consumos secundarios están relacionados con los lubricantes, y se calculan normalmente como un porcentaje de los principales con valores como los que se dan en la tabla 5.

Consumo primario	Consumo estimado
Gasoil	20 % del consumo principal
Gasolina	10 % del consumo principal
Electricidad	5.5 % del consumo principal

Tabla 5: Consumos secundarios.

2.2.2. Averías y reparaciones

Es el mayor de todos los costes de operación de una máquina, pero al tiempo es el más variable y difícil de predecir. En máquinas automotrices puede suponer entre el 60 % y el 100 % del coste horario de la máquina, pero puede llegar al 150 % en algunas máquinas para trabajos duros. En máquinas estacionarias o remolcadas el coste de reparaciones es menor (40 %-60 %).

Puede estimarse como un porcentaje del valor de adquisición, de acuerdo con los valores de la tabla 6.

Trabajo	% respecto al valor de adquisición
Muy duro	40-80 %
Duro	30-65 %
Suave	25-35 %

Tabla 6: Costes por averías y reparaciones.

2.2.3. Neumáticos

En grandes máquinas de movimiento de tierras pueden suponer un tercio del coste total. Su vida es muy inferior a la de la máquina (entre 1000 y 4000 horas), por lo que se amortizan independientemente de ella. Normalmente se valora la llanta y se aplica un exceso del 10 % por reparación de pinchazos, recauchutados, etc.

2.2.4. Operador

En máquinas especiales el manejo está en manos de especialistas, cuyo salario es superior a los salarios base y complementos. Se aplica en dos partes. Una base fija, trabaje o no la máquina, y una parte variable en función de la producción de la máquina (200 horas anuales de media).

Hay que tener en cuenta no solo el salario, sino otros conceptos como: desplazamientos, formación, manutención, pluses, cargas sociales (seguridad social, fondo de garantía salarial, etc.).

En algunas máquinas hay todo un equipo manejándolas (extendedoras de aglomerado, dragas, tuneladoras, bateadoras de vía, ...)

3. Método Ministerio de Obras Públicas

Empleando conceptos parecidos a los del apartado anterior, el Ministerio de Obras Públicas desarrolló en 1964 un método para la obtención del coste horario de la maquinaria teniendo en cuenta todos los costes asociados a la adquisición, financiación, mantenimiento y puesta en funcionamiento de las mismas. El método considera que el coste horario directo de una máquina es el resultado de sumar un *coste intrínseco*, proporcional al valor de la maquinaria, y un *coste complementario* que depende de su funcionamiento. Este sistema se aplica mediante tablas que proporcionan para cada máquina los coeficientes a emplear en el cálculo del coste horario, lo que simplifica enormemente el trabajo.

Este sistema es el que se aplica en la actualidad para obtener los costes de la maquinaria en los proyectos de obras de ingeniería civil cuando no hay una base de datos de precios oficiales. El método está recogido en el *Manual de Costes de Maquinaria* que publica periódicamente la patronal de empresas constructoras SEOPAN⁵ con datos actualizados. La última versión de esta publicación es del año 2015[1].

3.1. Coste intrínseco

El coste intrínseco es la parte del coste de la máquina que depende de su valor. Se calcula como la suma de dos términos: Coste diario (C_d) y Coste horario (C_h). El primero se refiere a los costes fijos, y se obtiene por día de puesta a disposición de la máquina independientemente de que trabaje o no, y el segundo se refiere a los costes de funcionamiento, y se obtienen por hora de trabajo de la máquina.

Sin entrar en justificar el método, es interesante ver que el Coste diario intrínseco se calcula con la expresión:

$$C_d = \frac{i_m + s}{E} + \frac{A_d}{E \times T} \quad (16)$$

siendo:

C_d : Coeficiente unitario del día de puesta a disposición de la máquina expresado en porcentaje del valor de la máquina.

i_m : Interés medio anual equivalente, que se aplica a la inversión total dependiente de la vida de la máquina.

⁵Ver www.seopan.es

s: Seguros y otros gastos fijos anuales como impuestos, almacenaje, etc.

E: Promedio anual estadístico de los días laborables de puesta a disposición de la máquina.

A_d : % de la amortización de la máquina que pesa sobre el coste de puesta a disposición de la misma.

T: Vida o número de años que la máquina está en condiciones normales de alcanzar los rendimientos medios.

Como se puede ver en el coeficiente diario intervienen solamente los conceptos relacionados con el valor de la máquina (la amortización), los intereses y seguros, que hay que cubrir independiente de que la máquina trabaje o no.

El Coeficiente horario intrínseco por su parte se calcula como:

$$C_d = \frac{100 - A_d}{H_{ut}} + \frac{M + C}{H_{ut}} \quad (17)$$

siendo:

C_h : Coeficiente unitario de la hora de funcionamiento de la máquina, expresado en porcentaje del valor de la máquina. Este coeficiente se refiere a las horas de funcionamiento real de la máquina.

