

Tema 2. LOS COSTES DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

Índice

Bibliografía

1. Introducción
2. Amortización
3. Costes fijos
4. Costes variables
5. Resumen
6. Ejemplos

Bibliografía

ASABE *Standards*. 2014. D497.7. Agricultural Machinery Management Data. St. Joseph, Mich.: ASAE.

ASABE *Standards*. 2014. D496.3. Agricultural Machinery Management. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Hawkins, E. M., Buckmaster D. R. 2015. Benchmarking costs of fixed-frame, articulated, and tracked tractors. *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 31(5):741-745. DOI 10.13031/aea.31.11074.

Rodríguez J. 2004. El coste de la maquinaria agrícola. Univ. Miguel Hernández. 164 pp.

Torregrosa A. 2015. Costesv2.xlsx. Hoja excel para calcular los costes de las máquinas agrícolas.

1 Introducción.

El coste de una máquina sólo se conoce con exactitud a posteriori, es decir, cuando ya se ha utilizado. No obstante, a partir de los datos disponibles de máquinas que ya han sido usadas, podemos estimar cuáles serán los costes de máquinas futuras.

Existen muchos métodos para estimar estos costes, en el trabajo de Rodríguez (2004) se recoge una extensa recopilación de los mismos, pero en este tema nos limitaremos a utilizar el método sencillo recomendado por la ASAE (2001) porque además de ser simple, la norma ASAE D497.4 proporciona mucha información que es necesaria para poder realizar los cálculos.

Para estimar los costes de utilización de las máquinas agrícolas, es necesario conocer algunos datos técnicos y de servicio de la máquina como son su potencia, uso anual (**h**), vida máxima en años (**N**), vida máxima en horas (**H**) y valor de adquisición (**Va**).

A falta de datos propios, se pueden utilizar los valores orientativos que proporciona la American Society of Agricultural Engineers (ASAE) sobre la vida máxima en horas de la máquina, siendo esta vida máxima el punto en el que, normalmente, es mejor reponerla que seguir reparándola (Tabla 1).

Respecto a la vida en años, no se recomienda ninguna cifra, pero unos 10 años puede ser una cifra aceptable, todo depende del tipo de máquina y del cultivo al que se destine. Una máquina simple, por ejemplo un remolque, posiblemente pueda usarse durante más de 10 años, pues es polivalente, en cambio una máquina muy específica, que dependa de alta tecnología y/o de cultivos que pueden desaparecer en un plazo corto, sería prudente concederle una vida más breve.

Tabla 1. Vida máxima de las máquinas agrícolas en horas (ASAE ASAE D497.4)

	H (horas)
tractor 4 RM y tractor cadenas	16000
tractor 2RM y motores estacionarios	12000
arado vertedera	2000
chisel	2000
cultivador	2000
fresadora	1500
sembradora	1500
cosechadoras cereales autopropulsada	3000
segadora rotativa	2000
empacadora convencional	2000
empacadora grandes pacas prismáticas	3000
empacadora rotativa	1500
cosechadora remolacha azucarera	1500
cosechadora patatas arrastrada	2500
abonadora	1200
pulverizador de barra horizontal	1500
pulverizador hidroneumático	2000
remolque	3000

2 Amortización.

Por amortización se entiende el porcentaje de valor de la máquina que se consume en un cierto periodo de tiempo.

La pérdida de valor se puede producir bien por el uso de la maquinaria, bien por el paso del tiempo, con lo que la máquina queda tecnológicamente anticuada (obsoleta) y ya no sirve para lo que se adquirió, bien por ambos motivos.

Son muchos los métodos que se proponen para calcular la amortización, pero quizá el más utilizado por su simplicidad, sea el llamado método de la amortización lineal, que supone que el valor de la máquina disminuye linealmente con el paso de los años o de las horas de uso.

Para calcular el valor de la amortización es necesario determinar cuál será el valor residual (**V_r**) de la máquina tras sus años u horas máximos de uso. Cuando no se dispone de ningún otro tipo de información, muchos autores asumen un valor comprendido entre el 10 y 20 % del valor de adquisición.

Normalmente el valor residual de una máquina es variable a lo largo de su vida, influyendo más en su tasación los años de vida que las horas de uso, ya que los años se pueden averiguar fácilmente mirando la documentación, mientras que las horas reales de funcionamiento son difíciles de comprobar.

