

UNIDAD 3

LA MECANIZACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA

RENTABILIDAD DE EQUIPOS

Punto de Equilibrio

Tiempo óptimo de sustitución de una maquinaria

Institución: **Facultad de Ingeniería – U.N.Cuyo**

Expositor: **Ariel Sánchez**

PROGRAMA DE CURSADO

➤ DONDE ESTAMOS HOY.....

PROGRAMA	TEMAS	SUBTEMAS	Dictado	TEMAS	SUBTEMAS	Dictado	TPs	Entregas TPs
3-mar	Unidad 1: Nociones generales	Introducción a la Materia				Ariel		
10-mar	Unidad 1: Nociones generales	Oferta y demanda	Ariel	Unidad 2: Análisis de costos	Alcance y Cómputo	Marcos	TP 1	
17-mar	Unidad 1: Nociones generales	Elasticidad	Ariel	Unidad 2: Análisis de costos	Conformación y característica de Costos	Marcos	TP 1	
24-mar	Feriado día de la memoria, verdad y justicia							
31-mar	Unidad 1: Nociones generales	Introducción a la Macroeconomía	Ariel	Unidad 2: Análisis de costos	Costos de mecanización empresas	Marcos	TP 1	
7-abr	Proyecto Transversal	Integración General del Trabajo Global - Clase Virtual - Ejemplos y aplicación Unidad 2				Marcos		
14-abr	Unidad 1: Nociones generales	Oferta y demanda agregada				Ariel		
21-abr	Unidad 1: Nociones generales	Computo y Presupuesto				Marcos		
28-abr	Unidad 1: Nociones generales	Mercado Monetario y cambiario				Ariel		
5-may	PARCIAL N° 1							
12-may	Unidad 3: Análisis de precios	Equipos	Ariel	Unidad 3: Formulación y Evaluación	Presupuestos	Ariel	TP 3	TP - 01-02
19-may	Unidad 3: Organización y Administr.	Modelos de analisis de precios	Ariel	Unidad 6: Licitaciones		Marcos	TP 4	TP - 03
26-may	Unidad 3: Organización y Administr.	Control de Gestión	Ariel	Unidad 7: Certificaciones		Ariel		
2-jun	PARCIAL N° 2	Trabajo práctico final				Proyecto Transversal	Marcos y Ariel	
9-jun	Coloquio de Recuperación Parcial 1 y 2	Cierre 2026				Marcos y Ariel		Entrega final de TPs

ESPECTATIVAS SOBRE EL TEMA A DESARROLLAR

➤ **Estrategia y carga horaria**

Metodologías y estrategias a utilizarse en este punto:

De mi parte:

- Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).
- Estudio de Casos.
- Método Expositivo.
- Juego de Roles (ustedes manejan una empresa, yo vendo equipos)
- Tutorías en la formulación y evaluación del proyecto económico (a incorporar en el proyecto integrador)

De ustedes:

- Asistir a las clases presenciales.
- Leer el material teórico previo a las clases prácticas (siempre en Aula Abierta)
- Dedicar tiempo no presencial al avance del proyecto integrador.
- Buscar y clasificar información para ser presentada en el proyecto integrador (no valen ejemplos y/o practica de los profes en Clase)

Ámbito de formación práctica – Unidad 3 -	Carga horaria	
	Presencial	No presencial
Formación Experimental (taller de empresa constructora)	1	
Resolución de problemas	1	1
Actividades teóricas	2	
Integración tema a Proyecto integrador	2	2
Carga horaria total	6	3

CONCEPTOS Y TÉCNICAS BÁSICAS

➤ Modelos en general

Los modelos de reemplazo de equipos son estrategias que ayudan a decidir **cuándo** reemplazar un equipo por uno nuevo. Se utilizan para optimizar el rendimiento de los equipos y evitar que los costos de producción aumenten.

Algunos modelos de reemplazo de equipos son:

Reemplazo por insuficiencia: Cuando el equipo no puede prestar los servicios que se esperan de él. No funciona según lo esperado en términos técnicos.

Reemplazo por mantenimiento excesivo: Cuando el costo de mantenimiento del equipo aumenta.

