

Año 4, N° 23, Septiembre 2017

# PREDICTIVA 21

## 13º Congreso URUMAN 2017

Pone el foco en los impactos de las TIC's en la Confiabilidad y la Gestión de Activos

**Henry Ellmann:** En Confiabilidad la evolución ha sido enorme

**Terrence O'Hanlon:** La confiabilidad es una estrategia de crecimiento

## La Codificación de los Activos

IAM y SMRP anuncian acuerdo global para compartir beneficios de membresía

**Ingeniería**  
**Mantenimiento**  
**Confiabilidad**  
**Gestión de Activos**



# CUARTO TRIMESTRE DE CURSOS - AÑO 2017

Dictados por profesionales especializados en las áreas del Asset Management

Temas	 Panamá	 México	 Colombia		 Venezuela	
	Cd. Panamá	Villahermosa	Cartagena	B/bermeja	Maturín	Pto La Cruz
Gestión de Activos y Confiabilidad Operacional			18 al 20/10			
Pruebas de Eficiencia en Compresores Centrífugos y Turbinas a Gas			23 al 26/10			28/11 al 01/12
Gerencia de Integridad de Ductos		28 /11 al 01/12	23 al 26/10			03 al 06/10
Optimización de Inventarios de Repuestos para Mantenimiento				30/10 al 01/11	23 al 25/10	22 al 24/11
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad		25 al 27/10			18 al 20/10	08 al 10/11
Costos de Ciclos de Vida		15 al 17/11				
Análisis de Costos en Ciclos de Vida y Obsolescencia de Activos Industriales						09 al 11/10
Confiabilidad Humana en la Gestión de Activos					15 al 17/11	
Análisis Causa Raíz	15 al 17/11				09 al 11/10	25 al 27/10
Análisis RAM de Activos Industriales					20 al 22/11	18 al 20/10
Análisis de Criticidad					02 al 03/10	30 al 31/10
Introducción a la Planificación del Mantenimiento					04 al 06/10	01 al 03/11
Selección, Operación y Mantenimiento de Motocompresores Recíprocos	28/11 al 01/12				24 al 27/11	
RBI - Planes de Inspección Según API Rp580/581 Ediciones 2016	15 al 17/11	20 al 22/11	24 al 26/10			

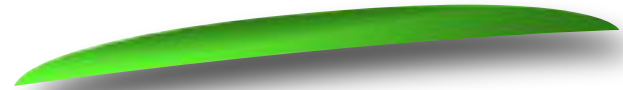
*¡Continuamos formando profesionales!*



**INGENIERÍA**  
**GESTIÓN DE ACTIVOS**  
**CONFIABILIDAD**  
**MONITOREO DE CONDICIÓN**



**SiM**



**Proveemos Soluciones  
orientadas a mejorar  
la Seguridad, Rendimiento,  
Confiabilidad y Costos durante  
el Ciclo de Vida de sus Activos**

Soluciones de Ingeniería  
y Mantenimiento, S.L.  
Paseo de la Castellana, 95, 15ª 28046  
Madrid ESPAÑA

**www.sim-sl.com**  
**+34 914 185 070**  
**+34 917 577 400**  
**info@sim-sl.com**



## EL INTERNET DE LAS COSAS O TODAS LAS COSAS EN INTERNET

En el año 2016 ya había cinco mil millones de cosas conectadas a Internet, de modo que el IoT está ya en nuestras vidas. Autos, teléfonos, relojes, electrodomésticos... todo está conectado a internet. Y ese todo pasa también por los servicios públicos, las telecomunicaciones, el teletrabajo, el comercio (e-commerce), el transporte y, como no, los procesos industriales en los cuales está inserto el mantenimiento predictivo y la gestión de activos. Desde las redes sociales hasta las alarmas de seguridad están enmarcadas en el IoT. Preguntarse si estamos preparados para estos cambios es una pregunta inútil en este punto de la historia, pues ya ha quedado demostrado que casi nunca estamos preparados a nivel ético y regulatorio con respecto a los avances técnicos y científicos, dado que es imposible regular y establecer bases éticas sobre lo que aún no se ha creado o inventado. No obstante, siguen habiendo consideraciones éticas a tomar en cuenta. Por ejemplo, el IoT dentro del mundo industrial ha dado paso a lo que conocemos como la Industria 4.0, que abarca tanto a los procesos como a las personas. Y es aquí donde nos detenemos a tocar un punto que siempre ha sido álgido para esta publicación: la relación entre las personas y las máquinas. El IoT de la Industria 4.0 prevé incluso la creación de robots inteligentes, sistemas que aprenden o el control que se puede ejercer sobre las personas al poder determinar su posición geográfica, su actuación y su responsabilidad en errores de carácter humano. La inteligencia artificial tiene una ética específica: la Ética de la Inteligencia Artificial, que también incluye la Roboética. La primera se refiere a la inteligencia humana que fabrica inteligencia artificial y el uso que se le dará a esta, y la segunda incluye la serie de normas que debe seguir una entidad de inteligencia artificial, cuyo primer axioma es no dañar la vida humana. Aquí, como siempre, volvemos a caer en las áreas grises que separan el Bien y el Mal. Probablemente, el primero en interesarse en este tema fue el escritor Isaac Asimov, quien acuñó la palabra Robot, y cuyas novelas y cuentos versan sobre la inteligencia artificial y lo que ello supone para el ser humano. Lo curioso es que Asimov no planteaba sus historias de ciencia ficción en base a las hazañas de los robots, sino justamente en la relación entre robots y personas, y los matices éticos y psicológicos que se desprendía de dicha relación. La Internet of Things sigue creciendo, evolucionado, como una entidad biológica cuyos alcances aún no podemos determinar, ni mucho menos regular éticamente en su totalidad. Sólo tenemos, de momento, las normas iniciales de lo que debe ser el comportamiento y relación entre el hombre y las máquinas que crea, y la inteligencia artificial que responde a estas. Más allá de toda consideración, no debemos perder nunca de vista que el Hombre es un fin en sí mismo, y que todas las cosas han de ser a su medida, tal y como postuló Protágoras 400 años A.C., mucho antes de que Alan Turing comenzara a cuestionarse, en la década de los 50, si las máquinas podían pensar.

**Enrique González**  
**Director**



# INDICE

**04** | **EDITORIAL**

**10** | **Aplicación del estándar API 579 a un activo físico**  
Artículo Técnico

**16** | **La codificación de los activos**  
Artículo Técnico

**19** | **Todo un éxito 3era edición del congreso preconlub en México**  
Nota de Prensa

**20** | **XIX Congreso Iberoamericano de Mantenimiento Ecuador 2017: Mantenimiento Industrial y Gestión de Activos**  
Nota de prensa

**22** | **Terrence O'Hanlon: La confiabilidad es una estrategia de crecimiento**  
Entrevista

**25** | **Terrence O'Hanlon: Reliability is a Strategy of Growth**  
Interview

**28** | **EMS en vías de lograr su certificación ISO 9001:2015**  
Nota de prensa

**30** | **13° Congreso uruman 2017 pone el foco en los impactos de las TIC's en la confiabilidad y la gestión de activos**  
Nota de prensa

**32** | **Henry Ellmann: En Confiabilidad la evolución ha sido enorme**  
Entrevista

**35** | **Eventos**

**36** | **¿Por que mi mantenimiento es reactivo? La diferencias entre la planificación y la programación del mantenimiento ordinario**  
Artículo Técnico

**41** | **Calculando la frecuencia optima de mantenimiento o reemplazo preventivo**  
Artículo Técnico

**52** | **IAM Y SMRP anuncian acuerdo global para compartir beneficios de membresía**  
Nota de prensa

**54** | **ISO 55000 Gestión de Activos, una visión general**  
Artículo Técnico

**60** | **Análisis RAM de planta de inyección de agua de la industria petrolera**  
Artículo Técnico

**64** | **La bala de plata**  
Artículo Técnico

## JUNTA DIRECTIVA

**Publisher / Editor:**

Enrique González  
*enrique.gonzález@predictiva21.com*

**Gerente de Mercadeo**

Francisco Barreca  
*francisco.barreca@predictiva21.com*

**Directora Editorial:**

Alimey Díaz  
*alimey.diaz@predictiva21.com*

**Periodista Editor:**

Maite Aguirrezabala  
*maite.aguirrezabala@predictiva21.com*

**Diseño y Diagramación:**

Sophia Méndez  
*sophia.mendez@predictiva21.com*

**Digitalización y Web Master:**

Edgarmis Villarroel

**Traductor:**

Richard Skinner  
*richard.skinner@predictiva.com*

**Diseño de Portada:**

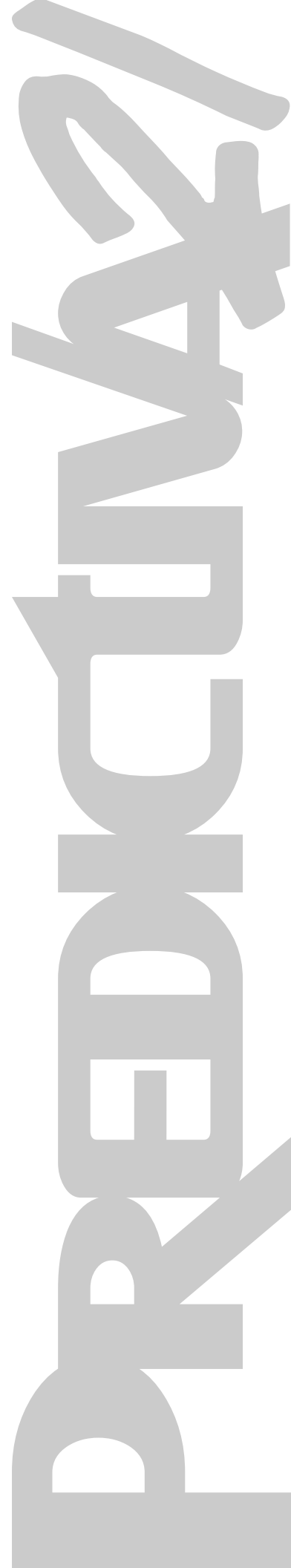
Maria Triolo  
*maria.triolo@predictiva.com*

**Colaboradores:**

Evelio Chirinos  
Edgar Fuenmayor  
Brau Clemenza  
Terrence O'Hanlon  
Henry Ellmann  
Luis Guevara Osorio  
Edgar Fuenmayor  
Luis Alberto Forero  
Luigi Anthony Rondón  
Víctor D. Manríquez

---

*Predictiva21 no se hace responsable por las opiniones emitidas en los artículos publicados en esta edición. La línea editorial de esta publicación respetará las diversas corrientes de opinión de todos sus colaboradores, dentro del marco legal vigente.*







Centro de Conocimientos que promueve y brinda experiencias, guías, prácticas, técnicas, herramientas, modelos y metodologías para la Gestión de Activos y Riesgos, Ingeniería de Confiabilidad, Mantenimiento y Maquinarias Rotativas, para el universo de profesionales de la ingeniería e industria mundial a través de programas de Formación, Capacitación, Investigación, y Desarrollo.



### Gestión de Activos y Riesgos:

- ISO-55000: Gestión de Activos Físicos.
- ISO-31000: Gestión del Riesgo.
- RBM. (Risk-Based Methods) Métodos Basados en Riesgo.

### Ingeniería de Confiabilidad:

- Técnicas de Confiabilidad.
- KPI. Indicadores Claves de Desempeño.
- BSC. Indicadores Balanceados de Gestión.
- Estudios RAM. Confiabilidad / Disponibilidad / Mantenibilidad.
- RCM. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- RCA. Técnicas de Análisis Causa Raíz.
- RBS. (Risk-Based Spare): Inventarios Basados en Riesgos.
- TPM. (Total Productive Maintenance): Mantenimiento Productivo Total.
- Lean Six Sigma.
- LCC. (Life Cycle Cost): Análisis de Costo de Ciclo de Vida.

### Maquinaria Rotativa:

- Selección, Aplicación y Operación de Sistemas de Bombeo.
- Mantenimiento de Bombas y Compresores.
- Mantenimiento Mayor de Bombas (Overhaul)
- Sellos Mecánicos y Sistemas de Sellado.
- Compresores: Reciprocantes, Centrífugos y de Tornillo.
- Confiabilidad de Sistemas de Bombeo.
- Turbinas a Gas: Operación y Mantenimiento.
- Confiabilidad de Turbinas a Gas.
- Cojinetes: Aplicaciones y Análisis de Fallas.
- Fundamentos de Hidráulica.
- Alineación de Equipos Rotativos.
- Lubricación Industrial.
- Análisis Metalúrgico de Fallas.

### Técnicas Predictivas:

- Análisis de Vibraciones Mecánicas.
- Análisis de Aceites Lubricantes (Tribología).
- Termografía Infrarrojo.
- Ruido Ultrasónico.

### MODALIDADES

Presenciales



Distancia (On-line)



Programas Avanzados

Diplomados

Cursos

Talleres



**PERSONAS**

Pirámide Evolutiva de la Confiabilidad  
All rights reserved. © MRI

Mobile City, Alabama - USA. 36695  
+1 251 285 0287 / +1 205 578 7025  
[info@machineryinstitute.org](mailto:info@machineryinstitute.org)

@MachineryRelia

MachineryInstitute

[www.machineryinstitute.org](http://www.machineryinstitute.org)





Un espacio 

---

  
para compartir  
**conocimiento**



*¡Síguenos!*


**@PREDICTIVA21**

Entérate de todas las novedades  
que te traemos.

Descubre más sobre el  
Mantenimiento mundial en la  
revista líder en Latinoamérica

**WWW.PREDICTIVA21.COM**





# APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR API 579 A UN ACTIVO FÍSICO

## Caso de estudio basado en Métodos y Normas Vigentes

La decisión de intervenir o reemplazar oportunamente un determinado equipo representa uno de los elementos fundamentales en la Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad en la industria Petroquímica, Gas y Petróleo. Una intervención o reemplazo postergado más tiempo del razonable puede elevar los costos de producción debido a una serie de problemas fáciles de identificar.

A partir de la configuración conceptual antes expuesta, se diría que el objetivo fundamental de este trabajo es la aplicación del estándar API 579 a un activo físico, con características físicas similares a los recipientes horizontales de almacenamiento de Ácido Sulfúrico fabricados de acuerdo con la ASME Sección VIII, División 1, donde se considera la presión de diseño de 345 kPa (50 psig) o incluso por debajo de 100 kPa (15 psig).

### **MARCO CONCEPTUAL**

#### ***Integridad Mecánica***

Es una filosofía de trabajo que tiene por objeto garantizar que todo equipo de proceso sea diseñado, procurado, fabricado, construido, instalado, operado, inspeccionado, mantenido, y/o reemplazado oportunamente para prevenir fallas, accidentes o potenciales riesgos a personas, instalaciones y al ambiente, todo esto utilizando los criterios basado en data histórica, normas y regulaciones organizacionales,

nacionales e internacionales como OSHA, ASME, ANSI, ISO, API, NACE, NOM, PAS 55 entre otras (Reliability & Risk Management).

#### ***Confiabilidad***

Probabilidad de que un equipo o sistema cumpla adecuadamente con la función requerida ante condiciones específicas, durante un periodo de tiempo dado. (ISO 14224).

#### ***Causa de la Falla***

Circunstancias durante el diseño, la fabricación o el uso, las cuales han conducido a una falla. El estándar enfatiza que para la identificación de las causas de una falla, se necesita realizar una investigación exhaustiva por medio de un Análisis Causa Raíz de Fallas para descubrir los factores físicos, humanos y organizacionales fundamentales, que pudieran ocasionarla.

Según el estándar ISO 14224 las causas de fallas pueden ser englobadas en 5 categorías:

- a. Relacionadas al diseño
- b. Relacionadas a la fabricación e Instalación
- c. Relacionada a la operación o mantenimiento
- d. Relacionadas a la organización o gerencia
- e. Otras

#### ***Falla Funcional***

Es la terminación de la habilidad de un sistema, equipo o parte para realizar una función requerida. (ISO 14224).

**Mecanismo de Deterioro**

Proceso físico, químico o de cualquier otra índole que ha llevado a la ocurrencia de una falla funcional. (ISO 14224).

**Modo de Falla**

Es la apariencia, manera o forma como un componente de un sistema se manifiesta por sí misma. Es la manera observada de falla. (ISO 14224).

**NORMAS APLICABLES**

Aplicable para realizar estudio de integridad en recipientes a presión, tanques de almacenamiento y tuberías. Construidos bajo las siguientes Normas o Códigos:

- ASME SECCIÓN VIII, DIVISIÓN I Y II
- ASME SECCIÓN I
- ASME/ANSI B 31.3
- ASME/ANSI B 31.1
- API 650
- API620

**METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN**

Los procedimientos estipulados en esta norma permiten determinar la integridad actual del componente respecto a un estado de deterioro específico, así como la proyección de su vida remanente.

**Niveles de evaluación**

- a) Nivel I - Inspector o Ingeniero
- b) Nivel II- Ingeniero
- c) Nivel III- Ingeniero Especialista

**Estructura de la norma API 579**

Está dividida en 10 secciones y para el caso de estudio será considerada la Sección 5: Evaluación de pérdida de espesor localizada, como se muestra en la figura 1.

**CASO DE ESTUDIO BASADO EN MÉTODOS Y NORMAS VIGENTES**

La plantas de Cloro utilizan como materia prima la sal común de la cual mediante un proceso de descomposición electrolítica, se obtiene cloro (Cl<sub>2</sub>), soda cáustica (NaOH) e hidrógeno (H<sub>2</sub>). El gas cloro proveniente de las celdas electroquímicas está saturado con vapor de agua, la cual es removida en las Torres de Secado mediante la utilización de ácido sulfúrico concentrado siendo este producto químico un eficaz deshidratador de la corriente de producción de Cloro.

Un tanque horizontal, el cual presta servicio para el almacenamiento de ácido sulfúrico al 98%, presentó una condición de deterioro en la superficie externa. Producto del derrame de ácido sulfúrico diluido proveniente de una línea de Ø 1-1/2" ubicada en la plataforma superior al tanque. Este derrame ocasionó un ataque localizado provocando un deterioro (adelgazamiento) progresivo del material contenedor del compuesto químico, tal y como se muestran en la Fotografía 1 frente a esta formulación era necesario evaluar exhaustivamente la integridad operacional del recipiente, recurriendo al método de evaluación para adecuación de servicio API 579.

Datos del recipiente construido de acuerdo al ASME Sección VIII Div. 1	
Material del Cuerpo	SA-285 Gr. C
Presión y Temperatura de Diseño (Kg/cm <sup>2</sup> @ °C)	3,5 @ 45 °C
Radio interno del recipiente (mm)	1372
Espesor Nominal (mm)	13
Perdida de espesor uniforme (mm)	2,5
Tolerancia a la Corrosión (mm)	3,175
Eficiencia de la soldadura	0,85
Dimensión longitudinal del defecto (mm)	127
Dimensión circunferencial del defecto (mm)	228
Distancia a la discontinuidad estructural principal más cercana (mm)	250

*Tabla 1.  
Evaluación  
de pérdida  
de espesor  
localizada*

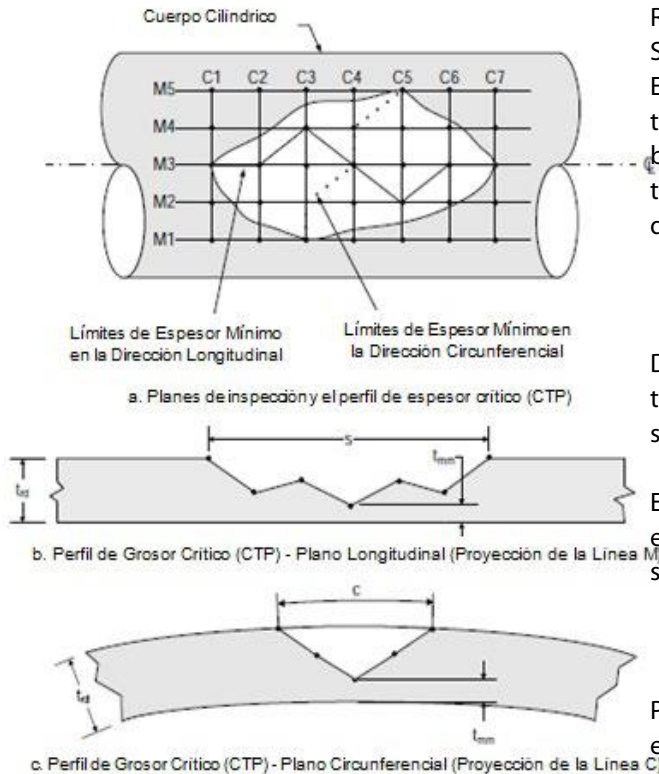




Fotografía 1. Condición externa del recipiente

Es importante mencionar que la inspección se realizó con el recipiente en servicio, ya que se debe mantener la inyección constante de Ácido Sulfúrico a las torres de secado de Cloro. Las mediciones de profundidad del defecto se tomaron con ayuda de un PIT GAGE Manual.

