



# Prontuario de teoría para el cálculo del costo directo en construcción

Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez





# Presentación

Como apoyo auxiliar para los alumnos que cursan la asignatura Recursos de la Construcción, se presenta este *Prontuario de teoría para el cálculo del costo directo en construcción*.

En él, los alumnos encontrarán de manera expedita lo relativo a la teoría para el cálculo de los costos de los elementos que integran el costo directo de los conceptos de obra: Mano de Obra, Materiales y Maquinaria.

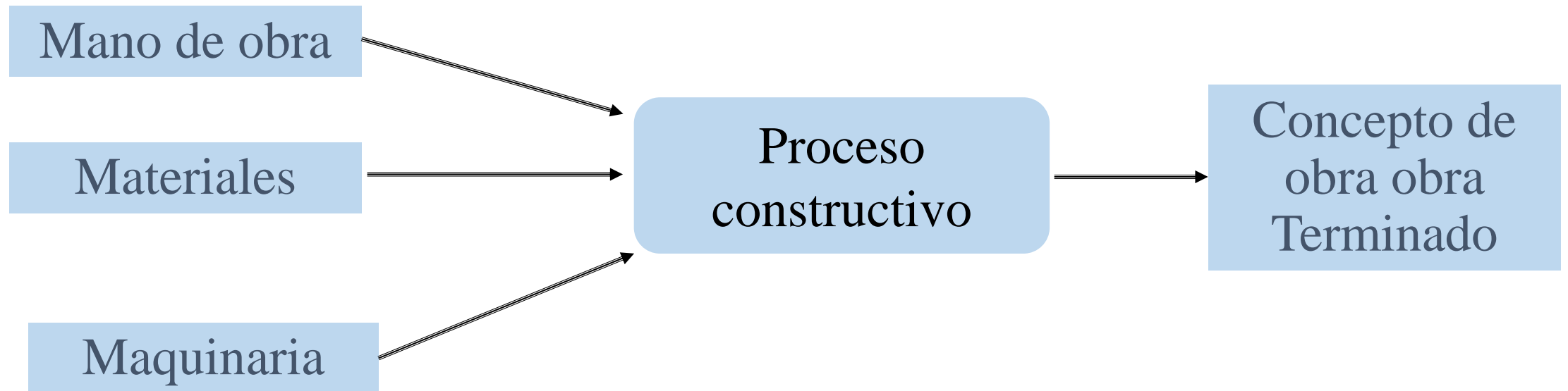
El prontuario no exime de su estudio, ni sustituye los apuntes que sobre el tema ha escrito el autor: *Costos y Precios Unitarios*, simplemente es una guía para encontrar y repasar de una manera más ágil los conceptos involucrados en el tema.

Serán de mucha utilidad los comentarios y sugerencias para ir mejorando de manera continua las siguientes ediciones del presente prontuario.

Agosto del 2023.



La representación gráfica para el caso de una obra se puede particularizar para cada uno de los conceptos que la conforman como sigue:



Al costo de los insumos o recursos necesarios para la construcción de una obra: Mano de obra, Materiales y Maquinaria, se le llama Costo Directo





# Costo directo de mano de obra

Se calcula con la expresión:  $MO = \frac{S_r}{R}$

En la cual:

$MO$  = Costo directo por concepto de mano de obra.

$S_r$  = Salario real del trabajador o grupo de trabajadores que ejecutan el concepto de obra.

$R$  = Rendimiento o unidades de obra que ejecuta el trabajador o grupo de trabajadores en una jornada normal de trabajo.





# Unidades del costo directo

$$MO = \frac{\frac{\$}{\text{jor}}}{\frac{\text{unidad de obra}}{\text{jor}}} = \frac{\$}{\text{unidad de obra}}$$

La expresión anterior también puede escribirse como:

$$MO = \frac{1}{R} \times S_r$$

Revisando unidades:

$$MO = \frac{\text{jornada}}{\text{unidad de obra}} \times \frac{\$}{\text{jornada}} = \frac{\$}{\text{unidad de obra}}$$





## Salario Real, Sr.-

Es el salario que realmente le cuesta al patrón

Es igual al Salario Base incrementado por los beneficios que la Ley Federal del Trabajo, la Ley del Seguro Social y la Ley del Infonavit otorgan al trabajador.

$$S_r = S_{base} + \Delta S_{base}$$

$$S_r = S_{base} (1 + \Delta)$$

Si llamamos factor de salario real,  $F_{sr}$ , al factor  $(1 + \Delta)$ :

$$S_r = S_{base} \times F_{sr}$$

El salario base, es el salario diario que se paga a los trabajadores en el mercado de la construcción en el lugar donde se ejecutará la obra.







# Cálculo del factor de salario real, $F_{sr}$

$$F_{sr} = \frac{T_p}{T_l} + ps \frac{T_p}{T_l}$$

Donde:

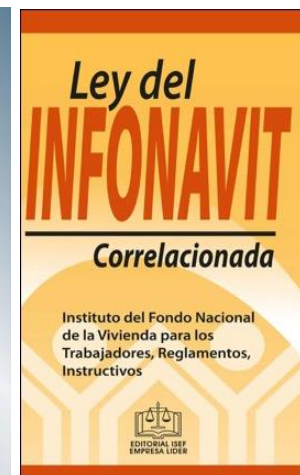
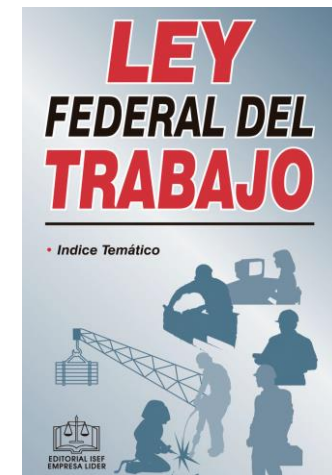
$T_p$  = Días realmente pagados en un año calendario.

$T_l$  = Días realmente trabajados en un año calendario.

$ps$  = Porcentaje, expresado en forma decimal del importe del pago de las cuotas correspondientes al IMSS e INFONAVIT, sobre el salario base de cotización, SBC.

Siendo:

$$SBC = \text{Salario Base} \frac{\text{Días pagados al año}}{\text{Días calendario}}$$





# Cálculo de $\frac{T_p}{T_l}$

Días realmente pagados en un año calendario

Concepto	Días	Justificación
Días del año	365	
Aguinaldo	15	Art. 87 Ley Federal del Trabajo
Prima vacacional 25% x 12 días	3	Art. 80 Ley Federal del Trabajo
Suma = $T_p$	383	

Por tanto:

$$\frac{T_p}{T_l} = \frac{383}{285} = 1.3439$$

Días realmente trabajados en un año calendario

Concepto	Días	Días	Justificación
Días del año		365	
Séptimo día	52		Art. 69 LFT
Descanso por ley	7		Art. 74 LFT
Vacaciones	12		Art. 76 LFT
Enfermedad no profesional	3		
Por costumbre	3		
Por mal tiempo y otros	3		
Suma días no laborados		80	
Suma= $T_l$		285	





# Cuotas del IMSS e INFONAVIT

Cuota		Patrón	Trabajador
Enfermedades y maternidad	Especie	1.05% 20.40% UMA 1.10% (SBC-3UMA)	0.375%  0.40% (SBC-3UMA)
	Dinero	0.70 %	0.25%
Riesgos de trabajo		7.58875%	-----
Invalidez y vida		1.75%	0.625%
Retiro		2.00%	-----
Cesantía y vejez		4.241%*	1.125%
Guardería y prestaciones sociales		1.00%	-----
INFONAVIT		5.00%	-----

\*Variable según el SBC y el año (Ver página siguiente).

## Notas:

1. Valor de la UMA para 2023 = \$103.74
2. Donde no se indica lo contrario, los porcentajes son sobre el SBC.
3. En la tabla no se han incluido los porcentajes que aporta el estado.



# Cuota de cesantía en edad avanzada y vejez

La cuota patronal prevista en el artículo 168, fracción II, inciso a), de la Ley del Seguro Social, será aplicable de manera gradual, a partir del 1 de enero de 2023, de conformidad con la siguiente tabla:

Salario base de cotización	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0SM*	3.150%	3.150%	3.150%	3.150%	3.150%	3.150%	3.150%	3.150%
1.01 SM a 1.50 UMA**	3.281%	3.413%	3.544%	3.676%	3.807%	3.939%	4.070%	4.202%
1.51 a 2.00 UMA	3.575%	4.000%	4.426%	4.851%	5.276%	5.701%	6.126%	6.552%
2.01 a 2.50 UMA	3.751%	4.353%	4.954%	5.556%	6.157%	6.759%	7.360%	7.962%
2.51 a 3.00 UMA	3.869%	4.588%	5.307%	6.026%	6.745%	7.464%	8.183%	8.902%
3.01 a 3.50 UMA	3.953%	4.756%	5.559%	6.361%	7.164%	7.967%	8.770%	9.573%
3.51 a 4.00 UMA	4.016%	4.882%	5.747%	6.613%	7.479%	8.345%	9.211%	10.077%
4.01 UMA en adelante	4.241%	5.331%	6.422%	7.513%	8.603%	9.694%	10.784%	11.875%

\*Salario Mínimo

\*\*Unidad de Medida y Actualización



# Ejemplo 1.- Cálculo del Fasar

Calcular el factor de salario real de un trabajador con Salario base = \$500.00

$T_p$	
Concepto	Días
Días del año	365
Aguinaldo	15
Prima vacacional 25% x 12 días	3
Suma = $T_p$	383

$T_l$		
Concepto	Días	Días
Días del año		365
Séptimo día	52	
Descanso por ley	7	
Vacaciones	12	
Enfermedad no profesional	3	
Por costumbre	3	
Por mal tiempo y otros	3	
Suma días no laborados		80
Suma= $T_l$		285

a) Considerando únicamente las cuotas que paga el patrón

Suma de porcentajes que se aplican al SBC\* = 23.32975%

\*Para cesantía en edad avanzada y vejez, dado que el SBC es superior a 4.01 veces, se tomó el valor de 4.241%

Importe

$$\begin{aligned} &= 23.32975\%(524.66) + 20.40\% (103.74) \\ &+ 1.10 (524.66 - 3 \times 103.74) = \$145.91 \end{aligned}$$

$$ps = \frac{\$145.91}{524.66} = 0.2781$$

$$Fsr = 1.3439 + 0.2781 \times 1.3439 = 1.7176$$

$$\frac{T_p}{T_l} = \frac{383}{285} = 1.3439$$

$$SBC = \frac{383}{365} \times 500 = \$524.66$$

$$UMA_{2023} = \$103.74$$





## Ejemplo 2.- Cálculo del Fasar

b) Considerando que el patrón paga las cuotas correspondientes al trabajador

$$\text{Importe de cuotas del trabajador} = 2.375\%(524.66) + 0.40 (524.66 - 3 \times 103.74)$$

$$\text{Importe cuotas trabajador} = 12.46 + 0.85 = \$13.31$$

$$\text{Suma importe cuotas obrero - patronal} = \$145.91 + \$13.31 = \$159.22$$

$$ps = \frac{\$159.22}{524.66} = 0.3035$$

$$Fsr = 1.3439 + 0.3035 \times 1.3439 = 1.7518$$



# Ejemplo 3.- Cálculo del Fasar

Cuando se tiene en un presupuesto la participación de varios trabajadores, la manera individual de hacer los cálculos como en los ejemplos 1 y 2, no es práctica; se recomienda hacerlo en una tabla Excel como la que se muestra.

