

Análisis Estructural y Ecuaciones de la Norma Técnica para Movimiento de Tierras



La Ecuación Maestra del Costo Horario

**Costo Horario
Total (\$/h)**

Costo de Posesión (C.P.)



El costo continuo por la propiedad de la máquina, sin importar si está en uso. Su fin es recuperar la inversión.

Depreciación (D) | Interés (I)
Seguros/Impuestos/Almacenaje

Costo de Operación (C.O.)



El costo directo generado por el funcionamiento, trabajo y mantenimiento de la maquinaria en obra.

Mantenimiento | Combustible
Lubricantes | Filtros | Llantas
Piezas de Desgaste | Operador

Anatomía del Costo de Posesión

1. Depreciación (D)

$$D = \frac{(Va - Vr)}{VEU \text{ hrs}}$$

Va = Valor Adquisición

Vr = Valor Rescate (Generalmente 20-25% para pesada)

VEU = Vida Económica Útil

2. Interés de Capital (I)

$$I = \frac{(IMA * \%i)}{\text{Horas anuales}}$$

IMA = Inversión Media Anual

%i = Tasa de interés (TAMN o TAMEX). El costo alternativo de la inversión.

3. Seguros, Impuestos y Almacenaje

$$\text{Costo} = \frac{(IMA * \sum \text{Tasas Anuales})}{\text{Horas anuales}}$$