Por otra parte, una máquina pierde valor rápidamente tras su compra y lentamente conforme envejece. Existen algunas expresiones, calculadas para el mercado americano, que nos relacionan el valor residual en función del valor de compra, los años transcurridos y el tipo de máquina, tabla 2 y ecuación (I).

$$V_r = V_a k_1 k_2^n \quad (I)$$

Tabla 2. Valor residual de las máquinas agrícolas, según ASAE D497.4

	Vr
Tractores	Va 0.68 (0.929) ⁿ
Cosechadoras	Va 0.64 (0.885) ⁿ
Empacadoras, mq. forrajes, pulverizadores...	Va 0.56 (0.885) ⁿ
Resto máquinas	Va 0.60 (0.885) ⁿ

La misma norma anterior sugiere otra forma de calcular el valor residual cuando, además de los años, se conoce el número de horas de uso anual de la máquina (**h**), tabla 3 y ecuación (II).

$$Vr = Va (C1 - C2 \sqrt{n} - C3\sqrt{h})^2 \quad (II)$$

Tabla 3. Valor residual de las máquinas agrícolas conocidas su vida en años y horas (ASAE D497.4).

Grupo	Máquina	C1	C2	C3
1	Tractor < 60 kW (80 CV)	0,981	0,093	0,0058
2	Tractor 60-112 kW (80-150 CV)	0,942	0,100	0,0008
3	Tractor >112 kW (150 CV)	0,976	0,119	0,0019
4	Cosechadora cereales	1,132	0,165	0,0079
5	Segadora	0,756	0,067	
6	Empacadora	0,852	0,101	
7	Otros equipos de recolección	0,791	0,091	
8	Arados de vertedera	0,738	0,051	
9	Otros equipos laboreo	0,891	0,110	
10	Skideers y restantes vehículos	0,786	0,063	0,0033
11	Plantadoras	0,883	0,078	
12	Estercoladoras y otros equipos	0,943	0,111	

Ejemplo. Supongamos una vendimiadora autopropulsada cuyo valor de adquisición sea **Va** = 160 000 €, la podríamos considerar perteneciente al grupo cosechadoras y transcurridos 10 años su valor residual sería, según la ecuación (I) y tabla 2:

$$Vr = Va * 0.64 * 0.885^{10} = 160\ 000 * 0.1886 = 30\ 181 \text{ €}$$

Si suponemos que su uso anual es **h** = 250 h/año, podríamos estimar su valor residual mediante la ecuación (II) y la tabla 3:

$$Vr = Va (1.13.2 - 0.165 \sqrt{10} - 0.0079\sqrt{250})^2 = 0.2355 Va = 37685 \text{ €}$$

Con el método que vamos a explicar, la máquina se considerará amortizada (hay que cambiarla) cuando alcance su vida máxima en años (**obsolescencia**) o en horas (**uso**).

La amortización por **obsolescencia** (**A_o**) se aplica cuando la máquina queda inservible para su uso antes de alcanzar su vida máxima en horas: (**N h**) < **H**.

Se calcula según la ecuación (III)

$$A_o = (Va - Vr) / (N * h) \quad (III)$$

Ejemplo. La vida máxima en horas de esta máquina, según la Norma ASAE D497.4 sería **H** = 3000 horas, y la vida máxima en años podemos estimarla en **H** = 10 años.

$$A_0 = (160\,000 - 37\,685) / (10 * 250) = 48.93 \text{ €/h}$$

Si la máquina se utiliza lo suficiente como para alcanzar antes su vida máxima en hora que en años ($N h > H$) decimos que se amortiza por uso (A_u) y se calcula según la ecuación (IV):

$$A_u = (V_a - V_r) / H \quad (IV)$$

El equilibrio entre la vida de una máquina por años y uso se alcanza el año:

$$n = H / h \quad (V)$$

Ejemplo. Siguiendo con nuestra vendimiadora, el equilibrio entre las dos vidas límite, se alcanza el año:

$$n = 3000 / 250 = 12 \text{ años}$$

No es descabellado asumir que la vida máxima de esta máquina sea 12 años, pero en este caso para poder calcular el valor residual, tendremos que tener en consideración la nueva edad de la máquina:

$$V_r = V_a (1.13.2 - 0.165 \sqrt{12} - 0.0079 \sqrt{250})^2 = 30\,347 \text{ €}$$

Siendo la amortización por uso:

$$A_u = (160000 - 30347) / 3000 = 43.22 \text{ €/h}$$

Como se puede apreciar, esta máquina envejece más rápido por efecto de la edad que de su uso, y según este método tendríamos que tomar el valor de la amortización más grande que hemos obtenido, es decir, 48.93 €/h.