Reemplazo por eficiencia decreciente: Cuando el rendimiento del equipo disminuye.

Reemplazo por antigüedad (obsolescencia): Cuando el equipo queda obsoleto debido a nuevos desarrollos.

La decisión de reemplazar o reparar un equipo es un elemento fundamental de la estrategia de desarrollo de una empresa.

Para realizar un estudio de reemplazo de un equipo, es necesario desarrollar modelos matemáticos que consideren si se reemplazará por un equipo igual o por uno diferente.

La Teoría del Reemplazo en Investigación de Operaciones es una herramienta que ayuda a tomar decisiones para reemplazar un equipo usado por uno nuevo.

CONCEPTOS Y TÉCNICAS BÁSICOS

➤ Modelos de reemplazo de equipos

Concepto: Reemplazos apresurados vs Reemplazos tardíos – Costos de oportunidad. Identificación del momento oportuno – en términos económicos

Análisis de reemplazo: Horizonte de planeamiento – Disponibilidad de Capital

Tipos de análisis:

- Determinación por adelantado de la vida útil del activo
- Analizar económicamente si conviene cambiar el activo

Factores a considerar en el modelo:

- Lapso de tiempo en el que se realiza el análisis
- Tecnología del equipamiento
- Patrón de comportamiento y gasto
- Variables macroeconómicas (inflación – tasa de cambio)

CONCEPTOS Y TÉCNICAS BÁSICOS

➤ Terminología a utilizar

La definición de parámetros económicos es de fundamental importancia para aumentar las variables de análisis sobre los procesos analizados.

Valor de mercado: es el valor del activo negociado en un mercado abierto.

Valores anuales: principal medida de comparación. Suele utilizarse para comparar el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE o CAE).

Vida útil económica: es el periodo medido en años donde se presenta el VA de costo más bajo.

VAN: valor actual neto es “traer al presente” valores monetarios futuros corregidos con una tasa o interés determinado.

TIR: es la “tasa de descuento” para la cual el VAN se hace “cero”. Tasa para la cual los ingresos actualizados son iguales a los egresos medidos en moneda actual.

CAE: Anualiza los costos totales de tener y mantener el equipo. Expresa todos los flujos de un horizonte de tiempo en una cantidad uniforme por periodo

CM: Costo marginal, surge de analizar el costo de seguir operando un equipo para un periodo adicional de tiempo.

FORMULACION BASICA

➤ Medición de las Variables Económicas

“Formulación básica de parámetros anteriores”

$$VAN = -I_0 + \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n}$$

I_0 = Inversión inicial

CF = Cash Flow o flujo de caja

n = Número de años

Fórmula Costo Anual Equivalente sin impuesto

$$CAE = \left[I_0 - \frac{VRn}{(1+i)^n} + \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \right] \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

i : tasa de descuento

n : números de periodos

C_j : Costo directo e indirecto asociados a la operación del año

VRn : Valor residual del equipo en el año n.

I_0 : Valor de la inversión del equipo en el año «0»