Paso 1. Determinar los planos de inspección circunferencial y longitudinal del defecto.



Plano de inspección circunferencial CTP							
Plano de Inspección Longitudinal	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
M1	11,5	11,1	11	10,2	11,7	11,1	11,3
M2	11,3	8,2	7,7	7,7	8	8,3	8,2
M3	11,1	8	7,7	7,2	7,5	7,9	8,4
M4	10,5	7,8	7,4	8,2	8	8,2	9,1
M5	11,7	11,4	11,5	11,2	11,3	11,4	11,1
	10,5	7,8	7,4	7,2	7,5	7,9	8,2

Tabla 2. Planos de inspección circunferencial y longitudinal

Paso 2. Determinar los espesores mínimos Circunferenciales y Longitudinales, en cuerpos cilíndricos.

a) Esfuerzo circunferencial cuando  $P \leq 0.385SE$  y  $t_{minC} \leq 0.5R$  (Juntas longitudinales). Se determina mediante la Ecuación 1.

$$t_{min}^C = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

Dónde:

P = Presión de diseño

R = Radio interior

S = Valor del esfuerzo del material

E = Eficiencia de la junta

tc = Espesor de pared

b) Esfuerzo longitudinal cuando  $P \leq 1.25SE$  y  $t_{minL} \leq 0.5R$  (Juntas circunferenciales). Se determina mediante la Ecuación 2.

$$t_{min}^L = \frac{PR}{2SE + 0,4P} + t_{sl}$$

Dónde:

t<sub>sl</sub> = Espesor requerido para cargas suplementarias.

Es importante mencionar que el cálculo de los espesores mínimo circunferencial arrojo el siguiente resultado:

$$t_{min}^C = 4,62mm$$

Paso 3. Determinar el espesor de pared (tc) y el espesor uniforme de la zona de daño (trd) establecida por las mediciones en el momento de la inspección. Se determinan mediante las Ecuaciones 3 y 4.

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA$$

$$t_{rd} = t_{nom} - LOSS$$

Paso 4. El cálculo del espesor remanente  $R_t$ . Se realiza empleando la Ecuación 5.

$$R_t = \frac{t_{mm} - FCA_{ml}}{t_c}$$

Paso 5. Cálculo del parámetro de longitud ( $\lambda$ ). Se realiza empleando la Ecuación 6.

$$\lambda = \frac{1.285_s}{\sqrt{Dt_c}}$$

Donde el diámetro se determina empleando la Ecuación 7, de la siguiente forma:

$$D = 2R + 2 * (LOSS + FCA)$$

Paso 6. Determinar el Factor ( $M_t$ ) considerando el parámetro de defecto longitudinal ( $\lambda$ ) y el espesor remanente ( $R_t$ ) para carcacas cilíndricas, cónicas y esféricas (Ver Tabla 5.2 de la API 579-2016).

Nota: Es muy probable que se deba realizar una interpolación, debido a que los valores no son del todo preciso.

Paso 7. Comprobación de los criterios de aceptación para el tamaño del defecto utilizando las Ecuaciones 8, 9 y 10.

$$(R_t) \geq 0,20$$

$$(t_{mm} - FCA) \geq 2,5mm$$

$$L_{msd} \geq 1,8\sqrt{Dt_c}$$

Nota: Se debe comprobar que los resultados arrojados cumplan con los tres criterios de aceptación del Nivel 1 de la norma API 579-2016.

Paso 8. Se debe determinar si chequear el criterio para un defecto tipo Ranura (Groove) o si es aplicable a una categoría de área local delgada (LTA).

Paso 9. Determinar el factor de resistencia remanente. Se realiza empleando la Ecuación 11.

$$RSF = \frac{R_t}{1 - \frac{1}{M_t} x (1 - R_t)} \geq 0.90RSF_a$$

Paso 10. Determinar si la extensión longitudinal del defecto ( $\lambda$ ) es aceptable. Mediante la figura 2.

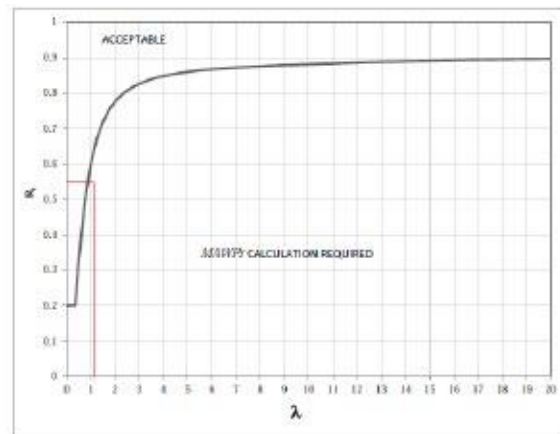


Figura 2. Criterios de selección de nivel 1 para la pérdida de metal local para una carcaca cilíndrica.. Fuente (API 579-2016)

Habiendo calculado el espesor remanente  $R_t=0,55$  y la longitud del defecto  $\lambda=1,15$ . Ubicamos los valores en la Figura 5.6 de API 579-2016. Donde el resultado indica que la longitud del defecto es inaceptable se debe recalcular la presión de trabajo máxima admisible MAWPr (Nivel 2).

Paso 11. Recalcular la presión de trabajo máxima admisible (MAWPr) tanto circunferencial como longitudinal, utilizando las Ecuaciones 12 y 13.

$$MAWPr^C = \frac{SEt_c}{R + 0,6t_c}$$

$$MAWPr^L = \frac{2SE(t_c - t_{st})}{R - 0,4(t_c - t_{st})}$$

Una vez calculado la presión de trabajo máxima admisible tanto circunferencial como longitudinal, debemos tomar el mínimo valor.

Paso 12. Calculado factor de resistencia restante

basado en la extensión meridional de la LTA y el factor de resistencia restante admisible. Si  $RSF < RSF_a$ , el MAWP reducido puede ser calculado usando la Ecuación 14.

$$MAWP_r = MAWP \frac{RSF}{RSF_a}$$

$$MAWP_r > P_{Diseño}$$

La extensión longitudinal del defecto es aceptable. Sin embargo es importante evaluar la extensión circunferencial del defecto.

Paso 13. A partir de la CTP circunferencial, se determina ( $\lambda_c$ ) utilizando la Ecuación 15.

$$\lambda_c = \frac{1.285 C}{\sqrt{Dt_c}}$$

Paso 14. Comprobar los siguientes criterios.

$$(\lambda_c) \leq 9$$

$$0,7 \leq RSF \leq 1,0$$

$$0,7 \leq E_c = 0,85 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{D}{t_c}\right) \geq 20$$

$$0,7 \leq E_L = 0,85 \leq 1,0$$

Paso 15. Calcular el factor de resistencia a la tracción utilizando la Ecuación 16.

$$TSF = \frac{E_c}{2 * RSF} \left(1 + \frac{\sqrt{4 - 3E_L^2}}{E_L}\right)$$

Paso 16. Habiendo calculado el espesor remanente  $R_t=0,55$  y la longitud del defecto circunferencial  $\lambda_c = 2,06$ . Ubicamos los valores en la Figura 5.8 y Tabla 5.4 de API 579-2016. Donde el resultado indica que la longitud del defecto es aceptable y el espesor remanente  $R_t$  mayor que el  $R_{t\text{mínimo}}$  0,2.

$$R_{t\text{calculado}} > R_{t\text{mínimo}} = 0,2$$

## RESULTADO PRELIMINAR

El resultado de la evaluación realizada mediante la norma API 579 - 2016 concretamente con la Sección 5: "Evaluación de pérdida de espesor

localizado". Arrojó que el defecto es considerado aceptable mediante los criterios establecidos en el Nivel 1. Sin embargo es de hacer notar que al calcular el valor de la longitud del defecto en sentido circunferencial ( $\lambda_c = 2,06$ ) revela un deterioro creciente (adelgazamiento) por corrosión en comparación con el valor calculado en sentido longitudinal. Por lo antes mencionado se recomendó entregar el recipiente a mantenimiento programado a corto plazo, con el firme propósito de conocer el grado de deterioro ocasionado por el derrame de ácido sulfúrico diluido. Es importante mencionar una vez más que la inspección del recipiente se realizó en servicio por ser un activo físico necesario para el funcionamiento del área de secado de Cloro.

## RESULTADO FINAL

Debido a la recomendación emitida en el análisis de integridad mecánica realizada con API 579-2016. Se entrega a mantenimiento el recipiente. La primera recomendación fue aplicar limpieza por chorro abrasivo metal blanco (SSPC-SP5) a toda la superficie externa del tanque. Prestando mayor atención en la zona evaluada con API-579.



Fotografía 2. Descripción física del defecto



Hallazgo: Se localizó defecto tipo Ranura en sentido circunferencial de hasta 1,2 metros de longitud y 8,5 milímetros de profundidad. Asimismo se evidenció áreas con picaduras localizadas cercanas a discontinuidades estructurales (cordones de soldadura circunferenciales). Es importante mencionar que la longitud de la pérdida de metal es mucho mayor que la anchura.

### CONCLUSIONES

Gracias a la evaluación realizada en servicio al recipiente de almacenamiento de ácido sulfúrico al 98% mediante API 579 – 2016, se evitó una falla catastrófica que pudo haber generado alto riesgo al personal, ambiente e instalación, por tal motivo se definieron las acciones correctivas necesarias para restablecer la confiabilidad y continuidad operacional del recipiente.

Es muy importante acotar que los procedimientos de la Sección 5, pueden usarse para evaluar los componentes sujetos a pérdidas de metal local por corrosión / erosión y daño mecánico que superan o prevé exceder la tolerancia a la corrosión antes de la siguiente inspección programada. La pérdida de metal local puede ocurrir en la superficie interior o exterior del componente. Los tipos de defectos que se caracterizan como pérdida de metal local se definen de la siguiente manera: a) Pérdida de metal local (LTA), b) Defecto tipo Ranura y c) Defecto tipo Surcó.

En el caso particular de estudio mediante la aplicación de API 579 a un activo físico, se sospechó primeramente a la pérdida de metal local (LTA) como primera opción debido a las características del defecto observado en la inspección visual inicial. Desde luego habiendo realizado la evaluación con el recipiente en servicio y asumiendo la condición de alto riesgo al personal evaluador. No obstante el resultado arrojado de la intervención del equipo, muestra que el defecto es del tipo Ranura debido a las características presentadas en la fotografía 2.

En la opinión particular de los autores, los resultados esperados en una estimación cuantitativa realizada a un determinado equipo en servicio son sumamente importantes, ya que muestra al evaluador un panorama significativo de los posibles daños presentes en equipos con ciertas características físicas situados en la industria Petroquímica. Es cierto que se deben establecer condiciones necesarias para realizar una inspección integral de un determinado equipo, pero ésta metodología permite mitigar sin lugar a dudas la incertidumbre, ya que esta representa un fenómeno muy complejo y que se puede definir como el conjunto de todas las posibilidades que pueden ocurrir en un momento dado frente a uno o varios eventos en la realidad física y que por una determinada o indeterminada cantidad de factores presentes puede alterarse un resultado esperado.

#### Referencias y Lecturas Complementarias

- a. API 579-1/ASME FFS-1, June, 2016. *Fitness-For-Service*.
- b. ISO 55000 Asset Management — Overview, Principles and Terminology, 2014.
- c. NACE SP0294-2006 *Práctica estándar. Diseño, Fabricación e Inspección de Sistemas de Tanques de Almacenamiento para Ácido Sulfúrico Concentrado Fresco y Procesado a Temperaturas Ambientales*.
- d. Edgar Fuenmayor. *Análisis de Reemplazo de un Activo Basado en Costos de Ciclo de Vida*. Revista *Confiabilidad Industrial* N° 11. Venezuela. 2011. [www.confiabilidad.com.ve](http://www.confiabilidad.com.ve)
- e. Edgar Fuenmayor, José Duran y Luís Sojo: 'Decisión de Reemplazo o Reparación de un Equipo', 2011. [www.gestionpas55.com](http://www.gestionpas55.com).

AUTORES:

#### **EVELIO CHIRINOS**

Ingeniero Mecánico  
MSc en Ingeniería de Gas.  
[evelioch30@hotmail.com](mailto:evelioch30@hotmail.com)

#### **EDGAR FUENMAYOR**

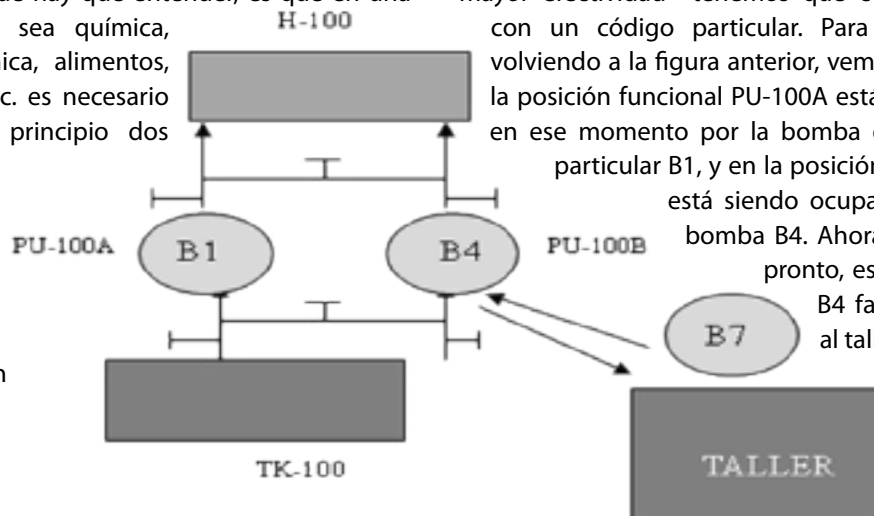
Ingeniero Mecánico  
MSc en Gerencia de Mantenimiento  
CMRP  
[edgarfuenmayor1@gmail.com](mailto:edgarfuenmayor1@gmail.com)

# LA CODIFICACIÓN DE LOS ACTIVOS

Cualquier Sistema de Mantenimiento que se vaya a desarrollar tiene que pasar necesariamente por el diseño del Registro de Activos y de allí obligatoriamente por la estructura de códigos para poder identificar los activos durante su vida útil. Si no es imposible hacerle un seguimiento al comportamiento de los activos si no se tienen una estructura de códigos definida, por lo menos, será demasiado tediosa dependiendo de la magnitud de la planta. Quizás se preguntarán: ¿Cuál es la codificación de los activos más idónea para una organización de mantenimiento? Mi respuesta simplemente es: aquella que le permita un control y seguimiento preciso a los activos, y que a su vez, le permita a través de indicadores tomar decisiones acertadas y oportunas. Lo primero que hay que entender, es que en una planta ya sea química, petroquímica, alimentos, minera, etc. es necesario tener en principio dos códigos. Muchos GMAO fallan porque manejan tan solo un código

funcional (C.F) en su sistema, pero adicional a éste, debería existir un código particular (C.P). Observemos, para verlo de manera sencilla en la siguiente figura extraída de mi libro "Cómo Desarrollar e Implantar un Sistema de Mantenimiento"

En la misma podrán notar que hay dos bombas de agua PU-100A y PU-100B que alimentan a la caldera H-100. Estos códigos representan los códigos funcionales identificados en el proceso. Muchas veces este código se indica en el piso, y también, como ya lo saben, en los diagramas de flujos de procesos y en diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID), pero lo realmente importante es que estos son códigos de procesos. Este código de proceso para una mayor efectividad tenemos que combinarlo con un código particular. Para aclararlo, volviendo a la figura anterior, vemos que en la posición funcional PU-100A está ocupada en ese momento por la bomba de cédula particular B1, y en la posición PU-100B está siendo ocupada por la bomba B4. Ahora bien, de pronto, esta bomba B4 falla y sale al taller para su



reparación, y en su lugar entra la bomba B7 a ocupar la posición. Obviamente la nueva bomba tiene las mismas características técnicas que la anterior, posiblemente sea de otra marca o igual, pero para nuestro registro son equipos diferentes, son activos diferentes que tienen cédulas particulares diferentes, en consecuencia, esas bombas tienen que tener una placa identificadora que nos diga que esa es la bomba B4, B1 o B7. Estas combinaciones nos permitirán hacerle un seguimiento a la posición funcional y al código particular. A través de esta estructura, podemos tener registrado en el Sistema de Control de Activos, que se le ha hecho, o que intervenciones ha sufrido un equipo particular y en que posiciones ha estado durante su vida útil y sobre todo cuál ha sido su comportamiento en el tiempo. He notado cuando he trabajado en construcción de planta que algunos consorcios identifican en la placa el código funcional y esto no debe ser a menos que sea un equipo estático que nunca se moverá, pero si son equipos que viajan como algunas motobombas, compresores, turbinas, válvulas, deberían manejar estos dos códigos para un mejor control. Algunos se preguntarán esto no es necesario porque tenemos el serial del equipo; si, es cierto, pero hay que tener mucho cuidado porque muchas veces ocurre que en Paradas de Planta u Overhaul los subcontratistas sin querer vuelan las placas o simplemente éstas se pierden durante la vida de los activos. Para evitar esta situación podemos utilizar pegamento de alta resistencia para pegar las placas o simplemente si el equipo lo permite, troquelarle el código particular. Igualmente, tenemos que tener cuidado con los seriales porque hay equipos que se fabrican por lotes de producción y muchas veces vienen con el mismo serial; en estos casos o colocamos una plaquita identificadora o simplemente en la placa que traen ellos en el serial, le troquelamos al final un guión o una diagonal y un número consecutivo.

Para el ejemplo del esquema ilustrado, deberíamos tener un código para el motor y un código para la bomba, porque en algún momento podemos

separarlos y de no tenerlo así, corremos el riesgo de perder la información o registrarla indebidamente, o a la bomba o al motor, porque el trabajo se le pudo hacer al motor o a la bomba. Obviamente, si la bomba es monoblock colocaríamos un solo código particular. Muchas veces la Planificación y Programación de Mantenimiento fallan por cosas como éstas.

Ahora bien, con relación al código funcional, cuál estructura de códigos deberíamos utilizar; como mencioné al inicio de este artículo, aquella que le permita manejar el control de sus activos. Durante los trabajos que he hecho en planta he podido identificar por lo menos cuatro arborizaciones para desarrollar una estructura de código. A continuación las indico:

#### **NUMÉRICA:**

Su estructura está conformada solamente por números. Este tipo de código es muy tedioso y poco usado. Por ejemplo:

<b>01:</b>	<b>Sistema Preparación</b>
<b>0101:</b>	<b>Subsistema Mezclado</b>
<b>010101:</b>	<b>Baterías de Mezcladoras</b>
<b>010102:</b>	<b>Baterías de Filtros</b>

#### **ALFA-NUMÉRICO:**

Esta estructura de códigos se diseña por sistema de manera alfabética de acuerdo al flujo continuo del proceso. Por ejemplo:

<b>B:</b>	<b>Planta Barquisimeto</b>
<b>BA:</b>	<b>Planta de Acería</b>
<b>BAA:</b>	<b>Sistema de Carga y Transporte de Metálicos</b>
<b>BAA01:</b>	<b>Subsistema Grúas Puentes de Carga</b>
<b>BAA01GA:</b>	<b>Grúa A de 10 Toneladas de Chatarra</b>
<b>BAA01GB:</b>	<b>Grúa B de 10 Toneladas de Chatarra</b>
<b>BAA02:</b>	<b>Subsistema de Transporte y Pesaje</b>
<b>BAB:</b>	<b>Sistema de Fundición de Hornos</b>
<b>BABH01:</b>	<b>Horno 1</b>
<b>BABH02:</b>	<b>Horno 2</b>
<b>BAC:</b>	<b>Sistema Grúas de Coladas</b>



### **FUNCIONAL:**

Su estructura está diseñada de acuerdo a las funciones que se encuentran en la planta. Es la más utilizada en empresas petroleras, químicas y petroquímicas porque están desarrolladas por la normativa ISO. Se compone de letras y números y está relacionada con las áreas o secciones del proceso productivo. Por ejemplo:

- P-620 A/B:** *Bombas Agua de Alimentación a la Caldera Auxiliar H-620.*
- P-620A-M:** *Motor Bomba de Alimentación A.*
- P-620B-T:** *Turbina de Accionamiento Bomba de Alimentación P-620A.*
- H-600A:** *Caldera de alimentación a la turbina T-620.*

### **NEMOTÉCNICO:**

Su estructura se relaciona con la asociación al proceso productivo. Por ejemplo:

- K:** *Sistema Ketchup*
- KP:** *Subsistema Preparación*
- KPHG01:** *Homogenizador Gaulin*
- KPHG01MO01:** *Motor número uno del Homogenizador Gaulin*
- KE:** *Subsistema Envasado*

Lo más importante de una estructura de códigos es que debe diseñarse de acuerdo a las necesidades de la planta. La mayoría de las veces se establece durante la ingeniería básica ampliándose y desarrollándose con la ingeniería de detalle. Ahora bien. Si estás ingenierías en el proceso productivo es muy complicada y posiblemente se dificulte encontrar un equipo pequeño; por ejemplo, podemos apoyarnos con un tercer código que lo llamo Código de Ubicación (C.U.), el mismo se hace necesario porque, aun cuando tengamos el Código Funcional (C.F.), un activo puede encontrarse ubicado en algún nivel elevado de la planta, o en un sótano, de esta manera contribuimos a ubicar mucho más rápido un equipo en cualquier parte del proceso. En las

normas de diseño International Standart Organization (ISO) se construyen las plantas por secciones y/o áreas y, observando en los diagramas o planos de tuberías e instrumentación P&ID, podemos conseguir, dentro del proceso productivo, una función que recorre toda la planta encontrando equipos pertenecientes a una función está dispersa por todo el espacio. Tener este código adicional C.U. ayuda a identificar con mayor precisión la ubicación de los equipos; sobre todo, al personal contratista que realiza algún mantenimiento o para hacer más efectiva un Overhaul o parada de planta.

