



COSTOS DE CONSTRUCCION PESADA

VOLUMEN I
RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA

Edición 2023

Por el Ing. Leopoldo Varela Alonso¹

Derechos Reservados © Copyright

ISBN-968-7585-00-5

¹ Director de Varela Ingeniería de Costos,  y Leopoldo Varela y Asociados; Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de México, Especialista en Ingeniería de Costos certificado por el CICM. Miembro vitalicio de la American Association of Cost Engineering y del SMIEC. Con experiencia para 12 países americanos, europeos y Sudeste Asiático. Autor de 11 publicaciones.

Este volumen, se dedica fundamentalmente a los diferentes criterios, métodos y fórmulas para calcular los rendimientos y costo de la maquinaria de construcción.

Desde 2004, con la fundación de la Firma Consultora y editora especializada 100% en Ingeniería de Costos –Intercost y más adelante Varela Ingeniería de Costos y Leopoldo Varela y Asociados, se inició una nueva etapa de esta publicación, heredando el prestigio que ha labrado desde Compuobras (1983).

Este material es resultado de la experiencia e investigaciones del autor en México, Bolivia, Panamá, Venezuela, Brasil, Chile y Estados Unidos, ajustándose en ciertos aspectos a la práctica mexicana correspondiente, pero en la mayoría de casos reflejan procedimientos generalmente aceptados a nivel mundial. Habiéndose incorporado experiencias más recientes en movimientos de tierras en la zona norte del Estado de México, con el uso de fragmentadores piroplásticos de roca y regreso al uso de escrepas.

Otro aspecto que hay que resaltar de este trabajo, ha sido la intensa labor de difusión personal que el autor ha realizado en 41 ciudades de la República con la impartición de Seminarios

Conviene enfatizar la naturaleza profundamente aleatoria de los costos de construcción, ya que hay que tomar en cuenta clima, disponibilidad de recursos, distancias de acarreo, diseño, mercado laboral y de material y otros elementos con alto grado de variabilidad. **Por lo anterior, los editores publican esta información con criterios de carácter genérico, sin responsabilidad ni garantía expresa de que se ajuste a un proyecto, tiempo y localidad específica.**

Esta obra consta de 3 volúmenes:

- I. Rendimientos de maquinaria**
- II. Costos unitarios de diversos tipos de obra pesada**
- III. Costos unitarios para especificaciones de la SCT.**

Contenido

PRÓLOGO	4
1 - INGENIERIA DE COSTOS	14
1.1 - COSTO Y PRECIO, CONCEPTOS FUNDAMENTALES	14
1.2 - COSTOS DIRECTOS	17
1.2.1 - MANO DE OBRA	17
1.2.2 - COSTO REAL DE LA MANO DE OBRA	21
1.2.3 - MATERIALES	23
1.2.4 - MAQUINARIA Y EQUIPO	28
1.2.5 HERRAMIENTA	61
1.2.7 INSTALACIONES Y TRABAJOS ESPECÍFICOS	64
1.2.8 COSTOS AUXILIARES	65
2 – MAQUINARIA Y EQUIPO	66
2.1 - GENERALIDADES	66
2.2 - RENDIMIENTO DEL EQUIPO	68
2.2.1 MÉTODO GENERAL	69
2.2.2 PRODUCCIÓN POR CICLO (P)	70
2.2.3 NÚMERO DE CICLOS POR HORA	70
2.2.4 FACTORES DE EFICIENCIA (E)	70
2.2. 5. UN EJEMPLO	82
2.3 - ANALISIS CON PLANTILLAS Y EQUIPO PARADO.	85
2.4. MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS	88

