

**Antes de evaluar la mejor opción de financiamiento para comprar un equipo, es necesario determinar el momento óptimo de su reemplazo;** este se determina con el cálculo de la vida útil económica, empleando la metodología costo anual equivalente de la inversión y costos de operación y mantenimiento.



## Evaluación de activos: de la teoría a la práctica

### *Assets Evaluation: from Theory to Practice*

#### RESUMEN

La evaluación de activos supera las metodologías que nos plantean los autores de libros de ingeniería económica, evaluación de proyectos, finanzas y matemáticas financieras.

Los ejemplos y casos que encontraremos en los textos referentes a la evaluación de activos tienen como finalidad académica enseñar la metodología de cálculo bajo escenarios muchas veces pocos realistas y con supuestos teóricos, que no se ajustan a lo que ocurre en una empresa.

Por ello, el objetivo de la presente investigación es complementar la evaluación de activos fijos con una financiera que le dé mayores elementos de juicio al evaluador cuando decida adquirir un activo fijo, no solo conociendo el momento óptimo de su reemplazo.

La metodología empleada es la investigación científica descriptiva, con un diseño no transversal experimental, se emplearon técnicas de investigación documental en fuentes bibliográficas, iconográficas y magnéticas, validándose a través del desarrollo de un caso práctico de una empresa de servicios de tornería y fabricación de estructuras metálicas.

A través del caso, se explicará los conceptos básicos y lineamientos que deberá tener en cuenta el evaluador al momento de examinar opciones de reemplazo de equipos, así también como definir la mejor opción de su financiamiento.

El caso propuesto complementa los esquemas actuales de la evaluación de activos, brindando mayor información al evaluador para la toma de decisiones.

#### ABSTRACT

*The evaluation of assets goes beyond the methodologies proposed by the authors of books on economic engineering, project evaluation, finance, and financial mathematics.*

*The examples and cases that we can find in the books referring to the evaluation of assets, have an academic purpose to teach the methodology of calculation under scenarios that are often few realistic and using theoretical assumptions, which do not fit what occurs in a company.*

*Therefore, the objective of the present investigation is to complement the evaluation of fixed assets with a financial evaluation, that gives greater elements of judgment to the evaluator when making a decision to acquire a fixed asset, not only knowing the optimal moment for its replacement.*

*The methodology used is descriptive scientific research, with an experimental non-transversal design, making use of documentary research techniques on bibliographic, iconographic and magnetic sources, validating the research through the development of a practical case in a company of turnery service and manufacture of metal structures.*

*Through this case, it will be explained the basic concepts and guidelines that the evaluator should take into account when evaluating equipment replacement options, as well as how to define the best financing option.*

*The proposed case complements the current asset evaluation schemes, providing more information to the evaluator for decision-making procedures.*



#### Palabras clave

Valoración de activo, vida útil económica, costo anual equivalente, costos netos, valor residual, reemplazo de activos.

#### Key words

Asset valuation, economic useful life, annual equivalent cost, net costs, residual value, replacement of assets.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta el evaluador cuando examina el reemplazo de activos fijos, es determinar la mejor opción de financiamiento de este.

Para realizar una correcta evaluación económica y financiera, se requiere manejar conceptos básicos y fórmulas de matemática financiera, las cuales serán desarrolladas a detalle en la parte de fundamentos.

A partir del caso de una empresa que realiza servicios de tornería y fabricación de estructuras metálicas, se evaluará la mejor opción de financiamiento para el reemplazo de su torno actual.

En el mercado financiero, podemos encontrar diferentes opciones de financiamiento:

- Financiamiento con préstamo
- Financiamiento con arrendamiento operativo
- Financiamiento con arrendamiento financiero
- Financiamiento con bonos

Antes de evaluar la mejor opción de financiamiento para comprar un equipo, es necesario determinar el momento óptimo de su reemplazo.

Este se determina con el cálculo de la vida útil económica, empleando la metodología costo anual equivalente de la inversión y costos de operación y mantenimiento.

La División de Planificación, Estudios e Inversión de Chile recomienda, para la evaluación de reemplazo de equipos, contar con la siguiente información [7]:

- Tipo de equipo y producto que proporciona.
- Descripción del equipo existente, marca y año de adquisición, vida útil técnica y calidad de producción del bien o servicio.
- Descripción del equipo que se pretende adquirir, vida útil técnica y calidad de su producción.
- Volúmenes de producción o de prestación de servicios durante los últimos años, y precios de venta del producto o servicio que se obtiene con el equipo.
- Volúmenes de producción o servicios subcontratados a terceros (si fuera el caso).

Sin embargo, en la realidad, no siempre se contará con toda la información requerida para la evaluación, dado que no todas las empresas llevan un registro y control de sus operaciones de equipos y maquinarias, lo que imposibilita un análisis más fino de la evaluación.

## FUNDAMENTOS

Para el desarrollo de la evaluación financiera de activos fijos, se tomó como base de referencia el caso del modelo mínimo costo desarrollado por el Dr. Sergio Bravo Orellana [6]. En este,

se adaptó su metodología a un caso particular de una empresa de servicios de tornería y fabricación de estructuras metálicas.

