

# ¿Mantenimiento o renovación?

**P. A. Rodríguez Ramos**

Departamento de Ingeniería de Mantenimiento, Facultad de Ingeniería Mecánica,  
Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*, La Habana 19390, Cuba.  
E-mail: pedro @ mecanica.ispjae.edu.cu Tlfno.-202267. Fax:537-332429

( Recibido el 5 de mayo de 1998; aceptado el 19 de julio de 1998 )

## Resumen

Este artículo resume definiciones, criterios y una forma operativa para responder a la disyuntiva: ¿mantenimiento o renovación?. Esta disyuntiva se presenta casi a diario al ingeniero que desarrolla sus tareas en cualquiera de las áreas de la empresa, ya sea productiva o de servicio.

Es intención del autor colaborar con los técnicos, profesionales y gerentes al brindarle una herramienta, que le permita tomar la mejor solución cuando haya que decidir entre realizar las acciones de mantenimiento, o bien, optar por la renovación total o parcial:  $i_{RN}$ .- índice de rentabilidad de la renovación o índice MAPI, %/año.- Refleja que % de la inversión se retribuye cada año por la instalación de la nueva máquina.

El cálculo del índice MAPI posee un modelo matemático que integra los factores principales que pueden ser considerados objetivamente para calificar la urgencia de la necesidad de la renovación, mide la ventaja económica de hacer ahora la renovación, en lugar de postergarla por un año:

$$i_{RN} = \frac{VO + CE - CI - \Delta i_B}{I_N} \text{ -----> max}$$

VO.- ventaja operacional, incremento anual de los beneficios, \$/año

CE.- gasto anual de capital evitado, \$/año

CI.- gasto anual de capital incurrido, \$/año

$\Delta i_B$ .- incremento anual de los impuestos sobre beneficios, \$/año

$I_N$ .- inversión neta, \$

## 1. Introducción

La función mantenimiento es la aplicación de un conjunto de prácticas técnico - gerenciales aplicadas sobre bienes físicos con el fin de garantizar máxima disponibilidad al menor costo posible para garantizar una producción en la cantidad, variedad, calidad y oportunidad que el negocio le impone.

La base de sustentación del mantenimiento es esencialmente económica [6]. El éxito económico del mantenimiento radica en la correcta observancia de cuatro valores fundamentales: tiempo, esfuerzo, dinero y afecto. En la medida en que las prácticas de mantenimiento tiendan a optimizar estos valores, éste será más económico. Esto es hacer gestión. Cuando una máquina ha llegado al fin de su

vida útil, pero se sigue tratando de mantenerla disponible se está perdiendo tiempo, dinero, esfuerzo y afecto [1].

Una máquina deteriorada reduce la producción, por lo cual disminuyen las utilidades; se incrementan los riesgos laborales, aparecen las interrupciones, se incrementa la producción defectuosa y los accidentes, por esto se incrementan los costos.

En la actualidad el desarrollo científico es tan acelerado que, los fabricantes no indican la magnitud de la vida útil de sus productos, ya que la misma en ocasiones se ve limitada bruscamente por la aparición de otro más competitivo, provocando una obsolescencia prematura.

Cuando la gestión y el propio mantenimiento a los activos no son correctos, el factor económico adquiere un papel más importante aún en la toma de decisiones. Cuando no se asegura la óptima utilización de la máquina, cuando no se

logra calidad, buena presentación y su correcta operación, cuando no se contribuye al retorno óptimo del capital invertido, ni a la seguridad del cliente, del mantenedor, del medio ambiente, ni de la propia máquina, nos enfrentamos a la siguiente interrogante: ¿Continuar egresando dinero por concepto de mantenimiento o renovar un activo?

En este artículo, se enfatizará en la valoración de una de las posibles respuestas: La renovación, fundamentada sobre la base del Índice de Rentabilidad, MAPI [3,4,7].