Por otra parte existe el concepto contable de amortización, que es el valor en que se deprecian los activos de maquinaria de una empresa, y que es el valor a aplicar a efectos fiscales. Aquí no vamos a entrar en este tipo de cálculo.

La amortización puede ser considerada como un coste fijo anual, si la máquina se utiliza menos horas al año que el cociente H/N , o bien un coste variable, es decir dependiente de las horas de funcionamiento de la máquina, cuando el desgaste es mayor que la obsolescencia. Por estas particularidades, la amortización es un coste que se suele desglosar por separado de los que a continuación clasificaremos como costes fijos y costes variables.

3 Costes fijos.

Bajo este concepto vamos a englobar todos aquellos costes que origina la maquinaria por el mero hecho de tenerla (costes de la propiedad) y que representan un montante anual que no depende de su uso. Los más relevantes son los debidos al interés del capital, alojamiento, seguros e impuestos.

3.1. Interés del capital invertido

En este apartado se recogen los intereses que hay que pagar a los prestamistas por el dinero solicitado para comprar las máquinas. En el caso de compra con capital propio, también se considera un coste, el equivalente a los ingresos que se hubieran obtenido invirtiendo el capital en una inversión de bajo riesgo, como podría ser deuda pública. Dependiendo del interés del dinero, se pueden fijar unos valores comprendidos entre el 3 - 10 %.

Si consideramos que la máquina se deprecia linealmente, el capital inmovilizado a lo largo de la vida de la máquina se puede calcular como la media entre el valor de adquisición y el residual. El coste horario del interés (I) para una tasa (i) se puede calcular según la expresión (VI):

$$I = i ((V_a + V_r) / 2) / h \quad (VI)$$

Ejemplo. Considerando una tasa $i = 5\%$:

$$I = 0.05 ((160\ 000 + 37\ 685) / 2) / 250 = 19.77 \text{ €/h}$$

3.2. Alojamiento

Muchas máquinas agrícolas se pueden dejar al aire libre, con lo que no tienen costes de alojamiento, pero otras como tractores, cosechadoras, etc. suelen guardarse en almacén, ocupando un espacio, lo que representa un cierto coste. Es un parámetro difícil de cuantificar. Se puede estimar como el coste de alquiler de un aparcamiento en un local ajeno. A falta de datos mejores, suele tomarse entre el 0.1 y el 1.5% del valor de adquisición.

Ejemplo. Tomando un 1 % del V_a :

$$A_j = i * V_a / h = 0.01 * 160\ 000 / 250 = 6.4 \text{ €/h}$$

3.3. Seguros e impuestos

Muchas máquinas no pagan impuestos, pero aquellas que circulan por carretera apoyadas sobre ruedas (máquinas autopropulsadas, remolques, tractores, pulverizadores semisuspendidos, etc.) suelen pagar algún seguro y/o impuesto. También puede ser interesante asegurar las máquinas contra incendio, robo, etc. Si no se dispone de información exacta, se puede tomar un valor del orden del 0.5 al 3 % del valor de adquisición.

Ejemplo, Tomando un 0.5 % del V_a :

$$SI = 0.005 * V_a / h = 0.005 * 160\ 000 / 250 = 3.2 \text{ €/h}$$

4 Costes Variables

Se incluyen en este capítulo todos aquellos costes que se originan por el hecho de hacer trabajar a la máquina, pero que no tendrían lugar si ésta estuviera parada, como es el caso del combustible, lubricantes, reparaciones, etc. Es cierto que algunos elementos requieren un pequeño mantenimiento aun cuando no funcionen, como es el caso de las baterías, elementos de goma que se degradan con la edad, etc. pero su cuantía es pequeña comparada con el coste de mantenimiento y reparaciones de una máquina en funcionamiento.

4.1. Consumo de combustible y lubricantes

El consumo de combustible de una máquina que disponga de motor propio depende fundamentalmente de la potencia nominal de éste y de la carga a que se somete al motor.