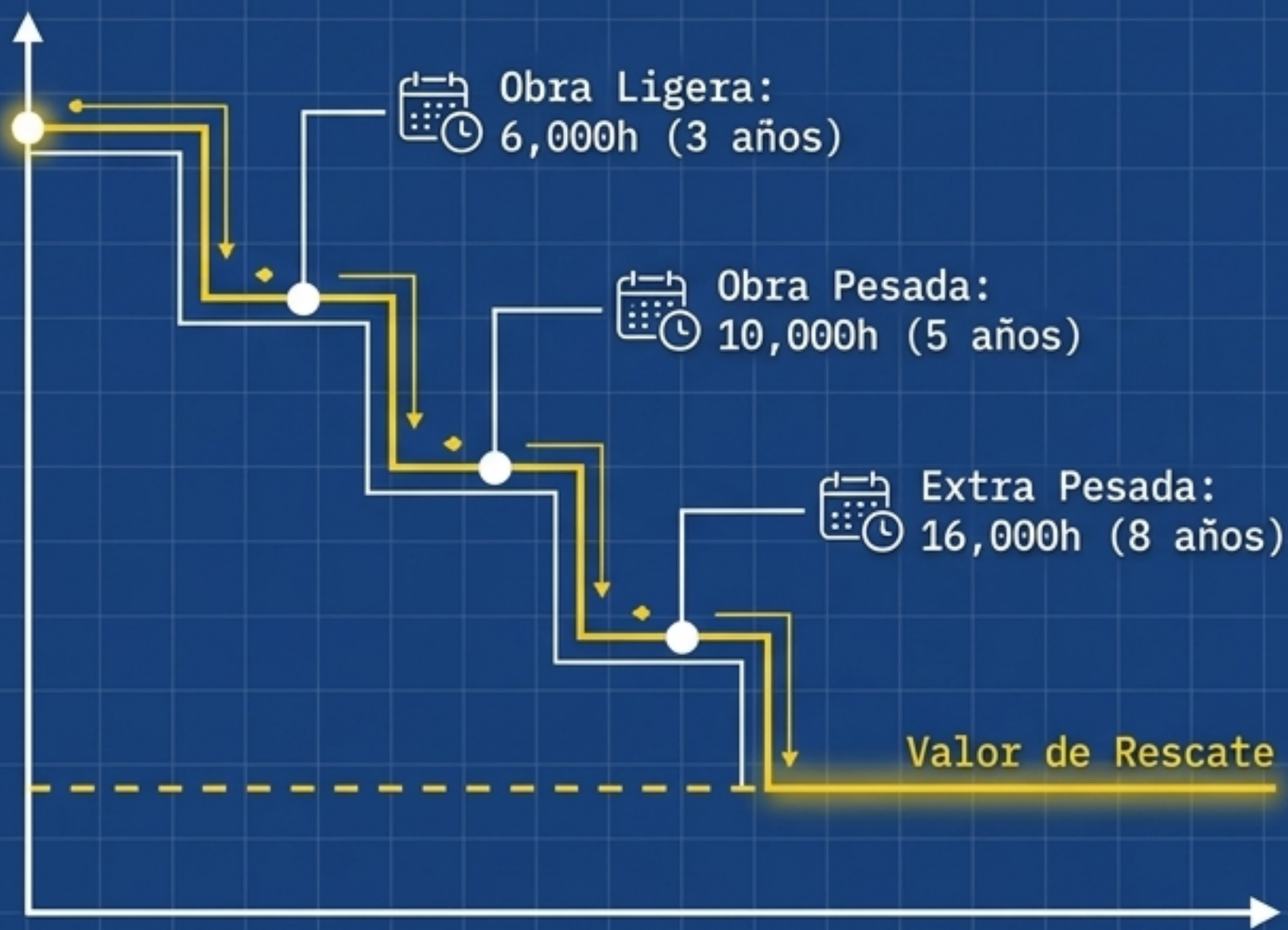
Seguros (TREC) ~3.5%

Impuestos ~1-2%

Almacenaje ~1-1.5%

Variables Críticas: Vida Útil e Inversión Media Anual

Vida Económica Útil (VEU)



Nota: Asume 2,000h/año.

Inversión Media Anual (IMA)

$$IMA = \left[\frac{Va_{(n+1)} + Vr_{(n-1)}}{2n} \right]$$

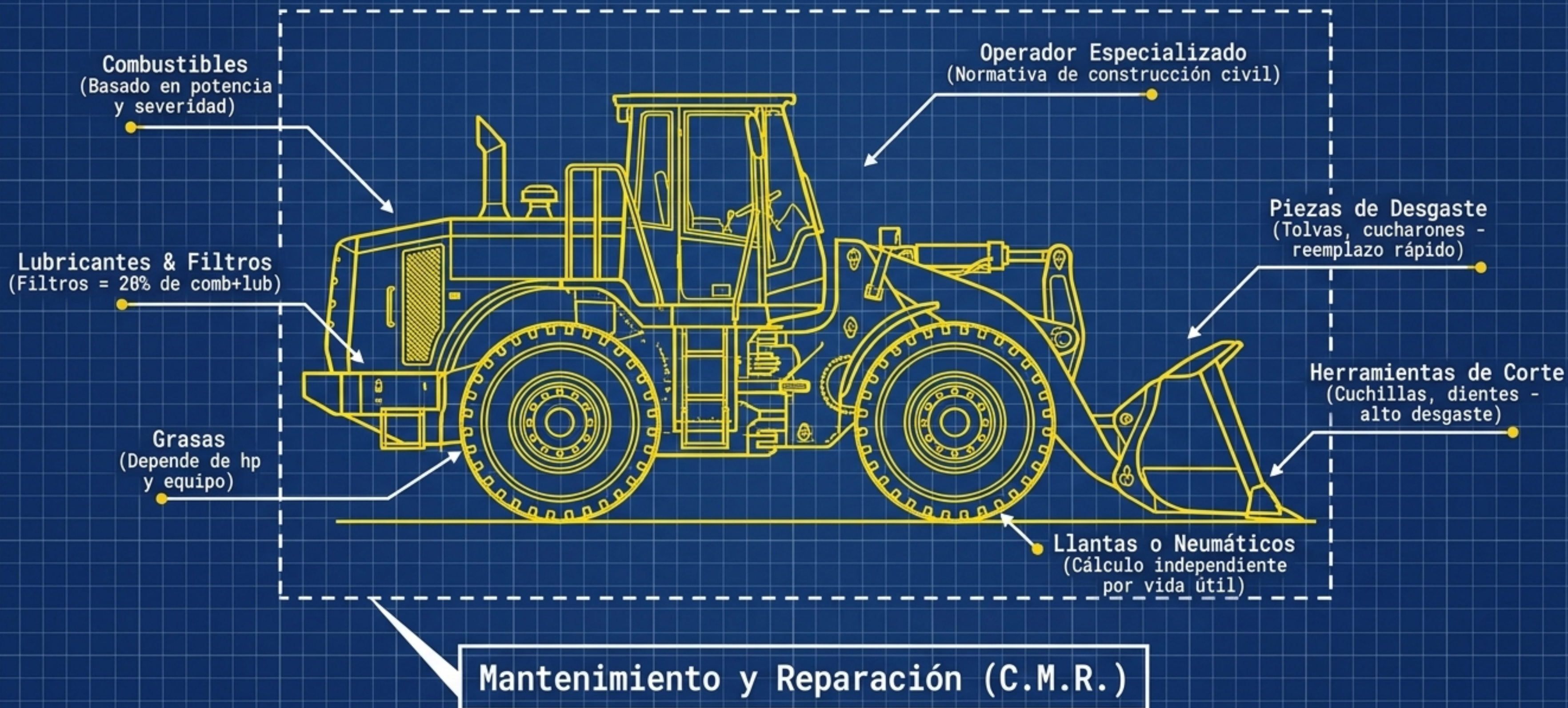
¿Por qué IMA? Calcula la media de los costos del equipo al final de cada año, sirviendo como base exacta para calcular intereses, seguros e impuestos.