Fórmula Costo Marginal sin Impuesto

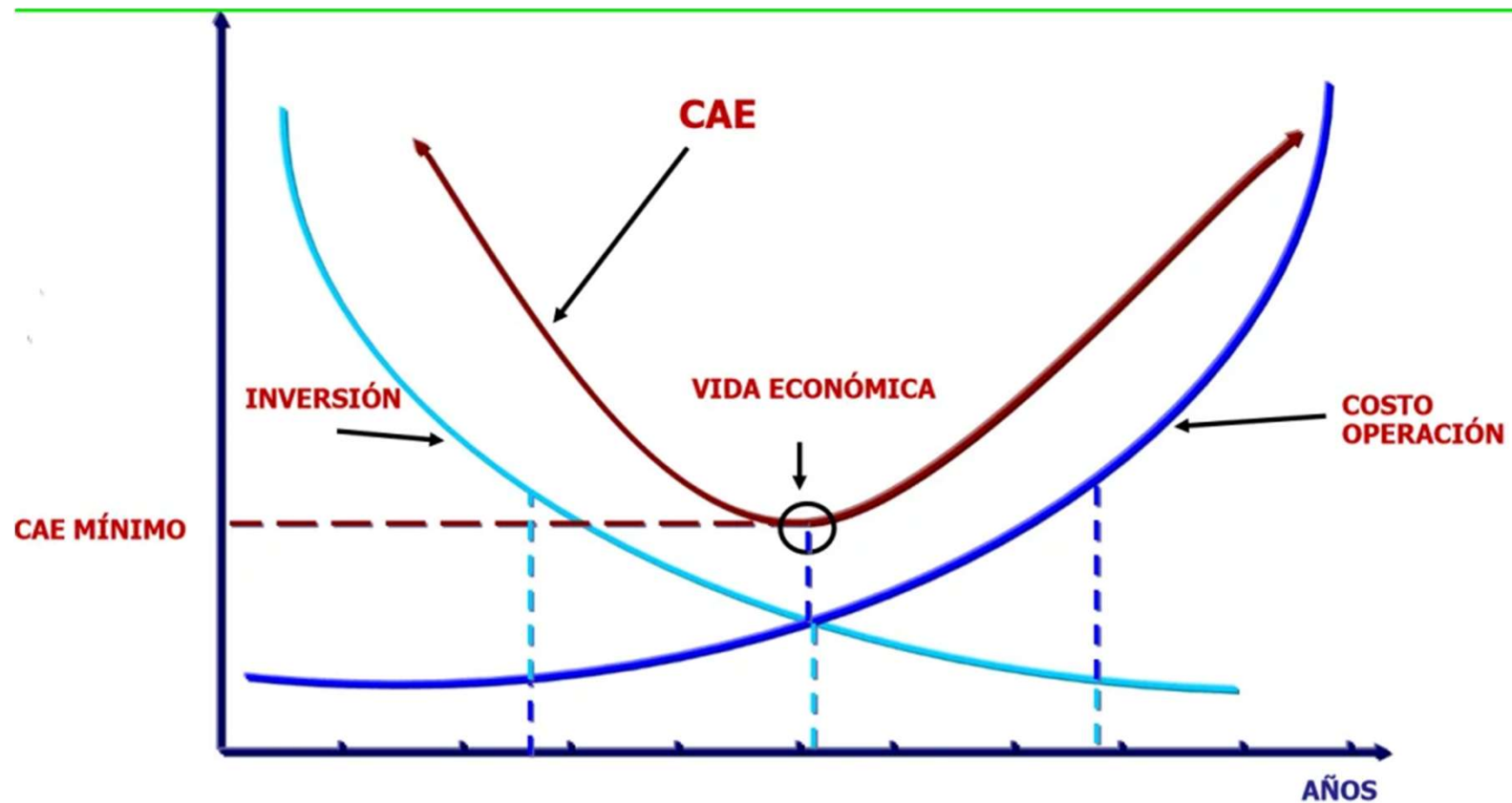
$$CM = \frac{C1}{(1+i)} + VR_0 - \frac{VR1}{(1+i)}$$

VR, es el valor residual posible de liquidar el vehículo en el mercado. C1, es el costo directo e indirecto de operación: mano de obra, energía, mantenimiento, supervisión, seguros, permisos, etc. También el Overhaul que conduzcan a mantener el nivel de servicio similar al vehículo nuevo. Se debe analizar la conveniencia de efectuar el Overhaul del equipo.

ANÁLISIS DE PARAMETROS

Concepto buscado:

FUENTE: <https://angelmendizabal.com/activos/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-reemplazo-de-equipos/>



Propongamos la hipótesis :
si $CM < CAE$ entonces sigo? \rightarrow si $CM > CAE$ entonces vendo?

ANALISIS DEL PROCESO

Conceptos

**No siempre el costo de operación y mantenimiento aumenta linealmente.
¿Usamos costos medios o promedios?**

Para continuar con el proceso y poder analizar detalladamente “las formas matemáticas para solucionar el problema”, debemos utilizar una herramienta que nos permita:

- Evaluación del costo total de propiedad, los gastos operativos y la vida económica efectiva del equipo.
- Lograr obtener fórmulas “en equipo” derivadas de diversas fuentes para calcular estos costos de manera precisa. Para recopilar los datos necesarios sobre el equipo, debemos trabajar con datos proporcionados por el departamento de mantenimiento de la empresa.
- Se deberán tener en cuenta los factores críticos que afectan su funcionamiento, para determinar los valores residuales de piezas específicas. Este proceso es esencial para estimar cuándo la maquinaria requerirá un reemplazo.
- Buscamos encontrar una técnica que simplifique el proceso y proporcione una estimación precisa del momento en que será necesario reemplazar el equipo.