Para un mejor entendimiento del caso, es necesario que el lector tome referencia de los siguientes conceptos básicos que se desarrollan en los cursos de ingeniería económica, evaluación de proyectos, finanzas y matemáticas financieras.

**Activo:** Está formado por todos los recursos que son de propiedad de la empresa y que le pueden generar beneficios económicos futuros [1].

**Arrendamiento:** El arrendamiento o *leasing* es un contrato mediante el cual el dueño de un activo (el arrendador), le confiere a otra persona (el arrendatario) el derecho de usar el activo por un periodo de tiempo determinado, a cambio de un pago monetario que se efectúa a manera de alquiler [2].

**El arrendamiento operativo:** Las Normas Internacionales de Contabilidad (NIC) definen el arrendamiento operativo como un tipo de contrato de arrendamiento que no trasfiere todos los riesgos y ventajas inherentes al derecho de propiedad (Dirección Nacional Pública S. F.) [2].

**El arrendamiento financiero:** Las NIC que son aceptadas por Perú, afirman que «Un arrendamiento se clasificará como financiero cuando transfiera sustancialmente todos los riesgos y ventajas inherentes a la propiedad». Esto se hace evidente en su carácter no cancelable, ya que transfiere hacia el arrendatario los riesgos de que el activo quede obsoleto. Además, es común que, al terminar el periodo de arrendamiento, el activo sea entregado o vendido al arrendatario por una suma menor al valor del rescate [2].

**Costo anual equivalente uniforme (CAUE):** Método utilizado corrientemente para la comparación de dos alternativas. El CAUE significa que todos los ingresos y desembolsos (irregulares o uniformes) deben convertirse en una cantidad anual uniforme equivalente. La principal ventaja de este método sobre los otros es que no requiere que la comparación se lleve a cabo sobre el mínimo común múltiplo de años cuando las alternativas tienen diferentes vidas útiles [3].

**Obsolescencia:** Como consecuencia de la competencia internacional y del rápido avance tecnológico, los sistemas y activos actuales instalados funcionan aceptablemente, aunque con menor productividad que el equipo que se fabricará en breve. La disminución del tiempo que tardan los productos en llegar al mercado, con frecuencia, es la razón de los análisis de reemplazo anticipado, es decir, estudios realizados antes de que se alcance la vida útil económica calculada [4].

**Vida útil económica:** Periodo durante el cual una máquina puede operar en forma eficiente realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando sea correctamente conservada y mantenida [6].

**Costos netos:** El método de los costos netos es para evaluar un proyecto nuevo, en una empresa en marcha. Sobre todo, cuando se trata de decidir entre arrendar o comprar con deuda: préstamo o bonos [8].

**Costo de oportunidad del capital (COK):** Es aquella tasa de rendimiento resultante de una alternativa especulativa de igual riesgo [9].

**Depreciación:** Es la distribución sistemática del importe depreciable de un activo a lo largo de su vida útil [11].

**Tasa efectiva anual (TEA):** La tasa efectiva anual indica el porcentaje efectivamente ganado durante un año y se capitaliza una sola vez [15].

**Valor de desecho contable:** El valor contable o valor libro corresponde al valor de adquisición de cada activo menos la depreciación que tenga acumulada a la fecha de su cálculo o, lo que es lo mismo, a lo que falta por depreciar ese activo en el término del horizonte de evaluación [12].

**Valor de desecho comercial:** La valoración por el método comercial se fundamenta en que los valores contables no reflejan el verdadero valor que podrán tener los activos al término del periodo de evaluación [12].

**Valor de desecho económico:** La valoración por el método económico considera que el proyecto tendrá un valor equivalente a lo que será capaz de generar a futuro [12].

**Valor presente de los costos (VPC):** Representa los costos actualizado a una tasa de descuento [8].

**Valor residual:** También conocido como «valor de desecho»; en términos generales, es el valor que se le asigna al activo al finalizar su periodo de depreciación, independientemente de su vida útil real. Se usa contablemente para determinar,

por diferencia, la pérdida de valor durante la vida contable del activo [12].

**Valuación de activos:** Método que consiste en la determinación del precio del mercado de cada activo, entendiéndose por este al monto que se pueda obtener en efectivo en una transacción libre ejecutada inmediatamente y en las condiciones presentes del activo, su estado y capacidad de uso, como del entorno y posibles demandantes [10].

**Vida técnica:** Referida, generalmente, a los equipos industriales. Se denomina vida técnica o vida útil de una máquina al número de años que se estima que la misma podrá funcionar normalmente. Por tratarse de una estimación que se formula *ex ante* o *a priori*, la vida técnica de un equipo industrial nunca podrá conocerse con exactitud. Tomando como base la experiencia y las características técnicas siempre se podrá formar una idea, aproximada al menos, de cuál va a ser (salvo imprevistos) la duración de un equipo industrial. La vida técnica no siempre coincide con la vida económica. Esta se puede alargar, aumentando los gastos de conservación y reparación, o acortar, según convenga [14].

**Caso estudio: Maquinsa S. A. C.**

Maquinsa S. A. C. es una empresa que se dedica a servicios de tornería y construcción de estructuras metálicas. Inicia sus actividades a comienzos del 2013, para lo cual adquiere un torno modelo STH 400 valorado en S/ 105 000.