Va = Valor de Adquisición

Vr = Valor de Rescate

n = Vida Económica Útil (en años)

EL TABLERO DEL COSTO DE OPERACIÓN



El Embudo de Mantenimiento y Reparación (C.M.R.)



$$\text{C.M.R.} = \text{C.M.O.} + \text{C.R.}$$

Nota: No incluye piezas de desgaste ni herramientas de corte.

Fluidos y Consumibles: El Sistema Circulatorio

Combustible



Depende de la potencia (HP) y clase de trabajo.

Cálculo: Consumo (gal/h) x Precio

Lubricantes



Regla práctica: 10% al 15% del costo de combustible.

Costo = $\frac{(\text{Costo galón} \times \text{Capacidad})}{\text{Periodo de cambio}}$

Filtros



Regla de oro de la Norma: 20% de la sumatoria de Combustibles + Lubricantes.

Filtros = 0.20 * (Comb + Lub)

Grasas



Basado en las tablas del fabricante por HP.

Costo = $\frac{(\text{Costo grasa} \times \text{Equipo})}{\text{Periodo engrase}}$

Contacto con el Terreno: Desgaste y Sustitución

Llantas y Neumáticos

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo de llantas}}{\text{Vida útil (hrs)}}$$

Zona A

Desgaste por
abrasión

(Alta vida)

Zona B

Abrasión +
Cortes reparables

(Vida media)

Zona C

Cortes fatales /
Voladuras

(Vida corta)

Herramientas de Corte y Desgaste



Cuchillas, puntas, dientes de cucharón.
Su costo es altamente variable y
requiere cálculo aislado.

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo de herramienta}}{\text{Vida útil de la herramienta}}$$

El Factor Humano y la Matriz de Severidad

Operador Especializado



Equipo Liviano = $1.2 \times \text{Costo H-H}$ (Construcción Civil)

Equipo Pesado = $1.5 \times \text{Costo H-H}$ (Construcción Civil)

Matriz de Diagnóstico de Severidad

SUAVE	NORMAL	DURO
C.M.: 50-80% Combustible: Zona A (0.025-0.030 gal/hp) Llantas: Zona A	C.M.: 70-90% Combustible: Zona B (0.035-0.040 gal/hp) Llantas: Zona B	C.M.: 80-100% Combustible: Zona C (0.045-0.050 gal/hp) Llantas: Zona C

SÍNTESIS DE APLICACIÓN: VOLQUETE NUEVO DE 15M3

Datos Base: $V_a = S/. 352,941$ | $VEU = 12,000 \text{ hrs (6 años)}$ | $V_r = 20\%$ | Potencia = **440 HP**

COSTO DE POSESIÓN

Depreciación: **$S/. 23.53/h$**



Intereses: **$S/. 26.88/h$**



Seg./Imp./Alm.: **$S/. 6.47/h$**



Subtotal C.P. = $S/. 56.88/h$

COSTO DE OPERACIÓN

Mantenimiento (C.M.R.): **$S/. 26.47/h$**



Fluidos (Comb+Lub+Filtros+Grasas): **$S/. 42.98/h$**



Llantas: **$S/. 10.13/h$**



Operador: **$S/. 18.63/h$**



Subtotal C.O. = $S/. 98.21/h$

COSTO HORARIO TOTAL = $S/. 155.09 / \text{hora}$