No.	Categoría	Salarios resto del país	Factor veces salario mínimo	Salario Base	Salario Base de Cotización n= 1.04932* base	ENFERMEDADES Y MATERNIDAD										SUMA	ps= SUMA/SBC	Tp/Ti	ps(Tp/Ti)	Fsr	
						Especie	Dinero	Cuota fija	Cuota variable	Riesgos de trabajo	Invalidez y vida	Retiro	Cesantía y vejez		Guarderías						Infonavit
						1.05%	0.70%	20.40%	1.10%	7.58875%	1.75%	2.00%	%	Importe	1.00%						5.00%
s/n	Peón (mínimo)	\$207.44	1.0000	\$433.41	\$454.79	\$4.78	\$3.18	\$21.16	\$1.58	\$34.51	\$7.96	\$9.10	4.241%	\$19.29	\$4.55	\$22.74	\$128.84	0.283304	1.3439	0.3807	1.7246
1	Albañilería, oficial de	\$239.31	1.1536	\$500.00	\$524.66	\$5.51	\$3.67	\$21.16	\$2.35	\$39.82	\$9.18	\$10.49	4.241%	\$22.25	\$5.25	\$26.23	\$145.91	0.278109	1.3439	0.3737	1.7176
3	Buldozer y/o traxcavo, operador(a) de	\$250.70	1.2085	\$523.80	\$549.63	\$5.77	\$3.85	\$21.16	\$2.62	\$41.71	\$9.62	\$10.99	4.241%	\$23.31	\$5.50	\$27.48	\$152.01	0.276573	1.3439	0.3717	1.7155
6	Carpintero(a) de obra negra	\$239.31	1.1536	\$500.00	\$524.66	\$5.51	\$3.67	\$21.16	\$2.35	\$39.82	\$9.18	\$10.49	4.241%	\$22.25	\$5.25	\$26.23	\$145.91	0.278109	1.3439	0.3737	1.7176
7	Carpintero(a) en la fabricación y reparación de muebles, oficial	\$235.37	1.1346	\$491.77	\$516.02	\$5.42	\$3.61	\$21.16	\$2.25	\$39.16	\$9.03	\$10.32	4.241%	\$21.88	\$5.16	\$25.80	\$143.80	0.278675	1.3439	0.3745	1.7184
10	Colocador(a) de mosaicos y azulejos, oficial	\$234.53	1.1306	\$490.01	\$514.18	\$5.40	\$3.60	\$21.16	\$2.23	\$39.02	\$9.00	\$10.28	4.241%	\$21.81	\$5.14	\$25.71	\$143.35	0.278798	1.3439	0.3747	1.7185
11	Construcción de edificios y casas habitación, yesero(a) en	\$223.35	1.0767	\$466.65	\$489.67	\$5.14	\$3.43	\$21.16	\$1.96	\$37.16	\$8.57	\$9.79	4.241%	\$20.77	\$4.90	\$24.48	\$137.36	0.280525	1.3439	0.3770	1.7208
16	Chofer de camión de carga en general	\$244.22	1.1773	\$510.26	\$535.42	\$5.62	\$3.75	\$21.16	\$2.47	\$40.63	\$9.37	\$10.71	4.241%	\$22.71	\$5.35	\$26.77	\$148.54	0.277429	1.3439	0.3728	1.7167
17	Chofer de camioneta de carga en general	\$237.30	1.1439	\$495.80	\$520.25	\$5.46	\$3.64	\$21.16	\$2.30	\$39.48	\$9.10	\$10.41	4.241%	\$22.06	\$5.20	\$26.01	\$144.84	0.278395	1.3439	0.3741	1.7180
18	Chofer operador(a) de vehículos con grúa	\$228.27	1.1004	\$476.93	\$500.46	\$5.25	\$3.50	\$21.16	\$2.08	\$37.98	\$8.76	\$10.01	4.241%	\$21.22	\$5.00	\$25.02	\$140.00	0.279744	1.3439	0.3759	1.7198
19	Draga, operador(a) de	\$253.01	1.2197	\$528.62	\$554.70	\$5.82	\$3.88	\$21.16	\$2.68	\$42.09	\$9.71	\$11.09	4.241%	\$23.52	\$5.55	\$27.73	\$153.25	0.276278	1.3439	0.3713	1.7151
20	Ebanista en fabricación y reparación de muebles, oficial	\$238.76	1.1510	\$498.85	\$523.45	\$5.50	\$3.66	\$21.16	\$2.33	\$39.72	\$9.16	\$10.47	4.241%	\$22.20	\$5.23	\$26.17	\$145.62	0.278187	1.3439	0.3738	1.7177
21	Electricista instalador(a) y reparador(a) de instalaciones eléctricas, oficial	\$234.53	1.1306	\$490.01	\$514.18	\$5.40	\$3.60	\$21.16	\$2.23	\$39.02	\$9.00	\$10.28	4.241%	\$21.81	\$5.14	\$25.71	\$143.35	0.278798	1.3439	0.3747	1.7185
29	Herrería, oficial de	\$231.50	1.1160	\$483.68	\$507.54	\$5.33	\$3.55	\$21.16	\$2.16	\$38.52	\$8.88	\$10.15	4.241%	\$21.52	\$5.08	\$25.38	\$141.73	0.279250	1.3439	0.3753	1.7191
40	Pintor(a) de casas, edificios y construcciones en general, oficial	\$229.94	1.1085	\$480.42	\$504.12	\$5.29	\$3.53	\$21.16	\$2.12	\$38.26	\$8.82	\$10.08	4.241%	\$21.38	\$5.04	\$25.21	\$140.89	0.279487	1.3439	0.3756	1.7195
42	Plomero(a) en instalaciones sanitarias, oficial	\$230.35	1.1104	\$481.28	\$505.02	\$5.30	\$3.54	\$21.16	\$2.13	\$38.32	\$8.84	\$10.10	4.241%	\$21.42	\$5.05	\$25.25	\$141.11	0.279424	1.3439	0.3755	1.7194
52	Soldador(a) con soplete o con arco eléctrico	\$236.80	1.1415	\$494.76	\$519.16	\$5.45	\$3.63	\$21.16	\$2.29	\$39.40	\$9.09	\$10.38	4.241%	\$22.02	\$5.19	\$25.96	\$144.57	0.278467	1.3439	0.3742	1.7181
59	Velador(a)	\$214.90	1.0360	\$449.00	\$471.14	\$4.95	\$3.30	\$21.16	\$1.76	\$35.75	\$8.25	\$9.42	4.241%	\$19.98	\$4.71	\$23.56	\$132.84	0.281950	1.3439	0.3789	1.7228
s/n	Cabo	\$285.00	1.3739	\$595.46	\$624.83	\$6.56	\$4.37	\$21.16	\$3.45	\$47.42	\$10.93	\$12.50	4.241%	\$26.50	\$6.25	\$31.24	\$170.38	0.272688	1.3439	0.3665	1.7103
s/n	Ayudante	\$218.00	1.0509	\$455.48	\$477.94	\$5.02	\$3.35	\$21.16	\$1.83	\$36.27	\$8.36	\$9.56	4.241%	\$20.27	\$4.78	\$23.90	\$134.50	0.281414	1.3439	0.3782	1.7220
s/n	Oficial herrero	\$238.00	1.1473	\$497.26	\$521.79	\$5.48	\$3.65	\$21.16	\$2.32	\$39.60	\$9.13	\$10.44	4.241%	\$22.13	\$5.22	\$26.09	\$145.21	0.278295	1.3439	0.3740	1.7178



# Tabulador de salarios

Con el factor de salario real para todas las categorías que intervendrán en la elaboración de un presupuesto, se puede elaborar el Tabulador de Salarios como sigue:

Categoría	Salario Base	Fsr	Salario Real
Peón	\$433.41	1.7246	\$747.45
Albañilería, oficial de	\$500.00	1.7176	\$858.80
Buldozer y/o traxcavo, operador(a) de	\$523.80	1.7155	\$898.60
Carpintero(a) de obra negra	\$500.00	1.7176	\$858.80
Carpintero(a) en la fabricación y reparación de muebles, oficial	\$491.77	1.7184	\$845.04
Colocador(a) de mosaicos y azulejos, oficial	\$490.01	1.7185	\$842.09
Construcción de edificios y casas habitación, yesero(a) en	\$466.65	1.7208	\$803.03
Chofer de camión de carga en general	\$510.26	1.7167	\$875.96
Chofer de camioneta de carga en general	\$495.80	1.7180	\$851.78
Chofer operador(a) de vehículos con grúa	\$476.93	1.7198	\$820.22
Draga, operador(a) de	\$528.62	1.7151	\$906.66
Ebanista en fabricación y reparación de muebles, oficial	\$498.85	1.7177	\$856.88
Electricista instalador(a) y reparador(a) de instalaciones eléctricas, oficial	\$490.01	1.7185	\$842.09
Herrería, oficial de	\$483.68	1.7191	\$831.51
Pintor(a) de casas, edificios y construcciones en general, oficial	\$480.42	1.7195	\$826.06
Plomero(a) en instalaciones sanitarias, oficial	\$481.28	1.7194	\$827.50
Soldador(a) con soplete o con arco eléctrico	\$494.76	1.7181	\$850.04
Velador(a)	\$449.00	1.7228	\$773.52
Cabo	\$595.46	1.7103	\$1,018.42
Ayudante	\$455.48	1.7220	\$784.36
Oficial herrero	\$497.26	1.7178	\$854.22





# Integración de cuadrillas

Una cuadrilla se integra por el personal que ejecutará el trabajo, más el mando intermedio (cabo) en la proporción que intervenga, según el número de trabajadores bajo su responsabilidad.