**Figura 1.** Modelo de torno STH 400.  
**Fuente:** Empresa fabricante de tornos Pinacho.

MODELO	STH 400	
ESPECIFICACIONES	MM	PULGADAS
X - Husillo bolas, Ø y paso (mm)	32/5	
Contrapunto, Ø caña	96	4"
Recorrido de la caña contrapunto	215	9"
Cono morse caña (MT)	6	
Posiciones torreta automática estándar	8	
Dimensiones de la herramienta	32x32	1 ¼x1 ¼"
Ø Herramienta interiores	50	2"
Precisión (mm)	0.01	
Repetitividad (mm)	0.01	
Lunetas fijas, capacidades	10-300/300-530	1½-12 / 12-21"
Luneta móvil, capacidad	70-290	3-11 ½"
Potencia motor principal (kW)	17	
Potencia bomba refrigerante (kW)	0.57	
Caudal bomba de refrigerante (l/min)	50	
Capacidad tanque refrigerante (l)	130/180/225/300/350	
Dimensiones	Longitud (mm)	3557/4557/5557/6557/7557
	Anchura (mm)	2077
	Altura (mm)	2227
	Peso (kg)	5460/5760/6460/7560/9060
Norma de verificación	DIN 8605	

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas de torno STH 400.  
Fuente: Empresa fabricante de tornos Pinacho.

De acuerdo con los registros de la empresa se tienen los siguientes costos históricos de operación y mantenimiento (2013-2017) y su valor residual del torno STH 400.

Concepto	2013	2014	2015	2016	2017
Valor residual Torno STH 400	76 280.00	60 180.00	48 410.00	39 590.00	32 820.00

**Tabla 2.** Valor residual histórico Torno STH 400.  
Fuente: Maquinsa S. A. C.

Costos	2013	2014	2015	2016	2017
Costo de operación	12 000.00	12 900.00	13 860.00	14 900.00	16 020.00
Costo de mantenimiento	10 000.00	10 800.00	11 660.00	12 600.00	13 600.00
<b>CO&amp;M</b>	<b>22 000.00</b>	<b>23 700.00</b>	<b>25 520.00</b>	<b>27 500.00</b>	<b>29 620.00</b>

**Tabla 3.** Costos históricos de operación y mantenimiento.  
Fuente: Maquinsa S. A. C.

El Departamento de Comercial proyecta un crecimiento en la demanda de servicios de torneado para los siguientes años de un 20 %, dado los nuevos proyectos mineros que tiene en cartera el actual gobierno.

Por su parte, el Departamento de Producción estima los costos de operación y mantenimiento de su máquina para los siguientes cuatro años (2018-2022) y su valor residual.

Concepto	2018	2019	2020	2021	2022
Valor residual de máquina	27 540.00	23 340.00	19 960.00	17 200.00	14 930.00

**Tabla 4.** Valor residual proyectado de torno STH 400 Proyectado.  
Fuente: Maquinsa S. A. C.

Costos	2018	2019	2020	2021	2022
Costo de operación	19 120.00	22 820.00	27 220.00	32 480.00	38 740.00
Costo de mantenimiento	16 420.00	19 800.00	23 880.00	28 820.00	34 760.00
<b>CO&amp;M</b>	<b>35 540.00</b>	<b>42 620.00</b>	<b>51 100.00</b>	<b>61 300.00</b>	<b>73 500.00</b>

**Tabla 5.** Costos de operación y mantenimiento proyectados.  
Fuente: Maquinsa S. A. C.

Debido al incremento gradual proyectado de los costos de operación y mantenimiento de la máquina, el gerente de Producción decidió evaluar la conveniencia o no de comprar un nuevo torno para reemplazar el actual (Torno STH 400).

La racionalidad económica aconseja mantener los costos en el menor nivel posible, independientemente del nivel de ingresos por ventas [5].

## METODOLOGÍA

La metodología empleada en la presente investigación es de tipo descriptiva, que consiste en examinar un tema o un problema poco estudiado y del que se tiene dudas o que no haya sido abordado anteriormente [13].

El desarrollo de un caso práctico permitirá graficar de manera sencilla la evaluación de reemplazo de activos fijos. Asimismo, se complementa con la evaluación de la mejor opción de financiamiento del equipo, siendo este acápite el aporte de la investigación, complementando los casos existentes en los libros de evaluación de activos.

Para el desarrollo del caso, se conceptualizan los conceptos básicos de evaluación de activos, adicionando a ello el uso de las principales formulas financieras para el cálculo del costo anual equivalente uniforme y costos netos [8].

A continuación, se desarrollará paso a paso la solución del caso planteado.

### Paso 1

Para un mejor entendimiento, separaremos el flujo de inversiones del flujo de costos de operación y mantenimiento, para luego sumar ambos flujos o costos anuales equivalentes, a fin de que podamos determinar la vida útil económica de la máquina. Se utiliza un costo de oportunidad del 20 % anual.