## 2. Desarrollo

La renovación es la acción que se lleva a cabo con el objetivo de sustituir una máquina (o parte de ella) por otra nueva. La acción de renovación se fundamenta en que la máquina nueva posee mayor capacidad, eleva la calidad y disminuye los costos de operación, por lo cual promete un mayor retorno sobre la inversión.

La idea de renovación surge como resultado de la aparición de un fenómeno: el envejecimiento. Éste ocasiona una inferioridad de servicio de la máquina que se traduce en una pérdida de dinero; pues se produce (vende) menos y además por estar utilizando una máquina que no incorpora los últimos adelantos de la ciencia y la técnica.

La acción de renovación de una máquina no debe ser indiscriminada. Se debe determinar el momento óptimo de efectuarla; pues existe un momento en el cual se comienza no ya a perder ventas sino que se generan pérdidas. Debe ser una preocupación constante de las empresas definir el momento exacto de renovación (duración óptima) y no esperar el momento en que ya son inevitables las pérdidas. En muchas ocasiones se ha determinado la necesidad de renovación como resultado de un envejecimiento manifiesto y por criterios totalmente intuitivos. La toma de decisión en la renovación requiere por supuesto también evaluar criterios cualitativos.

Hay máquinas que no requieren cálculos, se hace su renovación por problemas de prestigio e imagen, se sustituyen cuando ya no prestan el servicio con la calidad deseada.

La experiencia y la intuición no son unidades de medida objetivas; pero son también elementos a ser considerados, al igual que el riesgo y la incertidumbre, factores que en la actualidad cobran mayor importancia. Ahora bien, existen premisas económicas, que limitan los volúmenes de los trabajos de mantenimiento. Los principales criterios económicos, que desde hace ya años se conocen y aparecen ampliamente tratados en variadas bibliografías [2,3,4,5,7], para tomar decisiones de renovación resultan:

- Período de recuperación (Pay- back),
- Valor Actual Neto (VAN),
- Tasa Interna de Retorno (TIR),
- Costo Específico (Cesp)
- Costo Mínimo Adverso de Terborgh (Cmin)

Menos tratado aparece el criterio: Índices de Rentabilidad del próximo año.( MAPI) por lo que se tratará con mayor detalle a continuación:

Para la solución práctica de una decisión de renovación, en el *Machinery and Allied Product Institute, USA* [3,4,7] se han desarrollado variados índices para ofrecer un ratio valorativo sobre la urgencia o no de renovación de una máquina (estos índices se reconocen con las siglas MAPI). Estos índices y sus modelos matemáticos fueron desarrollados hace ya bastante tiempo, pero lejos de ser obsoletos, adquieren gran importancia en la actualidad.

En las condiciones actuales de mercado y de alta competitividad es necesario proyectarse con mayor profundidad económica. Se valora a continuación el más simple de estos índices [2,3] (otros tienen una significativa complejidad [7]) con ciertas modificaciones propuestas por el autor.

Para responder a la pregunta: ¿se efectúa la renovación hoy o se espera un año más?, se propone el siguiente modelo matemático:

$$i_{RN} = \frac{VO + CE - CI - \Delta i_B}{I_N} \rightarrow \max \quad \dots 3$$

donde:

- $i_{RN}$ .- índice de rentabilidad de la renovación, \$/\$, (se multiplica por 100; pues se acostumbra a reflejar en, %/año). Se obtiene como la relación entre las utilidades netas (pérdidas) que generará el próximo año la máquina nueva (numerador) y el importe de su inversión neta (denominador). Es evidente que mientras mayor es el valor de este índice, será más recomendable la renovación.
- VO.- ventaja operacional, incremento anual de los beneficios, \$/año
- CE.- gasto anual de capital evitado, \$/año
- CI.- gasto anual de capital incurrido, \$/año
- $\Delta i_B$ .- incremento anual de los impuestos sobre beneficios, \$/año
- $I_N$ .- inversión neta, \$

$$VO = (\Delta V + \Delta C) * K_I - CO \quad \dots 4$$

donde:

$\Delta V$ .- variación (incremento) del volumen de ventas, debido a las mejoras que reporta al producto la nueva máquina con respecto a la vieja (aumentos de cantidad, calidad y oportunidad), \$/año

$\Delta C$ .- variación (disminución, ahorro) del costo de operación (no incluye la depreciación, ni el mantenimiento) que reporta la nueva máquina con respecto a la vieja (costos relevantes), \$/año

$K_I$ .- coeficiente de incertidumbre.- representa el margen de seguridad, que implica pronosticar la ventaja operacional

de una máquina nueva, que aún no se posee, (toma valores inferiores a uno).