Ejemplos:

Cuadrilla No. 1

0.10 Cabo + 1 peón

Cuadrilla No. 12

0.20 Cabo + 1 Oficial albañil + 1 Ayudante albañil

Cuadrilla No. 18

0.20 Cabo + 1 Oficial fierrero + 1 Ayudante fierrero





# Costo de una cuadrilla

Para calcular el costo de una cuadrilla, bastará considerar el salario real de sus integrantes por la cantidad en la que participan.

**Ejemplo** Cuadrilla No. 12  
0.20 Cabo +1 Oficial albañil + 1 Ayudante albañil

Categoría	Unidad	Cantidad	Salario Real	Importe
Cabo	jor	0.20	\$ 1,018.42	\$ 203.68
Oficial fierrero	Jor	1.00	\$ 854.22	854.22
Ayudante fierrero	jor	1.00	\$ 784.36	784.36
SUMA				\$ 1,842.26







# Herramienta y equipo de seguridad

El costo directo por la herramienta que necesita el personal en obra (Hm), así como el equipo de seguridad (Es), se acostumbra estimar como un porcentaje del costo de la mano de obra.

Los porcentajes oscilan del 2 al 5%.

Herramienta

$$Hm = Kh \times Mo$$

Equipo de seguridad

$$Es = Ks \times Mo$$

El costo de ambos insumos puede integrarse en el costo de la cuadrilla o en el análisis del costo directo.







# Costo de una cuadrilla considerando herramienta y equipo de seguridad

**Ejemplo** Cuadrilla No. 12  
0.20 Cabo +1 Oficial albañil + 1 Ayudante albañil

Categoría	Unidad	Cantidad	Salario Real	Importe
Cabo	jor	0.20	\$ 1,018.42	\$ 203.68
Oficial fierrero	jor	1.00	\$ 854.22	854.22
Ayudante fierrero	jor	1.00	\$ 784.36	784.36
Suma Mano de Obra				<b>\$ 1,842.26</b>
Herramienta	%	5.00	\$ 1,842.26	\$ 92.11
Eqpo. de seguridad	%	2.00	\$ 1,842.26	\$ 36.85
Suma Herramienta y Equipo de seguridad				<b>\$ 128.96</b>
<b>Costo de la cuadrilla por jornada</b>				<b>\$ 1,971.22</b>



# Costo directo de mano de obra

Concepto: Acero de refuerzo del No. 3 en cimentación, incluye corte, habilitado y colocación...

Unidad: **kg**

Considerando un rendimiento  $R= 150$  kg/jor

Presentación 1.- Considerando el costo de la herramienta y equipo de seguridad fuera de la cuadrilla.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Cuadrilla No. 12 (Of fierrero+Aydte)	jor	150	\$1,842.26	\$12.28
Suma mano de obra				\$12.28
Herramienta	%	5.0	\$12.28	\$0.61
Equipo de seguridad	%	2.0	\$12.28	\$0.25
Suma herramienta y equipo de seguridad				\$0.86
Costo directo por mano de obra				<b>\$13.14</b>

Presentación 2.- Considerando el costo de la herramienta y equipo de seguridad dentro del costo de la cuadrilla.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Cuadrilla No. 12 (Of fierrero+Aydte)	jor	0.0066667*	\$1,971.22	\$13.14
Costo directo por mano de obra				<b>\$13.14</b>



# Costo directo de mano de obra

Concepto: Acero de refuerzo del No. 3 en cimentación, incluye corte, habilitado y colocación...

Unidad: **kg**

Considerando un rendimiento R= 150 kg/jor

Otra variante puede ser en cuanto a la columna de cantidad, en la cual se puede anotar el rendimiento o su recíproco; el resultado es el mismo.

## Presentación 1

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Cuadrilla No. 12 (Of fierrero+Aydte)	jor	150	\$1,971.22	\$13.14
Costo directo por mano de obra				\$13.14

## Presentación 2

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
Cuadrilla No. 12 (Of fierrero+Aydte)	jor	0.0066667*	\$1,971.22	\$13.14
Costo directo por mano de obra				\$13.14

\*recíproco de 150



# Rendimiento de la mano de obra

Se entiende por rendimiento, la cantidad de unidades de obra que un trabajador o grupo de trabajadores puede ejecutar en una jornada normal de trabajo.

$$\text{Unidades del rendimiento} = \frac{\text{Unidad de medición del concepto de obra}}{\text{jornada}}$$







# Ejemplo de rendimientos de mano de obra

CONCEPTO	CUADRILLA	RENDIMIENTO
Excavación a mano para desplante de estructuras en material "A", en seco, de 0.00 a 2.00 m de profundidad medido en banco.	0.10 cabo +1 Peón	3.00 m <sup>3</sup> / jor
Excavación a mano para desplante de estructuras en material "B" en seco, de 0.00 a 2.00 m de profundidad medido en banco.	0.10 cabo +1 Peón	1.50 m <sup>3</sup> / jor
Plantilla de concreto simple $f'c=100$ kg/cm <sup>2</sup> , fabricado en obra, de 5 cm de espesor, incluye preparación de la superficie, vaciado del concreto, vibrado, curado y terminado.	1 Oficial Albañil + 1 Ayudante	35 m <sup>2</sup> / jor
Cimbra y descimbra en zapatas de cimentación acabado común.	1 Oficial Carpintero + 1 Ayudante	8 m <sup>2</sup> / jor
Acero de refuerzo en cimentación, de 3/8" de diámetro, incluye corte, habilitado, armado, ganchos y traslapes.	1 Oficial Fierro + 1 Ayudante	0.15 ton/ jor
Colocación de malla electrosoldada 6-6-10/10 en piso.	1 Oficial Fierro + 1 Ayudante	50 m <sup>2</sup> / jor
Vaciado de concreto en cimentación, incluye vibrado y curado.	1 Oficial Albañil + 1 Ayudante	3 m <sup>3</sup> / jor
Muro de tabique rojo recocido de 14 cm de espesor, juntado con mortero cemento-arena 1:5, acabado común, hasta 3.00 m de altura.	1 Oficial Albañil + 1 Ayudante	8 m <sup>2</sup> / jor
Mampostería de piedra braza de 0.60 m de espesor, juntada con mortero cemento arena.	1 Oficial Albañil + 1 Ayudante	2 m <sup>3</sup> / jor



## Ejemplo de rendimientos de mano de obra, continuación

CONCEPTO	CUADRILLA	RENDIMIENTO
Aplanado de mezcla en muros, acabado pulido.	1 Oficial Albañil + 1 Ayudante	10 m <sup>2</sup> / jor
Tirol planchado en muros.	1 Oficial Yesero + 1 Ayudante	14 m <sup>2</sup> / jor
Colocación de loseta vinílica 2 mm de espesor.	1 Oficial Colocador + 1 Ayudante	20 m <sup>2</sup> / jor
Impermeabilización en losas planas a base de primario tapa poro, 2 capas de asfalto, 2 de fibra y acabado de pintura.	1 Oficial Impermeabilizador +1 Ayudante	17 m <sup>2</sup> / jor
Demolición a mano de elementos de concreto reforzado en cimentación.	0.10 Cabo + 1 Peón	0.66 m <sup>3</sup> / jor
Instalación y prueba de tubo de cobre tipo M de 19 mm	1 Oficial Plomero + 1 Ayudante	36 m/ jor
Instalación y prueba de tubo de cobre tipo M de 25 mm	1 Oficial Plomero + 1 Ayudante	26 m/ jor
Instalación y prueba de tubo de cobre tipo M de 32 mm	1 Oficial Plomero + 1 Ayudante	17 m/ jor
Instalación y prueba de tubo de cobre tipo M de 38 mm	1 Oficial Plomero + 1 Ayudante	13 m/ jor
Instalación y prueba de tubo de cobre tipo M de 51 mm	1 Oficial Plomero + 1 Ayudante	8 m/ jor



# Costo directo de maquinaria

Se calcula con la expresión:  $ME = \frac{P_{hm}}{R_{hm}}$

En la cual:

$ME$  = Costo directo por concepto de maquinaria.