.5 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES EN RENDIMIENTOS	88
3 – TRACTORES EMPUJADORES	90
3.1 - TRACTORES SOBRE CADENAS/ORUGAS-BULLDOZERS	90
3.2 - RENDIMIENTOS DE LOS TRACTORES.....	94
4. - COMPACTADORES	103
4.1 – RENDIMIENTOS DE COMPACTADORES	105
5. - EXCAVADORAS	114
5.1 - RENDIMIENTO DE RETROEXCAVADORAS.....	115
5.2 - MÉTODO DE FACTORES DE EFICIENCIA DE RETROEXCAVADORAS	115
5.3 - MÉTODO DE TIEMPOS DE CICLO DE RETROEXCAVADORAS	116
5.4. VARIABILIDAD DEL RENDIMIENTO	117
5.5. EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS	119
5.6. EXCAVADORAS SOBRE NEUMÁTICOS	119
5.7. ALCANCES DE LA RETROEXCAVADORAS.....	120
5.8. GRÁFICA DE RENDIMIENTOS	122
6 - VOLADURAS Y FRAGMENTADORES PIROTÉCNICOS	123
6.1 - EQUIPO DE PERFORACIÓN	126
6.2 - EQUIPOS PERFORADORES	130
6.2.1 - PIERNAS DE AIRE	131
6.2.2. - PERFORADORAS DE VAGON	132
6.2.3. SOBRE ORUGAS	133
6.5 - BROCAS Y BARRAS	133
6.6 - EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	135
6.7. FRAGMENTADORES DE ROCA PIROTÉCNICOS.....	137
6.7.2. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO	137

7. - COMPRESORES	139
7.1 – COMPRESORES EN GENERAL.....	139
7.1 - COMPRESORES DE AIRE PORTÁTILES	140
8. – CARGADORES FRONTALES	142
8.1. – RENDIMIENTOS DE CARGADORES	143
8.2. - TABLAS DE RENDIMIENTOS	144
8.3 - ACARREO CON CARGADOR	145
8.4 - EJEMPLO DE APLICACIÓN	146
8.5. TIPOS Y MODELOS DE CARGADORES.....	147
9. - MOTONIVELADORAS	154
10. - MOTOESCREPAS	160
10.1 - PRODUCCIÓN HORARIA DE MOTOESCREPAS	162
10.2 - MARCAS, TIPOS Y TAMAÑOS DE MOTOESCREPAS	165
11. – DRAGAS TERRESTRES	167
11.1. - DRAGAS (GRUA CONVERTIBLE SOBRE ORUGA)	167
112. - RENDIMIENTOS DE LAS DRAGAS DE ARRASTRE	167
11. - MODELOS DE GRÚAS-PALA MECÁNICAS	171
11.4 - DRAGAS VS. RETROEXCAVADORAS	172
12. - GRUAS	175
12.1. – GRÚAS MONTADAS SOBRE ORUGA.....	175
12.2 – GRÚAS MÓVILES	175
12.2.1 – GRÚAS MONTADAS SOBRE TRACTO-CAMIÓN	176
12..2.2 – GRÚAS AUTOPROPULSADAS	177
12..2.3. – GRÚAS PORTEADAS EN CAMIÓN	181

12..3 – GRÚAS TORRE.....	181
<u>13. - CAMIONES DE VOLTEO</u>	183
13.1 - CAMIONES DE VOLTEO ESTÁNDAR.....	183
132 – CAMIONES VOLTEO FUERA DE CARRETERA.....	185
13.3 - MODELOS DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA.....	187
13.4 - CAMIONES DE VOLTEO ARTICULADOS	187
13.5 - EJEMPLO DE COMPENSACIÓN DE CARGADOR Y VOLTEOS.....	188
<u>14. - EQUIPO PARA ASFALTO</u>	193
14.1 - PAVIMENTADORAS ASFÁLTICAS (FINISHERS).....	193
14.1.1. MODELOS DE PAVIMENTADORAS ASFÁLTICAS	196
14.1.2. RENDIMIENTOS/VELOCIDAD PAVIMENTADORAS ASFÁLTICAS	197
14.2 - RODILLOS DE APLICACIÓN ASFÁLTICA	199
14.3 – PETROLIZADORAS	200
14.4 - PLANTAS DE ASFALTO.....	202
<u>15. – EQUIPOS PARA CONCRETO HIDRAULICO</u>	204
15. 1. - REVOLVEDORAS DE CONCRETO HIDRAULICO.....	204
15.2 - PAVIMENTADORAS DE CONCRETO HIDRAULICO.....	206
<u>16. - PRODUCCION DE AGREGADOS</u>	210
16.1 - TRITURADORAS DE QUIJADAS.....	210
16.2 - TRITURADORAS DE CONO	212
<u>17. - TIENDE-TUBOS</u>	215
<u>18. - DRAGADO FLUVIO MARÍTIMO</u>	220
<u>19. - MARTILLOS Y ROMPEDORAS</u>	222
19..1 - PRUEBAS DE ROMPEDORAS MANUALES NEUMÁTICAS	222
19.2 – MARTILLOS HIDRÁULICOS	224