Se define la carga del motor (**CM**) como:

$$\mathbf{CM} = \text{Potencia consumida} / \text{Potencia nominal (VII)}$$

Ejemplo. Si un tractor tiene una potencia nominal de 100 kW y lo utilizamos para realizar una tarea que tan sólo consume 40 kW, la carga del motor será:

$$\mathbf{CM} = 40 / 100 = 0.4$$

Las siguientes expresiones de la ASAE pueden servirnos para estimar el consumo de combustible de una máquina, donde el consumo horario (**Q**) se expresa en L/h y la potencia nominal (**Nm**) en kW:

a) Consumo global para una máquina de la que sólo se conoce la potencia nominal:

$$\mathbf{Q} = 0.22 \mathbf{Nm} \text{ (VIII)}$$

b) Consumo global para una máquina de la que se conoce la **CM**:

$$Q = (0.22 \text{ CM} + 0.096) \text{ Nm (IX)}$$

Los valores de CM típicos se pueden obtener de la tabla 4.

Tabla 4. Coeficientes típicos de CM de máquinas autopulsadas (ASAE D497.4).

	CM
Tractor 2RM	0.35
Tractor 4RM	0.40
Cosechadoras de cereales, maíz, raíces y tubérculos	0.75
Recogedoras, picadoras, cargadoras:	0.80

Conocido el consumo, para determinar el costo del consumo de combustible basta con multiplicar el consumo horario por el precio del combustible:

Ejemplo. En nuestro caso, si suponemos que la máquina tiene una potencia de 110 kW, la **CM** = 0.75 (Tabla 4), si el precio del gasóleo agrícola es 0.9 €/L:

$$Q = (0.22 \times 0.75 + 0.096) * 110 = 28.71 \text{ L/h}$$

$$\text{Comb} = 28.71 \times 0.9 = 25.84 \text{ €/h}$$

El consumo de lubricantes tiene poca importancia en las máquinas modernas, pero una estimación aproximada podría ser 0.002 L/kW-h.

Ejemplo. En nuestro caso, si suponemos el precio de los lubricantes a 6 €/L:

$$\text{Lubr} = 0.002 * 110 * 6 \text{ €/L} = 1.32 \text{ €/h}$$

Y el coste total de combustibles y lubricantes ascendería a:

$$\text{CL} = \text{Comb} + \text{Lubr} = 25.84 + 1.32 = 27.16$$

Algunos autores (Hawkins y Buckmaster, 2015) ya introducen el coste del aditivo azul (diesel exhaust fluid) en los cálculos, pues supone un consumo del 1-3% del volumen de gasóleo consumido, y aunque los motores actuales son más eficientes, el coste debido a este aditivo hace que el coste real del combustible más el aditivo sea mayor en los tractores modernos que en los antiguos que no incorporaban esta tecnología.

3.2. Reparaciones y mantenimiento

Si bien el coste del mantenimiento periódico de una máquina se puede estimar con relativa exactitud, el apartado de reparaciones es muy aleatorio aunque claramente proporcional al número de horas trabajadas. Son escasos los estudios de costes de reparaciones de la maquinaria en España, y por ello, para tener una ligera orientación, podemos usar las fórmulas de ASAE para el mercado americano, que proporciona los costes acumulados en reparaciones y mantenimiento de la maquinaria como un porcentaje del valor de adquisición, en función de las horas acumuladas de uso (ecuación X).

$$\text{RM} = a \text{ Va} (n \text{ h} / 1000)^b \quad (\text{X})$$

donde, **a** y **b** (Tabla 5) son constantes que dependen del tipo de la máquina y el producto (**n h**) son las horas acumuladas. La fórmula se supone que es válida durante la vida estimada de la máquina, si se supera ese umbral se supone que los costes se mantienen al mismo ritmo del final de la vida estimada (figura 1).