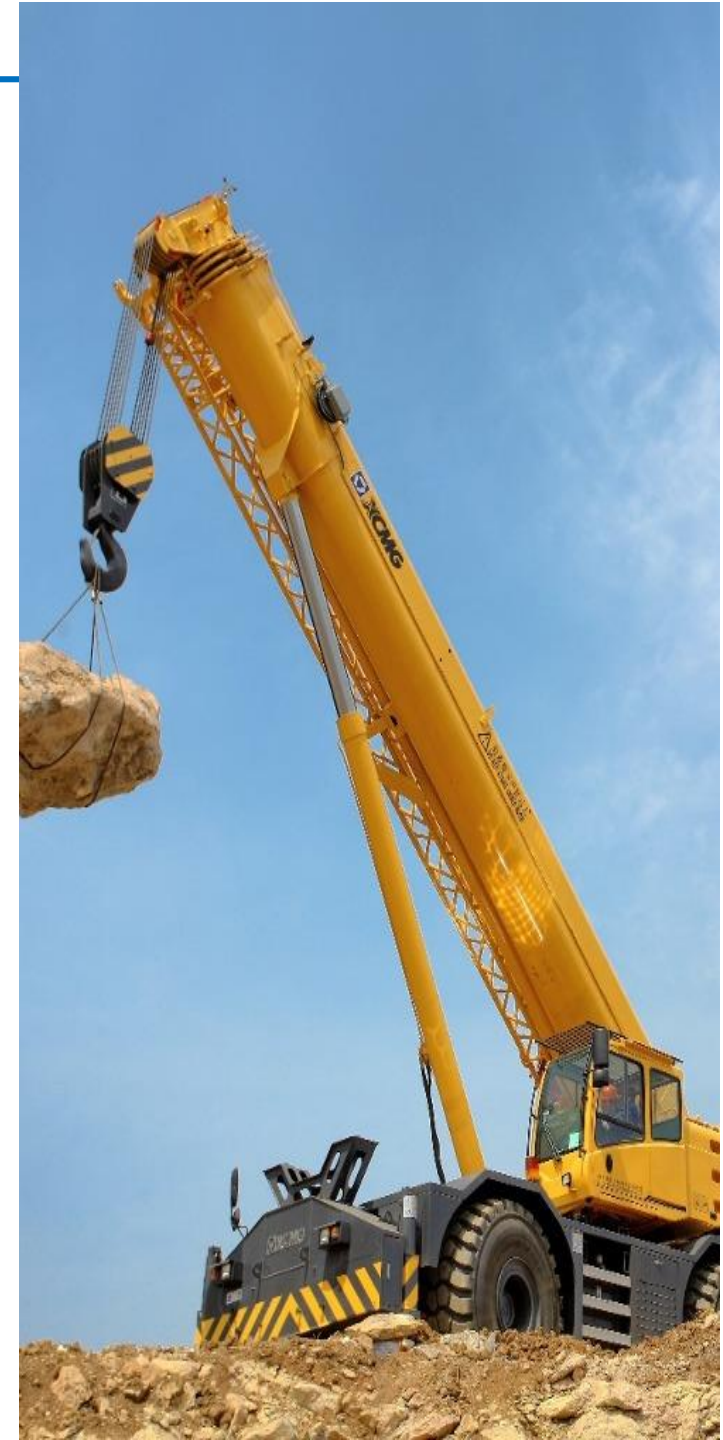
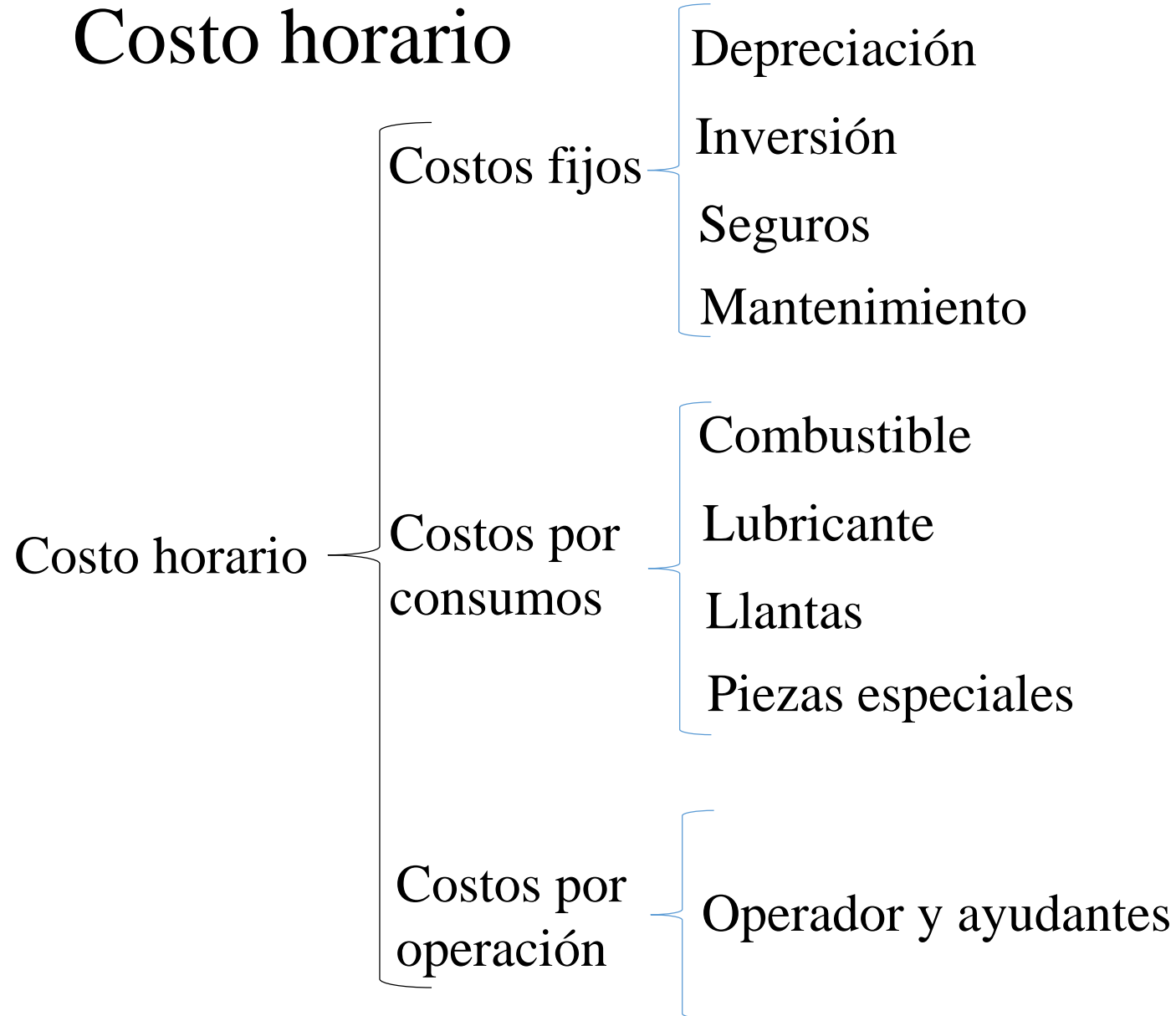
$P_{hm}$  = Costo horario de la maquinaria utilizada.

$R_{hm}$  = Rendimiento horario de la maquinaria utilizada.





# Costo horario







# Depreciación

$$D = \frac{Vm - Vr}{Ve}$$

$D$  = Depreciación horaria.

$Vm$  = Valor inicial de la máquina.

$Vr$  = Valor de rescate.

$Ve$  = Vida económica en horas.

$Vm$ , procede de una cotización de **equipo nuevo**, es igual a:

Precio de adquisición de la máquina-Precio de las llantas en caso de equipos sobre llantas.

$Vr$ , se acostumbra estimarlo como un porcentaje entre 0 y 20% de  $Vm$

$Ve$ , se fija con criterios estadísticos.





# Inversión

$$I_m = \frac{V_m + V_r}{2H_{ea}} i$$

$I_m$  = costo horario de la inversión.

$V_m$  = Valor inicial de la máquina.

$V_r$  = Valor de rescate.

$H_{ea}$  = Horas efectivas anuales promedio trabajadas en el período

$i$  = Tasa de interés anual.

Obsérvese que:

$$\frac{V_m + V_r}{2}$$

Es el capital anual promedio invertido en maquinaria si se considera una depreciación lineal

$$\frac{V_m + V_r}{2} i$$

Es el costo del capital anual promedio invertido en maquinaria





# Seguros

$$S_m = \frac{V_m + V_r}{2H_{ea}} s$$

Este cargo es semejante al de inversión, solo que en lugar de la tasa anual de interés, se considera la prima anual por seguros.

$S_m$  = costo horario de seguros.

$V_m$  = Valor inicial de la máquina.

$V_r$  = Valor de rescate.

$H_{ea}$  = Horas efectivas anuales promedio trabajadas en el período

$s$  = Prima anual de seguros.





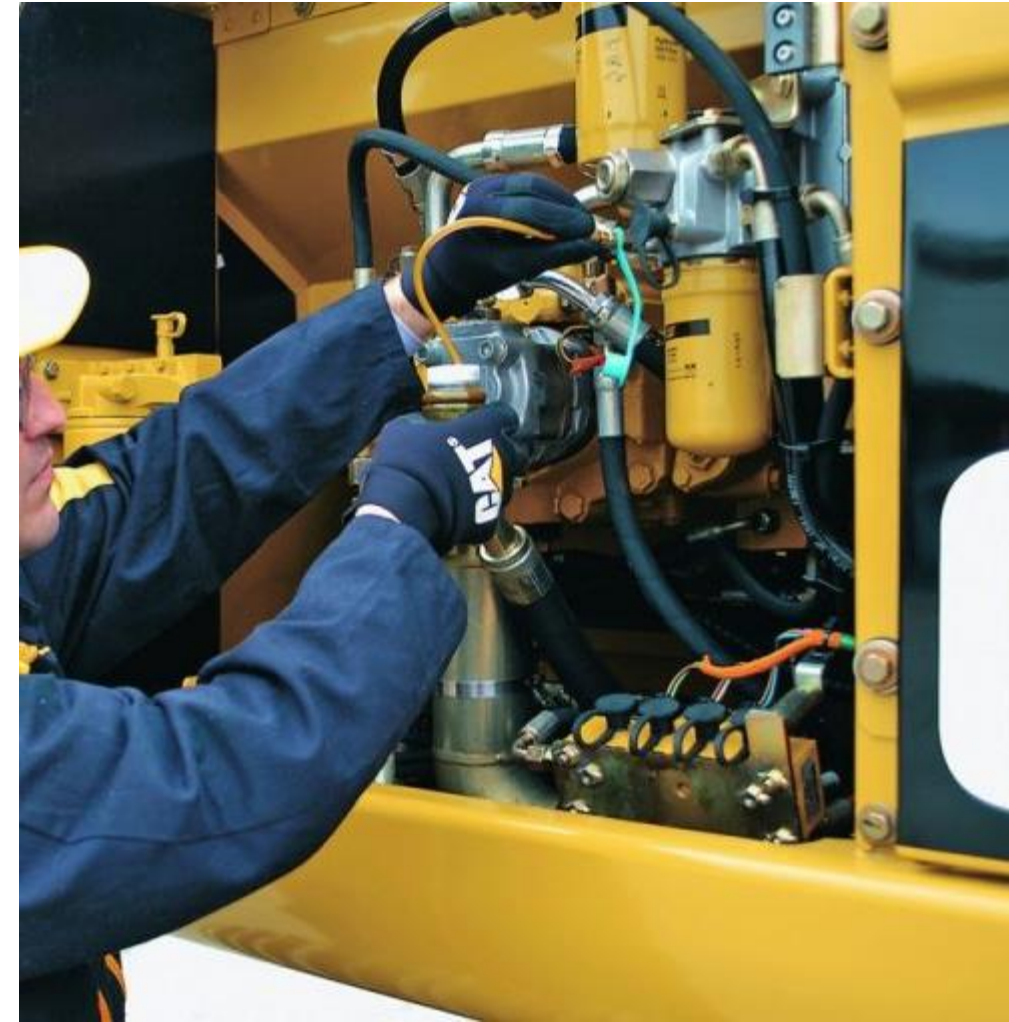
# Mantenimiento

$$M = K_o D$$

$M$  = Costo horario por mantenimiento.

$K_o$  = Coeficiente determinado por la experiencia.

$K_o$  incluye: Mantenimiento mayor y menor, preventivo y correctivo







# Ejemplo cálculo de costos fijos

Cargador frontal sobre llantas	
Precio de adquisición	\$ 5'200,000.00
Precio de las llantas	\$ 170,000.00
Vm	\$ 5'030,000.00
Valor de rescate (10%)	\$ 503,000.00
Vida económica	6 años
Horas efectivas promedio trabajadas por año	2,000
Tasa anual de interés	16%
Prima anual de seguros	5%
Factor de mantenimiento (Ko)	0.80

$$D = \frac{5'030,000 - 503,000}{12,000} = \$ 377.25$$

$$Im = \frac{5'030,000 + 503,000}{2 \times 2000} 0.16 = \$ 221.32$$

$$Sm = \frac{5'030,000 + 503,000}{2 \times 2000} 0.05 = \$ 69.16$$

$$M = 0.80 \times 377.25 = \$ 301.80$$

---

$$\text{Suma de costos fijos} = \$ 969.53$$



# Costo por combustible

La mayoría de los equipos consumen diésel o gasolina

El consumo horario de combustible ( $Gh$ ), puede calcularse en función de la potencia de operación y un coeficiente estadístico, esto es:

$$Gh = \textit{coeficiente} \times \textit{Potencia nominal} \times \textit{factor de operación}$$

$$\textit{coeficiente} \begin{cases} 0.13-0.20 \text{ para motores a diesel} \\ 0.18-0.24 \text{ para motores a gasolina} \end{cases}$$

*Potencia nominal*, establecida en las especificaciones técnicas de la máquina, dada en HP o Kw (1 Kw=1.341HP)

*factor de operación*, depende de las condiciones del trabajo que la máquina ejecuta.