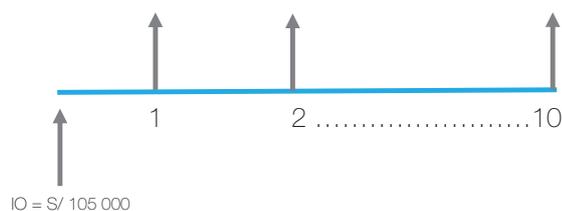
- I** : Inversión
- CO** : Costo de operación
- CM** : Costo de mantenimiento
- CT** : Costo total

**CT = CO + CM**

**Paso 2**

Calculamos el costo anual equivalente de la inversión con una proyección de 10 años que equivale a la vida útil técnica del torno.

VR1 = S/ 76 280      VR3 = S/ 60 180      VR3 = S/ 14 930



**Figura 2.** Valor residual proyectado (Torno STH 400).  
Fuente: Información de la empresa.

\*VR = Valor residual

**2.1. Actualización del VR en año 1**

S/ 76 280.00 / (1 + 20 %) ^ 1 = S/ 63 566.67

**2.2. Valor actual de inversión en año 1**

S/ -105 000.00 + S/ 63 566.67  
= S/ -41 433.33

**2.3. Actualización de inversión en año 1**

= S/ -41 433.33 (1 + 20 %) ^ 1  
= S/ -49 720.00

Para el segundo año, de igual forma, se actualiza el valor residual de la maquina (VR2), descontándose de su valor inicial, para, posteriormente, calcular el costo anual equivalente de la inversión a una política de reemplazo dos años.

**2.4. Actualización del VR año 2**

S/ 60 180.00 / (1 + 20 %) ^ 2 = S/ 41 791.67

**2.5. Valor actual de inversión en año 2**

S/ -105 000.00 + S/ 41 791.67  
= S/ -63 208.33

**2.6. Actualización de inversión en año 2**

R= P. FDVP i, n

$$FDVP = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$R = S/ - 63 208.33 \times \frac{20 \% (1+20 \%)^2}{(1+20 \%)^2 - 1}$$

R= S/ 41 372.73

Hasta este punto, podemos concluir que una política de reemplazo cada dos años (S/ 41 372.73) es menor que el correspondiente a una política de reemplazo a cada año (S/ 49 720.00)

\*Para el cálculo de los resultados anteriores hacemos uso de las siguientes fórmulas de matemática financiera [11].

**Factor de capitalización (FC)**

FA = 1 / (1+i) ^n

S = P. FC n, i

**Factor de actualización (FA)**

FA = 1 / (1+i) ^n

P = S. FA n, i

**Factor de distribución de un valor presente (FDVP)**

$$FDVP = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

R = S. FDVP n, i

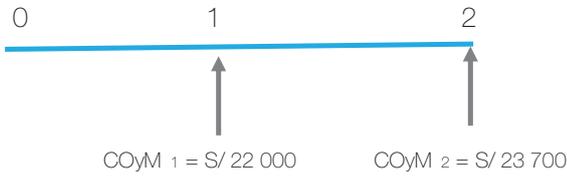
Seguidamente, haciendo uso del programa Excel encontramos el valor actualizado de las inversiones para los siguientes años, hasta el periodo 10.

Periodo	Año	Inversión	Valor residual	FA (VR)	VP (VR)	FDVP (VR)
0	2012	105 000.00				
1	2013		76 280.00	63 566.67	-41 433.33	-49 720.00
2	2014		60 180.00	41 791.67	-63 208.33	-41 372.73
3	2015		48 410.00	28 015.05	-76 984.95	-36 546.70
4	2016		39 590.00	19 092.00	-85 907.60	-33 185.17
5	2017		32 820.00	13 189.62	-91 810.38	-30 699.53
6	2018		27 540.00	9 223.09	-95 776.91	-28 800.67
7	2019		23 340.00	6 513.77	-98 486.23	-27 322.44
8	2020		19 960.00	4 642.06	-100 357.94	-26 154.23
9	2021		17 200.00	3 333.48	-101 666.52	-25 221.38
10	2022		14 930.00	2 411.28	-102 588.72	-24 496.74

**Tabla 6.** Proyección de costo anual equivalente de inversiones.  
Fuente: Elaboración propia.

**Paso 3**

Luego de calcular el costo anual equivalente de las inversiones, procedemos a estimar el costo anual equivalente para el costo de operación y mantenimiento del torno.



**Figura 3.** Costos de operación y mantenimiento (Torno STH 400).  
Fuente: Información de la empresa.

**3.1. Actualización del COyM en año 1**

$$S/ 22\ 000.00 / (1 + 20\%)^1 = S/ 18\ 333.33$$

**3.2. Actualización CoyM en año 1**

$$= S/ 18\ 333.33 (1 + 20\%)^1$$

$$= S/ - 22\ 000.00$$

**3.3. Actualización del COyM en año 2**

Para el segundo año, se actualiza el costo de operación y el costo de mantenimiento del segundo año a la tasa del 20 % anual y le sumamos la actualización del costo de operación y mantenimiento del primer año.

$$[ S/ 22\ 000.00 / (1 + 20\%)^1 ] + [ S/ 23\ 700.00 / (1 + 20\%)^2 ]$$

$$= S/ 34\ 791.67$$

**3.4. Actualización CoyM en año 2**

Una vez actualizado el costo de operación y mantenimiento al año 1, procedemos calcular el costo anual equivalente de los costos de operación y mantenimiento para una política de reemplazo de cada 2 años.