CO.- costo de oportunidad. Oportunidad (de obtener ingresos o ahorros), que se sacrifica cuando se toma una alternativa que excluye otra, \$/ año

$$CE = D_V + Cm^a_V + P_V \quad ..5$$

donde:

$D_V$ .- disminución que experimentará el valor en libros de la máquina vieja el próximo año, \$/año (se define por el valor de la depreciación anual evitada, se calcula de acuerdo al método de depreciación que se emplee).

$Cm^a_V$ .- valor de los gastos por concepto de mantenimiento que se evitan el próximo año al renovar la máquina vieja, \$/año

$P_V$ .- pérdidas de producción evitadas, producto del tiempo de paro de la máquina vieja, \$/ año

$$CI = D_N + Cm^a_N + P_N \quad ..6$$

donde:

$D_N$ .- disminución que experimentará el valor en libros de la máquina nueva el próximo año, \$/año (se define por el valor de su depreciación anual, se calcula de acuerdo al método de depreciación que se emplee).

$Cm^a_N$ .- valor de los gastos por concepto de mantenimiento que se incurren el próximo año en la máquina nueva, \$/año

$P_N$ .- pérdidas de producción incurridas, producto del tiempo de paro de la máquina nueva, \$/ año

$$I_N = I - I_V \quad ..7$$

donde:

$I$ .- inversión total efectuada en la máquina nueva, \$

$I_V$ .- valor de reventa de la máquina vieja, \$

Los resultados del cálculo del índice  $i_{RN}$  pueden arrojar las siguientes situaciones:

a).-  $i_{RN} < 0$ : la ventaja operacional anual que aporta la renovación (incremento de los beneficios más los gastos de capital evitados) no logra compensar los perjuicios económicos (gastos de capital incurridos más el incremento de los impuestos) que se generan el próximo año, por tanto no se fundamenta la renovación. La máquina vieja puede trabajar un año más.

b).-  $i_{RN} = 0$ : la ventaja operacional anual sólo logra compensar los perjuicios económicos que se generan el próximo año. La renovación dependerá de otras condiciones de conveniencia técnica o estratégica.

c).-  $i_{RN} > 0$ : la renovación está aparentemente fundamentada, pero para valores muy pequeños (aunque sean superiores a cero), pueden no ser económicamente atractivos. Por esto, es necesario tener definido con anterioridad el índice de criticidad es decir, el valor  $i_{RN}$  atractivo ( se utiliza como referencia los valores de las tasas de interés bancario). Si no aparece la oportunidad de invertir el capital en otras acciones que retornen más de ese % en el próximo año, la renovación procede totalmente.

Veamos las anteriores valoraciones teóricas sobre la base de un ejemplo:

¿ Renovar la máquina vieja al concluir el 10mo año de su vida útil o explotarla un año más?

**Tabla 1.** Datos iniciales necesarios

	Simb.	UM	Maq. Nuev	Maq. Viej
Inversion inicial	I	\$	120000	90000
Valor reventa	$I_V$	\$	-	15000
Ventas	V	\$/año	183400	145200
Coef. Incertidumbre	$K_I$	-	0,95	-
Costo oportunidad	CO	\$/año	18000	-
Costos de operación	C	\$/año	60000	80000
Pérdidas por paro	P	\$/año	10500	16200
Depreciación	D	\$/año	12000	5000
Vida útil total	N	Año	10	15
Costo del mtto del próximo año	$Cm^a$	\$/año	11000	15000
Impuesto sobr. benef.	$I_B$	\$/año	40160	18080