AUTOR:

**BRAU CLEMENZA**  
Consultor, investigador,  
Docente, Articulista

# TODO UN ÉXITO

## 3<sup>era</sup> edición del Congreso Preconlub en MÉXICO

Los pasados 7 y 8 de septiembre, en la preciosa ciudad de Guanajuato (México), tuvo lugar la tercera edición de Preconlub, Congreso Internacional de Mantenimiento Predictivo, Confiabilidad y Lubricación de Clase Mundial, un evento en el que representantes de más de 100 empresas de ámbito internacional debatieron con ponentes de diversos países: México, USA, Colombia, Alemania y España.

Algunas de las empresas asistentes fueron Nissan, Danone, Beiersdorf-Nivea, Kerry, Boehringer Ingelheim, Nestlé, Lear Corporation, Coeur, Total, Bardahl, AAM, ZF TRW, Continental, Bunge, Grupo Modelo – AB InBev, ... que tuvieron la oportunidad de departir entre ellos y con los diferentes expertos internacionales presentes en dicho congreso.

En este Summit internacional se trataron algunos temas como:

- Monitoreo de condición en la nube (cloud

condition monitoring);

- Mantenimiento 4.0 en la i4.0 (Industria 4.0);
- Predictivo;
- Confiabilidad;
- Tribología;
- Mantenimiento remoto basado en Smart glasses (gafas inteligentes) y realidad aumentada.

Entre las empresas que impartieron ponencias, algunas como CC Jensen (Alemania), Soporte & Cia (Colombia), Des-Case (USA), IntegraPdM (España), Lubrication Engineers (USA), Prüftechnik (Alemania), OPCO (USA), además de las empresas mexicanas Grupo Techgnosis, Agraz Industrial o Lubintel.

El día 8 de septiembre se clausuró el evento, emplazando a todos los asistentes (visitantes y organizadores) a Preconlub 2018."





# XIX Congreso Iberoamericano de Mantenimiento Ecuador 2017: *Mantenimiento Industrial y Gestión de Activos*

Maite Aguirrezabala/Predictiva21

Del 26 al 28 de Octubre de 2017 se desarrollará en Riobamba - Ecuador, la 19ª edición del Congreso Iberoamericano de Mantenimiento bajo el lema "Mantenimiento Industrial y Gestión de Activos", organizado por la Asociación Ecuatoriana de Ingenieros en Mantenimiento (ASEINMA) en conjunto con la Federación Iberoamericana de Mantenimiento (FIM).

Ecuador se viste de fiesta, ya que por primera vez este país será sede del evento, donde especialistas, estudiantes y personalidades del Mantenimiento mundial compartirán conocimientos y experiencias en todo lo relacionado a la Gestión de Activos y al Mantenimiento Industrial.

Este evento caracterizado por lo académico-profesional es el escenario ideal para que los entendidos del área y empresas del sector pueden interactuar a través del

Networking, además de conocer las nuevas tendencias y prácticas técnicas en Mantenimiento y Gestión de Activos.

Dentro de la programación preparada está un total de 25 conferencias presenciales con ponentes nacionales e internacionales, 7 workshops con empresas del sector industrial, 6 charlas virtuales previas al congreso con expositores internacionales de Portugal, México y Colombia entre otros.

Si quieres conocer más sobre costos e inscripción visita:

[www.cimyga.com](http://www.cimyga.com)

o escribe a

[info@aseinma-ecuador.com](mailto:info@aseinma-ecuador.com)  
[congresodemantenimiento@hotmail.com](mailto:congresodemantenimiento@hotmail.com)

Teléfonos:  
+593 98 48 15 381



19°



# Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

## "Mantenimiento Industrial y Gestión de Activos"

### RIOBAMBA 26, 27, 28 DE OCTUBRE 2017

#### Presentación:

El 19° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento es el evento profesional y académico más grande de Iberoamérica, que se realiza cada dos años y que reúne a profesionales, investigadores y estudiantes del sector industrial, se ha convertido en el escenario ideal para promover las mejores prácticas industriales a través de la actualización y transferencia de conocimientos técnicos en mantenimiento y gestión de activos, y que por PRIMERA VEZ tiene como sede a ECUADOR.

#### Programación:

25 CONFERENCIAS PRESENCIALES  
EXPOSITORES NACIONALES E INTERNACIONALES

26, 27 y 28 de OCTUBRE de 2017  
8:00h - 18:00h

7 WORKSHOPS  
EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL

26 y 27 de OCTUBRE de 2017  
18:00h - 20:00h

6 CHARLAS VIRTUALES PREVIAS AL CONGRESO  
EXPOSITORES INTERNACIONALES

Miércoles 25 de OCTUBRE de 2017  
14:00h - 18:00h

INSCRIBETE YA!!! CUPOS LIMITADOS...

ESTUDIANTES \$ 65 PROFESIONALES \$120

#### Organiza:



#### Información e Inscripciones:

[info@aseinma-ecuador.org](mailto:info@aseinma-ecuador.org)

[congresodemantenimiento@hotmail.com](mailto:congresodemantenimiento@hotmail.com)

Teléfono: +593 984815381

#### Auspicia:



[www.cimyga.com](http://www.cimyga.com)

[www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)

[www.gicaingenieros.com](http://www.gicaingenieros.com)



15

rence

## Terrence O'Hanlon:

*La confiabilidad  
es una estrategia  
de crecimiento*

**El creador y CEO de Realibilityweb.com y motor fundamental de International Maintenance Conference, IMC, expresa sus expectativas por esta nueva edición de la conferencia para el 2017, que contará por primera vez con el patrocinio de IBM.**

***Una nueva edición del Congreso IMC, International Maintenance Conference, adelanta actualmente Reliabilityweb.com, con Terrence O'Hanlon a la cabeza, CEO y creador de esta empresa y una de las figuras más importantes del mantenimiento y la gestión de activos en el mundo. O'Hanlon, creador del sistema de estudios Uptime Elements, de la revista Uptime Magazine y reconocido conferencista.***

***En su edición número 32, conversamos con O'Hanlon acerca de esta nueva conferencia, que cada año suma participantes de todo el mundo, y que se ha convertido en un ítem importante en el mundo del asset management. Este visionario ha creado un verdadero emporio, a través de medios, revistas y web, para llevar este conocimiento a todos los rincones del orbe.***

## **Predictiva21: ¿Cómo avanza la organización del IMC 2017?**

TERRENCE O'HANLON: IMC-2017 se encuentra en su trigésimo segundo año, y esta es la conferencia industrial más grande que se haya realizado en el mundo, bajo la organización de Reliabilityweb.com, y cuyo cometido es llevar los conceptos y conocimientos de la confiabilidad a las comunidades de confiabilidad y gestión de activos.

Para este año, IMC-2017 se enfoca en algunos temas claves como:

° La confiabilidad es una estrategia de crecimiento. Por ejemplo, para organizaciones que tienen una producción limitada, la confiabilidad puede ayudar a encontrar la "planta escondida" y a incrementar la producción adicional, así como reemplazar la expansión de grandes proyectos.

° IMC-2017 es el punto de intersección entre la Confiabilidad (Administración de Activos) y la Gestión de Activos. Mientras que muchas conferencias sobre gestión de activos se enfocan en la teoría de gestión de los consultores, IMC-2017 se enfoca en los casos de estudio reales aportados por los practicantes.

° El tema del Internet Industrial de las Cosas (IoT) está acumulando mucha atención en los medios, por lo cual IMC-2017 se enfoca en la tecnología del mundo real que está lista para impulsar la confiabilidad hoy en día.

## **P21: ¿Qué puede esperar la comunidad de mantenimiento del evento de este año? ¿Hay alguna diferencia con respecto a los eventos anteriores?**

TO: La primera gran diferencia es que el evento MaximoWorld, el cual había sido ubicado anteriormente junto con IMC, es ahora una conferencia independiente (ver [www.maximoworld.com](http://www.maximoworld.com)), de modo que habrá menos presentaciones de especificaciones Máximo. Y otro aspecto importante es que este año tendremos la buena fortuna de ser patrocinados por IBM, quienes estarán patrocinando un evento de práctica Máximo, un Laboratorio de Aprendizaje de Condición de Activos durante la IMC-2017. También nos complace anunciar que el Simposio Internacional de Entrenamiento en Análisis de Vibración se ha incorporado junto con la IMC-2017 incluyendo talleres y cursos cortos ofrecidos por las organizaciones mundiales líderes en entrenamiento de análisis de vibración, tales como Vibration Institute, Technical Associates of Charlotte, Full Spectrum Diagnostics y el autor y entrenador independiente Alan Friedman.

Creo que podemos percibir al IMC como un evento de vendedor neutral, con diversas áreas de enfoque: Monitoreo de Condición, Confiabilidad, Internet Industrial de las Cosas, Gestión de Activos, Mantenimiento, y finalmente Lubricación. Hay cuatro días



completos de presentaciones en español, ofrecidas por Confiabilidad.net, incluyendo traducciones simultáneas de charlas RAP (Reliability and Asset Performance) así como cursos cortos y casos de estudio aportados por practicantes de fama mundial desde América Latina.

También se ha programado una Cena/Reunión especial de Women in Reliability and Asset Management con charlistas incluidos. La Asociación de Profesionales en Gestión de Activos (The Association of Asset Management Professionals) está patrocinando un Torneo de Golf de Caridad para recabar fondos destinados a los soldados heridos en batalla. Debo decir que la Expo IMC-2017 incluye algunos de los mejores proveedores de soluciones con tecnologías innovadoras, entrenamiento y servicios. Como verá, será un evento sumamente interesante.

**P21: Usted ha desplegado un gran esfuerzo alrededor del mundo para la difusión de la importancia de la certificación CRL en la comunidad de mantenimiento. ¿Cómo ha sido este proceso? ¿Qué avances ha tenido? ¿Qué alcances? ¿Por qué es tan importante?**

TO: Imaginen que las mejoras en la ejecución dentro de las organizaciones se basan en el trabajo de todos orientado por los cuatro fundamentos del liderazgo de confiabilidad: Integridad (la gente haciendo lo que dijeron que harían), Autenticidad (la gente actuando consistentemente con los valores que más aprecian), Responsabilidad (toma de postura a favor de la confiabilidad), y Trabajo por un objetivo (la razón por la cual la compañía existe) más grande que uno mismo.

Ahora vislumbren que todos en la compañía, sin importar su función, hablan el lenguaje de la confiabilidad y gestión de activos disponible en Uptime Elements. Luego, ¡imaginen que se

empodera y se refuerza la línea frontal de fuerza de trabajo con el fin de eliminar defectos y poner los activos de nuevo en un servicio mejor al anterior! ¡No lo arregles simplemente... mejóralo! Finalmente, combinen todo eso con el acercamiento tradicional de mantenimiento a la confiabilidad y estarán creando un nuevo futuro dentro de su camino a recorrer.

**P21: ¿Qué planes profesionales tiene Reliability web para el 2018? ¿Cómo se proyecta en el tiempo su organización?**

TO: Como saben, Reliabilityweb.com ha hecho grandes inversiones para establecer conocimientos e información de una confiabilidad vibrante, además de una comunidad de gestión de activos en América Latina con Confiabilidad.net. En 2018, nos enfocaremos en traer a la comunidad de América Latina un conocimiento y experiencia de primera línea, primero en Lima Perú para Marzo 2018, y otra vez en México en Septiembre 2018.



*"Esta conferencia será una de las más importantes de los últimos años".*

Texto:  
Alimey Díaz Martí

15

rence

## Terrence O'Hanlon:

*Reliability is a  
Strategy  
of Growth*

**Creator and CEO of [Realibilityweb.com](http://Realibilityweb.com), core engine of the International Maintenance Conference, IMC, he shares his expectations for this new edition of the 2017 conference, which will have the sponsoring of IBM for the first time.**

***A new edition of the IMC - International Maintenance Conference – Congress is being prepared by Reliabilityweb.com, lead by Terrence O’Hanlon, CEO and creator of this Enterprise, and one of the most important references in the maintenance and asset management field worldwide. O’Hanlon, is the father of the Uptime Elements study system, Uptime Magazine and well-known speaker.***

***Already on its 32nd edition, we talked with O’Hanlon about this new conference, which adds up more participants every year around the world, becoming an important icon in the asset management field. This visionary has created a true emporium, through media, magazines and the web in order to spread this knowledge to every corner of the planet... and beyond!***

**Predictiva21: How is the organization of IMC 2017 going so far?**

TERRENCE O’HANLON: IMC-2017 is now in its 32nd year and is the longest running industrial maintenance conference in the world. It is organized by Reliabilityweb.com and curated by Terrence O’Hanlon who is known for having his finger on the pulse of the reliability and asset management communities.

IMC-2017 is focusing on a few key themes

- 1) Reliability is a growth strategy – for organizations that are production constrained; reliability can find the “hidden plant” and deliver additional production – and replace capital project expansion.
- 2) IMC-2017 is where Reliability (Managing Assets) and Asset Management intersect. While many asset management conferences focus on Asset Management theory delivered by consultants, IMC-2017 focused on real world case studies delivered by practitioners.
- 3) The topic of the Industrial Internet of Things is getting a lot of hype in the trade press, so IMC-2017 focused on real world technology that is ready to advance reliability today.

**P21: What can the maintenance community expect from this year’s event? Is there any**

**difference in comparison to previous events?**

TO: The first big difference is that MaximoWorld, which has been collocated with IMC, is now an independent stand-alone conference (see [www.maximoworld.com](http://www.maximoworld.com)) so there will be less Maximo specific presentations. We are very fortunate to enjoy the support of IBM as a major sponsor and they will be hosting a hand’s-on Maximo, IIoT, Asset Health and Watson Learning Lab at IMC-2017.

So that means that IMC is a vendor - neutral event with several topical focus areas: Condition Monitoring, Reliability, Industrial Internet of Things, Asset Management, Maintenance and Lubrication.

We are thrilled to announce that the International Vibration Analysis Training Symposium has collocated with IM-2017 featuring workshops and short courses from the world’s leading vibration analysis training organizations, such as Vibration Institute, Technical Associates of Charlotte, Full Spectrum Diagnostics and independent trainer and author Alan Friedman.

There are 4 full days of Spanish Language presentations brought to you by La Red Confiabilidad including simultaneous translation of the RAP (Reliability and Asset



Performance) Talks and Keynotes as well as short courses and case studies from the world-class practitioners from Latin America. A special Women in Reliability and Asset Management Dinner meeting with speakers is scheduled. Also, the Association of Asset Management Professionals is hosting a charity Golf Tournament to raise money for the Wounded Warriors.

The IMC-2017 Expo features some of the best Solution Providers with innovative technologies, training and services.

**P21: You have displayed a great effort around the world to promote the importance of CRL certification within the maintenance community. How has this process been so far? What has been its advances and achievements? Why is it so important?**

TO: Imagine the performance improvement inside organizations if everyone worked toward the four fundamentals of Reliability Leadership: Integrity (people doing what they said they would do), Authenticity (people acting consistently with the values that are most important to them), Responsibility (taking a stand for reliability), and Working on an Aim (the reason the company exists) bigger than one's self.

Now picture that everyone in the company—regardless of function, speaks the language of Reliability and Asset Management that is available from Uptime Elements. Then, imagine empowering and engaging the Front Line workforce in defect elimination that focuses on putting assets back into service better than they came out! Don't just fix it – Improve It!

Combine all that with traditional “maintenance” approaches to reliability and you create a new future from your reliability journey.

**P21: What professional plans does Reliabilityweb have for 2018? How does your organization project itself in time?**

TO: As you know Reliabilityweb.com has made heavy investments in establishing a vibrant reliability and asset management community in Latin America with La Red Confiabilidad. In 2018, we are focusing on bringing the Latin American community together through sharing knowledge and experience, once in Lima Peru in March 2018 and again in Mexico in September 2018.



*“This conference will be one of the most important in recent years”*

Text:  
Alimey Díaz Martí

Translation:  
Richard J. Skinner



EN VÍAS DE LOGRAR  
SU CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001:2015**



La empresa especialista de Gestión de Activos y Mantenimiento Industrial, E&M Soluions EMS, se encamina a lograr la certificación internacional ISO 9001:2015, la norma que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad de organizaciones públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Se trata de un método de trabajo excelente para la mejora de la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente.

El sistema de gestión de calidad se basa en la norma ISO 9001, las empresas se interesan por obtener esta norma que se convierten en una ventaja competitiva para las organizaciones.

En el marco del proceso de actualización del Sistema de Gestión de Calidad de E&M Solutions, C. A. a la norma ISO 9001 versión 2015, la organización ha emprendido en forma paralela tanto la actualización de la información

documentada del sistema de gestión de calidad como un proyecto de formación del personal en los cambios que imprimió la referida norma en septiembre del 2015.

A continuación se evidencian las fotos de la participación del personal a las Instalaciones de la empresa Global Management de Venezuela quienes impartieran las referidas formaciones al 100% del personal activo en nómina de E&M SOLUTIONS a la fecha.

Finalmente, E&M SOLUTIONS, en su recorrido rumbo a la certificación en ISO 9001:2015 presenta notables avances y se encuentra cerrando las acciones correctivas y de mejoras de la última auditoría divulgando la documentación actualizada bajo la versión 2015 de ISO 9001 y tiene programada una nueva auditoría de diagnóstico en octubre del 2017 que les conducirá a la certificación de nuestros procesos prontamente.







13°  
CONGRESO  
**URUMAN  
2017**

PONE EL FOCO  
EN LOS IMPACTOS  
DE LASIC'S  
EN LA CONFIABILIDAD  
Y LA GESTIÓN DE ACTIVOS



Del 9 al 13 de Octubre de 2017 la Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad (URUMAN) celebra su 13° Congreso bajo el lema: " La Revolución Digital y su Impacto en la Gestión de Activos en Industria y Facility". En el Salón de Actos del LATU y durante tres días gerentes, profesionales, técnicos y docentes que se desempeñan en diversos ámbitos de la Confiabilidad, la Gestión de Activos y el Mantenimiento aportarán conocimiento y soluciones a los retos que ofrece el área. Participarán además líderes de empresas públicas y privadas, autoridades públicas y destacadas personalidades extranjeras.

Este año el foco del Congreso será orientado al tema de las tecnologías TIC y su impacto en la Confiabilidad y la Gestión de Activos mediante elementos tales como, el Internet de las Cosas (IoT), Predictivo en la nube, etc. .

La Revolución Digital está creando nuevas condiciones que son claves tanto en empresas públicas y privadas, así como en cualquier organización que administre activos físicos para desarrollar sus cometidos. Para ello promovemos el análisis de estos temas en profundidad, con énfasis en su impacto en la Confiabilidad y Gestión de Activos como Pilares del Desarrollo Competitivo de las empresas.

**Entre las principales actividades del Congreso se destacan:**

- Más de 20 conferencias enfocadas en los temas claves del Mantenimiento, la Gestión de Activos y la Confiabilidad. Las mismas abarcan tanto tópicos operativos como de gestión e intentan abarcar el amplio mundo de disciplinas y técnicas que abarcan estas áreas.
- 30 expositores proporcionando las

mejores soluciones para la actividad del sector. Herramientas, software, equipos, repuestos, partes, consultorías, lubricantes, seguridad industrial y muchos ítems más componen el variado panorama de opciones.

- Networking : intercambio de información y experiencias a nivel técnico y de gestión.

**3 cursos previos de primer nivel a dictarse los días 9 y 10 de Octubre:**

- "Auditoría de Mantenimiento" a cargo del Prof. Lourival Tavares
- "Facilitadores Apollo Análisis Causa Raíz" dictado por el Ing. Ind. Santiago Sotuyo, CMRP, CRL.
- "Aplicación práctica del Risk Management tanto en Mantenimiento como en el Facility Management" a cargo de Adrián Chávez , Facilities & Maintenance Manager de MEDPLAST - Costa Rica.