$$R = P \cdot FDVP_{i, n}$$

$$R = S/ - 34\ 791.67 \times 20\% \frac{(1+20\%)^2}{(1+20\%)^2 - 1}$$

$$R = S/ 22\ 772.73$$

Periodo	Año	Inversión	CO&M	FA CO&M	FDVP (VR)
0	2012	105 000.00			
1	2013		22 000.00	18 333.33	22 000.00
2	2014		23 700.00	34 791.67	22 772.73
3	2015		25 520.00	49 560.19	23 527.47
4	2016		27 500.00	62 822.15	24 267.51
5	2017		29 620.00	74 725.76	24 986.78
6	2018		35 540.00	86 628.03	26 049.55
7	2019		42 620.00	98 522.49	27 332.50
8	2020		51 199.00	110 406.72	28 773.03
9	2021		61 300.00	122 287.07	30 336.91
10	2022		73 500.00	134 157.73	31 999.67

**Tabla 7.** Proyección costo anual equivalentes de operación y mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.

**Paso 4**

Finalmente, procedemos a calcular el costo anual equivalente total, sumando el costo anual equivalente de las inversiones más los costos anuales operativos y de mantenimiento del torno STH 400.

Periodo	Año	CAET
0	2012	
1	2013	-71 720.00
2	2014	-64 145.45
3	2015	-60 074.18
4	2016	-57 452.68
5	2017	-55 686.30
6	2018	-54 850.21
7	2019	-54 654.933
8	2020	-54 927.26
9	2021	-55 558.29
10	2022	-56 469.42

**Tabla 8.** Proyección del costo anual equivalente.  
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, se aprecia que costo anual equivalente total mínimo se produce durante el año 8, que es cuando se debe reemplazar el torno STH 400; de lo contrario, su permanencia en la empresa ya no es beneficiosa. Por lo tanto, este activo tiene una vida útil económica de siete años.

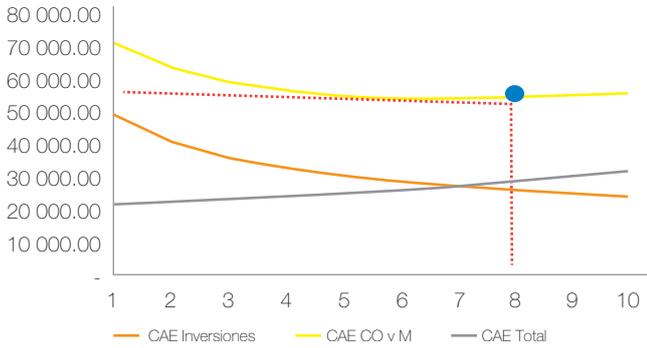
Flujos relevantes	0	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	105 000.00										
Valor residual		76 280.00	60 180.00	48 410.00	39 690.00	32 820.00	2 854.00	2 434.00	2 096.00	1 820.00	1 593.00
CAE inversión		49 720.00	41 372.73	36 546.70	33 185.17	30 699.53	28 800.67	27 322.44	26 154.23	25 221.38	24 469.74
Costo de operación		1 200.00	1 290.00	1 386.00	1 490.00	1 602.00	1 912.00	2 282.00	2 722.00	3 248.00	3 874.00
Costo de mantenimiento		1 000.00	1 080.00	1 166.00	1 260.00	1 360.00	1 642.00	1 980.00	2 388.00	2 882.00	3 476.00
CO y M		2 200.00	2 370.00	2 552.00	2 750.00	2 962.00	3 554.00	4 262.00	5 110.00	6 130.00	7 350.00
Actualización del CO y M		18 333.33	34 791.67	49 560.19	62 822.15	74 725.76	86 628.03	98 522.49	110 406.72	122 287.07	134 157.73
CAE CO y M		22 000.00	22 772.73	23 527.47	24 267.51	24 986.78	26 049.55	27 332.50	28 773.03	30 336.91	31 999.67
Costo de oportunidad	20 %										
<b>CAE Total</b>		<b>71 720.00</b>	<b>64 145.45</b>	<b>60 074.18</b>	<b>57 452.68</b>	<b>55 686.30</b>	<b>54 850.21</b>	<b>54 654.93</b>	<b>54 927.26</b>	<b>55 558.29</b>	<b>56 469.42</b>

**Tabla 9.** Vida útil económica de Torno STH 400.  
Fuente: Elaboración propia.

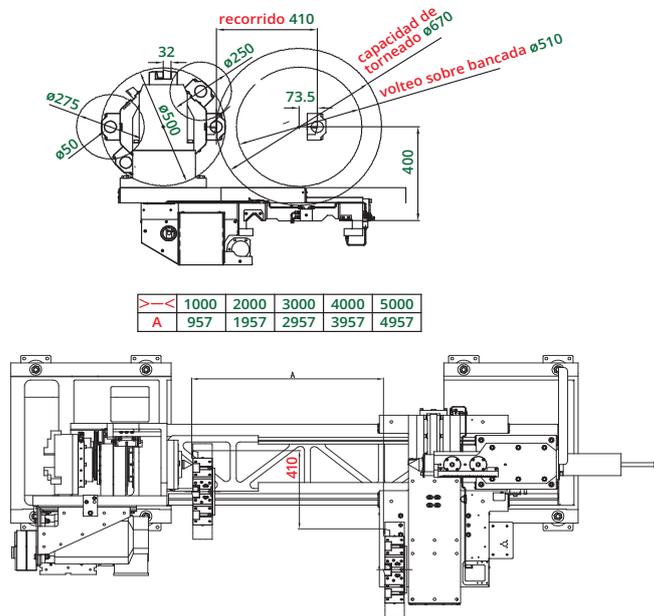
La vida útil económica del torno STH 400 se da en el periodo 8, que, para nuestro caso, corresponde al 2018.