Máquina	Factores de operación referidos a las aplicaciones típicas de trabajo		
	Bajo	Medio	Alto
Tractores sobre orugas y sobre ruedas, motoconformadoras, cargadores de cadenas, compactadores de suelos	0.35-0.50	0.50-0.65	0.65-0.80
Excavadoras y retroexcavadoras-cargadoras, camiones articulados	0.20-0.30	0.30-0.40	0.40-0.50

*Fuente: Elaboración propia con datos del Manual de Rendimiento Caterpillar Versión 39.*

#### **Descripción de las aplicaciones típicas**

(respecto a la aplicación de trabajo)

**Bajo** Remolque de traillas y en faenas agrícolas con implementos en la barra de tiro, amontonamiento, apilamiento de carbón. Sin impactos. Operación intermitente a plena aceleración.

**Medio** Trabajo con la hoja en arcilla, arena y grava. Empuje y carga de traillas, desgarramiento en zanjas y la mayoría de aplicaciones de desmonte y arrastre de troncos. Condiciones de impacto medio. Trabajo en rellenos.

**Alto** Desgarramiento pesado en suelos rocosos. Desgarramiento en tándem. Trabajo pesado de la hoja con rocas duras. Cargas de impacto pesado y continuas.

*Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar Versión 39.*



**TABLAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y GUÍAS DEL FACTOR DE CARGA**

**TRACTORES DE CADENAS**

Modelo	Bajo		Medio		Alto	
	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.	litros	gal. EE.UU.
D3K	7,7-10,4	2,0-2,7	10,4-13,2	2,7-3,5	13,2-15,7	3,5-4,1
D4K	8,0-11,2	2,1-3,0	11,3-14,7	3,0-3,9	14,7-17,3	3,9-4,6
D5K	8,8-12,4	2,3-3,3	12,4-15,7	3,3-4,1	15,7-18,4	4,1-4,9
D5N	6,5-11,5	1,5-3,5	11,5-16,0	3,5-4,5	13,75-18,5	3,75-5,0
D6N	12,0-16,5	3,0-4,5	13,75-21,5	4,0-5,5	18,5-26,5	5,0-7,0
D6K	9,9-14,9	2,6-3,9	14,9-21,5	3,9-5,7	19,8-26,4	5,2-7,0
D6R Serie 3 (138 kW/185 hp)	13,6-19,7	3,6-5,2	19,7-25,7	5,2-6,8	25,7-31,4	6,8-8,3
D6R Serie 3 (149 kW/200 hp)	15,5-22,3	4,1-5,9	22,3-29,1	5,9-7,7	29,1-35,6	7,7-9,4
D6T (138 kW/185 hp)	15,5-22,3	4,1-5,9	22,3-28,8	5,9-7,6	28,8-35,6	7,6-9,4
D6T (149 kW/200 hp)	15,9-22,7	4,2-6,0	22,7-29,5	6,0-7,8	29,5-36,3	7,8-9,6
D7G	16,0-22,5	4,5-6,0	22,5-29,0	6,0-8,0	29,0-35,5	8,0-9,5
D7R Serie 2	—	—	24,6-31,4	6,5-8,3	31,4-39,0	8,3-10,3
D8R	22,5-32,0	6,0-8,5	32,0-41,5	8,5-11,0	41,5-51,0	11,0-13,5
D8T Tier 3	23,5-33,7	6,2-8,9	33,7-43,5	8,9-11,5	43,9-53,7	11,6-14,2
D9T Tier 3	30,3-43,1	8,0-11,4	43,1-56,4	11,4-14,9	56,4-69,3	14,9-18,3
D10T	42,8-60,1	11,3-16,1	60,1-79,5	16,1-21,0	79,5-97,7	21,0-25,8
D11R	61,0-87,0	16,5-23,0	87,0-113,0	23,0-30,0	113,0-139,5	30,0-37,0
D11T	59,0-84,4	15,6-22,3	84,4-109,8	22,3-29,0	109,8-135,1	29,0-35,7

\*La información sobre consumo de combustible del D7G se basa en un motor con cámara de precombustión. El consumo de combustible de un D7G con un motor de inyección directa debiera ser un 10% menos.

*Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar Versión 39.*





# Ejemplo cálculo del consumo horario de combustible

Tractor D8 R  
Motor a diésel

Coefficiente = 0.20

Potencia nominal = 310 HP

Factor de operación = 0.65

$$Gh = 0.13 \times 310 \times 0.65 = 26.2 \frac{l}{h}$$

$$Gh = 0.20 \times 310 \times 0.65 = 40.3 \frac{l}{h}$$

El segundo valor está dentro del rango que muestra la tabla de consumos de combustible de Caterpillar.

NOTA: Como referencia, la CMIC considera para un tractor D8T de 310HP, un consumo horario de diésel de **28** litros.





# Costo por combustible

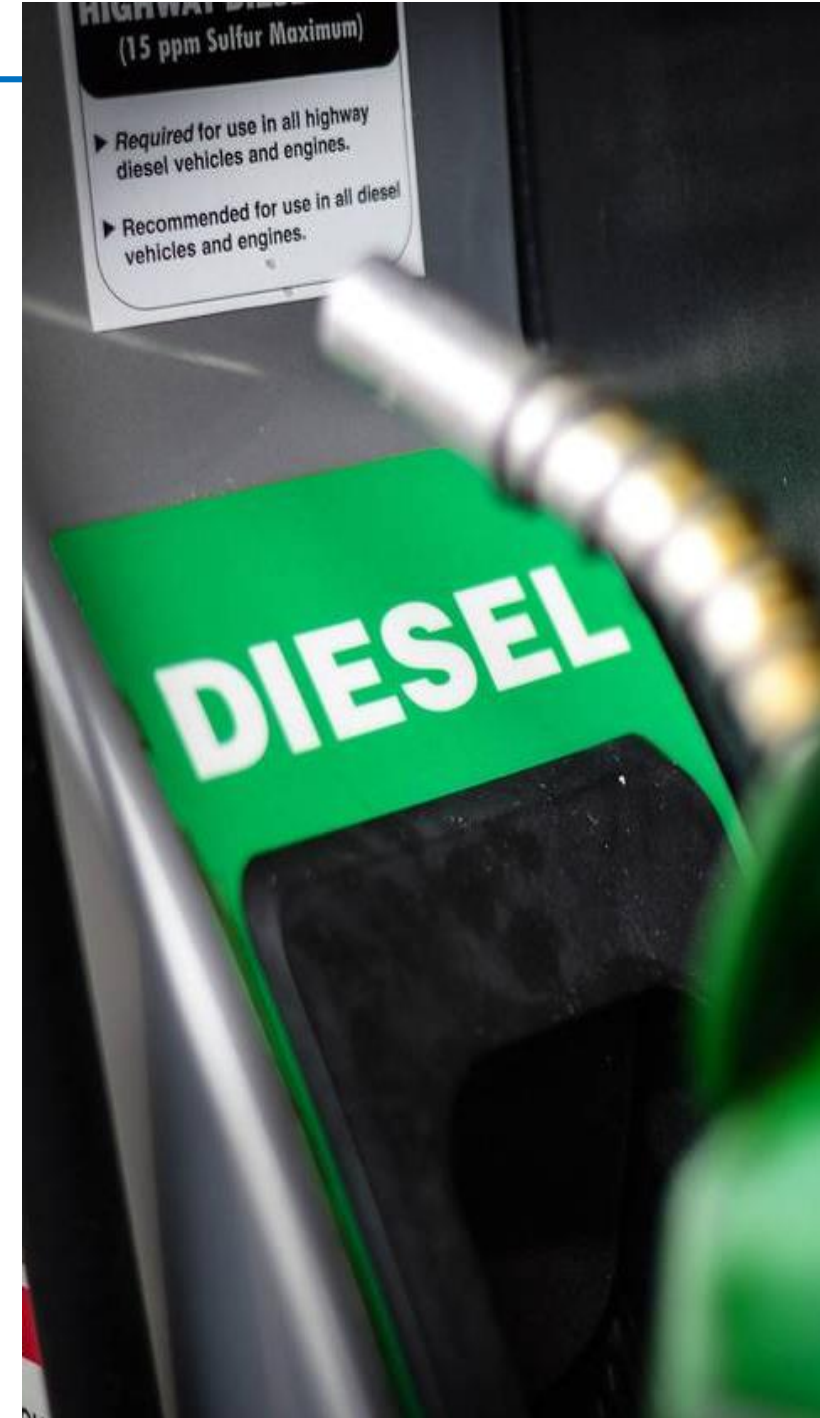
Conocido el consumo horario de combustible, bastará con multiplicarlo por el costo por litro del combustible **puesto a pie de máquina** para obtener el costo horario por este concepto.

$$C_o = G_h \times P_c$$

$C_o$  = Costo horario por concepto de combustible.

$G_h$  = Consumo horario de combustible.

$P_c$  = Precio del combustible.





# Costo por lubricante

El lubricante que se considera es únicamente el del motor.

Para calcular el consumo horario se toman dos componentes:

- 1 El aceite consumido por hora efectiva de trabajo ( $Ah$ )
- 2 El consumo debido a los cambios sucesivos ( $Ga$ )

1  $Ah = \text{coeficiente} \times \text{Potencia nominal} \times \text{factor de operación}$

2  $Ga = \frac{\text{capacidad del cárter}}{\text{tiempo entre cambios sucesivos}}$

$\text{coeficiente} \left\{ \begin{array}{l} 0.003 \text{ para motores hasta } 100 \text{ HP} \\ 0.0035 \text{ para motores de más de } 100 \text{ HP} \end{array} \right.$





La capacidad del cárter se obtiene de las especificaciones de la máquina.  
La tabla muestra la capacidad del cárter de algunos equipos de la marca Caterpillar.