NO PODEMOS DESESTIMAR:

La investigación de los tiempos muertos y la obsolescencia del equipo como factores clave.

Debemos tener “precisión” para obtener la evolución de los costos a lo largo de los años de servicio de la maquinaria. Este enfoque ayuda a identificar el punto de inflexión en el que se deberá realizar el reemplazo del equipo.

Es importante tener en cuenta que la economía es dinámica, y los costos de los equipos se relacionan con el presupuesto de cada proyecto y los recursos destinados a la adquisición y operación de maquinaria. Esto desempeña un papel clave en la definición de un presupuesto para la participación y adjudicación de proyectos (Orozco, 2020)

MECANISMO DE ANALISIS

APLICACIÓN DEL MÉTODO:

Vamos a tener que analizar algunas variables que van a permitir analizar el proceso:

- Evaluación del costo total de propiedad –costos de amortización técnica del equipo –
- Evaluación de los gastos operativos
- Adopción de un periodo de vida útil y de análisis.
- Vamos a utilizar la comparación de CAE vs CM para determinar periodos y procesos de reemplazo.

NO PODEMOS DESESTIMAR:

Las decisiones tomadas se basarán en distintos modelos matemáticos que nos permitirán “ponerle un costo” a cada uno de los elementos de análisis.

La variación de costos sobre el análisis se verá en otra etapa, sólo aplicaremos conceptos de tasas de interés.

No se tendrán en cuenta los impuestos, en las decisiones de reemplazo de equipos.

Vamos a transformar cada concepto técnico en un valor numérico que facilite el seguimiento de la formulación empleada, se verán ejemplos prácticos en la clase correspondiente.

MECANISMO DE ANALISIS

APLICACIÓN DEL MÉTODO:

Para poder empezar el cálculo visto en la diapositiva 10 , vamos a tener que definir los siguientes parámetros:

CAE (costo anual equivalente)

Inversión (costo anual de “mercado del equipo”)

CM (costo marginal de operación)

Para simplificar el concepto necesitamos ahondar en algunos valores que vimos en “otras clases” (Costo de la Maquinaria) y en esta los adoptaremos como parámetros de cálculo.

Utilizaremos (de lo visto previamente):

- Costo de Posesión (Amortización técnica + Costo del Capital + Seguros)
- Costo de Operación (Mantenimiento + Repuestos + Combustible + Lubricantes + Cubiertas + Patente)
- Calculo de Ganancia
- Ciclo de Vida útil del equipo
- Tiempo muerto (en términos de uso por antigüedad)
- Valor residual (valor de mercado al final de su vida útil o en su momento de venta)

BUSCAMOS CONSTRUIR EL GRÁFICO TEORICO MENCIONADO, A TRAVES DE SUS COMPONENTES PARA DETERMINAR CADA VALOR DE REFERENCIA ALLI INDICADO

CONSTRUCCION DE LA GRAFICA

APLICACIÓN DEL MÉTODO:

Para construir la gráfica vamos a tener que definir cada parámetro de cada curva mencionada, aplicaremos un método resumido que vamos a trabajar para obtener el punto de equilibrio de costo mínimo.

Así entonces vamos a definir conceptualmente lo siguiente:

COSTO ACUMULADO (AÑO): COSTO DE OPERACIÓN ANUAL + COSTO DE DEPRECIACION

COSTO DE OPERACIÓN ANUAL: Mantenimiento + Repuestos + Combustible + Lubricantes + Piezas Especiales + Cubiertas + Matrícula

COSTO DE DEPRECIACION: $(\text{Valor Nuevo} + \text{Valor Residual}) / (\text{Vida útil})$

Para cada valor particular entonces:

CONSTRUCCION DE LA GRAFICA

Depreciación

Año	Valor Adquisición	Valor Residual	Vida Util (años)	Horas al año	Depreciación	Tasa de Interes Anual	Interes del Capital	Seguros	Depreciación Anual
	(Va)	(Vr)	(Ve)	(Ha)	(D)	(I)	(Ic)	(S)	(D + Ic + S) * Ha
	(\$)	(\$)	(años)	(horas)	(\$/hr)	(%)	(\$/hr)		
Quién lo da?	Compras de la Empresa	Area Taller o Equipos	Manual del Equipo o Taller	Manual del Equipo o Taller	$(Va - Vr) / (Ve \times Ha)$	Banco Comercial	Calculo de la inversión x 8 años	Tasa de Mercado de aseguradora	
Referencia	200.000	70.000	10	995	13,07	12%	16,28	0,80	30.000
2	170.000	70.000	10	995	10,05	12%	14,47	0,68	25.080
3	144.920	70.000	10	995	7,53	12%	12,96	0,58	20.967
4	123.953	70.000	10	995	5,42	12%	11,70	0,50	17.528

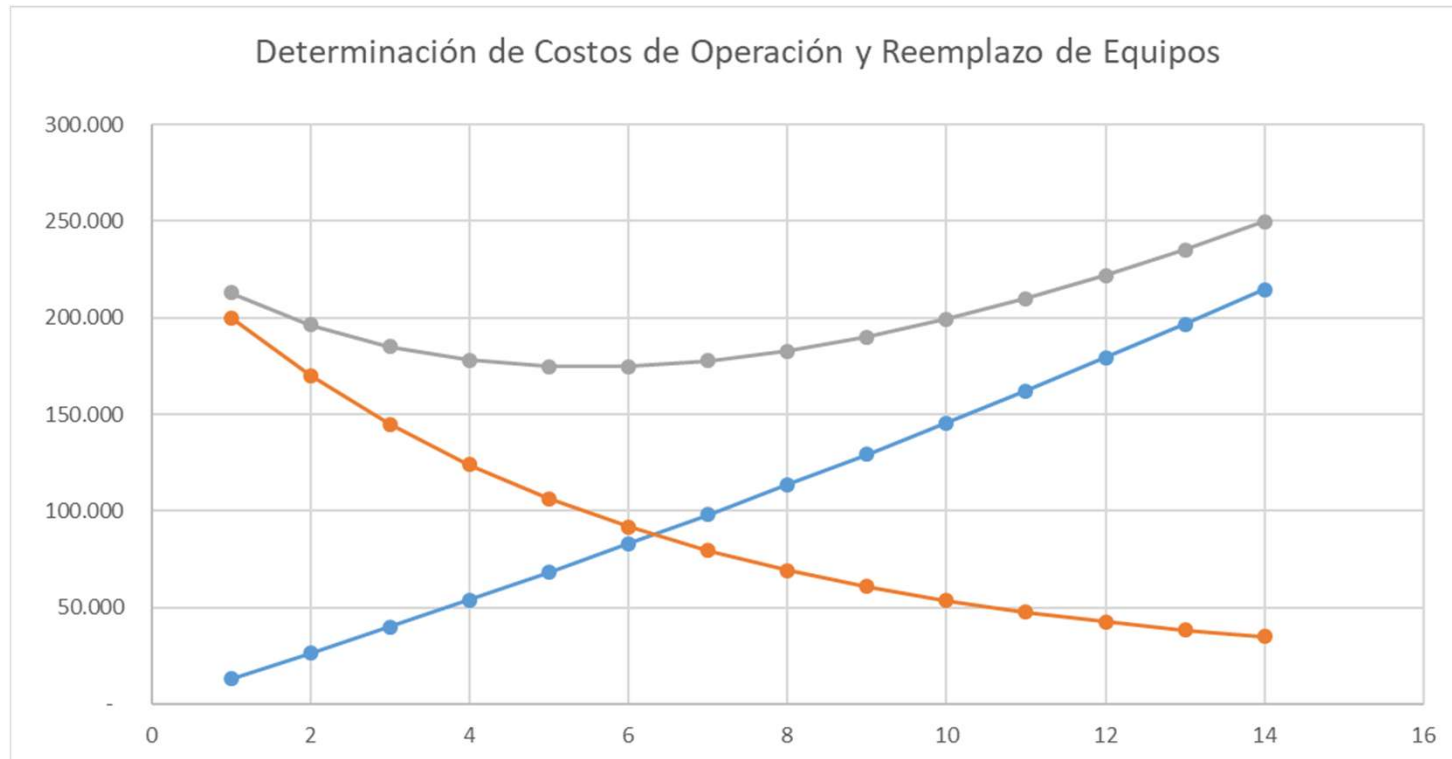
Costo Operación del Equipo

Año	Depreciación	Mantenimiento	Repuestos	Costo Combustible	Potencia	Combustible	Lubricantes	Valor Piezas Especiales	Piezas Especiales	Costo de Neumáticos	Neumáticos	Patente / Matrícula	Aumento Costo Operación	Costo Operación Anual (COA)
	(D)	(M)	(Re)	(Cco)	(Hp)	(C)	(L)	(VPe)	(Pes)	(LI)	(Ne)	(Ma)	(Aco)	(M+Re+C+L+Pes+LI+Ne+Ma) * Ha * Aco
	(\$/hr)	(\$/hr)	(\$/hr)	(\$ / l)		(\$/hr)	(\$/hr)	(\$)	(\$/hr)	(\$)	(\$/hr)	(\$/hr)	(\$/hr)	(\$)
Quién lo da?	Calculado para cada equipo	Manual del Equipo $0,25 * D$	Manual del Equipo $0,15 * D$	Compras de la empresa	Manual del Equipo o Taller	Manual del Equipo $0,04 * Hp * C$	Manual del Equipo $0,0013 * Hp$	Compras de la empresa	Manual del Equipo $(1,35Vpe/Ha)$	Compras de la empresa	Manual del Equipo $LI/(2,3Ha)$	Area de seguros de la empresa	Manual del Equipo o Taller	