**Paso 5**

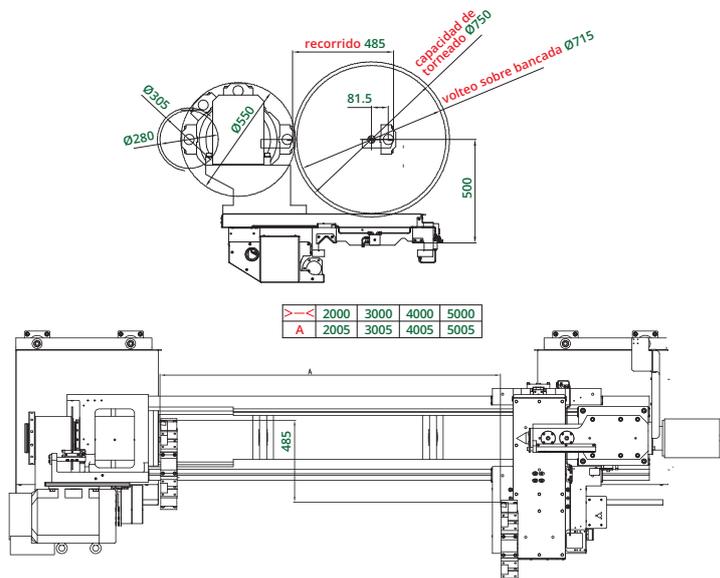
Luego de determinar el momento óptimo de reemplazo del torno STH 400 dado el cálculo de estimación de su vida útil económica (año 8), el gerente de Producción decide comprar un torno de mayor recorrido, capacidad de torneado, potencia y volteo sobre bancada, eligiendo el modelo STH 500, que tiene un valor de mercado de S/ 120 000.00 con una vida útil técnica de 10 años.



**Figura 4.** Proyección costos equivalentes anuales de torno STH 400.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5.** Diagrama de interferencias de STH 400.  
Fuente: Empresa fabricante de tornos Pinacho.



**Figura 6.** Diagrama de interferencias de STH 500.  
Fuente: Empresa fabricante de tornos Pinacho.

MODELO	STH 400				STH 500										
	ESPECIFICACIONES		MM	PULGADAS	MM	PULGADAS									
Control	Fanuc 0i-TF / Fagor 8055i/FL-TC / Siemens 828D														
Distancia entre centros	1000/2000/ 3000/4000/5000		40°/80°/120°/ 157°/197°		2000/3000/ 4000/5000		80°/120°/ 157°/197°								
Altura de centro	400		16"		500		20"								
Max. Ø sobre bancada	805		32"		1010		40"								
Max. Ø sobre carro	720		28"		935		37"								
Max. Ø sobre carro transversal	515		20"		718		28"								
Recorrido carro transversal	400		16"		500		20"								
Longitud del carro	900		35"		980		38 ½"								
Longitud del carro transversal	750		30"		950		37"								
Ancho de bancada	425		17"		500		20"								
Agujero del eje principal del cabezal	105	155	230	4"	6"	9"	130	155	230	310	5"	6"	9"	12"	
Nariz del eje principal (ASA/CAM-LOCK)	A2-8/D1-8		A2-11/--		A2-15/--		A2-11/--		A2-11/--		A2-15/--		A2-20/--		
Cono Morse eje principal (MT)	5		5		6		5		5		6		6		
Rangos de velocidad (rpm)	Rango I	0-425		0-356		0-268		0-366		0-356		0-300		0-194	
	Rango II	425-1700		356-1000		268-750		366-1400		356-1000		300-750		194-560	
Avances de trabajo Z,X (mm/min)			0-7000				0-7000								
Avances rápidos Z (m/min)			10				10								
Avances rápidos X (m/min)			10				10								
Z - Husillo bolas, Ø y paso (mm)			50/10				50/10								

**Tabla 10.** Cuadro comparativo: especificaciones técnicas entre modelos de torno STH 400 y STH 500.

**Fuente:** Empresa fabricante de tornos Pinacho.

Para determinar la modalidad más conveniente de financiamiento, aplicaremos el método de evaluación por costos netos.