Máquina	Potencia nominal (HP)	Capacidad del cárter (l)
Tractor D8	325	38
Tractor D7	265	28
Tractor D6	185	28
Motoconformadora 140	183	25
Camión articulado 730	367	38
Cargador frontal 924K	141	19.5
Cargador frontal 938K	188	19.5
Excavadora 320 GC	143	15
Motoescrepa 621	407	30.58



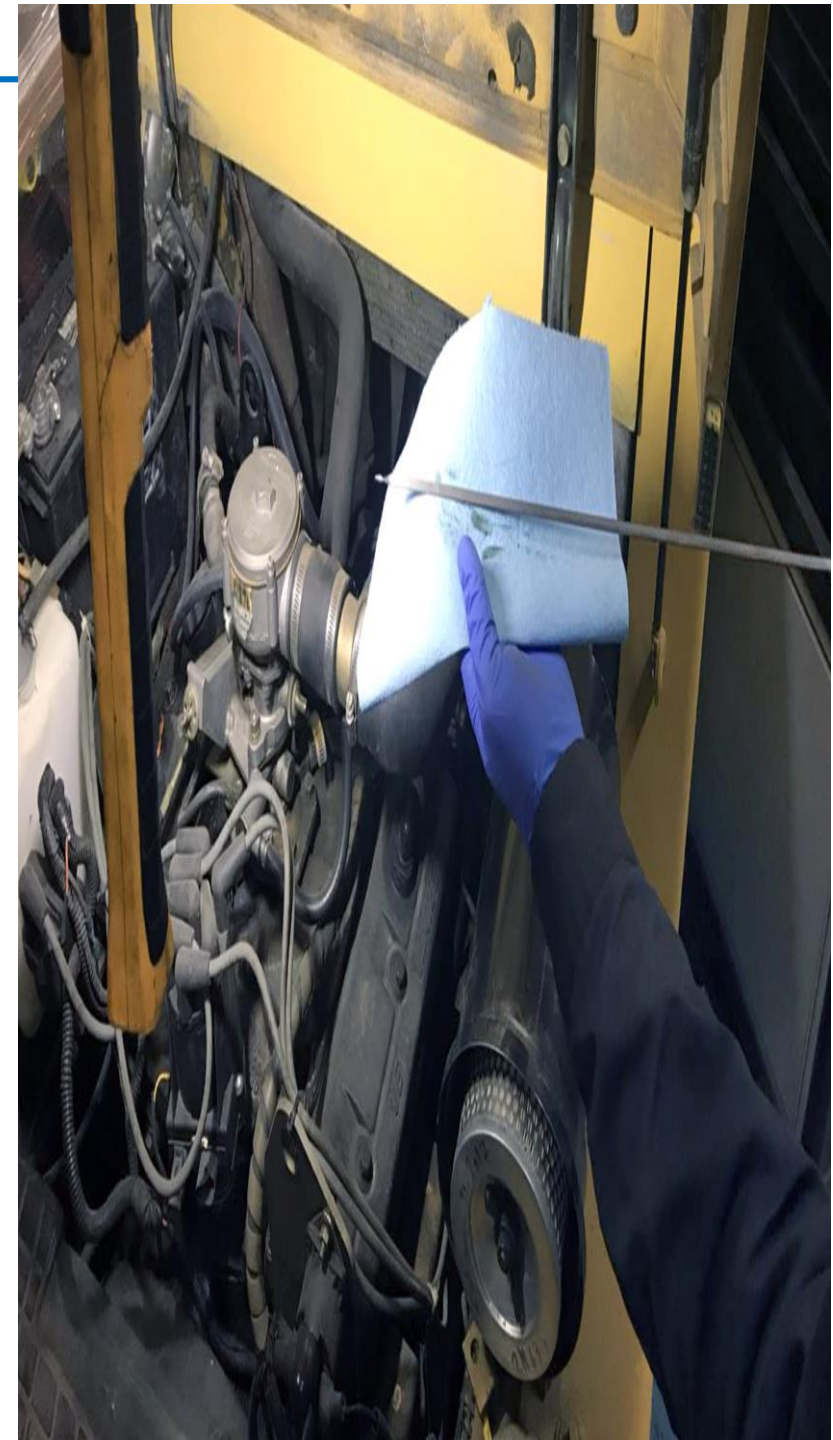


El tiempo entre cambios sucesivos de aceite motor, debe ser conforme al manual de operación y mantenimiento de la máquina que se trate.

Es usual hacerlo entre 150 y 200 horas o hasta 250 horas, dependiendo del entorno donde trabaje la máquina.

Conocido el consumo horario, basta multiplicarlo por el precio del litro de aceite especificado en el manual de mantenimiento, para obtener el costo de lubricante por hora:

$$Lb = (Ah + Ga) * Pa$$





# Costo por llantas

Se considera en este rubro únicamente el costo por la amortización de las llantas, esto es, cuánto costaron y en cuántas horas se recuperará este costo.

$$Vn = \frac{Pn}{N}$$

$Vn$  = Costo horario por concepto de llantas.

$Pn$  = Precio de las llantas **consideradas nuevas**.

$N$  = Vida económica de las llantas.







Referencia para  
cotizar llantas nuevas  
de equipo pesado de  
construcción

**SEBA**  
SABE DE LLANTAS

LA MÁS RENTABLE

WWW.SEBATYRES.COM

**NACCISA**

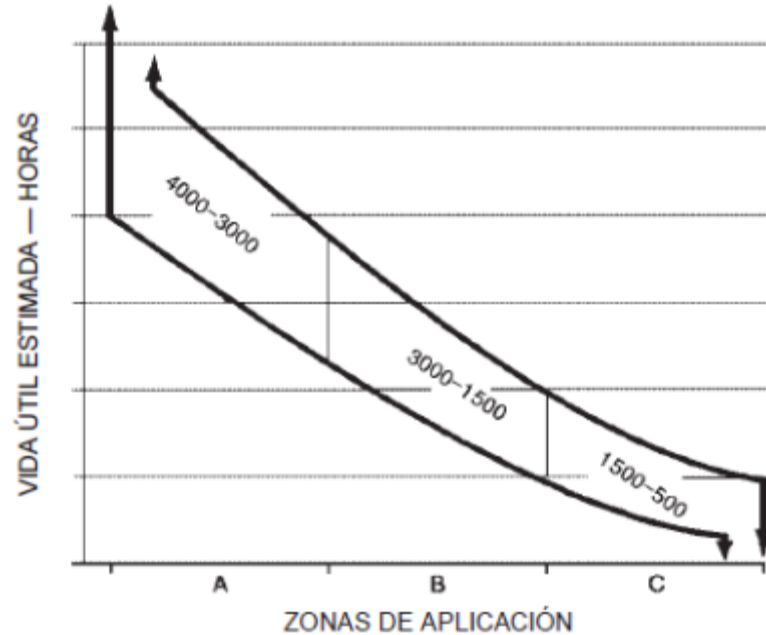
Monterrey N.L. (81) 1367-9980	Saltillo Coah. (844) 135-2150	Sabinas Coah. (861) 614-4797	Guadalajara Jal. (33) 3689-8516
Puebla Pue. (222) 644-1675	Tampico Tamps. (833) 399-6733	México D.F. (55) 4737-7695	Queretaro Qro. (442) 290-3133



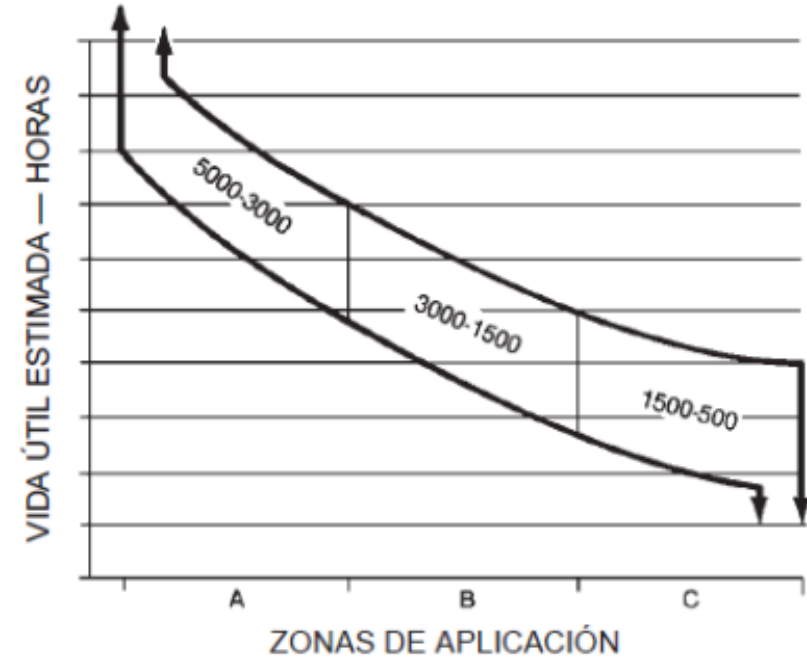


# Estimación vida útil de llantas

MOTONIVELADORAS



MOTOTRAÍLLAS



Zonas de Aplicación:

Bajo/Zona A: Casi todos los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a la abrasión.

Medio/Zona B: Algunos neumáticos se desgastan normalmente pero otros sufren fallos prematuros debido a cortes por rocas, impactos y pinchazos irreparables.

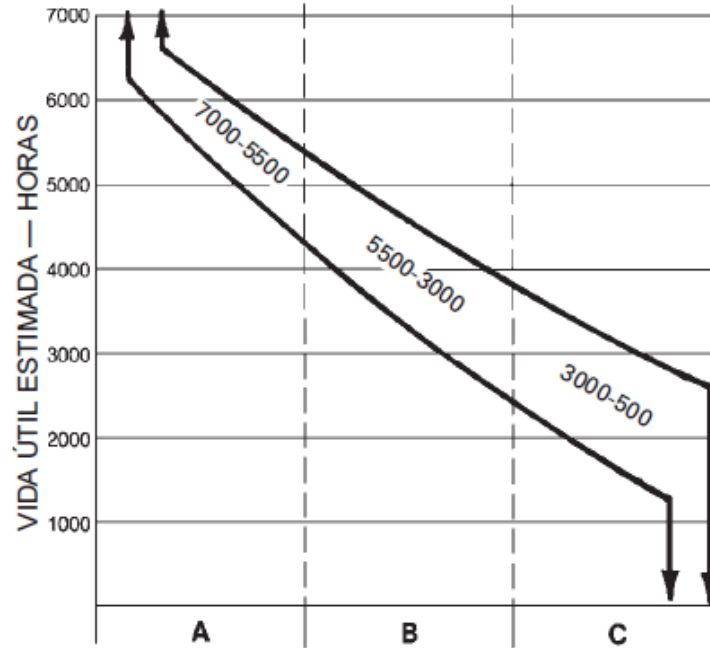
Alto/Zona C: Pocos o ninguno de los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a daños irreparables, generalmente debido a cortes por rocas, impactos y continua sobrecarga.