Terracerías para desarrollo Residencial-Resort en Bahía de Banderas, Nayarit, presupuestado por Varela Ingeniería de Costos

1 - INGENIERIA DE COSTOS²

1.1 - COSTO Y PRECIO, CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

La composición del precio unitario en lo general acepta que tiene los siguientes rubros:

- costo directo
- costo indirecto
- costo financiero
- utilidad
- cargos adicionales (de aplicación solo en el sector Público)

Computacionalmente puede expresarse como:

$$PU = \text{SUM } D(i) + \text{SUM } I(j) + F + A + U$$

² El material contenido en este capítulo se encuentra tratado con mayor profusión en la obra: “Costos de Construcción para Arquitectos e Ingenieros” del mismo autor

en donde "D(i)" es el i-ésimo costo directo, "I(j)" es el j-ésimo indirecto, "F" el costo financiero, "U" la utilidad antes del impuesto sobre la renta y "A" los cargos adicionales, "PU" es el precio unitario o de venta y se constituye con la sumatoria de lo anterior.

Costo es el importe monetario, gasto expendido, empleado o incurrido en forma inmediata o diferida, como contraprestación de un bien o servicio recibido o aplicado.

La Asociación Americana de Ingeniería de Costos -AAACE por sus siglas en inglés, define como Costo de Construcción, a la suma de todos los costos, directos e indirectos, inherentes en la conversión de un plan de diseño, para materiales y equipamiento en un proyecto terminado (listo para puesta en marcha); la suma del personal campo, supervisión y administración, herramientas, gastos de oficinas, materiales y equipo.

En la tabla 1 se tiene un ejemplo ilustrativo de cómo se presenta y calcula un análisis de precio unitario. Debe diferenciarse el concepto "integrado" del "integrante", siendo el primero aquél que constituye un análisis auxiliar o "básico" o intermedio (cuadrilla, mezcla, cimbra) o final (de catálogo) y el integrante como su nombre lo sugiere, compone al "integrado", cualquiera que sea su naturaleza: insumo (material), recurso (personal, equipo) o integrado a su vez (básico o auxiliar).

Las unidades, son una para el concepto integrado y una para cada integrante. El costo de cada integrante es el unitario de cada uno de éstos. La cantidad es el número de unidades de concepto integrante que se requiere por cada unidad de concepto integrado. El importe para el concepto integrado es la sumatoria de los importes de sus integrantes o costo unitario total del integrado más indirectos y utilidad. El importe para los integrantes, es el producto de su costo por la cantidad de unidades que se aplican: $\text{importe (i)} = \text{costo (i)} * \text{cantidad (i)}$ esto es, el importe del i-ésimo concepto integrante es el producto de su costo por la cantidad de este.