### Evaluación por costos netos

Se procederá a evaluar la menor opción de financiamiento:

#### Opción 1: Financiamiento con préstamo bancario

##### Condiciones del préstamo

Préstamo : S/ 120 000.00  
TEA : 10.50 %  
Período : 5 años

\*TEA (Tasa efectiva anual)

##### Calculo de valor de cuota

$$R = 120\,000.00 \times FDVP\ 5,0,105$$

$$R = 120\,000.00 \times 10.50\% \frac{(1+10.50\%)^5}{(1+10.50\%)^5 - 1}$$

$$R = S/ 32\,061.06$$

Periodo	Saldo	Interés	Amortización	Cuota
1	120 000.00	12 600.00	19 461.06	32 061.06
2	100 538.94	10 556.59	21 504.47	32 061.06
3	79 034.47	8 298.62	23 762.44	32 061.06
4	55 272.03	5 803.56	26 257.50	32 061.06
5	29 014.53	3 046.53	29 014.53	32 061.06

**Tabla 11.** Cuadro servicio de la deuda.

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego, procedemos a elaborar el flujo de pago después de impuestos, teniendo en cuenta que el impuesto a la renta en el Perú es de 29.50 % anual.

Consideramos la siguiente simbología para el cálculo del flujo de pagos:

C	=	Cuota
I	=	Interés
AM	=	Amortización
D	=	Depreciación
T	=	Impuesto a renta
DT	=	Después de impuestos

Años	Cuota C (I+AM)	Depreciación C	Interés I	Monto econ. imp. (D+I)	Monto econ. imp. T (D+I)	Flujo DT (I+AM) – T(D+i)
1	32 061.06	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	21 264.06
2	32 061.06	24 000.00	10 556.59	34 556.59	10 194.19	21 866.87
3	32 061.06	24 000.00	8 298.62	32 298.62	9 528.09	22 532.97
4	32 061.06	24 000.00	5 803.56	29 803.56	8 792.05	23 269.01
5	32 061.06	24 000.00	3 046.53	27 046.53	7 978.73	24 082.33
		<b>120 000.00</b>	<b>40 305.30</b>			

**Tabla 12.** Flujo de pago después de impuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, calculamos el valor presente de los costos (VPC) =

$$21\,264.06/(1+10.50\%)^1 + 21\,866.87/(1+10.50\%)^2 + 22\,532.97/(1+10.50\%)^3 + 23\,269.01/(1+10.50\%)^4 + 24\,082.33/(1+10.50\%)^5$$

VPC con préstamo = **S/ 66 844.99**

### Opción 2: Financiamiento con arriendo operativo

Se considera un pago por arrendamiento de S/ 35 827.20.

Años	Pagos arriendo A	Economía de impuesto T.A	FP D. imp. A-T.A
1	35 827.20	10 569.02	25 258.18
2	35 827.20	10 569.02	25 258.18
3	35 827.20	10 569.02	25 258.18
4	35 827.20	10 569.02	25 258.18
5	35 827.20	10 569.02	25 258.18

**Tabla 13.** Cuadro de pago de arriendo después de impuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

\*F. P. D. Imp. = Flujo de pagos después de impuestos

Elaborado el cuadro de pago de arriendo, procedemos a calcular el VPC con arrendamiento.

$$25\,258.18/(1+10.50\%)^1 + 25\,258.18/(1+10.50\%)^2 + 25\,258.18/(1+10.50\%)^3 + 25\,258.18/(1+10.50\%)^4 + 25\,258.18/(1+10.50\%)^5$$

VPC con arriendo operativo = **S/ 75 537.41**

### Opción 3: Financiamiento con arriendo financiero

Se considera un pago de arriendo al banco por S/ 49 712.00

Años	Pagos arriendo A	Economía de impuesto T.A	FP D. imp. A-T.A
1	49 712.00	14 665.04	35 046.96
2	49 712.00	14.665.04	35 046.96
3	49 712.00	14 665.04	35 046.96
4		-	-
5		-	-

**Tabla 14.** Cuadro de pago de arriendo financiero después de impuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el VPC con arriendo financiero

$$35\,046.96/(1+10.50\%)^1 + 35\,046.96/(1+10.50\%)^2 + 35\,046.96/(1+10.50\%)^3$$

VPC con arriendo financiero = **S/ 73 825.77**

### Opción 4: Financiamiento con bonos

Consideramos una cuota de intereses de S/ 12 600.00. Capital S/ 120 000.00 al final.

Años	Cuota C (I+AM)	Depreciación D	Interés I	Monto econ. imp. (D+I)	Monto econ. imp. T(D+I)	Flujo DT (I+AM) – T(D+i)
1	12 600.00	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	1 803.00
2	12 600.00	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	1 803.00
3	12 600.00	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	1 803.00
4	12 600.00	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	1 803.00
5	132 600.00	24 000.00	12 600.00	36 600.00	10 797.00	121 803.00
	<b>120 000.00</b>					

**Tabla 15.** Cuadro de pago con bonos después de impuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el VPC con bonos:

$$1\,803.00/(1+10.50\%)^1 + 1\,803.00/(1+10.50\%)^2 + 1\,803.00/(1+10.50\%)^3 + 1\,803.00/(1+10.50\%)^4 + 121\,803.00/(1+10.50\%)^5$$

VPC con bonos = **S/ 53 617.38**

Luego de evaluar diferentes opciones de financiamiento:

<b>VPC con arrendamiento operativo</b>	S/ 75 537.41
<b>VPC con arrendamiento financiero</b>	S/ 73 825.77
<b>VPC con préstamo</b>	S/ 66 844.99
<b>VPC con bonos</b>	<b>S/ 53 617.38</b>

**Tabla 16.** Comparación de opciones de financiamiento.  
Fuente: Elaboración propia.

Concluimos que la opción de financiamiento con bonos es de menor costo, por lo cual se recomienda financiar la compra del torno STH 500, emitiendo bonos por un valor nominal de S/ 120 000 con plazo de 5 años. Cada bono devengará un interés del 10 % nominal anual pagadero anualmente. La redención se efectuará el 31 de diciembre de 2022.