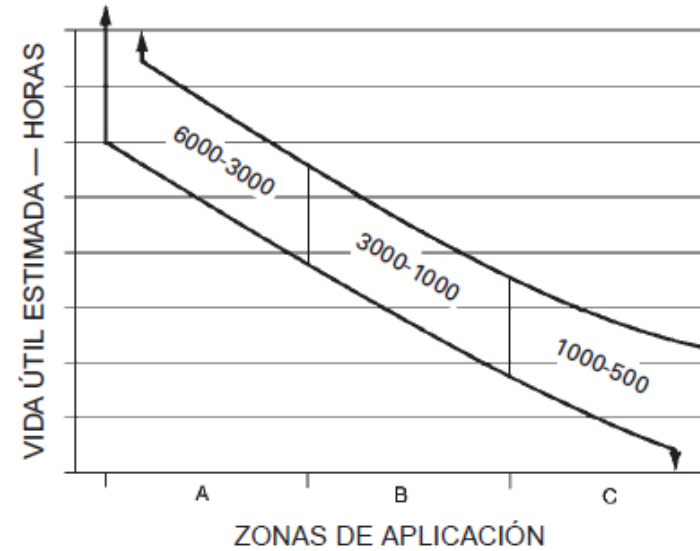
# Estimación vida útil de llantas

CAMIONES ARTICULADOS



Zonas de Aplicación: ZONAS DE APLICACIÓN

TRACTORES DE RUEDAS  
CARGADORES DE RUEDAS



Bajo/Zona A: Casi todos los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a la abrasión.

Medio/Zona B: Algunos neumáticos se desgastan normalmente pero otros sufren fallos prematuros debido a cortes por rocas, impactos y pinchazos irreparables.

Alto/Zona C: Pocos o ninguno de los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a daños irreparables, generalmente debido a cortes por rocas, impactos y continua sobrecarga.



# SISTEMA GOODYEAR PARA CALCULAR LA VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS

## VIDA ÚTIL CALCULADA DE LOS NEUMÁTICOS DE LAS UNIDADES DE ACARREO (Camiones y Traíllas)

No.	Condición	Factor
<b>I</b>	<b>Mantenimiento</b>	
	Excelente	1,090
	Promedio	0,981
	Malo	0,763
<b>II</b>	<b>Velocidades Máximas</b>	
	16 km/h ~ 10 mph	1,090
	32 km/h ~ 20 mph	0,872
	48 km/h ~ 30 mph	0,763
<b>III</b>	<b>Condiciones del Terreno</b>	
	Tierra blanda — Sin roca	1,090
	Tierra blanda — Algunas rocas	0,981
	Bien mantenido — Camino de grava	0,981
	Mal mantenido — Camino de grava	0,763
	Voladura — Rocas afiladas	0,654
<b>IV</b>	<b>Posición de las Ruedas</b>	
	Remolque	1,090
	Delantera	0,981
	Impulsora (Descarga trasera)	0,872
	(Descarga por el fondo)	0,763
	(Mototraílla)	0,654

No.	Condiciones	Factor
<b>V</b>	<b>Cargas (Ver nota VIII)</b>	
	T y RA/ETRTO* Carga recomendada	1,090
	20% Sobrecarga	0,872
	40% Sobrecarga	0,545
<b>VI</b>	<b>Curvas</b>	
	Ninguna	1,090
	Medias	0,981
	Severas	0,872
<b>VII</b>	<b>Pendientes (Neumáticos impulsores únicamente)</b>	
	Nivel	1,090
	5% máximo	0,981
	15% máximo	0,763
<b>VIII</b>	<b>Otras combinaciones varias (Ver la nota siguiente)</b>	
	Ninguna	1,090
	Media	0,981
	Severa	0,872
	(Hay que usar la <b>Condición VIII</b> cuando hay sobrecarga junto con una o más de las condiciones primarias de mantenimiento, velocidades, condiciones del terreno y curvas. La combinación de niveles severos en dichas condiciones, junto con una sobrecarga, creará una condición aún más severa que contribuirá en mayor proporción a un fallo prematuro del neumático que los factores individuales de cada condición.)	

\*Asociación de Neumáticos y Llantas/Organización Técnica Europea de Neumáticos y Llantas.



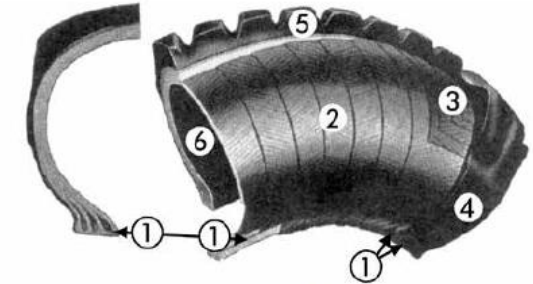
## SISTEMA GOODYEAR PARA CALCULAR LA VIDA ÚTIL DE LOS NEUMÁTICOS

Tipo de Neumático	Vida Útil Promedio Base		
	Horas	km	Millas
E-3 Banda de rodadura de lonas diagonales estándar	2510	40.400	25.100
E-4 Banda de rodadura de lonas diagonales extra	3510	56.500	35.100
E-4 Banda de rodadura radial extra	4200	67.600	42.000

Utilizando las Horas Base (o km), multiplique por el factor apropiado para cada condición para obtener como producto final las horas estimadas aproximadas (o km).

*Ejemplo:* Un camión de obras equipado con neumáticos impulsores E-4 trabajando en un camino de acarreo bien mantenido con curvas fáciles y pendientes mínimas y recibiendo una atención de mantenimiento del neumático “promedio” pero con sobrecargado de un 20%:

Condición: I II III IV V VI VII VIII  
 Factor:  $0,981 \times 0,872 \times 0,981 \times 0,872 \times 0,872 \times 0,981 \times 0,981 \times 0,981$   
 $\times 3510$  horas base = 2114 horas (digamos 2100 horas)



Construcción de bandas diagonales

3. *Bandas de rodadura: si se utilizan, están confinadas a la zona de rodadura del neumático y tienen como finalidad mejorar la resistencia de la carcasa y proporcionar mayor protección a las bandas del cuerpo. Algunos neumáticos de "trabajo" emplean bandas o correas de acero para proteger aún más la carcasa.*



# Costo por piezas especiales

Corresponde al consumo por desgaste de piezas especiales durante la operación de las máquinas

$$Va = \frac{Pa}{Ae}$$

$Va$  = Costo horario por piezas especiales.

$Pa$  = Precio de la pieza especial considerada nueva.

$Ae$  = Vida económica de la pieza especial.

## Ejemplos de piezas especiales

- Dientes para botes de equipo de carga.
- Puntas para equipo de excavación y carga.
- Casquillo para ripper.
- Cuchilla para tractor.
- Esquineros o “gavilanes” para la hoja de tractores.
- Placas de impacto en equipo de trituración.





# Costo por operación

Es el costo derivado del pago de salarios al personal encargado de la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

$$P_o = \frac{S_r}{H_t}$$

$P_o$  = Costo horario por operación de la maquinaria.

$S_r$  = Salarios reales del personal encargado de operar el equipo.

$H_t$  = Horas efectivas por turno de trabajo.





# Formato típico para el cálculo del costo horario

DESCRIPCIÓN:		Fecha: _____
<b>DATOS GENERALES</b>		
PRECIO DE ADQUISICIÓN	_____	VIDA ECONÓMICA (Ve) _____ años
COSTO DE LLANTAS (Pn)	_____	POTENCIA NOMINAL MOTOR _____ HP
VALOR INICIAL (Vm)	_____	FACTOR DE OPERACIÓN _____
VALOR DE RESCATE (Vr) _____ %	_____	POTENCIA DE OPERACIÓN _____ HP
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS (Vn) h	_____	CAPACIDAD DEL CÁRTER _____ l
COSTO COMBUSTIBLE (Pc)	_____	TIEMPO ENTRE CAMBIOS DE ACEITE _____ h
COSTO LUBRICANTE (Pa)	_____	TASA ANUAL DE INTERÉS (i) _____ %
SALARIO REAL DEL OPERADOR	_____	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Hea) _____ h
SALARIO REAL AYUDANTES	_____	PRIMA DE SEGURO (s) _____ %
		FACTOR MANTENIMIENTO (Ko) _____

**I. COSTOS FIJOS:**

DEPRECIACIÓN:  $D = (V_m - V_r) / V_e = \text{-----} =$

INVERSIÓN:  $I_m = (V_m + V_r) i / (2H_{ea}) = \text{-----} =$

SEGURO:  $S_m = (V_m + V_r) s / (2H_{ea}) = \text{-----} =$

MANTENIMIENTO:  $M_n = K_o * D =$

**SUMA COSTOS FIJOS**

**II. COSTOS POR CONSUMO**

COMBUSTIBLE:  $C_o = G_h * P_c = \quad \quad \quad x \quad =$

$G_h$   $\left[ \begin{array}{l} \text{GASOLINA} = 0.24xHPxop \\ \text{DIESEL} = 0.20xHPxop \end{array} \right.$