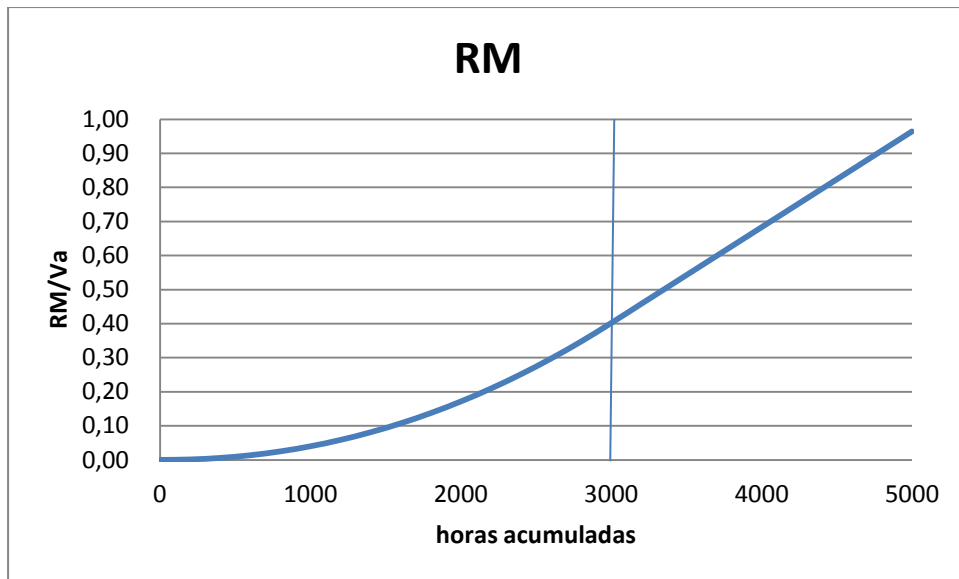


Figura 1. Evolución de los costes acumulados de reparación y mantenimiento de cosechadoras autopropulsadas (tanto por uno del Va).

Tabla 5. Reparaciones y mantenimiento a cumulados de las (ASAE D497.4)

	H (horas)	a	b	RM a H horas (%Va)
tractor 4 RM y tractor cadenas	16000	0.003	2.0	80
tractor 2RM y motores estacionarios	12000	0.007	2.0	100
arado vertedera	2000	0.29	1.8	100
chisel	2000	0.28	1.4	75
cultivador	2000	0.27	1.4	70
fresadora	1500	0.36	2.0	80
sembradora	1500	0.32	2.1	75
cosechadoras cereales autopropulsada	3000	0.04	2.1	40
segadora rotativa	2000	0.44	2.0	175
empacadora convencional	2000	0.23	1.8	80
empacadora grandes pacas prismáticas	3000	0.1	1.8	75
empacadora rotativa	1500	0.43	1.8	90
cosechadora remolacha azucarera	1500	0.59	1.3	100
cosechadora patatas arrastrada	2500	0.19	1.4	70
abonadora	1200	0.63	1.3	80
pulverizador de barra horizontal	1500	0.41	1.3	70
pulverizador hidroneumático	2000	0.2	1.6	60
remolque	3000	0.19	1.3	80

Ejemplo. Podemos asimilar la vendimiadora autopropulsada a una cosechadora de cereales autopropulsada, con lo que el valor de **RM** será:

$$RM = 0.04 \cdot 160\,000 (10 \cdot 250 / 1000)^{2.1} = 43\,838 \text{ €}$$

Y el coste horario: $RM / (n \text{ h}) = 43\,838 / 2500 = 17.54 \text{ €/h}$

3.3. Mano de obra.

Debe considerarse la mano de obra necesaria tanto para conducir la máquina, como para tenerla a punto, por ello normalmente se debe mayorar el tiempo del conductor en un 10 a un 20% respecto al tiempo que la máquina está en uso. Por otra parte, el salario que cobra un conductor puede ser ligeramente superior al de un obrero no cualificado.

Ejemplo: Supongamos que por cada hora de trabajo de una máquina hacen falta 6 minutos para operaciones de entretenimiento, es decir un 10%, el coste de la mano de obra, suponiendo un precio de 10 €/h, será:

$$MO = 10 (1 + 0.1) = 11 \text{ €/h}$$

3.4. Otras máquinas

Si nuestra máquina precisara de otra para su funcionamiento, por ejemplo de un tractor, habría que añadir aquí dicho coste.

5 Resumen

Resumiendo tenemos los siguientes costes, aplicados al ejemplo que hemos seguido:

RESUMEN	euro/h	%
Amortización	48,93	37
Intereses	19,77	15
Alojamiento	6,40	5
Segur. e imp.	3,20	2
Combustible	25,84	19
Lubricante	1,32	1
Rep. y mant.	17,54	13
Mano obra	11,00	8
Otras máquinas	0,00	0
COSTE HORARIO	133,99	100
COSTE ANUAL.	33497	euro/año

Y en la gráfica siguiente tenemos la simulación de costes en función del uso anual (h).