	13,07	3,27	0,65	0,90	150	5,40	0,20	1500,00	2,04	3000,00	1,31	0,20		12.996
													2,5%	13.321
													2,5%	13.654
													2,5%	13.996

CONSTRUCCION DE LA GRAFICA

Año	Costo Operación Anual (COA)	Depreciación Anual (D)	Depreciación Acumulada	Interes de Capital (IC)	Interés de Capital Acumulado	Inversión Acumulada (D+IC)	Costo Total Anual (COA + D)	Costo Acumulado Operativo (CAO)	Costo Acumulado Promedio Anual (CA/Año)	Curva Acumulada
1	12.996	30.000	30.000	16.200	16.200	200.000	42.996	12.996	12.996	212.996
2	13.321	25.080	55.080	13.543	29.743	170.000	38.401	26.318	13.159	196.318
3	13.654	20.967	76.047	11.322	41.065	144.920	34.621	39.972	13.324	184.892
4	13.996	17.528	93.575	9.465	50.531	123.953	31.524	53.968	13.492	177.921
5	14.346	14.654	108.229	7.913	58.444	106.425	28.999	68.313	13.663	174.738
6	14.704	12.250	120.479	6.615	65.059	91.771	26.955	83.017	13.836	174.789
7	15.072	10.241	130.721	5.530	70.589	79.521	25.313	98.089	14.013	177.610
8	15.449	8.562	139.283	4.623	75.213	69.279	24.010	113.538	14.192	182.817
9	15.835	7.158	146.440	3.865	79.078	60.717	22.992	129.373	14.375	190.090
10	16.231	5.984	152.424	3.231	82.309	53.560	22.214	145.603	14.560	199.163
11	16.636	5.002	157.426	2.701	85.010	47.576	21.639	162.240	14.749	209.816
12	17.052	4.182	161.609	2.258	87.269	42.574	21.234	179.292	14.941	221.866
13	17.479	3.496	165.105	1.888	89.157	38.391	20.975	196.771	15.136	235.162
14	17.916	2.923	168.028	1.578	90.735	34.895	20.838	214.686	15.335	249.582