**2 mesas redondas con expertos del sector enfocados en los temas centrales del Congreso:**

- "La Revolución Digital y su Impacto en la Gestión de Activos en Industria y Facility" a llevarse a cabo el miércoles 11.
- "Aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT) en Gestión del Monitoreo, Predictivo y Control" a desarrollarse el Jueves 12.

Por mayor información visite el sitio [www.uruman.org/congreso-2017/informacion](http://www.uruman.org/congreso-2017/informacion).

**Contacto:**

**Ing. Laura Alonso**  
**Cel. +598 94 275409**  
**Mail: [evento@uruman.org](mailto:evento@uruman.org)**

El CEO de Ellmann-Sueiro y Asociados tiene en su haber 60 años de experiencia profesional, grandes logros empresariales y una larga carrera como conferencista experimentado. Ellmann habla con Predictiva21 acerca de su fructífera carrera y su visión del asset management.

## HENRY ELLMANN:

*En Confiabilidad la evolución ha sido enorme*

*El mundo del asset management y la confiabilidad se caracterizan por su constante evolución, en una rama de la ingeniería que comenzó como mantenimiento y ha evolucionado a lo que hoy conocemos como asset management o gestión de activos, en una vertiginosa carrera de la mano del desarrollo industrial en el mundo. Hija de la ciencia aeronáutica, la ingeniería en confiabilidad y gestión de activos está llena de figuras ilustres, que han puesto lo mejor de sí para el desarrollo de esta ciencia y su adecuación a los tiempos que corren.*

*Una de estas figuras es Henry Ellmann, ingeniero de origen austriaco y arraigado en Suramérica desde hace décadas. Fundador, presidente y CEO de Ellmann y Asociados, consultores de management e Ingeniería Industrial, en Europa y América (Norte y Sur), Ellmann cuenta con un largo e interesante haber profesional; y conversó con Predictiva21 acerca de sus más importantes experiencias, además de compartir su visión del asset management en el contexto actual.*



**Predictiva21: ¿Cómo se inicia usted en el mundo de la ingeniería de mantenimiento y cómo llega a la Gestión de Activos?**

Henry Ellmann: En mis 60 años de actividad de Consultor, Asesor de Dirección de Empresas, al tratar con el más amplio espectro de la INGENIERÍA Organizacional e Ingeniería Industrial, frecuentemente debí enfrentar temas vinculados a Mantenimiento.

Al abordar mejoras de PRODUCTIVIDAD, que era una de mis especialidades iniciales, frecuentemente debíamos encarar temas de Mantenimiento, ya que son temas vinculados: Mantenimiento deficiente que afecta negativamente al logro de productividades satisfactorias. Cuando en 1989, en la mitad de mi carrera de Ingeniero Consultor, tuve la oportunidad de asistir en USA, a una Jornada de Presentación de RCM2 – Reliability centered Maintenance, de su autor británico John Moubray, confirmé mi sospecha de que todo lo que veníamos intentando anteriormente, era más improvisación que un proceso estructurado, que sí lo es RCM. Me fui a Gran Bretaña a estudiar con John Moubray y gracias a ese mentor extraordinario, transformé mi visión sobre ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO que desde entonces me acompaña en mi gestión sobre el tema. Prefiero llamarlo Reliability Centered MANAGEMENT. ¡Es más abarcador y más cierto!

**P21: ¿Cómo fueron los inicios de Ellmann-Suiero y Asociados, y qué ha significado para usted esta empresa, en su vida?**

HE: Cuando en 1958 me recibí de Ingeniero en la Universidad de Buenos Aires, la “Consultoría” en la Argentina prácticamente no existía. Como estudiante de Escuela secundaria Politécnica y luego Facultad de Ingeniería, durante una década de estudiante, tuve la enorme suerte de tener una “pasantía estudiantil” única: mi papá era ingeniero graduado en Viena y dirigía una empresa metalúrgica que hoy llamaríamos PyME, pero entonces, años 40, era “mediana”. Eso me permitió conocer desde adolescente lo

polifacético del Management e interesarme por todo un conjunto de temas que me parecían fascinantes. Y es una emoción que siempre he conservado. Apenas graduado, elegí entre tres buenas ofertas de empleo, la que peor oferta de pago hacía, en una pequeña empresa consultora de alto prestigio. Yo era el más joven de mediadocena de profesionales de alto nivel y mi privilegio de ser mentado por mi papá como estudiante, ahora se potenciaba con mentores valiosos. En 1962 inicié mi consultora propia, que, con solo dos interrupciones a lo largo de 10 años (en los cuales interrumpí la consultoría mientras ocupaba dos cargos sucesivos de CEO), volucionó a lo que hoy es Ellmann y Asociados con actividades en América del Norte y América de Sur, además de Europa.

**P21: Usted tiene más de seis décadas en el mundo de la ingeniería industrial. ¿Cómo le parece que ha evolucionado? ¿Cuáles son las diferencias más grandes que existen respecto a sus primeros años de carrera, y los actuales, en el mundo del mantenimiento?**

HE: ¡La evolución es enorme! En mis inicios, no había ni tecnología como la de hoy, ni literatura sobre los temas que hoy nos ocupan. Se “improvisaba inteligentemente”. El entorno humano también ha evolucionado y preocupa reconocer que si en muchos sentidos mejoró, hoy pone en evidencia algunas dificultades de comunicación y trabajo en equipo que limitan en algo los beneficios tecnológicos disponibles.

**P21: Usted también tiene una importante experiencia como conferencista. ¿Cuándo fue su primera conferencia y qué le llevó a realizar esta actividad?**

HE: Siempre me gustó hablar. La voz y mis conocimientos de idiomas, me ayudaron en ello y gané algún prestigio y algunos premios como buen conferencista. Lo más importante es comprender que en COMUNICACIÓN hay que descubrir qué es lo que los oyentes quieren escuchar y saber, y NO lo que yo quiero contarles, o mostrarles que “YO SÉ”.

**P21: Usted tiene una larga experiencia profesional. ¿Puede citar algunos proyectos que hayan sido especialmente importantes para usted? ¿Por qué?**

HE: Han sido muchos los proyectos que me han gustado. Por ejemplo, ayudar a una empresa petrolera a perforar 10% más pozos que los históricamente logrados, SIN invertir un peso de capital adicional y SIN requerir ni un día más de Mano de Obra, me gustó. Aporté mi know-how, pero el trabajo de campo lo hizo un equipo conformado por mis colaboradores consultores y los profesionales de la Empresa. El mérito del logro es más de ellos, que hicieron el trabajo. Me ha tocado implementar técnicas específicas en varias plantas de una empresa, en un país y años después, por buenos resultados, ser invitado a expandir los logros a nivel global, sin duda es una gran satisfacción profesional. Asesorar a una empresa “un día por semana” durante una década, para “mejora continua” en varios ámbitos de actividad y luego ser invitado a dirigir la empresa como CEO, difícil disimular aquí el orgullo profesional. También me he encargado de re-planificar un operativo para llevarlo a cabo en 3 meses en lugar de 2 años, es una mejora de productividad interesante (NO mágica). Reducir los tiempos de espera y atención de público promedio en una institución, de una hora y minutos a OCHO minutos, por ejemplo. Reducir la inversión de inventarios a la mitad, con sensible aumento de disponibilidad.... Duplicar la capacidad de un almacén de productos por mejoras de “lay-out” en lugar de invertir en nuevos galpones cuya construcción se suponía inevitable. Nada solo, todo en equipos de trabajo, entre clientes y consultores, porque es la única forma de lograr

resultados medibles y sostenibles.

**P21: ¿Qué significa para usted este homenaje a cargo del Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento?**

HE: Me sorprendió, me da orgullo y satisfacción, pero moderado por sincera modestia, porque considero que ejercer la profesión como misión es una obligación y no un mérito excepcional.

**P21: Respecto a la formación profesional ¿qué le aconseja usted a los profesionales del ramo?**

HE: El consejo que los mayores siempre les dan a los más jóvenes: estudiar, actualizarse, mantenerse muy activos, trabajar en equipo con sus colegas, discernir entre contenido vs charlatanería, no conformarse con “bastante es bastante”. Muchas veces me recuerdan “lo perfecto es enemigo de lo bueno...” y yo respondo: “lo bueno es enemigo de lo perfecto”

**P21: Como empresario, al frente de Ellmann-Sueiro y Asociados ¿cuáles han sido los retos más difíciles a superar? ¿Qué les aconseja a los empresarios emergentes que se dedican a esta rama?**

HE: Formar equipos humanos de trabajo que además de trabajar bien, disfruten del éxito colectivo del equipo. Ser MUY resistente a los fracasos y frustraciones. Que si no sienten una verdadera vocación por la “Consultoría”, sepan que el esfuerzo y sacrificio son muy grandes y solo se justifican si se disfruta del éxito. Como el deportista, que sabe que no siempre gana el campeonato.





# EVENTOS<sup>20</sup><sub>17</sub>

## DE MANTENIMIENTO

*Del 9 al 13 de Octubre de 2017*

### **URUMAN2017**

*Cel. 094 275409*

*Email: [evento@uruman.org](mailto:evento@uruman.org)*

*Web: [www.uruman.org](http://www.uruman.org)*

---

*Del 11 al 14 de Octubre de 2017*

### **CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

#### **COINMI MÉXICO**

*Telf: 442 209 6100*

*Emails: [coinmi2017@uteq.edu.mx](mailto:coinmi2017@uteq.edu.mx) /*

*[coinmi2017.uteq.edu.mx](http://coinmi2017.uteq.edu.mx)*

*Web: <http://coinmi2017.uteq.edu.mx/>*

---

*Del 20 al 21 de Octubre de 2017*

### **17° CONGRESO PERUANO DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

*Tlfs: +51 01 346-2203 / +51 01 346-2841*

*Cel: RPM #990-061-141 / RPC 974-685-959*

*Email: [informes@ipeman.com](mailto:informes@ipeman.com)*

*Web: [www.ipeman.com](http://www.ipeman.com)*

---

*26 al 28 de Octubre de 2017*

### **19° CONGRESO IBEROAMERICANO DE MANTENIMIENTO**

*Riobamba - Ecuador*

*Telf: +593 9 84815381*

*Email: [info@aseinma-ecuador.org](mailto:info@aseinma-ecuador.org)*

*Web: [www.cimyga.com](http://www.cimyga.com)*

---

*Del 16 al 19 de Noviembre de 2017*

### **ANUAL CONFERENCE SMRP**

*Email: [info@smrp.org](mailto:info@smrp.org)*

*Web: <http://smrp.org/>*

---

*Del 28 al 30 de Noviembre de 2017*

### **CIFMERS LATAM- BUENOS AIRES- ARGENTINA**

*Correo: [info@cifmers.com](mailto:info@cifmers.com)*

*Web: [www.cifmers.com](http://www.cifmers.com)*

---

*Del 11 al 15 de Diciembre de 2017*

### **32 END INTERNATIONAL MAINTENANCE CONFERENCE FLORIDA IMC 2017**

*Web: <http://www.cvent.com>*

*Contacto: +001 888-575-1245*





# ¿POR QUE MI MANTENIMIENTO ES REACTIVO?

## *La diferencias entre la planificación y la programación del mantenimiento ordinario*

Un concepto amplio del mantenimiento, se puede expresar como la combinación de acciones (técnicas y administrativas) que buscan retener o restaurar un activo a un estado que pueda ejecutar una o varias funciones requeridas. Para Palmer (2006), el propósito del mantenimiento es brindar la confiabilidad a la capacidad de producción, por lo que una empresa que produce un producto rentable debe entender que el mantenimiento eficaz proporciona confiabilidad a la producción, por otro lado la información que se obtiene de la aplicación de un sistema de mantenimiento permite aplicar un proceso de mejora continua, mediante el establecimiento de estrategias que influyan en eficiencia del proceso. Adicionalmente el empleo de procesos de planificación y programación influyen en la gestión integral del mantenimiento, estimándose que una organización que no emplee estos procesos puede invertir casi el doble de la capacidad para finalizar un trabajo.

De la misma forma Brau (2012), expresa que un sistema esta compuesto por entradas, procesos y salidas, en el caso de mantenimiento se entiende por entrada los insumos, los equipos, la mano de obra y recursos financieros, que van acompañados de un proceso que son planes, procedimientos y estrategias que arrojan una salida evaluada por los resultados finales. El administrar esta mezcla de información requiere de una eficiente organización para obtener el máximo provecho al momento de

desarrollar e implementar un sistema de mantenimiento. Un sistema básico de mantenimiento esta compuesto por la entrada (requerimientos), los procesos (planificación, programación y ejecución) y la salida (indicadores de gestión), todos enmarcados en un proceso de mejora continua.

Por otro lado existen múltiples políticas de mantenimiento que puede implementar una organización, sin embargo se pueden agrupar en tres grandes grupos como son: El mantenimiento ordinario, el mantenimiento mayor y los proyectos de inversión. El primero de ellos, el mantenimiento ordinario tiene por finalidad mantener los activos en condiciones operacionales durante el tiempo establecido para su depreciación ordinaria, es decir que es el mantenimiento que aplica durante el ciclo productivo de nuestros activos, buscando prolongar al máximo la vida útil del mismo o garantizar su productividad durante determinado ciclo. Una característica financiera de este tipo de mantenimiento es que es considerado un gasto para la organización, de ahí la importancia que representa el aspecto relacionado a la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, lo que demanda la implementación de sistemas de mantenimiento. Este artículo esta especialmente dirigido al mantenimiento ordinario, también conocido como operacional o rutinario, debido a su influencia sobre el desempeño del activo y todo el sistema productivo.

Se tienen varias versiones sobre las funciones del proceso de planificación, algunas organizaciones limitan sus funciones a la identificación de repuestos, materiales y herramientas necesarias para la ejecución del mantenimiento, de ahí que la percepción común de algunas organizaciones es que una vez generado un requerimiento hacia mantenimiento el proceso de planificación se limita a reunir lo necesario para realizar la actividad. Para Nyman y Levitt, (2006) esta asociado a ¿Cómo hacer el trabajo? Para lo cual el proceso de planificación desarrolla un plan detallado y así lograr el fin deseado, cumple las funciones de coordinar todos los esfuerzos logísticos y estimar todos los recursos (humanos, herramientas y materiales) de tal manera que estén disponibles al momento de ejecutar la actividad. En este punto se destaca que la planificación permite reducir los tiempos de espera durante la ejecución, una mala desempeño de mantenimiento esta muy asociado a la falta de preparación previa a la realización de los trabajos.

El mismo Brau define la planificación como el conjunto de métodos, guías y procedimientos que se requieren para la toma de decisiones. Bajo este concepto se generan una serie aspectos a considerar durante el proceso de planificación para que sea exitosa como son: Procedimientos (¿Qué y como se va a hacer?, ¿Qué manual o recomendación técnica se aplicara?), mano de obra (¿Qué tipo, por cuanto tiempo y cantidad se requiere?, ¿Cuál será la secuencia de utilización?), materiales, partes y repuestos (¿De que tipo?, ¿Cantidad?) y herramientas de soporte entre otros (¿tipo de equipos?, ¿Tipo y cantidad de herramientas?, ¿Por cuánto tiempo?), el completar el análisis de cada una de estas preguntas permitirá lograr una planificación mas exacta y con mayor probabilidad de éxito. En consecuencia se destaca la importancia estratégica que tiene para el mantenimiento el proceso de planificación, tomándolo como el punto de partida en un proceso eficiente, le asigna múltiples responsabilidades para lograr el

objetivo de realizar las actividades en el menor tiempo, con el personal correcto y al costo mas adecuado.

Adicionalmente Mobley (2008) hace mención a varios aspectos fundamentales al momento de lograr una estimación de los trabajos de mantenimiento, en muchos aspectos relacionados al planificador, destacando la necesidad de estar familiarizado con los trabajos de mantenimiento y el equipo de trabajo en planta, es decir la familiaridad que se adquiere del trabajo de campo, haciendo hincapié en que no hay sustituto como el conocimiento de la tarea al momento de realizar estimaciones. El punto de inicio del proceso de planificación parte de la idealidad, lo que permite al planificador visualizarse como si el mismo ejecutara el trabajo. Hay que destacar que involucrase directamente en el trabajo trae ventajas al planificador, primero amplia su conocimiento de la planta y su equipo de trabajo, en segundo lugar y un aspecto muy importante es la credibilidad que se gana ante el artesano y el supervisor de mantenimiento al ver al planificador a su lado durante la ejecución del trabajo. Por otro lado es importante entender que la exactitud absoluta no es posible ni necesaria en el proceso de planificación del mantenimiento, mas importante es lograr un nivel aceptable de eficiencia y sobre todo el control del proceso de mantenimiento.

En consecuencia cual el perfil que debe tener el profesional que pensamos contratar o desarrollar como un planificador de mantenimiento. Primero que todo debe ser una profesional automotivado, estratega y sistemático, siempre dispuesto a aprender, flexible y con capacidad de adaptarse a los cambios, Un planificador debe tener muchas cualidades, no cualquiera puede ocupar el puesto dentro de una organización, la persona evoluciona dentro de la misma para llegar a ocupar la silla del planificador, sabe de operaciones, de la ejecución propia del mantenimiento, conoce de materiales y

repuestos, de aspectos técnicos (metalurgia, soldadura, etc.), estudia las normas (internas, nacionales e internacionales), maneja los mecanismos de contratación, estudia el mantenimiento. Su visión del sistema es global y siempre debe estar adelantada a los requerimientos de la organización.

Por otro lado la programación de mantenimiento es la acción de asignar los recursos disponibles a un conjunto de actividades para que los trabajos se ejecuten eficientemente, a diferencia de la planificación la programación debe garantizar los recursos, debe verificar que en el lugar de ejecución se encuentren los materiales, repuestos, mano de obra, equipos, herramientas y la documentación que soportara los trabajos (manuales, planos, procedimientos técnicos, etc.). La falta de verificación de uno de estos aspectos puede contribuir en el retraso. La programación es más dinámica que la planificación, siempre esta presenta la opción de que el propio usuario por razones de producción se niegue a entregar los equipos, lo cual es una realidad en los procesos de mantenimiento. Adicionalmente la programación parte de la planificación realizada, es el plan elaborado el que proporciona el numero de personas necesarias, habilidades, la duración de las actividades, los materiales y repuestos requeridos para realizar la actividad, etc. Si la información entregada por el proceso de planificación esta clara y es la correcta, en la misma manera la programación será acertada. Adicionalmente Palmer especifica que existen seis principios para lograr una buena programación:

- Los programas de trabajo deben proporcionar el número de artesanos con su respectiva habilidad, horas trabajo para cada uno y la duración total del trabajo.
- Los horarios deben respetarse, con un manejo de prioridades para evitar la interrupción.
- Un programador desarrolla un programa semanal, basado en los recursos

disponibles, las prioridades de los trabajos y un plan de trabajo, prestando especial atención trabajo proactivo más que en el reactivo.

- El programador debe asignar todas las horas en el calendario de una semana disponibles por artesano (persona con ciertas habilidades), primero asignado a los trabajos de más alta prioridad.
- El supervisor de los artesanos debe realizar una programación diaria, el día anterior para poder incluir cualquier actividad con mayor prioridad, incluso solicitar reprogramación si se genera alguna emergencia.
- El cronograma de tiempo es la principal medida de la fuerza de trabajo, de la eficiencia y eficacia tanto de la planificación como la programación, un trabajo previsto reduce retrasos, el cumplimiento del cronograma es la manera de medir los resultados.

Es importante destacar que la programación es un mecanismo para alinear los trabajos en función de las necesidades del usuario, lo que implica que los recursos de mantenimiento siempre están sujetos a cambios producto o bien sea de actividades que no fueron consideradas de importancia o producto de urgencias que ameritan incluir nuevas actividades o cambiar las prioridades en algunas ya programadas. La excelencia esta en mejorar y realizar los trabajos de forma correcta (una función de la planificación) siempre teniendo en cuenta que la coordinación y la programación son importantes para el cumplimiento de las actividades sin desperdicio de recursos. Por otro lado Nyman y Levitt hacen mención de que existen 5 pilares que son necesarios para que la programación cumpla su función:

1. Las prioridades se definen entre todas las partes involucradas.
2. El esfuerzo esta concentrado en las prioridades del programa.
3. El programador administrar una lista de trabajos en espera, conocido como backlog y debe evitar que se salga de



control.