LUBRICANTES:  $L_b =$

Potencia nominal hasta 100 HP  $A_h = 0.003xHPxop$

Potencia nominal mayor de 100 HP  $A_h = 0.0035xHPxop$

$G_a = c/t =$

LLANTAS  $N = P_n / V_n =$

PIEZAS ESPECIALES:  $A_e = P_a / V_a = \text{-----} / \text{-----} =$

OTRAS FUENTES DE ENERGÍA \_\_\_\_\_

**SUMA COSTOS POR CONSUMO**

**III. COSTOS POR OPERACIÓN**

OPERACIÓN  $P_o = S_r / H_t =$

fr = factor de rendimiento = \_\_\_\_\_

Ht = 8 horas x factor de rendimiento = \_\_\_\_\_

**SUMA COSTOS POR OPERACIÓN**

	<b>COSTO HORA MAQUINA</b>
--	---------------------------



## Prontuario para el cálculo del costo directo en construcción

# Ejemplo de cálculo del costo horario

DESCRIPCIÓN: TRACTOR D8T		Fecha: febrero 2023			
<b>DATOS GENERALES</b>					
PRECIO DE ADQUISICIÓN	\$	18,000,000	VIDA ECONÓMICA (Ve)	12000	h
COSTO DE LLANTAS (Pn)			POTENCIA NOMINAL MOTOR	310	HP
VALOR INICIAL (Vm)	\$	18,000,000	FACTOR DE OPERACIÓN	0.8	
VALOR DE RESCATE (Vr)	20 %	\$ 3,600,000	POTENCIA DE OPERACIÓN	248	HP
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS (Vn)	h	-	CAPACIDAD DEL CÁRTER	38	l
COSTO COMBUSTIBLE (Pc) diesel	\$	23.65	TIEMPO ENTRE CAMBIOS DE ACEITE	200	h
COSTO LUBRICANTE (Pa)	\$	150.00	TASA ANUAL DE INTERÉS (i)	12	%
SALARIO REAL DEL OPERADOR	\$	890.93	HORAS EFECTIVAS POR AÑO (Hea)	2000	h
SALARIO REAL AYUDANTES			PRIMA DE SEGURO (s)	5	%
			FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko)	0.9	
<b>I. COSTOS FIJOS:</b>		\$	18,000,000 - 3600000		
DEPRECIACIÓN:	$D = (Vm - Vr) / Ve =$	-----		\$	1,200.00
			12000		
		( \$	18,000,000 + 3600000 )	0.12	
INVERSIÓN:	$Im = (Vm + Vr) i / (2Hea) =$	-----		\$	648.00
			2 X 2000		
		( \$	18,000,000 + 3600000 )	0.05	\$ 270.00
SEGURO:	$Sm = (Vm + Vr) s / (2Hea) =$	-----			
			2 X 2000		
MANTENIMIENTO	$Mn = Ko * D =$	0.90	x	\$ 1,200.00	= \$ 1,080.00
				<b>SUMA CARGOS FIJOS</b>	<b>\$ 3,198.00</b>
<b>II. COSTOS POR CONSUMO</b>					
COMBUSTIBLE:	$Co = Gh * Pc =$	32.24	x	\$23.65	= \$ 762.48
Gh	GASOLINA =	0.18	x	HP	x op = 0.18 x 310 x 0.80 = 0.00
	DIESEL =	0.13	x	HP	x op = 0.13 x 310 x 0.80 = 32.24
LUBRICANTES:	$Lb = (Ah + Ga) Pa =$	( 0.868 + 0.19 )		150.00	= \$ 158.70
Potencia nominal hasta 100 HP	$Ah = 0.0030 * HP * op =$	0.0030	x	310	x 0.80 = 0.000
Potencia nominal mayor de 100 HP	$Ah = 0.0035 * HP * op =$	0.0035	x	310	x 0.80 = 0.868
	$Ga = c/t =$	38	/	200	= 0.19
LLANTAS	$N = Pn / Vn =$	\$	-	/	- = \$ -
PIEZAS ESPECIALES:	$Ae = Pa / Va =$	-----			=
OTRAS FUENTES DE ENERGÍA					
				<b>SUMA CARGOS POR CONSUMO</b>	<b>\$ 921.18</b>
<b>III. COSTOS POR OPERACIÓN</b>					
OPERACIÓN	$Po = Sr / Ht =$	\$	890.93	/	6 = \$ 148.49
fr = factor de rendimiento =	0.75				
Ht = 8 horas x factor de rendimiento =	6				
				<b>SUMA CARGOS POR OPERACIÓN</b>	<b>\$ 148.49</b>
				<b>COSTO HORA MÁQUINA</b>	<b>\$ 4,267.66</b>



# Rendimiento de la maquinaria

EQUIPO	RENDIMIENTO TEÓRICO
Cargadores	$R = \frac{CK60\eta}{t}$
Compactadores	$R = \frac{10AVEF\eta}{N}$
Draga, palas, retroexcavadoras	$R = \frac{CK60\eta}{t}$
Escarificador	$R = \frac{VA_s p \eta}{N}$
Motoconformadora	$T = \sum \frac{NiD}{Vi\eta_i}$
Motoescrepa	$R = \frac{C60\eta}{t}$
Tractor	$R = \frac{CK60\eta}{t}$ <p>Donde una manera de calcular la capacidad de la hoja es:</p> $C = \frac{LH^2}{2 \tan \phi}$

- I*, Factor para homogenizar unidades.
- A*, Ancho de compactación.
- A<sub>s</sub>*, Ancho del surco labrado por el diente del arado, cuando el equipo escarificador esté formado por varios dientes, el valor de "a" será el ancho efectivo de la faja roturada por el arado.
- C*, Capacidad nominal de la herramienta de trabajo (hoja, bote, caja).
- D*, Distancia recorrida en cada pasada, expresada en kilómetros. Debe determinarse de acuerdo con la naturaleza del trabajo.
- E*, Espesor de capa por compactar en centímetros.
- F*, Factor de traslape especificado.
- H*, Altura de la hoja del tractor.
- K*, Factor de carga o de llenado.
- L*, Longitud de la hoja del tractor.
- N*, Número de pasadas necesarias en cada capa, ya sea para compactar, para extender o para aflojar material, se determina por especificaciones, por experiencia o mediante terraplenes de prueba.
- p*, Profundidad efectiva de penetración de los dientes del arado.
- T*, Tiempo total empleado en realizar un trabajo, determinado compuesto por varias operaciones, cada una de ellas llevada a cabo con diferente velocidad, diferente número de pasadas y en su caso diferente eficiencia.
- t*, Tiempo del ciclo en minutos.
- V*, Velocidad de operación de la máquina al realizar el trabajo en kilómetros por hora.
- η*, Factor de eficiencia.





# Costo directo de materiales

El costo directo por concepto de materiales puede calcularse con la siguiente expresión:

$$M = Pm * Cm$$

$M$  = Costo directo por concepto de materiales.

$Pm$  = Costo del material puesto en obra.

$Cm$  = Consumo de material por unidad de medida del concepto de obra.





# Unidades del costo directo de materiales

En la expresión  $M = P_m * C_m$ , es importante utilizar las unidades adecuadas para obtener el costo por unidad del concepto de obra.

Ejemplo 1:

Si el concepto de obra es: “*Muro de tabique rojo recocido de 14 cm de espesor, juntado con mortero cemento-arena 1:3...*” **Unidad: m<sup>2</sup>**

En el cálculo del costo directo de materiales las unidades en las columnas relativas a  $P_m$  y  $C_m$  son:

Descripción	Cantidad ( $C_m$ )	Costo Unitario ( $P_m$ )	Resultado
Tabique rojo recocido	$\frac{pza}{m^2}$	$\frac{\$}{pza}$	$\frac{\$}{m^2}$
Mortero cemento-arena 1:3	$\frac{m^3}{m^2}$	$\frac{\$}{m^3}$	$\frac{\$}{m^2}$



Obsérvese que las unidades del denominador de  $C_m$  siempre deben coincidir con la unidad del concepto de obra y las unidades del denominador del costo unitario, siempre deberán coincidir con las unidades del numerador de la cantidad.



## Unidades del costo directo de materiales

Generalizando:

Unidad del concepto de obra: Uc

Material

Cm

Pm

Descripción

*cantidad*  $\frac{\text{unidad de compra del material}}{\text{unidad del concepto de obra } Uc}$

$\frac{\$}{\text{Unidad de compra del material}}$





## Unidades del costo directo de materiales

Ejemplo 2:

Concepto: Cimbra de madera...

Unidad:  $m^2$

Material	Cm	Pm	Resultado
Triplay de pino	$\frac{\text{hoja}}{m^2}$	$\frac{\$}{\text{hoja}}$	$\frac{\$}{m^2}$
Polín de 3 1/2"	$\frac{\text{pza}}{m^2}$	$\frac{\$}{\text{pza}}$	$\frac{\$}{m^2}$
Clavo de 2" y 3"	$\frac{\text{kg}}{m^2}$	$\frac{\$}{\text{kg}}$	$\frac{\$}{m^2}$
Desmoldante	$\frac{l}{m^2}$	$\frac{\$}{l}$	$\frac{\$}{m^2}$
Alambre recocado	$\frac{\text{kg}}{m^2}$	$\frac{\$}{\text{kg}}$	$\frac{\$}{m^2}$





## Número de usos

Cuando se trate de materiales temporales, como es el caso de las cimbras de madera, en la cantidad  $C_m$  que se considere para las diferentes piezas que intervienen (triplay, polines, barrote, duela, etc.) se debe tomar en cuenta el número de usos que se espera de dichas piezas.

Por ejemplo, si en la cimbra de una losa, el diseño de la cimbra especifica que se usará como pie derecho 1 polín por  $m^2$  y se considera que este polín puede tener 10 usos, entonces la cantidad  $C_m$  que se debe considerar es de  $\frac{1}{10} = 0.10$ .





## Prontuario para el cálculo del costo directo en construcción

TABLA RESUMEN PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DIRECTO				
Concepto: <i>Descripción del concepto de obra.</i>			Unidad:	
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
<b>MATERIALES</b>				
Descripción de los materiales que participan en el concepto de obra.	Unidad de compra de cada uno de los materiales a la cual se referirá el consumo de los mismos por unidad de concepto de obra.	Cm	Pm	$M = Pm * Cm$
<b>SUMA MATERIALES</b>				<b>\$M</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Descripción de las cuadrillas que intervienen en la ejecución del concepto de obra.	Salvo casos excepcionales se anotará como unidad la <i>jornada</i> .	$\frac{1}{Rendimiento}$	<i>Salario Real</i>	$MO = \frac{1}{Rendimiento} Salario Real$
<b>SUMA MANO DE OBRA</b>				<b>\$MO</b>
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				
Descripción de la maquinaria que intervienen en la ejecución del concepto de obra.	Salvo casos excepcionales, se anotará como unidad la <i>hora</i> .	$\frac{1}{Rendimiento}$	<i>Costo horario</i>	$ME = \frac{1}{Rendimiento} Costo horario$
Herramienta	%	Porcentaje considerado	\$MO	$\frac{Porcentaje\ considerado}{100} * \$MO$
Equipo de seguridad	%	Porcentaje considerado	\$MO	$\frac{Porcentaje\ considerado}{100} * \$MO$
<b>SUMA MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>\$ME</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>SUMA \$M+\$MO+\$ME</b>



### EJEMPLO CÁLCULO COSTO DIRECTO

Concepto: Relleno de zanja con material inerte (tepetate), compactado con equipo mecánico manual, incluye la incorporación de agua necesaria para alcanzar el grado de compactación

Unidad: m<sup>3</sup> compacto

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Importe
<b>MATERIALES</b>				
Tepetate puesto en obra	m <sup>3</sup>	1.3000	\$300.00	\$390.00
Agua	m <sup>3</sup>	0.3000	\$80.00	\$24.00
<b>SUMA MATERIALES</b>				<b>\$414.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Cuadrilla No.2 (0.10 Cabo+ 1 peon)	jor	0.1429	\$849.29	\$121.36
<b>SUMA MANO DE OBRA</b>				<b>\$121.36</b>
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				
Equipo manual de compactación (bailarina)	h	0.2500	\$300.00	\$75.00
Herramienta	%	3.00		\$3.64
Equipo de seguridad	%	2.00		\$2.43
<b>SUMA MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>\$81.07</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>\$616.43</b>