**Tabla 1 ELEMENTOS DEL ANALISIS
DE PRECIO UNITARIO EN OBRA PESADA**

086-H ESTABILIZACIONES PUOT			Unidad	m3	
a) Materiales en aeropistas					
1) Para mejoramiento de subrasante con P-Zime					
a) Compactada al 100 %					
CONCEPTO INTEGRANTE	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
Material					
Arena		m3	0.1000	40.00	4.00
Aditivo estabilizador		l	0.4000	225.00	90.00
Mano de obra					
Cuadrilla de Peón	Papeo	Jor	0.0200	45.00	0.90
Equipo					
Moto 14 G	Escarificación	Hr	0.005	150.00	0.75
Moto 14 G	Acamellonado	Hr	0.005	150.00	0.75
Compactador	Camá	Hr	0.018	55.00	0.99
Mezcladora viajera	Disgregación	Hr	0.006	52.00	0.31
Mezcladora viajera	Mezcla	Hr	0.006	52.00	0.31
Moto 14 G	Extendido y nivelación	Hr	0.005	150.00	0.75
Moto 14 G	Afine	Hr	0.003	150.00	0.45
Compactador	Compactación	Hr	0.018	89.00	1.60
Pipa	Riego	Hr	0.008	50.00	0.40
Equipo en espera					
Mezcladora viajera		Hr	0.006	38.00	0.23
Pipa		Hr	0.010	35.00	0.35
Costo directo					101.79
Indirecto, financiamiento y utilidad		24%			24.43
Precio unitario					126.22

Fuente de investigación propia

1.2 - COSTOS DIRECTOS

1.2.1 - Mano de Obra

Es el costo del personal empleado directamente para la producción de una unidad de obra; el costo de los recursos humanos se maneja por jornal o por hora e incluye todas las prestaciones sociales y las consideraciones por tiempos inactivos (costo real). El costo directo por mano de obra, se calcula dividiendo el costo real de ésta por jornal (u hora), entre el rendimiento o producción de unidades de obra por jornal "efectivo" (u hora); o bien el producto del costo real (de cada unidad de tiempo) por la cantidad de unidades de tiempo requerida para terminar una unidad de obra.

Ejemplificando lo anterior, si una cuadrilla compuesta por un albañil y un peón con un costo real por jornal de \$ 1,000 realiza 10 unidades de obra por jornal o que se requiere de 0.10 de jornal para producir una unidad de obra, el costo directo por concepto de mano de obra se calcula:

COSTO UNIDAD	RENDIMIENTO O CANTIDAD	IMPORTE
(\$1,000/jornal)	/ (10 Unidades/jornal)	= \$100/Unid obra

o bien :

(\$1,000/jornal)	x (0.10 jornales/unidad)	= \$100/Unid obra
------------------	--------------------------	-------------------

Aunque parezca un tanto cuanto obvio, se hace hincapié en que la tabla de salarios mínimos que publica la Comisión del Ramo, es como su nombre lo indica de "mínimos", por lo que a menudo el patrón otorga mayores remuneraciones por efecto de mercado de trabajo o simplemente por política de empresa.

Se recomienda hacer una investigación de salarios vigentes en la localidad donde se trabajará, en particular si se trata de zonas fronterizas, petroleras, turísticas o portuarias, ya que por lo general son más altas que lo establecido por la CNSM.

Es importante aclarar que no existe ninguna disposición que “obligue” al licitante de obra pública a usar los salarios de la comisión del Ramo. Es a todas luces totalmente absurdo que Dependencias y Entidades Federales y Locales descalifiquen propuestas con este pretexto.

El Reglamento de la Ley de Obras Públicas (RELOP) al respecto dice:

Artículo 159.- *El costo directo por mano de obra es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al primer mando, entendiéndose como tal hasta la categoría de cabo o jefe de una cuadrilla de trabajadores.*

Se aclara lo que debe entenderse como “primer mando” y en ningún caso se menciona que solo es posible aplicarlo en cuadrillas de peones como errónea o malintencionadamente se ha “considerado” en ciertas dependencias.

No se considerarán dentro de este costo, las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia que corresponden a los costos indirectos.

El costo de mano de obra se obtendrá de la expresión:

$$MO = \frac{S}{R}$$

Donde:

“Mo” Representa el costo por mano de obra.