4. Se debe cumplir con la ejecución del programa.
5. Prioridad al mantenimiento proactivo.

Sin embargo algo que destacan los diferentes autores es que un buen trabajo de mantenimiento nace de una correcta planificación, pero todo esta directamente relacionado a una buena función de la etapa de programación. La misma responde a una interrogante importante ¿cuándo?, en pocas palabras es la programación que fija en el calendario la fecha de realización de la actividad, permite que todas las disciplinas se coordinen en el esfuerzo mancomunado de lograr con éxito lo acordado. La ausencia de un proceso de programación es evidente en un sistema de mantenimiento, el caos que se genera ante la improvisación diaria, la competencia de recursos es mas notorio en las grandes empresas, donde varios departamentos compiten entre si por los recursos compartidos.

Ahora bien cual es el perfil del profesional que pensamos contratar como programador de mantenimiento. Debe ser dinámico, flexible, metódico, negociador, capacidad de liderar, conoce los procedimientos de mantenimiento, sabe de supervisión, conoce de materiales y repuestos. Al igual que el planificador un programador normalmente se desarrolla dentro de la organización, debe conocer el como se ejecutan los trabajos, las cuadrillas de trabajo lo conocen, tiene una alta credibilidad dentro del equipo de trabajo. Tiene una responsabilidad importante ya que dentro de sus funciones están las de hacer seguimiento a las actividades, le debe gustar escribir ya que esta encargado de reportar los avances diarios.

En este punto del documento podemos decir que están claramente definidas las funciones que tiene cada uno de los procesos (planificación y programación) y las personas que ocupan los puestos de planificador y programador. Un error común en las

organizaciones es confundir ambas funciones considerando que una sola persona ocupa ambas posiciones y que la planificación y la programación son sinónimos. Sin embargo ya resaltamos sus grandes deferencias, entonces ¿cual es el efecto sobre el desempeño del mantenimiento? En una organización que tiene en control mantenimiento el efecto no es evidente a corto plazo, incluso la organización puede funcionar varios años sin evidenciar grandes impactos, el problema se presenta cuando por algún motivo ocurre un evento que genere un descontrol en la organización, en cuyo caso es evidente, el dinamismo propio de la programación arropa por completo la planificación, su primer efecto es un mantenimiento reactivo, siempre se esta en la búsqueda de soluciones por la falta de un material o un repuesto critico que no fue solicitado a tiempo. La falta de la visión estratégica de la planificación redundara indudablemente en la carencia de recursos, lo que da paso a la improvisación, muchas organizaciones optaran por incrementar el inventario de los repuestos y los materiales, con las graves consecuencias económicas que trae esta acción (deterioro, obsolescencia, vencimiento, incremento en el costo de preservación, impuestos, etc.); otra acción que aplican las organizaciones es incrementar el personal, bien sea mediante contrataciones o el incremento de la nomina propia, lo cual indudablemente incrementara los costos, ambas acciones influirán en la rentabilidad de la organización, afianzando la creencia de que el mantenimiento ordinario es un mal necesario.

Otro error común en algunas organizaciones es pensar que ambos roles deberán ser ocupados por personas jóvenes, en algunos casos emplean personal recién salido de la universidad para desempeñar estos roles, considerando que los cursos técnicos cerraran la brecha de conocimiento para desempeñar los cargos a plenitud. Una política desacertada. Un grave error que se paga caro en la eficiencia del mantenimiento. Esta política no permite que el planificador y programador desarrollen ese

conocimiento de planta que es fundamental para cumplir con sus funciones, le quita el liderazgo y la credibilidad que requieren ante el equipo de trabajo y en consecuencia su accionar estará muy limitado, esa experiencia tendrá que adquirirla a un alto costo y le llevara tiempo nivelarse, aplicando mucho ensayo y error. Un planificador requiere al menos 8 años de experiencia dentro del mundo de mantenimiento, incluso habiendo ya ocupado el puesto de programador (no estrictamente necesario) y de ejecutor de mantenimiento. Por otro lado el programador requiere al menos 5 años de experiencia y debe conocer bien la organización y los procesos de ejecución del mantenimiento, por lo que indudablemente al igual que el planificador debe pasar primero por ejecutor de mantenimiento.

Por otro lado las grandes organizaciones descuidan aspectos importantes como la localización física del personal, al identificar los procesos de planificación y programación como personal administrativo, lo desvinculan de las plantas, ubicando sus oficinas en edificios administrativos, limitando su vinculación al área de trabajo. En el caso particular del programador es un error muy grave, el debe estar directamente en el área de trabajo para cumplir con sus funciones, dentro de las mejores practicas de mantenimiento el programador participa activamente en las reuniones matinales donde se distribuyen las actividades y se procede a cambiar las prioridades si son requeridas, además hace seguimiento en tiempo real de los recursos compartidos que fueron programados, adicionalmente una función fundamental del rol es la del seguimiento de la ejecución del mantenimiento y a distancia, depende de reportes de terceros. El programador debe estar ubicado al lado del equipo ejecutor en la planta. En el caso de la planificación su rol estratégico le obliga a estar mas relacionado a la parte administrativa, su visión sobre el futuro le obliga a estar mas pendiente de los procesos de contratación, los procesos de procura de materiales, repuesto y el seguimiento del

presupuesto, su ubicación perfectamente puede estar en los edificios administrativos, para estar en contacto directo con aquellas unidades de apoyo (contratación, compras, etc.) que le permitan lograr la ejecución de las actividades planificadas.

En conclusión, ¿por qué muchas organizaciones no encuentran el secreto del paso del mantenimiento reactivo al proactivo? Una respuesta pude estar en como afrontan los procesos de la planificación y la programación, si los consideras sinónimos quizás estas en presencia de una de las causas de porque tu organización no sale del ciclo vicioso de la reactividad. La Planificación y programación no son lo mismo, cada una tiene un rol muy importante dentro del ciclo de mantenimiento y en las organizaciones donde existe una persona que desarrolla ambos roles, la programación demanda mucho tiempo, centra a la persona a vivir en el día a día, quitando su visión global que es una función estratégica del planificador.

#### REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS:

- Brau, Clemenza (2012). Como desarrollar e implementar un Sistema de Mantenimiento. 2da Edición. Maracaibo – Venezuela. Ediciones Astro Data S.A.
- Mobley, Keith; Higgins, Lindley y Wikoff (2008). Maintenance Engineering HANDBOOK. 7ma Edición. New York – Estados Unidos.
- Nyman, Don y Levitt, Joel (2006). Maintenance Planning, Scheduling & Coordination. New York – Estados Unidos. Editorial Industrial Press Inc.
- Palmer, Richard (2006). Maintenance Planning and Scheduling Handbook. 2da Edición. New York – Estados Unidos. Editorial McGraw-Hill.

AUTOR:

**ING. LUIS GUEVARA OSORIO**  
*ingluisgo@gmail.com*  
Petróleos de Venezuela S.A.  
Supervisor de Planificación  
Venezuela



# CALCULANDO LA FRECUENCIA OPTIMA DE MANTENIMIENTO O REEMPLAZO PREVENTIVO

*Caso de Estudio Basado en Métodos Y Normas Vigentes*

El mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo físico continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones. Esto es diferente a un mantenimiento de reparación o correctivo, el cual normalmente se considera como el reemplazo, renovación o reparación general del o de los componentes de un equipo o sistema para sea capaz de realizar la función para la que fue creado.

El mantenimiento preventivo es el enfoque preferido para la gestión de activos:

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia.
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada.
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento o tiempo misión t.

## DECISIONES EN GESTIÓN DE ACTIVOS

En el ciclo de vida de un activo físico existen diferentes etapas donde se deben tomar decisiones que de una u otra forma impactarían en el desempeño y rentabilidad de un proceso productivo. En la figura N°1 se muestra claramente que existen tres etapas sumamente

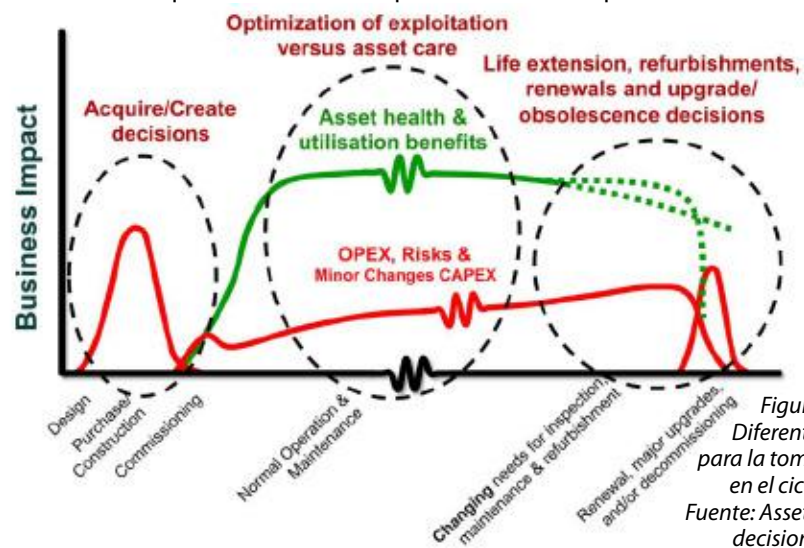


Figura N°1.  
Diferentes etapas para la toma de decisión en el ciclo de vida.  
Fuente: Asset management decision-making; The SALVO Process. 2014



importantes para la toma de decisión tales como: Inicio de la vida de un activo, operación normal, y la etapa de desincorporación o restauración del activo.

La decisión de reparar, actualizar o reemplazar un activo o refacciones reparables puede ser tomada en la etapa de diseño de un nuevo sistema, en un punto en el ciclo de vida de un equipo cuando ha ocurrido una falla funcional o cuando resulta evidente la obsolescencia. Se requiere un examen de los costos del ciclo de vida total de la pieza durante la porción restante de su ciclo de vida. El ciclo de vida total del equipo o de la pieza incluye el momento desde su adquisición hasta su desincorporación final. Se consideran todos los costos desde el diseño, compra inicial, construcción, instalación y puesta en servicio estos son los llamados CAPEX (capital expenditure), y las reparaciones, reemplazos, actualizaciones, movimiento hacia y desde las instalaciones de reparación son los llamados OPEX (operating expenditure), y la última etapa corresponde a la remoción del servicio, desmantelamiento y desincorporación.

El mejor momento para tomar decisiones de reemplazo en el caso de piezas reparables es durante la fase de diseño del ciclo de vida del equipo ya que gran parte de la información necesaria para tomar la decisión se puede obtener fácil y directamente del proveedor del equipo. Cuando transcurren varios años después de adquirido el equipo, es más difícil obtener ese tipo de información debido a que el proveedor tal vez ya no esté suministrando el

mismo equipo. Los costos de reemplazo para el equipo y sus componentes pueden tomarse directamente de los costos de compra del equipo y las listas de las refacciones recomendadas. Los costos de reparación pueden solicitarse al proveedor y a los centros de reparación recomendados por el proveedor para compararlos con las propias estimaciones de una reparación interna. Una muy buena fuente de información de los costos directos (labor, materiales, y servicio contratado), y los costos indirectos es a través de un Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento CMMS/EAM tales como SAP, MAXIMO entre otros. Cabe destacar, que la información extraída de un CMMS debe ser analizada cuidadosamente antes de realizar cualquier estudio de Ingeniería de Confiabilidad ya que estos sistemas procesan los datos que el usuario introduce es decir (Garbage in – Garbage out).

## DECISIÓN DE OPERAR O MANTENER

La figura N°2 muestra el proceso de optimización a través de la curva (azul) que representa la tarea planeada modelada a diferentes frecuencias donde se puede visualizar que a medida que se incrementa la frecuencia de ejecución de la tarea de mantenimiento los costos de llevarla a cabo disminuyen. Por otro lado se puede apreciar la curva (roja) del riesgo de no realizar la tarea, la cual muestra que el riesgo se incrementará a medida que se prolonga la ejecución de la tarea planeada.

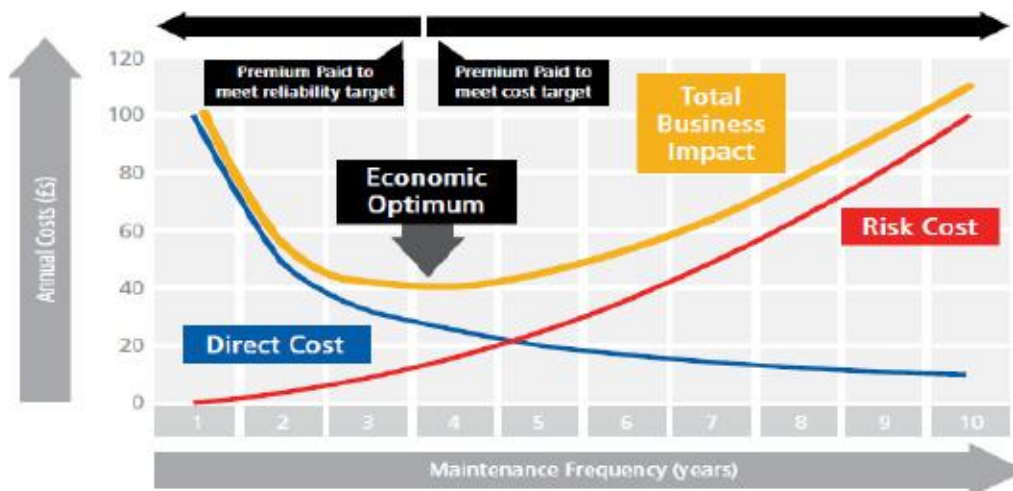


Figura N°2. Optimización de la frecuencia de mantenimiento planeado. Fuente: An Anatomy of Asset Management version 3. Diciembre 2015

La intersección de estas dos curvas representa el punto de equilibrio económico, es decir tanto el costo de la tarea planeada y el riesgo tienen el mismo impacto en unidades monetarias por unidad de tiempo. La suma punto a punto de estas dos curvas forman la tercera curva (naranja) que representa el impacto total al negocio, en la cual el punto más bajo indica la frecuencia óptima para llevar a cabo la tarea planeada. Cabe destacar, que ejecutar la acción de mantenimiento antes de esta frecuencia conllevaría a costos muy elevados y realizarla después de este punto se incurriría en una pérdida debido al riesgo de exposición.

### LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

En un proceso de optimización de la frecuencia de mantenimiento se pueden considerar una o más de las siguientes variables:

#### **Confabilidad y Riesgo**

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema, equipo, o dispositivo cumpla su función(es) para la cual fue adquirido durante un periodo de tiempo establecido bajo condiciones operacionales preestablecidas tales como temperatura, presión, caudal, pH entre otras variables de proceso en el contexto operacional definido.

El análisis del comportamiento de fallas de una gran cantidad de poblaciones de componentes

o equipos observados durante largos períodos de estudio, han mostrado una función tasa de fallas decreciente en el primer período, la primera etapa del período de observación (fenómeno conocido como arranque o mortalidad infantil), seguido por una función tasa de fallas aproximadamente constante (operación normal o aleatoria), y finalmente una función tasa de fallas creciente durante la última etapa del período de observación (envejecimiento o desgaste). A través de un análisis de Weibull estas etapas se determinan a través del factor de forma  $\beta$ , si  $\beta < 1$ ;  $\beta = 1$ ;  $\beta > 1$  respectivamente. La figura N°3 muestra la tradicional curva de la bañera (bath-tub curve) por su forma.

Si se dispone de un número significativo de unidades de un mismo componente o equipo, y se les pusiera a operar a partir de un tiempo inicial  $t_0$ , se podría observar el comportamiento en el número de fallas por unidad de tiempo y construir su particular curva de la bañera. Típicamente una población de componentes o equipos en general presenta una tasa de falla alta en el primer periodo de vida que decrece hasta que alcanza un nivel constante por un periodo de tiempo, (conocido como etapa aleatoria), y finalmente por efecto del envejecimiento característico o desgaste de los componentes, comienza a aumentar nuevamente (desgaste). A continuación se muestran otros patrones de falla.

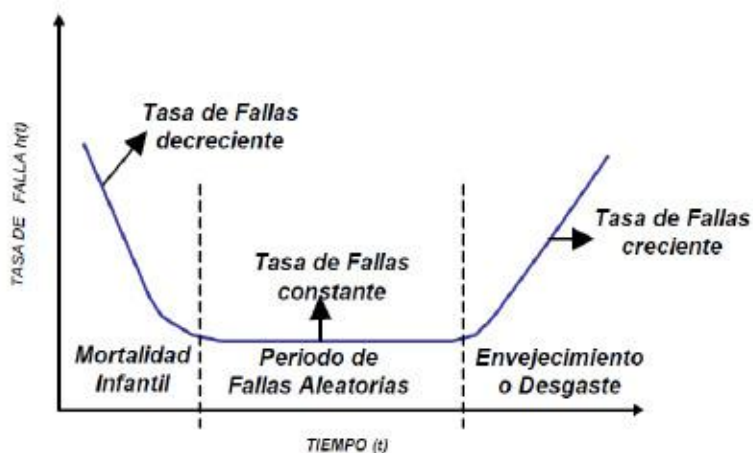
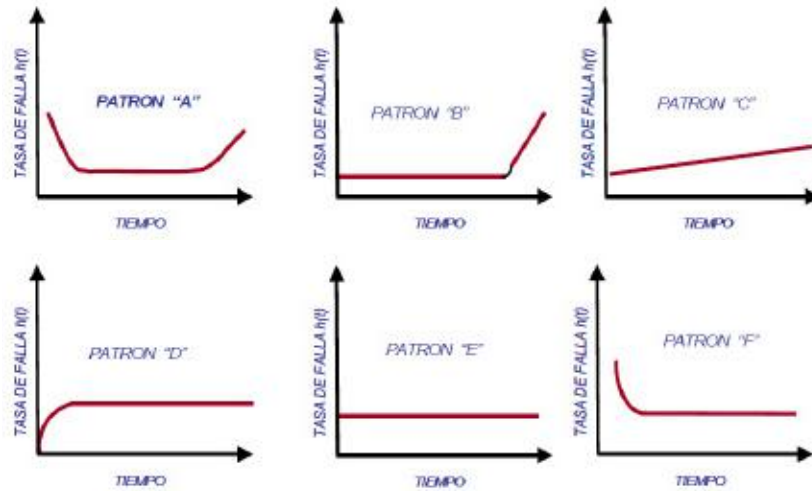


Figura N°3.  
Curva de la Bañera.  
Fuente:  
Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico del Riesgo R2M. 2004

Figura N°4.  
Otros Patrones de Falla.  
Fuente: Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico del Riesgo R2M. 2004



En la operación de un activo durante la etapa de operación normal o aleatoria pueden ocurrir varios eventos donde se debe decidir si cuando ocurre una falla se debe realizar una tarea de restauración y devolver el activo a su etapa de mortalidad infantil a través de la llamada reseteo del reloj (Resets the clock), o realizar una acción (Patch and CONTINUE) que permita que el equipo pueda continuar operando hasta llegar a su etapa de desgaste. La figura N°5 muestra la representación de estos dos comportamientos.

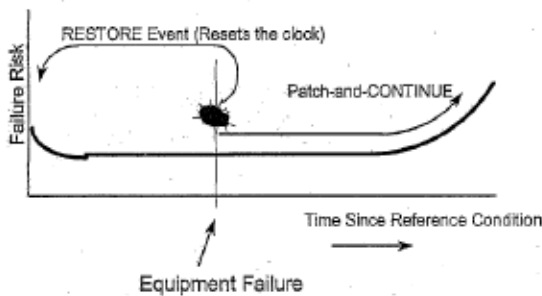


Figura N°5. Respuesta a la Falla.  
Fuente: Managing Industrial Risk TWPL. 1993

**Costos Operacionales**

Los costos operacionales tienden a incrementarse con el tiempo cuando no se lleva a cabo la tarea planeada. Estos costos pueden ser consumo de energía, consumo de materia prima, material consumibles, tiempo consumido por los operadores, reparaciones menores, entre otros. La figura N°6 muestra

cómo pueden incrementarse estos costos con el tiempo.

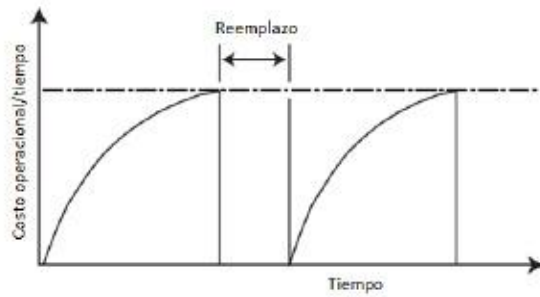
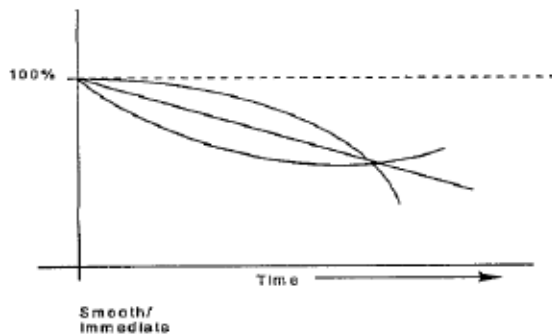


Figura N°6. Tendencia de Costos Operacional.  
Fuente: Maintenance, Replacement, and Reliability Second Edition. 2013

**Pérdida de Desempeño**

Durante la operación de un activo este puede deteriorarse por uso normal manifestándose pérdida de desempeño, la cual debe ser considerada cuando se diseña un plan de mantenimiento preventivo, ya que la(s) tarea(s) deben estar orientadas a controlar este patrón de desempeño.