CONSTRUCCION DE LA GRAFICA



BONUS: METODO DEL COSTO MÍNIMO

Tabla 21. Método Costo Mínimo de la maquinaria Komatsu GD555-A3

METODO DEL COSTO MINIMO MOTONIVELADORA KOMATSU							
Año	Costo de Operación Anual	Valor Contable	Gastos Anuales de Depreciación	Costos Anuales	Costo Acumulativo	Costo Acumulativo del Promedio Anual	
1	\$ 43,187.17	\$ 166,666.67	\$ 33,333.33	\$ 76,520.51	\$ 76,520.51	\$ 76,520.51	
2	\$ 45,346.53	\$ 138,888.89	\$ 27,777.78	\$ 73,124.31	\$ 149,644.82	\$ 74,822.41	
3	\$ 47,505.89	\$ 115,740.74	\$ 23,148.15	\$ 70,654.04	\$ 220,298.86	\$ 73,432.95	
4	\$ 49,665.25	\$ 96,450.62	\$ 19,290.12	\$ 68,955.37	\$ 289,254.23	\$ 72,313.56	
5	\$ 51,824.61	\$ 80,375.51	\$ 16,075.10	\$ 67,899.71	\$ 357,153.95	\$ 71,430.79	
6	\$ 53,983.97	\$ 66,979.60	\$ 13,395.92	\$ 67,379.89	\$ 424,533.83	\$ 70,755.64	
7	\$ 56,143.33	\$ 55,816.33	\$ 11,163.27	\$ 67,306.59	\$ 491,840.43	\$ 70,262.92	
8	\$ 58,302.69	\$ 46,513.61	\$ 9,302.72	\$ 67,605.41	\$ 559,445.83	\$ 69,930.73	
9	\$ 60,462.04	\$ 38,761.34	\$ 7,752.27	\$ 68,214.31	\$ 627,660.14	\$ 69,740.02	
10	\$ 62,621.40	\$ 32,301.12	\$ 6,460.22	\$ 69,081.63	\$ 696,741.77	\$ 69,674.18	
11	\$ 64,780.76	\$ 26,917.60	\$ 5,383.52	\$ 70,164.28	\$ 766,906.05	\$ 69,718.73	
12	\$ 66,940.12	\$ 22,431.33	\$ 4,486.27	\$ 71,426.39	\$ 838,332.44	\$ 69,861.04	
13	\$ 69,099.48	\$ 18,692.78	\$ 3,738.56	\$ 72,838.03	\$ 911,170.47	\$ 70,090.04	
14	\$ 71,258.84	\$ 15,577.31	\$ 3,115.46	\$ 74,374.30	\$ 985,544.77	\$ 70,396.06	
15	\$ 73,418.20	\$ 12,981.09	\$ 2,596.22	\$ 76,014.42	\$ 1,061,559.19	\$ 70,770.61	
La decisión de cambiar la maquinaria se realiza cuando el costo acumulativo del promedio anual sea el mínimo, en este caso						\$ 69,674.18	

Para calcular el Método de costo mínimo, como se presenta en la tabla (20), comenzamos por determinar el costo de operación anual, el cual se inicia en \$43,187.17.

Este costo anual abarca diversos parámetros, como el mantenimiento, repuestos, combustibles y mano de obra.

Cabe destacar que este costo aumenta anualmente en \$2,159.36. En otras palabras, después de los 12 años de servicio del equipo, este costo habrá alcanzado los \$66,940.12, lo que resulta en un valor contable.

Este valor contable disminuye gradualmente debido al deterioro del equipo, llegando finalmente a \$22,431.33,

según nuestros análisis. Los gastos anuales de depreciación ascienden a \$4,486.27. Combinando esta cifra con el costo de operación del duodécimo año, se obtiene un costo anual de \$71,426.39 en función de los años de servicio. Los costos acumulativos hasta ese momento suman un total de \$838,332.44. Es importante destacar que este método de costo mínimo nos permitió determinar el costo acumulativo promedio anual, es decir, el costo más bajo entre los 12 años de servicio del equipo. Este resultado revela que la maquinaria debería haber sido reemplazada después de 10 años, con un

costo acumulativo de \$69,674.18.

Fuente: Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación. Vol. 6 Núm. (12) Edición especial noviembre 2023. ISSN: 2737-6249

*Muchas Gracias por su
atención!!!*