### Cálculos preliminares:

$$VO = (38200 + 20000) \cdot 0,95 - 18000 = 37290 \text{ \$/año}$$

$$CE = 5000 + 15000 + 16200 = 36200 \text{ \$/año}$$

$$CI = 12000 + 11000 + 10500 = 33500 \text{ \$/año}$$

$$\Delta i_B = 40160 - 18080 = 22080 \text{ \$/año}$$

$$I_N = 120000 - 15000 = \$105000$$

Sustituyendo en la expresión 3, obtenemos:

$$i_{RN} = \frac{37290 + 36200 - 33500 - 22080}{105000} = (17,05 \text{ \%/año})$$

Por cada peso de capital empleado por concepto de inversión neta, retornan anualmente 0,1705 pesos de utilidad.

Este valor resulta aceptable, si consideramos que el retorno del capital depositado en los bancos comerciales está frecuentemente entre 0,12 - 0,15 %/\$, (12 -15 %/año).

Por tanto se deduce que la ventaja operacional anual que aporta la renovación, logra compensar los perjuicios económicos que se generan el próximo año y supera el  $i_{RN}$  atractivo, por lo cual en este caso se fundamenta económicamente la factibilidad de renovar la máquina vieja al concluir el décimo año, en lugar de prolongar su explotación por más tiempo; la máquina vieja no debe trabajar un año más.

Se pudieran presentar otras valoraciones (Análisis de Sensibilidad), tantas como el cliente estime conveniente, sólo necesita hacer la sustitución de datos que disponga. Es obvio, que la objetividad de la solución está muy vinculada con la existencia y calidad de la información.

## 3. Conclusiones

El índice  $i_{RN}$  constituye un ratio valorativo práctico para evaluar la necesidad o no de renovar una máquina.

La renovación a tiempo resulta más económica, que la realización de las acciones de mantenimiento, que durante la vida útil de una máquina deben ocurrir.

En busca de un alto nivel de excelencia y competitividad de las empresas, se debe aplicar este índice a cada una de sus máquinas, para determinar su correspondiente vida económica y establecer un plan racional de reemplazo.

En condiciones de falta de financiamiento, este modelo, con algunas elementales modificaciones, puede ser una valiosa herramienta para fundamentar la racionalidad o no de realizar la Reparación Capital, la remotorización, entre otras alternativas que no consideren la renovación como única solución.

## Bibliografía

1. Notas del Posgrado: Mantenimiento Industrial: Organización y Gestión, dictado por el Ing. Raimundo Heber González (Argentina). C. Habana, Marzo/96.
2. Notas del Posgrado: Economía del Mantenimiento, dictado por el Dr. Pedro A. Rodríguez Ramos (Cuba). Maestría: Ingeniería de Mantenimiento. C. Habana, Mayo/96.
3. Análisis de decisiones de reemplazo de equipos. National Association of Accountants. MACCHI. Buenos Aires. 1967. pp.101
4. Arbones Malisani.- Ingeniería Económica. MARCOBO S.A. Barcelona .1989 ; pp.93-98
5. Korchnov Nicolai.- Reparación de los automóviles. ENPES. C. Habana. Tomo I .1986. pp.310
6. González Arnaldo y otros.- Manual de mantenimiento para la PYME. Caracas. 1991. pp.92
7. Eilon Samuel.- Industrial Engineering Tables. Edic. Rev. Ciudad Habana. 1969. pp.155-157

## Maintenance or replacement?

### Abstract

This paper covers topics about criteria, concepts and one of the possible ways to answer the question: maintenance or replacement ?

Engineers often meet those alternatives in their daily jobs. The author wishes to help technicians, professionals, managers and any other people, in giving support to solve this question. Having this purpose in mind, we introduce the so called *Replacement Rentability Index* ( $i_{RN}$ , %/year), also named MAPI -index, it shows the investment percent that returns every year as a result of replacing old machine for a new one.

MAPI- index takes into account the principal factors that really show the necessity of changing some machine, the current year, instead of enlarging his exploitation for one more year. A mathematical model is used.