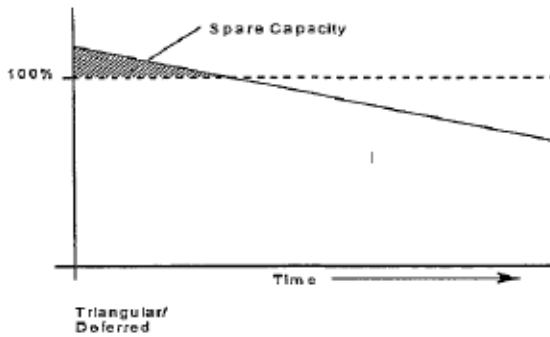


Figura N°7. Patrones de Desempeño.  
Fuente: *Managing Industrial Risk TWPL*. 1993

**Prolongación de Vida del Equipo**

La prolongación de vida de un equipo se puede lograr a través de las tareas que permitan mejorar la condición del activo en el tiempo. La tarea más común para prolongar la vida de un activo es la pintura, pero esta actividad debe ser sometida a dos escenarios tales como acortar la frecuencia a un costo asociado o extender la frecuencia con su respectivo costo. Las tareas que se definen en los planes de mantenimiento para prolongación de vida es generalmente para los equipos de contención de energía (Equipos Estáticos) tales como recipientes, tanques, tuberías, hornos, reactores, entre otros. Los siguientes son ejemplos en los cuales los efectos de prolongación contribuyen para los trabajos de mantenimiento.

- Cambio de filtro de aire/aceite: Afecta la expectativa de vida de caja de engranajes, motores, etc.
- Pintura: Extiende la vida de estructuras de acero, tanques de almacenamiento, etc.
- Prolongación en reversa: Limpieza de una caldera o tubería puede reducir la vida del equipo.

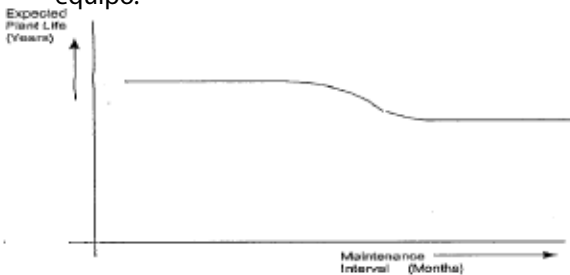


Figura N°8. Efecto financiero de prolongar la vida del equipo.  
Fuente: *Managing Industrial Risk TWPL*. 1993

**Modelos matemáticos utilizados para el reemplazo preventivo**

Antes de comenzar con el desarrollo de los modelos de reemplazo de componentes es importante mencionar dos condiciones necesarias. En este artículo solo se mostrarán tres de los tantos modelos disponibles para el análisis de reemplazo de componentes.

1.- El costo total del reemplazo debe ser mayor después que ocurre la falla que antes de la falla, tales como pérdida de producción, esto ocurre porque el reemplazo después de la falla no es planeada y puede causar daños catastróficos en el proceso productivo.

2.- La rata de falla del componente debe ser creciente. En la segunda etapa de la curva de la bañera acorde a la distribución exponencial negativa o su equivalente la distribución de Weibull cuando  $\beta=1$ , cuando este es el caso el reemplazo antes de la falla no afecta la probabilidad que el equipo fallara en el próximo instante dado que el equipo se encuentra en condiciones operativas normales, y como consecuencia el dinero y el tiempo empleado serían despilfarrados si el reemplazo preventivo es aplicado a equipos que fallan acorde a la distribución exponencial negativa. Obviamente, cuando los equipos fallan acorde a la distribución hiperexponencial o la distribución Weibull cuyo  $\beta < 1$  su rata de falla es decreciente y nuevamente el reemplazo preventivo de componentes no debe ser aplicado.

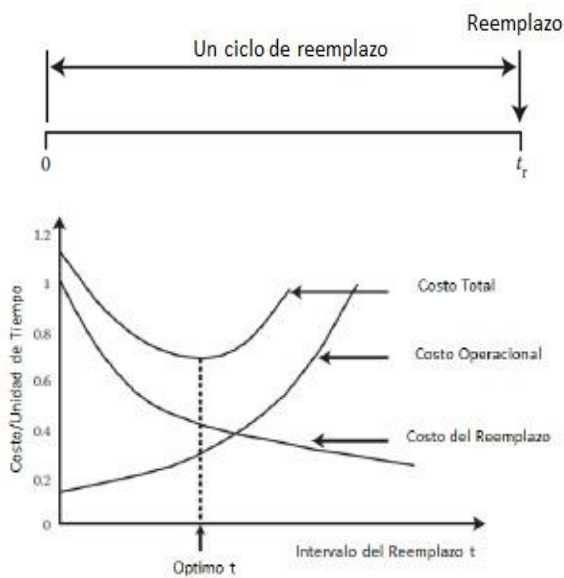
**Modelo de reemplazo óptimo cuando los costos operativos se incrementan con el uso**

Algunos equipos operan con excelente eficiencia cuando son nuevos, pero con el tiempo su desempeño se deteriora.

$C(tr)$  = Costo total en el intervalo (0,tr)/Longitud del intervalo

Costo total en el intervalo = Costo de operación + Costo de reemplazo

$$= \int_0^{tr} c(t) dt + C_r$$



**Intervalo óptimo de reemplazo preventivo de equipos sujeto a falla.**

En este modelo se muestra que no solo se realizan reemplazos preventivos sino también cuando ocurren fallas en el ciclo de vida del activo. Una vez más, el problema es balancear el costo del reemplazo preventivo contra sus beneficios, y debemos hacer este análisis para determinar la edad óptima del reemplazo preventivo para el ítem y de esta manera minimizar el costo esperado total del reemplazo por unidad de tiempo.

$C(t_p)$  = Costo total esperado del reemplazo por ciclo / Longitud del ciclo esperado

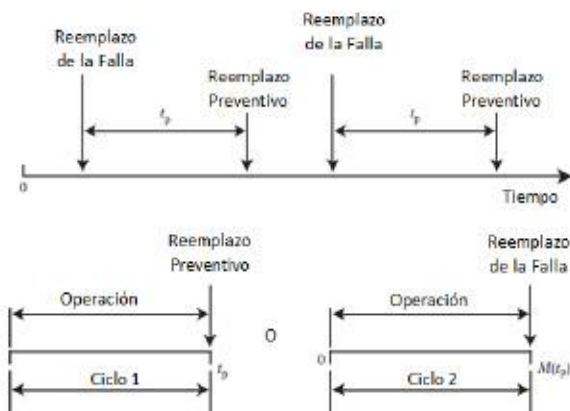
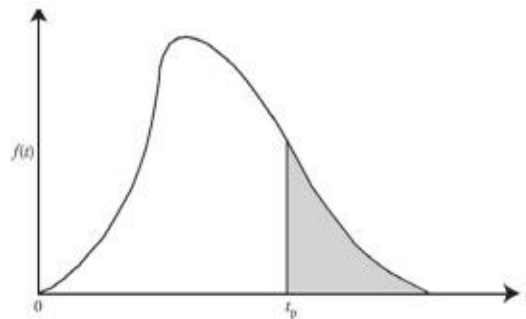


Figura N°9. Ciclos de Reemplazo.  
Fuente: Maintenance, Replacement, and Reliability Second Edition. 2013

Si un reemplazo preventivo ocurre en el tiempo  $t_p$  entonces el tiempo medio para fallar es la media de la porción sombreada como se muestra en la figura N°10 (b), porque el área no sombreada es una región imposible para fallar. El costo total del reemplazo se calcula a través de la siguiente ecuación. La probabilidad de un ciclo de preventivo es equivalente a la probabilidad de falla ocurriendo después del tiempo  $t_p$  que es equivalente al área sombreada, la cual es denotada como  $R(t_p)$  como se muestra en la figura N°10 (a).

a)

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + C_r \times [1 - R(t_p)]}{t_p \times R(t_p) + M(t_p) \times [1 - R(t_p)]}$$



b)

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + C_r \times [1 - R(t_p)]}{t_p \times R(t_p) + \int_{-\infty}^{t_p} t f(t) dt}$$

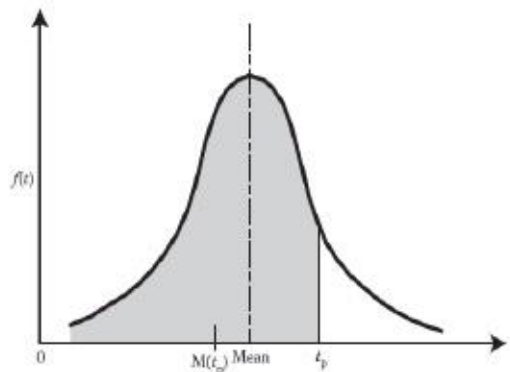


Figura N° 10. Estimación de la media de la distribución truncada.

Fuente: Maintenance, Replacement, and Reliability Second Edition. 2013

**Intervalo óptimo de reemplazo preventivo de equipos sujeto a falla, tomando en cuenta el tiempo requerido para llevar a cabo los reemplazos preventivos y de falla.**

Este modelo se refiere a la política de reemplazo donde se realizan los reemplazos preventivos una vez que el ítem ha alcanzado una edad específica,  $t_p$ , más los reemplazos debido a una falla cuando esta ocurre de manera inesperada. Esta política se ilustra en la figura N°11.

$C(t_p)$  = Costo total esperado del reemplazo por ciclo / Longitud del ciclo esperado

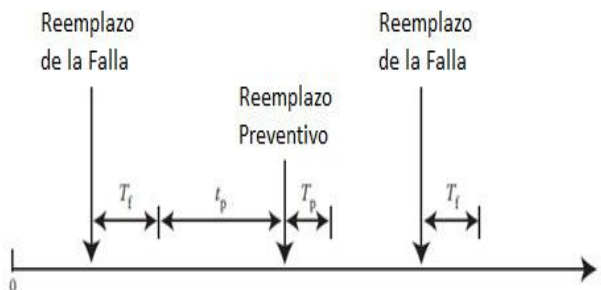


Figura N°11. Política basada en la edad, incluyendo la duración de un reemplazo. Fuente: Maintenance, Replacement, and Reliability Second Edition. 2013

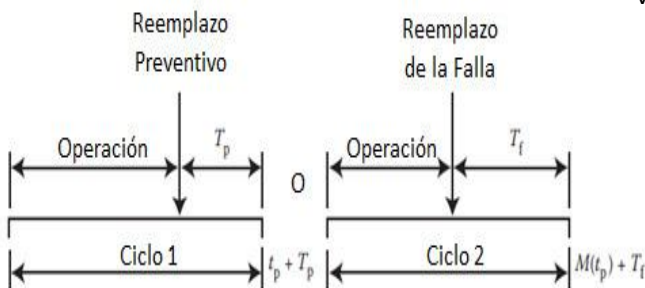


Figura N°12. Ciclo de reemplazos basado en la edad, incluyendo la duración de un reemplazo. Fuente: Maintenance, Replacement, and Reliability Second Edition. 2013

**CASO DE ESTUDIO. TURBINA DE VAPOR**

En este caso de estudio se mostrara el análisis realizado con una hoja de cálculo considerando todas las variables descritas en las primeras páginas de este documento. Adicionalmente, para validar los resultados arrojados por la hoja de cálculo se muestran las pantallas de los resultados arrojados por un programa computacional de amplia trayectoria mundial en gestión de activos.

Se dispone de una turbina de vapor instalada en una planta petroquímica de operación continua. El Ingeniero de Confiabilidad asignado a la planta luego de diseñar el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad utilizando la metodología RCM, se dispone a optimizar la frecuencia de mantenimiento de las tareas planeadas modeladas a diferentes frecuencias. De no llevar a cabo la acción de mantenimiento se afectaría la confiabilidad del activo, los costos operacionales se incrementarían, disminuiría el desempeño del activo, y esta tarea se aplicara para prolongar la vida del activo físico.

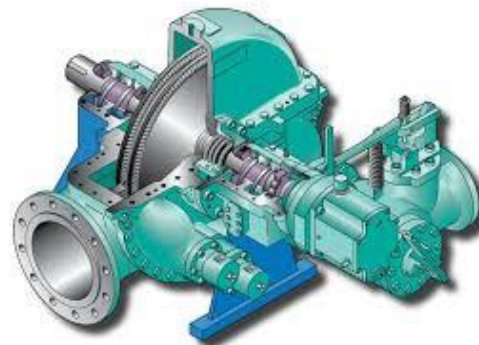


Figura N°13. Fotografía de la turbina de vapor.

**Confiabilidad**

Patrón de Deterioro				
Tiempo desde que fue Restaurado		No de Fallas	Rata Equivalente	
0	8000 Hora(s)	1,00	0,000125 /Hora	
8000	24000 Hora(s)	3,00	0,0001875 /Hora	
24000	48000 Hora(s)	25,00	0,001041667 /Hora	

Tabla N°1. Estas tablas muestran el perfil de la confiabilidad, los costos estimados de operación, la pérdida de desempeño y los datos para la prolongación de vida.

Fuente: Propia



# ARTICULO TÉCNICO

Patrón de Costos		
Costos Operativos	Tiempo desde el ultimo Overhaul	Costos Operacional
	0 Hora(s)	2 Libras/Hora
	8000 Hora(s)	3 Libras/Hora
	16000 Hora(s)	5 Libras/Hora

Patrón de Pérdida de Desempeño			
Pérdida de Desempeño	Tiempo desde el ultimo Overhaul	Perdida de Desempeño %	Eficiencia
	2000 Hora(s)	2	98
	12000 Hora(s)	5	95

Prolongación de Vida del Equipo	Intervalo de Overhaul		Vida Esperada	
	X	Hora(s)	Y	Hora(s)
	2000	Hora(s)	60000	
	10000	Hora(s)	30000	

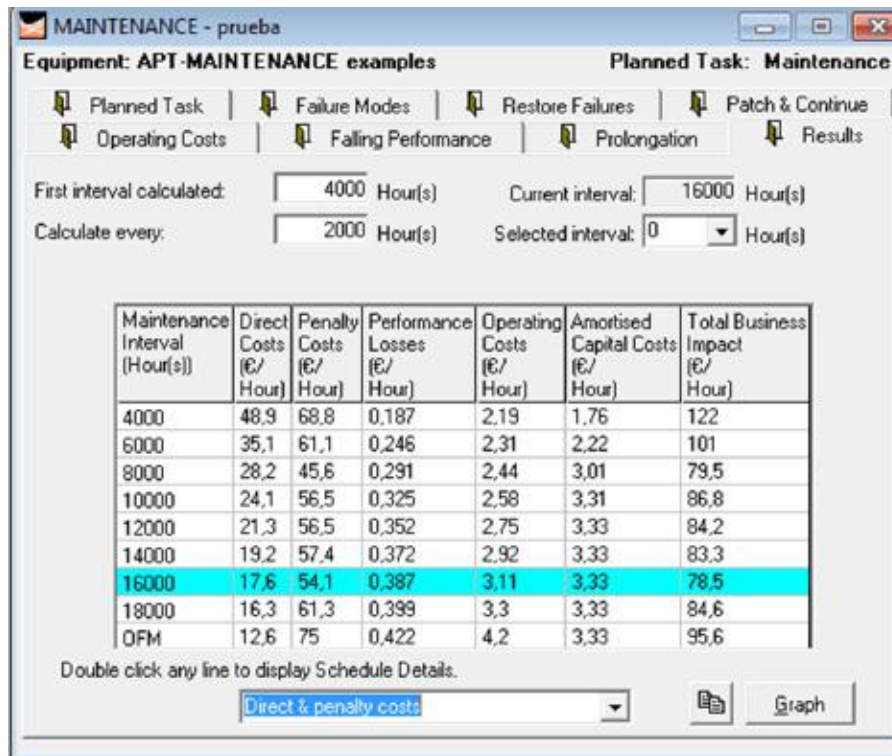
**Resultados:**  
Costos directos y penalización

## Optimización de Frecuencias de Mantenimiento Preventivo

Copyright 2017, Edgar Fuenmayor, Ing. MSc. CMRP

Calcular Primer Intervalo:	4000	Hora(s)	Intervalo Actual:	16000	Hora(s)
Calcular cada:	2000	Hora(s)	Intervalo Seleccionado:		Hora(s)
			Maximo Intervalo de Overhaul		Hora(s)
			Maxima Probabilidad de Falla		/Hora

Costos Directos y Penalización								
Intervalo de Overhaul (Hora(s))	Costos Directos (Libras/Hora)	Costos de Penalización (Libras/Hora)	Restaurar la Falla (Libras/Hora)	Costo de Capital Amortizado (Libras/Hora)	Costos Operativos (Libras/Hora)	Perdida de Desempeño (Libras/Hora)	Impacto Total al Negocio (Libras/Hora)	
4000	54,58	100,00	0,00	1,90	2,19	0,17667	158,85	
6000	39,39	84,25	0,00	2,22	2,34	0,23000	128,44	
8000	31,55	62,44	0,00	2,67	2,51	0,26000	99,42	
10000	26,72	68,68	0,00	3,33	2,69	0,26667	101,69	
12000	23,48	64,42	0,00	3,33	2,89	0,25000	94,37	
14000	21,22	61,69	0,00	3,33	3,10	0,21000	89,55	
16000	19,62	54,02	0,00	3,33	3,34	0,14667	80,46	
18000	18,52	60,03	0,00	3,33	3,60	0,06000	85,54	
20000	17,81	60,89	0,00	3,33	3,88	0,05000	85,96	
22000	17,44	62,81	0,00	3,33	4,17	0,18333	87,94	
24000	17,35	61,59	0,00	3,33	4,49	0,34000	87,10	
26000	17,51	69,70	0,00	3,33	4,83	0,52000	95,89	
28000	17,91	74,63	0,00	3,33	5,19	0,72333	101,79	
30000	18,53	80,53	0,00	3,33	5,57	0,95000	108,92	
32000	19,36	84,27	0,00	3,33	5,97	1,20000	114,14	
34000	20,39	95,22	0,00	3,33	6,40	1,47333	126,82	
36000	21,61	104,00	0,00	3,33	6,84	1,77000	137,55	
38000	23,01	113,73	0,00	3,33	7,30	2,09000	149,47	
40000	24,59	121,90	0,00	3,33	7,79	2,43333	160,05	



**Resultados:**

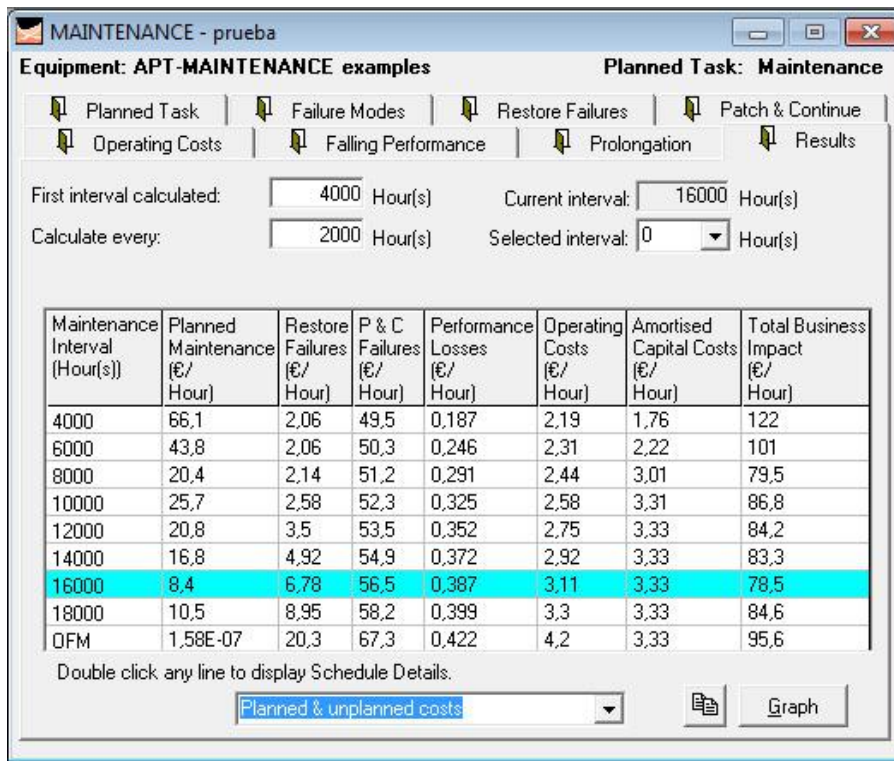
Costos planeados y no planeados

**Optimización de Frecuencias de Mantenimiento Preventivo**  
 Copyright 2017, Edgar Fuenmayor, Ing. MSc. CMRP

Calcular Primer Intervalo:	4000	Hora(s)
Calcular cada:	2000	Hora(s)