Maquinsa S. A. C. tiene que pagar a un intermediario financiero (bancos o sociedad de agentes de bolsa), el costo de la colocación de bonos en el mercado.

El mercado de valores es el gran competidor de la banca, pues la tasa de cupón del bono es más baja que la de un préstamo.

## RESULTADOS

El desarrollo del caso práctico: Maquinsa S. A. C. permitirá al lector comprender, de una manera sencilla, la metodología para evaluar la mejor opción de financiamiento para la compra de un activo.

Los conceptos básicos en finanzas y las fórmulas de matemática financiera expuestas en este artículo refuerzan enormemente la comprensión de las metodologías: vida útil económica, costo anual equivalente de las inversiones, costo anual equivalente de los costos de operación y mantenimiento, y la evaluación de costos netos.

Se demuestra, en una forma clara, que el financiamiento del torno STH 500 a través de bonos es la opción de financiamiento menos costosa, dado que la empresa establece la tasa nominal anual pagadera del bono.

La vida útil económica del torno STH 400 se cumple en el año 2018. A partir de este año, si continuamos trabajando con el mismo equipo, generaremos pérdidas económicas a la empresa, dado que se incurrirían en mayores costos de operación y mantenimiento del equipo en los siguientes años.

## CONCLUSIONES

- La metodología de la evaluación de los costos netos es útil para evaluar opciones de financiamiento. No se requiere tener datos de ventas, dado que este método es empleado para evaluar proyectos nuevos, en empresas en marcha. En nuestro caso, la adquisición de un activo fijo.
- La decisión de seguir trabajando o no con un equipo depende de la vida útil económica y no de la vida técnica.
- La opción de financiamiento con bonos es la de menor costo, dado que la empresa determina la tasa nominal anual.

## REFERENCIAS

[1] Beltrán, A., y Cueva, H. (2009). *Evaluación privada de proyectos* (2ª ed.). Lima: Pearson.

[2] Beltrán, A., y Cueva, H. (2013). *Evaluación privada de proyectos* (3ª ed.). Lima: Universidad del Pacífico.

[3] Blank, L., y Tarquin, A. (1991). *Ingeniería Económica* (3ª ed.). Bogotá: Mc Graw Hill.

[4] Blank, L., y Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica* (7ª ed.). México D. F.: Mc Graw Hill.

[5] Bravo, S. (2006). *La vida útil de un activo y política de reemplazo de activos*. Lima: ESAN.

[6] Cantillo, V. (1998). Reemplazo económico de los equipos. *Ingeniería & desarrollo*. 3(4), 58-63.

[7] Chile, Ministerio de Planificación (2005). *Metodología de preparación y evaluación de proyectos de reemplazo de equipos*. Recuperado de <https://bit.ly/2NKmwtP>

[8] Espinoza, A. (2008). *Evaluación de proyectos: Inversiones reales y financieras*. Lima: ESAN.

[9] Kafka, F. (1995). *Evaluación estratégica de proyectos de inversión* (2ª ed.). Lima: Universidad del Pacífico.

[10] Perú, Ministerio de Economía y Finanzas (2012). Directiva N.º 001-2012. Proinversión. Aplicación de metodologías de valuación de activos, empresas y proyectos.

[11] Perú, Ministerio de Economía y Finanzas (2012). Normas Internacionales de Contabilidad Oficializadas. NIC 16: Propiedades, Planta y Equipo.

[12] Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (2ª ed.). Santiago de Chile: Pearson.

[13] Sampiere, H. (2014). *Metodología de la investigación*. México D. F.: Mc Graw Hill.

[14] [www.economía48.com](http://www.economía48.com) (2006-2009). *La gran enciclopedia de economía*. Vida técnica. Recuperado de <http://www.economía48.com/>

[15] Zavala, C. (1995). *Matemáticas financieras*. Arequipa: UCSM.

## ACERCA DEL AUTOR

### José Eduardo Rojas Gómez

Asesor y consultor de proyectos de inversión pública y privada, con más de 15 años de experiencia en la formulación y evaluación de proyectos públicos y privados. Exconsultor del Banco de Proyectos de la Región Arequipa. Economista por la Universidad Católica Santa María. Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de la Producción por la Universidad Nacional de San Agustín. Conferencista en congresos internacionales y nacionales en proyectos de inversión. Miembro del *Project Management Institute (PMI)®*, Member ID: 3100459. Actualmente, se desempeña como *planner* en el Departamento de Estudios Generales de Tecsup.

@ [jrojas@tecsup.edu.pe](mailto:jrojas@tecsup.edu.pe)