H_{ut} : Promedio de horas de funcionamiento económico, característico de cada máquina.

M+C: Gastos en % de V_t debidos a reparaciones generales y conservación ordinaria de la máquina durante el período de longevidad.

Los dos coeficientes C_d y C_h están tabulados en la publicación de SEOPAN para todas las máquinas, donde aparecen también los valores de las mismas.

El coste intrínseco se calcula finalmente con la expresión:

$$C_{int} = (C_d \times D + D_h \times H) \frac{V}{100} \quad (18)$$

3.2. Coste complementario

No depende del valor de la máquina, aunque sí de otras características de la misma. Está constituido por:

Mano de obra Se refiere al personal que maneja la máquina, y al destinado a la conservación de la máquina.

Consumos Se diferencia entre consumos primarios y secundarios. Los primeros son el gasóleo, la gasolina y la energía eléctrica, que variarán fundamentalmente con las características del trabajo y estado de la máquina. Los consumos secundarios se estimarán como un porcentaje sobre el coste de los consumos principales, estando constituidos por materiales de lubricación y accesorios para los mismos fines.

SEOPAN emplea los consumos de la tabla 7.

Fuente de energía	Consumo primario	Consumo secundario
Gasoil	0.15 litros / kW y hora	20 %
Gasolina	0.30 litros / kW y hora	10 %
Electricidad	0.5 kW/h por kW	5 %

Tabla 7: Consumos aplicados por SEOPAN.

3.3. Ejercicio resuelto

Enunciado Se quiere obtener el coste horario de una pala cargadora CAT 323 que va a ser utilizada en una obra durante cuatro semanas, durante las cuales se estima un total de 120 horas de funcionamiento.



Según el catálogo del fabricante la pala tiene un peso de funcionamiento de 25500 kg, y una potencia ISO de 128 kW.

Su coste de adquisición fue de 262000€.

Solución El coste horario se puede obtener según el método del MOP, a partir de la suma entre el coste intrínseco y el complementario. Para obtener el coste intrínseco se necesita (ver ec. 18) el coste de adquisición V y los coeficientes C_d y C_h . Para obtenerlos se puede acudir a la publicación de SEOPAN:

La máquina corresponde a la siguiente clasificación:

- GRUPO 04 Maquinaria para movimiento de tierra a cielo abierto.
 - Subgrupo 00 Excavadoras.
 - Tipo 05 Excavadora hidráulica sobre cadenas.

◇ Subtipo b De 15t a 30 t de masa.

Según esto se tienen los datos que siguen:

- $C_d = 0.0460 \%$
- $C_h = 0.0148 \%$

Se puede calcular ahora el coste intrínseco de la máquina:

$$C_{int} = 262000 \frac{0.0460 \times (7 \cdot 4) + 0.0148 \times 120}{100} = 8027.68\text{€}$$

La tabla de SEOPAN proporciona por un lado los coeficientes como porcentaje del valor de reposición, pero también los valores en euros para los valores de adquisición de algunas máquinas. Si no hubiesen dado el valor de adquisición de la excavadora se podría tomar la más parecida de las que presenta la tabla. Así, para una excavadora de 28,0 t de peso, que puede considerarse similar, se tendría que:

- $V = 300000 \text{ €}$
- $C_d = 138.06 \text{ €/dia}$
- $C_h = 44.40 \text{ €/hora}$

Con esto se calcularía el coste intrínseco de la máquina:

$$C_{int} = 138.06 \times (7 \cdot 4) + 44.40 \times 120 = 9193.68\text{€}$$

Igualmente, si no supiésemos cuánto tiempo va a estar la máquina en la obra, o cuántas horas va a estar trabajando podemos emplear los coeficiente medios C_{hm} y C_{dm} . Entonces el coste sería:

- $C_{hm} = 0.0212 \text{ €/dia}$
- $C_{dm} = 0,1517 \text{ €/dia}$

El coste por hora es ahora de

$$262000 \cdot 0.0212/100 = 55.54\text{€}$$

Igualmente, el coste por día es de

$$262000 \cdot 0.1517/100 = 397.45\text{€}$$

A continuación se calcula el coste complementario. Se considera un precio del gasoil de 1.73 €/l. Se considera también un coste horario del maquinista de 24 €/h.

- Gasoil: $120 \cdot 128 \cdot 0.15 \cdot 1.73 = 3985.92 \text{ €}$
- Consumo secundario: $20 \% 3985.92 = 797.18 \text{ €}$
- Maquinista: $120 \cdot 24 = 2880.0 \text{ €}$

El total el coste complementario es de: $3985.92 + 797.18 + 2880.0 = 7663.10 \text{ €}$.

y el coste total de la máquina es de: $8027.68 + 7663.10 = 15690.78 \text{ €}$.