Intervalo Actual:	16000	Hora(s)
Intervalo Seleccionado:		Hora(s)
Maximo Intervalo de Overhaul		Hora(s)
Maxima Probabilidad de Falla		/Hora

		Costos Planeados y no Planeados						
Intervalo de Overhaul (Hora(s))	Costos Planeados (Libras/Hora)	Costos Reparar y Continuar (Libras/Hora)	Restaurar la Falla (Libras/Hora)	Costo de Capital Amortizado (Libras/Hora)	Costos Operativos (Libras/Hora)	Pérdida de Desempeño (Libras/Hora)	Impacto Total al Negocio (Libras/Hora)	
4000	66,75	85,81	2,03	1,90	2,19	0,17667	158,85	
6000	44,50	77,12	2,03	2,22	2,34	0,23000	128,44	
8000	20,87	70,65	2,46	2,67	2,51	0,26000	99,42	
10000	26,70	65,59	3,11	3,33	2,69	0,26667	101,69	
12000	22,25	61,67	3,98	3,33	2,89	0,25000	94,37	
14000	19,07	58,77	5,06	3,33	3,10	0,21000	89,55	
16000	10,44	56,84	6,36	3,33	3,34	0,14667	80,46	
18000	14,83	55,83	7,88	3,33	3,60	0,06000	85,54	
20000	13,35	55,73	9,62	3,33	3,88	0,05000	85,96	
22000	12,14	56,54	11,57	3,33	4,17	0,18333	87,94	
24000	6,96	58,23	13,74	3,33	4,49	0,34000	87,10	
26000	10,27	60,81	16,13	3,33	4,83	0,52000	95,89	
28000	9,54	64,27	18,73	3,33	5,19	0,72333	101,79	
30000	8,90	68,61	21,55	3,33	5,57	0,95000	108,92	
32000	5,22	73,83	24,59	3,33	5,97	1,20000	114,14	
34000	7,85	79,91	27,84	3,33	6,40	1,47333	126,81	
36000	7,42	86,88	31,32	3,33	6,84	1,77000	137,55	
38000	7,03	94,71	35,00	3,33	7,30	2,09000	149,47	
40000	4,17	103,41	38,91	3,33	7,79	2,43333	160,05	



## Optimización de Frecuencias de Mantenimiento Preventivo

Copyright 2017, Edgar Fuenmayor, Ing. MSc. CMRP

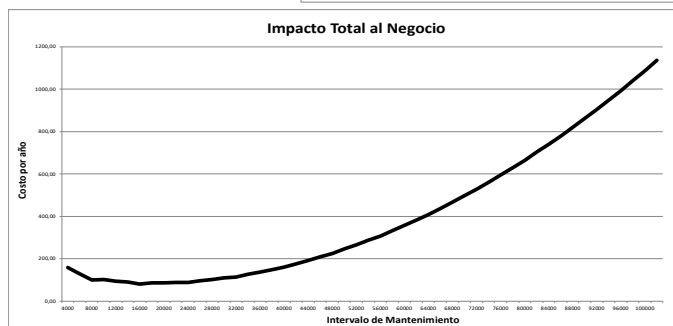
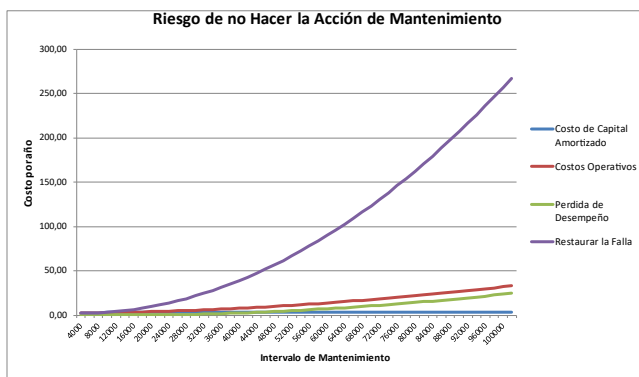
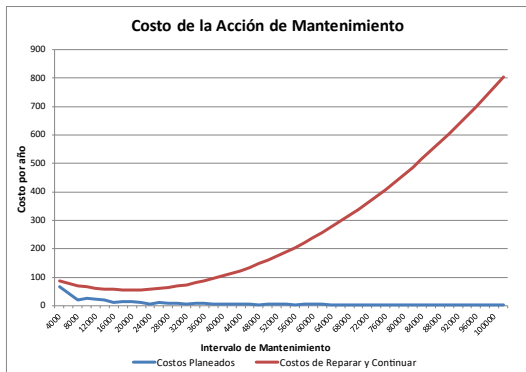


Figura N°14. Gráfica de Resultados del Modelo Matemático. Fuente: Hoja de Cálculo Programada por Edgar Fuenmayor, 2017



El modelo muestra que la frecuencia óptima para llevar a cabo la acción de mantenimiento debe ser cada 16000 horas. Como puede observarse los resultados obtenidos por la hoja de cálculo son muy cercanos a los arrojados por el APT-MAINTENANCE© de la empresa TWPL, UK. La poca diferencia se debe a la exactitud o precisión utilizada en el modelo del programa comercial, la cual por razones de confidencialidad no es posible conocerla. La matemática utilizada en la hoja de cálculo dispone de los parámetros y ajustes necesarios, los cuales están definidos en las normas y bibliografías consultadas.

#### **Referencias y Lecturas Complementarias**

- [1] John D. Campbell and James V. Reyes – Picknell: 'Uptime', Strategies for Excellence in Maintenance Management, Canada, 2016, CRC Press.
- [2] Asset Management – An Anatomy, Version 3, United Kingdom, 2015, IAM.
- [3] John Woodhouse.: 'Asset Management Decision-Making: The SALVO Process', Strategic Assets: Life Cycle Value Optimization, United Kingdom, 2014, TWPL.
- [4] ISO - 55000 Asset Management — Overview, Principles and Terminology, 2014.
- [5] Andrew K.S. Jardine and Albert H. C. Tsang, Maintenance, Replacement, and Reliability (Theory and Applications), Second Edition, 2014, CRC Press.
- [6] Ramesh Gulati, 'Maintenance and Reliability' Best Practices, Second Edition, 2013, Industrial Press, Inc.
- [7] Carlos Parra y Adolfo Crespo.: 'Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos', Desarrollo y aplicación práctica de un Modelo de Gestión del Mantenimiento, España, 2012, Ingeman.

[8] John D. Campbell, Andrew K.S. Jardine and Joel McGlynn; "Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions", 2011, CRC Press.

[9] Edgar Fuenmayor, José Duran y Luís Sojo: 'Decisión de Reemplazo o Reparación de un Equipo', 2011. [www.gestionpas55.com](http://www.gestionpas55.com)

[10] Macro Project EU 1488, 2008, [www.macroproject.org](http://www.macroproject.org)

[11] British Standard Asset Management BSI PAS 55, 2008.

[12] Medardo Yañez, Hernando Gómez de la Vega, Genebelin Valbuena.: 'Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo', Venezuela, 2004, R2M.

[13] John Moubray.: 'Reliability Centered Maintenance', RCM II, Second Edition, 1997, Industrial Press, Inc.

[14] John Woodhouse.: 'Managing Industrial Risk', Getting value for money in your business, London 1993, Chapman & Hall.

[15] Colin Labouchere, C.M.: 'Use of a Small Computer to Assist in Making Maintenance Decisions', Proceedings of UK Maintenance Congress, London 1982.

AUTOR:

**EDGAR FUENMAYOR**

Ing. MSc. CMRP

***edgarfuenmayor1@gmail.com***



# ISO 55000

## Gestión de Activos, una visión general

Cuando un industrial o el responsable de los activos en una organización, tanto desde el punto de vista financiero como operacional (proyectos, producción, mantenimiento) tienen una primera aproximación con ISO 55000 se le abren varios interrogantes:

- ¿Qué es un Activo y qué es un Sistema de Activos?
- ¿Qué es Gestión de Activos y en qué consiste un Sistema de Gestión de Activos, cual es la diferencia entre los dos conceptos?
- ¿Por qué es conveniente implementar esta norma, que valor generaría a la organización, y, lejos de ser el último cuestionamiento?
- ¿Cómo se haría la implementación de esta norma?

Vamos a empezar un poco más atrás explicando que un Sistema de Gestión (SG), en términos generales, pero desde el punto de vista de un proceso de Planeación Estratégica Organizacional, es una táctica empleada por una organización para optimizar sus recursos, reducir costos operacionales y/o financieros, mejorar la productividad, generar seguridad para sus trabajadores, comunidad y demás partes interesadas, así como lograr no afectar al medio ambiente y garantizar la calidad prometida: en un concepto más holístico ser una organización Sostenible. Normalmente los

SG están basados en normas internacionales que permiten hacer control en diferentes áreas, como calidad, seguridad, áreas financieras e innovación.

Luego de esto es conveniente definir Activo y Sistema de Activos para poder seguir integrando conceptos:

En el pasado, y aún hoy en día, no nos entendemos bien al expresarnos con términos como máquina, equipo, equipo padre, equipo hijo, etc. ¿Por ejemplo, al ver una bomba acoplada con un motor, nos estamos refiriendo a un equipo o dos equipos?, a una máquina?, ¿Qué tratamiento debemos darle al acople?

PAS 55, documento BSI (British Standard Institute) precursora de ISO 55000, hizo una muy buena clasificación en la gráfica que reproducimos como Figura 1, donde expone que el "Negocio Total", que consiste en su planteamiento estratégico (visión, misión, política, objetivos, regulaciones y requerimientos, además de la gestión de sus riesgos, etc.), incluye 5 tipos de activos:

- Activos Humanos
- Activos Financieros
- Activos Intangibles
- Activos de Información y
- Activos Físicos

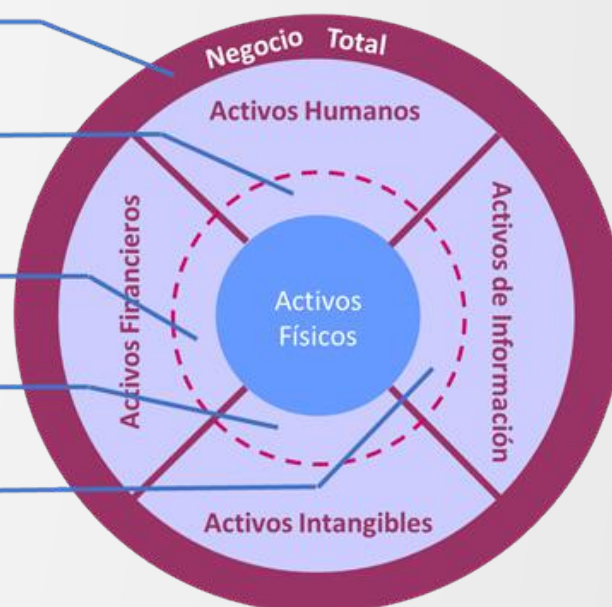
**Contexto Vital:** objetivos, políticas, regulación del negocio, Requerimientos del desempeño, riesgos

**Interfaz importante:** motivación, comunicación, roles y Responsabilidades, conocimiento, experiencia, liderazgo, Trabajo en equipo

**Interfaz importante:** los ciclos de vida, criterios de inversión de capital, costos operacionales, valor del activo, desempeño

**Interfaz importante:** reputación, imagen, moral, restricciones, Impacto social

**Interfaz importante:** condición, desempeño, actividades, Costos y oportunidades



Pas 55-1:2008 Figura 2 – Enfoque y contexto del negocio de este PAS en relación a las categorías de activos

**Figura 1 – Relación entre las diferentes categorías de activo**

Deja explícito que hay una interface entre el último y los cuatro primeros la cual requiere gestión y en eso se basa su esfuerzo.

PAS 55 define activo de la siguiente manera:

**“Plantas, maquinarias, propiedades, edificios, vehículos y otros elementos que tengan un valor específico para la organización.”**

**PAS 55-1:2008 – 3.1**

Se hace así evidente que esta norma se preocupa exclusivamente por los activos físicos y sus interfaces.

ISO 55000 en su planeamiento es más general y define de la siguiente manera lo que es un activo:

**“Un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero.”**

**ISO 55000:2014 – 2.3**

Las dos normas no nos dan luces claras sobre como diferenciar activos, máquinas, equipos, por lo que ha sido práctica comúnmente aceptada el incluir un concepto contable al respecto, y es que “activo es la mínima parte depreciable”.

Siendo así, y aplicando a nuestro ejemplo, el conjunto bomba-motor sería un sistema de activos compuesto por dos activos, la bomba uno y el motor otro, con un componente adicional que sería el acople. Ahora bien, si el sistema indicado cuenta con instrumentación depreciable y un acople complejo, también depreciable, la definición del Sistema de Activos debe reconsiderarse para que estos sean incluidos como tales. En la definición de activo para la gestión de mantenimiento no podemos utilizar el concepto tradicional de “ítem mantenible” pues podríamos generalizar tanto el concepto que terminaríamos considerando activo al acople sencillo del ejemplo o inclusive a un soporte de rodamiento. Una buena recomendación que podemos hacer es que antes de abordar la construcción de la documentación para realizar el Portafolio de Activos la organización haga su propia definición considerando o incluyendo la



definición expuesta en ISO 55000:2014 – 2.3, y haciendo las consideraciones pertinentes que satisfagan sus propias necesidades, dejando evidencia de este proceso y generalizando lo acordado entre las partes interesadas (se puede hacer referencia a ISO 14224 u otras normas y/o prácticas de soporte sin afectar cumplimiento de ISO 55000:2014).

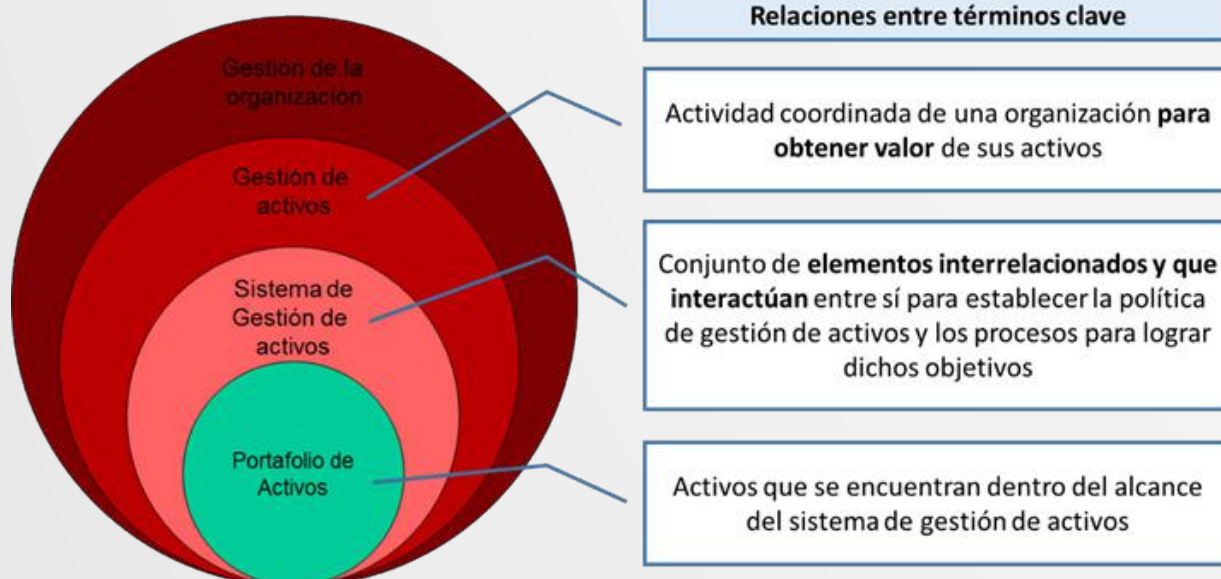
Cuando nos enfrentamos a la tarea básica de definir el Portafolio de Activos una ayuda fundamental es recurrir a los Diagramas de Procesos e Instrumentación (P&ID) ya que también es conveniente establecer las fronteras de los sistemas de activos de manera funcional.

Nos queda pendiente definir ahora lo que es un Sistema de Gestión de Activos. En esta parte ISO 55000 es clara: “Un sistema de gestión de activos es un conjunto de elementos de una organización interrelacionados y que interactúan cuya función es establecer la política y los objetivos de la gestión de activos y los procesos necesarios para alcanzar dichos objetivos” (2.5.1). Hay que decir también, que da un enfoque estructurado para el “desarrollo, coordinación y control” de todas las actividades que una organización realiza sobre sus activos en sus diferentes etapas del ciclo de vida y la alinea con sus objetivos.

Debemos considerar como elementos constitutivos de un Sistema de Gestión de Activos a las políticas, planes, procesos de negocio y sistemas de información. Estos elementos deben estar integrados para asegurar que las actividades de la Gestión de Activos se puedan ejecutar.

La relación y diferenciación entre Gestión de Activos y Sistema de Gestión de Activos se aclara en el párrafo 2.4.3 de ISO 55000:2014 así:

*“La organización utiliza un sistema de gestión de activos para dirigir, coordinar y controlar las actividades de gestión de activos. Dicho sistema puede proporcionar un mejor control del riesgo y asegurar que los objetivos de gestión de activos se alcancen sobre una base coherente. Sin embargo, no todas las actividades de gestión de activos pueden formalizarse a través de un sistema de gestión de activos. Por ejemplo, aspectos que pueden tener una influencia significativa en el logro de los objetivos de la gestión de activos, tales como el liderazgo, la cultura, la motivación, el comportamiento, pueden gestionarse por la organización utilizando acuerdos fuera del sistema de gestión de activos.”*



**Figura 2 – Relaciones entre términos clave [ISO 55000:2014 (traducción oficial)]**

Con estos conceptos fundamentales en claro podemos abordar la tercera preocupación que expusimos al iniciar: ¿Qué valor le puede dar a la organización la implementación de ISO 55000? Y precisamente la respuesta está ahí: Es la única norma que asocia aspectos financieros y tiene un direccionamiento concreto a la generación de valor. Esto se hace explícito en los Fundamentos de la norma (2.4.2, a):

**“Valor: Los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas.**

**La gestión de activos no se enfoca en sí misma, sino en el valor que el activo puede proporcionar a la organización. El valor (que puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) será determinado por la organización y sus partes interesadas, de acuerdo con los objetivos organizacionales.”**

De manera más concreta en 2.2 Beneficios de la gestión de activos ISO 55000 incluye los siguientes beneficios sin ser limitados a los siguientes:

- a) Mejora del desempeño financiero
- b) Decisiones de inversiones
- c) Riesgo gestionado
- d) Mejoras en resultados y servicios
- e) Responsabilidad social demostrada
- f) Demostración de cumplimiento
- g) Mejora de la reputación
- h) Mejora de la sostenibilidad organizacional
- i) Mejora de la eficiencia y eficacia

Es obvio que los beneficios anteriores son de alta trascendencia para cualquier organización sin importar su área de desempeño, incluyendo sectores públicos o privados, pero a nuestro entender, el mayor beneficio que una organización puede recibir, es que con su implementación, las organizaciones pueden focalizar, alinear y sincronizar a todas sus áreas funcionales, así como a las partes interesadas en alcanzar sus objetivos esenciales buscando, de manera permanente y dentro de un marco de sostenibilidad la generación de valor.

ISO 55000 está construida de tal manera que pueda integrarse sin dificultad a los requisitos de los otros sistemas de gestión, por lo que su implementación no entraría en conflicto con los avances que se hayan realizado. Además, permite que la Organización establezca sus necesidades o requerimientos (nivel de obsolescencia) de activos y sistemas de activos, permitiendo enfoques analíticos para su administración en las diferentes etapas del Ciclo de Vida del Activo (2.4.1).

Es indispensable tener claridad que la Gestión de Activos debe traducir de manera clara y consistente los objetivos de la organización en “decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en riesgo”.

La siguiente gráfica es un esfuerzo realizado con la intención de sintetizar el “espíritu” de la norma y dar una visión general de su planteamiento:



**Figura 3**  
**Explicación**  
**gráfica**  
**del concepto**  
**Gestión**  
**de Activos**

Guiados por la anterior ilustración, Gestión de Activos es una forma de integrar a todas las áreas de la organización para que se administre el Ciclo de Vida del Activo durante las etapas de Diseño, Construcción, Utilización, Mantenimiento y Desincorporación o Repontencialización, de manera consistente con los requerimientos de otros Sistemas de Gestión (en especial la Mejora Continua), con la intención de lograr los objetivos organizacionales que se han establecido previamente, generando valor permanentemente, en un entorno de sostenibilidad y soportado por una gestión financiera (no implica que sea responsabilidad del área financiera de la organización sino que se debe tener este enfoque) que permita alcanzar y demostrar una reducción de costos, una mejora del rendimiento (eficiencia-eficacia), una preocupación permanente y sólida por extender la vida útil de los activos y la mejora del retorno de la inversión.