Máquinas para movimiento de tierras a cielo abierto

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MAQUINARIA

Grupo 04 Maquinarias para movimiento de tierras a cielo abierto

Subgrupo 00 Excavadoras

Tipo 05 Excavadora hidráulica sobre cadenas

Subtipo a De 6 t a 15 t de masa

E (días/año)	Hut (horas totales)	Hua (horas/año)	M+C (%)	Ad (%)	Cd (%)	Ch (%)	Chm (%)	Cdm (%)
210	8.000	1.500	85	25	0,0472	0,0191	0,0257	0,1834

Modelo	Valor compra (€)	Cd (€)	Ch (€)	Chm (€)	Cdm (€)
De 7,80 t de peso	104.805	49,51	19,98	26,91	192,21
De 13,20 t de peso	149.150	70,45	28,43	38,3	273,54

Subtipo b De 15 t a 30 t de masa

E (días/año)	Hut (horas totales)	Hua (horas/año)	M+C (%)	Ad (%)	Cd (%)	Ch (%)	Chm (%)	Cdm (%)
210	10.000	1.500	85	30	0,0460	0,0148	0,0212	0,1517

Modelo	Valor compra (€)	Cd (€)	Ch (€)	Chm (€)	Cdm (€)
De 16,20 t de peso	162.900	74,97	24,11	34,6	247,18
De 21,50 t de peso	218.700	100,65	32,37	46,46	331,84
De 23,80 t de peso	258.500	118,96	38,26	54,91	392,23
De 28,00 t de peso	300.000	138,06	44,40	63,73	455,20

Subtipo c De 30 t a 60 t de peso

E (días/año)	Hut (horas totales)	Hua (horas/año)	M+C (%)	Ad (%)	Cd (%)	Ch (%)	Chm (%)	Cdm (%)
200	12.000	1.500	80	35	0,0475	0,0115	0,0179	0,1341

Modelo	Valor compra (€)	Cd (€)	Ch (€)	Chm (€)	Cdm (€)
De 34 t de peso	392.000	186,28	45,24	70,08	525,6
De 45 t de peso	542.000	257,56	62,56	96,9	726,72

Subtipo d De 60 t a 120 t de peso

E (días/año)	Hut (horas totales)	Hua (horas/año)	M+C (%)	Ad (%)	Cd (%)	Ch (%)	Chm (%)	Cdm (%)
190	14.000	2.000	85	35	0,0534	0,0103	0,0153	0,1613

Modelo	Valor compra (€)	Cd (€)	Ch (€)	Chm (€)	Cdm (€)
De 68 t de peso	818.000	437,12	83,85	125,37	1319,7
De 82 t de peso	990.000	529,03	101,48	151,73	1597,19

4. Bibliografía

Referencias

- [1] Ricardo Cortes Sanchez, Víctor Alfonso Martínez Merino y Pedro Rodríguez Morado. *Manual de costes de maquinaria*. Spanish. OCLC: 927823476. Madrid: SEOPAN, 2015. ISBN: 978-84-7878-098-3.
- [2] Víctor Yepes Piqueras. *Gestión de coste y producción de maquinaria de construcción*. Spanish. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2023. ISBN: 978-84-1396-046-3.
- [3] Manuel Díaz del Río. *Manual de maquinaria de construcción*. Spanish. OCLC: 1123931153. España. McGraw-Hill, 2001. ISBN: 978-84-481-3028-2.

5. Cuestiones

1. Los costes de mano de obra se consideran:
 - a) Costes intrínsecos
 - b) Costes de posesión
 - c) Costes de funcionamiento
 - d) Ninguna de las anteriores
2. Una de las siguientes no se puede considerar carga indirecta:
 - a) Averías
 - b) Gastos de conservación
 - c) Seguros
 - d) Impuestos
3. Los costes intrínsecos son aquellos que...
 - a) ...son fijos aunque la máquina no trabaje.
 - b) ...son proporcionales al valor de adquisición de la máquina.
 - c) ...se originan por el funcionamiento de la máquina.
 - d) ...son proporcionales al valor residual de la máquina.
4. ¿Cuáles son los coste complementarios de una máquina?
 - a) Consumos y personal.
 - b) Consumos, averías y personal.
 - c) Consumos, almacenamiento y conservación.
 - d) Averías y personal.
5. Se están amortizando 31500.000 € de una máquina de construcción durante un período de amortización de 9 años. Si se usa el método de la suma de dígitos, la amortización en el cuarto año es de:
 - a) 3500
 - b) 4200
 - c) 3850
 - d) 2600
6. ¿Cómo se manejan los consumos secundarios en la valoración del coste de las máquinas?
 - a) Se incluyen en el coste del maquinista.
 - b) Se incluyen en los costes de mantenimiento y conservación.
 - c) Se aplica un porcentaje del número de horas trabajadas.
 - d) Se aplica un porcentaje del consumo principal.

Respuestas: d g - b g - a 4 - b 3 - a 2 - c 1

NOTAS

[illegible]