Para alcanzar lo anteriormente planteado ISO 55000 se estructuró de la siguiente manera:

### ISO 55000

Este componente de la norma está diseñado para dar el porqué de ella, conteniendo una visión general, los principios que la van a regir y la terminología aplicable.

### ISO 55001

En esta parte se incluye el qué se requiere, definiendo los términos para su establecimiento, implementación y mejora de un Sistema de Gestión de Activos.

### ISO 55002

En este último documento se da una guía para la implementación de la norma, proveyendo las directrices para el diseño y operación de un Sistema de Gestión de Activos.

La Figura 4 reúne los Fundamentos de la norma e ilustra que estos requieren una interrelación con los elementos constitutivos de un Sistema de Gestión de Activos y que existen unos requerimientos propios del Sistema que es necesario establecer y cumplir.

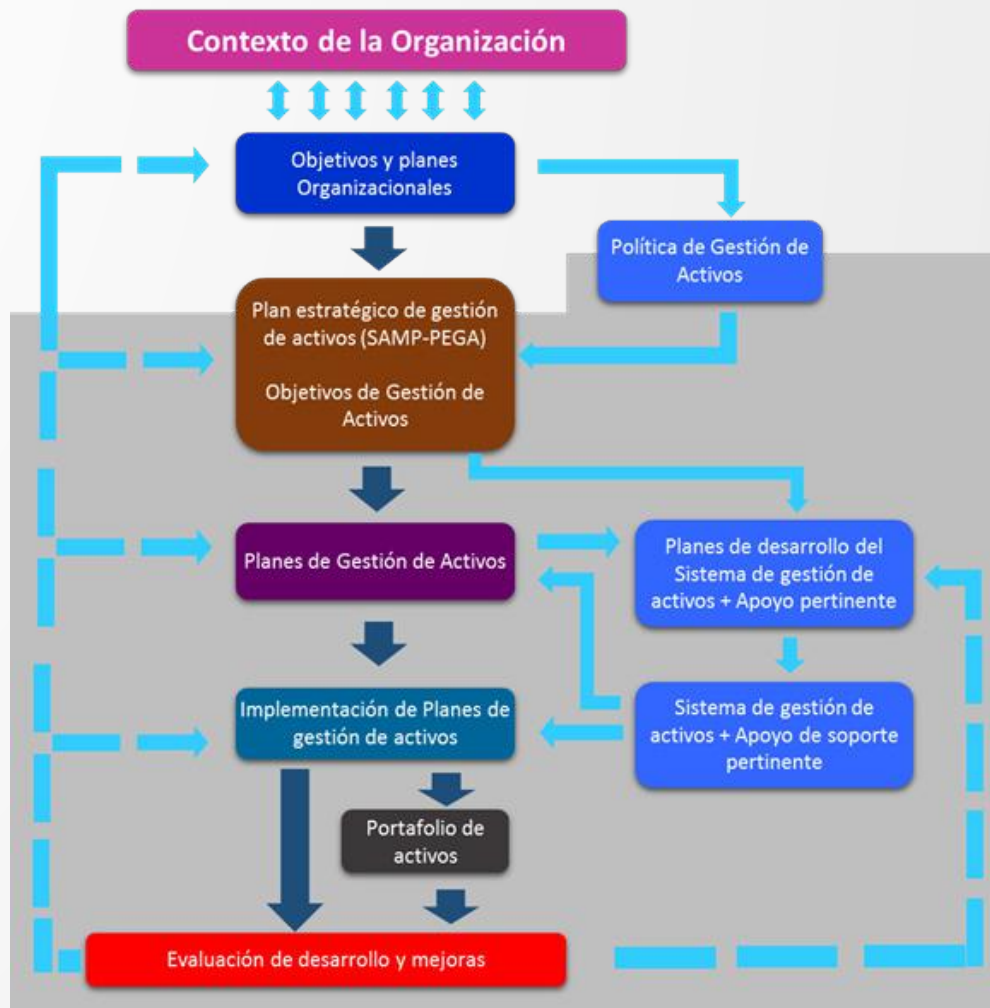
Con el fin de cubrir el último cuestionamiento inicial, la Norma nos da un apoyo importante para su implementación en ISO 55002 pero lo hace gráfico en la ilustración de la página siguiente que corresponde a la Figura B.1 – Relación entre elementos clave de un sistema de gestión de activos, y que corresponde a la figura 5 de nuestro documento.

La parte que se encuentra sombreada en la figura describe los límites del Sistema de Gestión de Activos.



Figura 4 – Estructura básica de ISO 55000 : 2014





**Figura 5 – Elementos clave de un Sistema de Gestión de Activos**

AUTOR:  
**LUIS ALBERTO FORERO**  
 Gerente de Servicios  
 y Soluciones de Ingeniería  
 en SKF Latin American



# ANÁLISIS RAM DE PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA DE LA INDUSTRIA PETROLERA

Dentro de las herramientas de confiabilidad, los análisis de parámetros de mantenimiento o RAM por sus siglas en inglés, han tenido gran relevancia a la hora estimar el comportamiento de los activos industriales o ISED (Instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos), ante los movimientos naturales de sus ciclos de vida y la interacción de estos en cada fase. A continuación se expresa la aplicación de este estudio a una planta de inyección de agua de la industria petrolera, misma conformada por seis (06) trenes de inyección. En la actualidad esta presenta desviaciones significativas ante los esquemas y planes operaciones estimados, teniendo la necesidad de identificar los factores incidentes y la afectación de estos en escenarios futuros.

## **CONTEXTO OPERACIONAL Y ESCENARIO ACTUAL**

La Planta tiene como función principal inyectar de 600 - 842 mil barriles de agua al día (MBPD) a una presión comprendida entre 3800 – 4300 PSIG. El proceso consiste en cuatro (04) turbo-bombas y dos (02) moto-bombas centrífugas multietapas, en este escenario se deja en reserva las dos (02) motobombas para respaldo operacional.

Sin embargo, bajo este esquema la planta no ha

obtenido los resultados esperados por la organización, al tener desviaciones, impidiendo lograr los objetivos de producción de la organización debido a la incidencia de números eventos tanto inminentes (fallas) como ajenos (factores o fallos externos) muchos de estos últimos debido a cortes eléctricos no programados por parte del suministro nacional.

## **HIPÓTESIS**

Las observaciones iniciales sobre el escenario de estudio se prevé que las desviaciones se deben a:

- Altos tiempos fuera de Servicio de los ISED a causa de fallas inherente
- Altos tiempos fuera de Servicio de los ISED a causa de eventos Externos
- Altos tiempos fuera de servicio de los ISED a causa de una combinación de fallos internos y externos

## **ANÁLISIS**

La información registrada en la bitácora de mantenimiento y operaciones de la planta además la validación de esta se cortejo a través de un Equipo natural de Trabajo, esta data fue el punto de partida para estimar el comportamiento de los ISED de la planta, permitiendo verificar el desarrollo de disponibilidad de la planta (ver figura N°1), lo

que verificó la existencia de las desviaciones previamente indicadas.

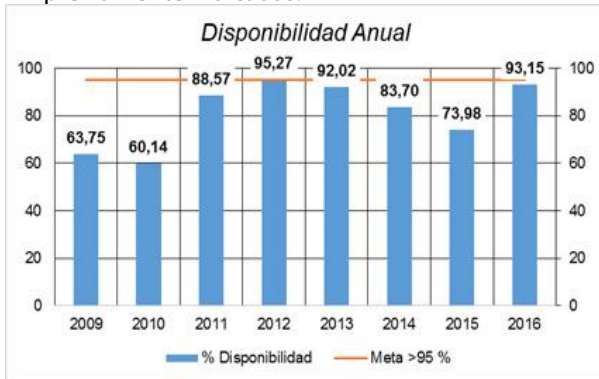


Figura N° 1. Disponibilidad Anual

Este análisis inicial, demostró que las fallas externas representan el 3% del tiempo total fuera de servicio registrado representado en la Figura N°2, mientras que el tren N°5 posee el 66% de este tiempo, por lo que la unidad N°5 estuvo alrededor del 50% del tiempo calendario fuera de servicio. Sin embargo cabe destacar que esta unidad al igual que la N°6 son de respaldo operacional, por lo que la afectación está asociada a la incidencia de los otros trenes cuando fallan.

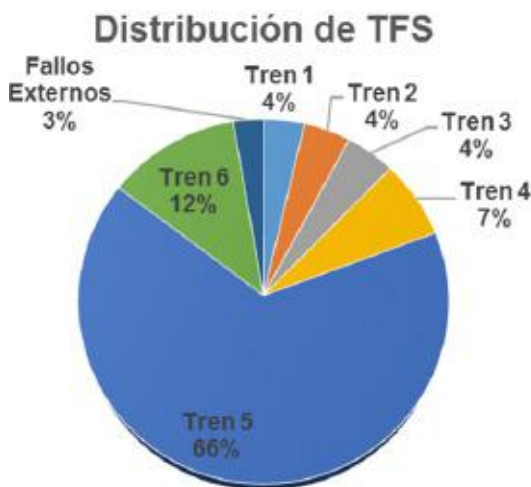


Figura N° 2. Distribución del TFS registrado

En función a la información obtenida se diseñaron los diagramas de bloque en el sistema Raptor 7.0, como se muestra en la Figura N°3. En esta ocasión, se modelaron los subsistemas que conforman cada tren, según lo

indicado por la Norma ISO 14224-2016.

Se modelaron en cada Subsistema las distribuciones estadísticas correspondientes para los tiempos fuera de servicio y tiempos entre falla.

Además se incluyeron las fallas externas dentro del modelo para determinar la incidencia en el comportamiento global.

Además de incluir las actividades de mantenimiento preventivo de las unidades que inciden en la operación de las mismas.

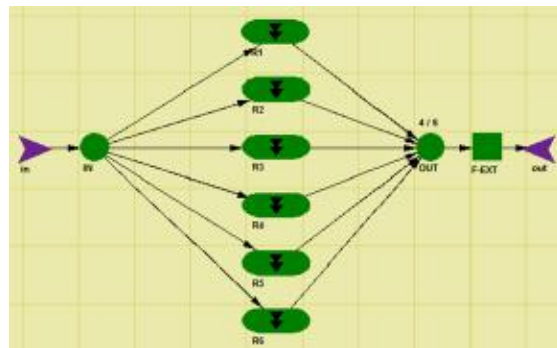


Figura N° 3. Diagrama de Bloques

Con el horizonte de simulación estimado de seis años, (correspondiente a las metas operaciones y al ciclo de mantenimiento) se obtuvo el perfil estocástico del comportamiento global, como se muestra en la figura N°4.

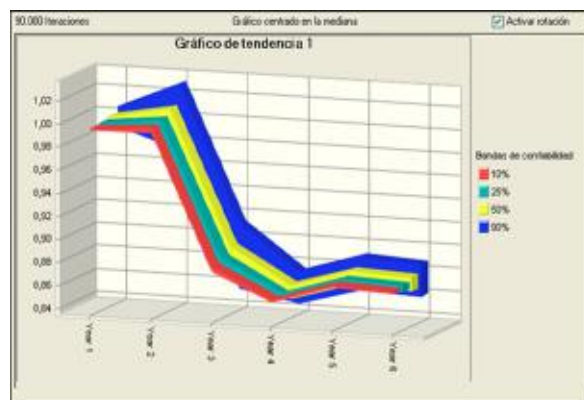


Figura N° 4. Perfil Estocástico de Disponibilidad

La figura N°4, presenta que el comportamiento actual ligeramente incumple las metas



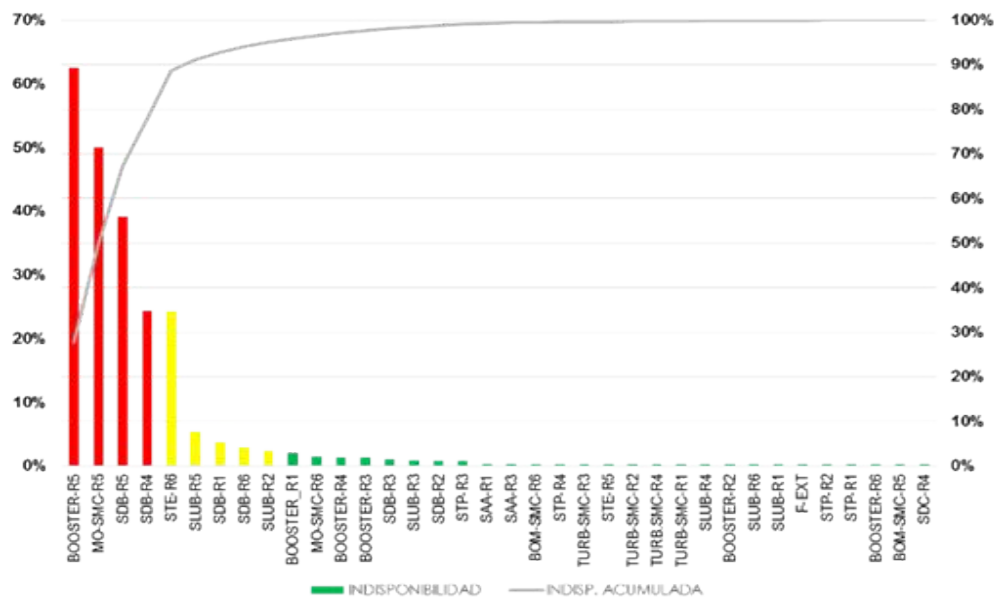


Figura N° 5. ABC de indisponibilidad

establecidas con respecto a la disponibilidad, para la obtención de los principales subsistemas causantes de esta desviación se realizó un tratamiento ABC de clasificación en función de indisponibilidad. Como se muestra en la figura N°5.

Así como se contempló en análisis iniciales el tren N°5, causa la mayor indisponibilidad al sistema, logrando que pese a que la configuración actual es de 4/6, se comporte como si este tren no existirá y en consecuencia el sistema se desempeñe casi a la par de un sistema 4/5, esto pudiese ser previsorio para el incremento de capacidad en escenarios futuros en función de los requerimientos operacionales, sin embargo el comportamiento complementario de los demás trenes inciden en la disponibilidad global siendo el orden el mostrado a continuación:

- Booster de R5
- Sistema de monitoreo y control de Motor eléctrico de R5
- Sistema de bombeo de R4
- Sistema de Transmisión de potencia de R6
- Sistema de Lubricación de R5
- Sistema de bombeo de R1

- Sistema de bombeo de R6
- Sistema de Lubricación de R2

Nótese que las fallas externas no entran dentro de los principales causa de indisponibilidad

### CONCLUSIONES

Las fallas inherente los subsistemas de Tren N°5 y los altos tiempos fuera de servicio asociados, son los principales elementos causantes de las desviación.

Las fallas externas no representa mayor incidencia en el cumplimiento de las metas, por lo que generar acciones de mitigación estarían sobre valoradas.

La afectación de la indisponibilidad de los trenes de contingencia ocasiona que la ocurrencia de eventos en los trenes principales afecte de forma directa el comportamiento global.

Las afectaciones de las fallas están dadas por los altos tiempos fuera de servicio, y no por la frecuencia de ocurrencia de las mismas.

### RECOMENDACIONES

Determinar acciones de mantenimiento para

los elementos de mayor incidencia dentro del esquema operativo que garanticen la función.

No generar en esta etapa acciones de mantenimiento para las causas externas que afectan la disponibilidad de los equipos.

Reevaluar los parámetros de mantenimiento una vez lograda la implementación de las actividades de mantenimiento.

Garantizar la atención de los trenes en la ocurrencia de fallas, con los debidos procedimientos que garanticen la reducción inminente del tiempo fuera de servicio de las unidades principalmente en las unidades de respaldo

### Bibliografía

Mataix, C. (2000). Turbomáquinas térmicas. Editorial Dossat s.a., Madrid, España.

Norma PDVSA MM-01-01-02, (2010). Indicadores de gestión del proceso de mantenimiento, PDVSA Venezuela

Gómez, H., Medina N. y Yáñez M. (2008). Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad en Sistemas Productivos, Reliability and Risk Management S.A. Maracaibo

Gutiérrez E.; Agüero M., Calixto I. (2007). Análisis integral de criticidad de Activos, R2M, Artículo técnico

ISO 14224 (2016). Petroleum, petrochemical and natural gas industries —Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

Navidi W. Estadística para ingenieros, Editorial Mc Graw Hill, Mexico.

### AUTOR:

Msc. Esp. Ing. **LUIGI ANTHONY RONDÓN**

***LuigiRondon1387@gmail.com***

***Luigi\_1387@hotmail.com***



# LA BALA DE PLATA

Cada generación tiene sus íconos. En música yo crecí con los vinilos, mis hijos lo hicieron con el CD, y luego con el formato digital del MP3, que ahora es omnipresente.

En las películas de terror los monstruos de esta época son Fredy Krueger, Chucky, Alien, Depredador y otros engendros. Los de mi juventud fueron monstruos más modestos, la Momia, Frankenstein, Drácula, el Hombre Lobo. Particularmente sobre el Hombre Lobo, recuerdo, la única forma de terminar de manera definitiva con él era mediante una bala de plata. Así, la “bala de plata” se convirtió posteriormente en la metáfora para designar el remedio infalible o la solución definitiva para resolver un problema con una acción directa y definitiva.

¿Existe la “bala de plata”? Hay quienes opinan que no, incluso existe un artículo de 1986 escrito por Fred Brooks, ingeniero de software y científico de la computación: “No hay balas de plata — Esencia y accidentes de la ingeniería del software”.

En mantenimiento muchas organizaciones han querido encontrar la “bala de plata” para optimizar la gestión del mantenimiento,

disminuir los costos, alcanzar indicadores de clase mundial, etc. Sin embargo se han encontrado con que la estrategia o metodología que sería la solución a sus problemas, su “bala de plata” no fue tal. Veamos algunas de ellas, recogidas durante mi experiencia profesional.

## EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Para algunas empresas su “bala de plata” fue el TPM. En un reciente curso-taller escuchaba a ingenieros de tres compañías que habían implementado TPM y cada uno de ellos parecía hablar de mundos diferentes. Pero concluyeron en algo similar, los problemas en su implementación del TPM radicaban en no haber entendido la cultura de la empresa y la de las gentes de su país.

En mi país, en el caso de una compañía del rubro de hidrocarburos, la implementación del TPM comenzó como una iniciativa originada desde mantenimiento, sin establecer la correspondiente asociación y colaboración con el área operativa. El área de mantenimiento emprendió su plan de implementación de TPM solo, convencidos que ellos como “especialistas” en el tema podrían sacar adelante con éxito su iniciativa.



Dejaron algunos puntos fuera. No había una matriz de transferencia de tareas entre mantenimiento y operaciones. Y un asunto importante, como es identificar a las “partes interesadas” (stakeholders) del proyecto de implementación, había sido obviado, y una de las partes interesadas son los mismos colaboradores. Esta empresa cuenta con un sindicato organizado que se sintió con justa razón marginado del proyecto y cuando tomó conocimiento de él, presentó su más férrea oposición.

En una empresa de autopartes me comentaba un profesional que un reductor fue echado a perder porque se transfirieron tareas al operador sin el entrenamiento necesario. Yo resaltaría aquí que tan importante como el entrenamiento en sí es la validación y comprobación que este entrenamiento ha sido efectivo y las actividades del mismo han sido apreñadas por el personal participante del entrenamiento. TPM sin la capacitación y entrenamiento necesario nos lleva al fracaso.

## LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Para otras organizaciones, la “bala de plata” es la estrategia de mantenimiento. Han cambiado en más de una ocasión de estrategia sin haber dado el tiempo para que la estrategia vigente se consolide. Han optado por objetivos de corto plazo en vez de objetivos de mediano y corto plazo, que briden sostenibilidad.

En estos casos he podido identificar que quizás la primera pregunta que debieron hacerse es ¿Qué es estrategia? Aquí puede ser de ayuda echarle una mirada al artículo de la edición anterior de Predictiva21. ¿De qué hablamos cuando hablamos de estratégico?, mi traducción del artículo de la consultora norteamericana Patty Azzarello.

En muchas organizaciones, el “mantenimiento predictivo” es llamada una estrategia. Pero, ¿no estamos hablando de una metodología? El mantenimiento predictivo (PdM/CBM) puede

formar parte de un estrategia como podría serlo el RCM (Mantenimiento Centrado en la confiabilidad) o el RBM (Mantenimiento basado en el riesgo), pero podemos hablar de él, en sí mismo como una metodología.

Y la brecha frecuente que encuentro, y vuelvo al tema de las partes interesadas, es que el plan estratégico de mantenimiento no está alineado con el plan estratégico de la organización. Esto es frecuentemente reflejado en lo que se ha venido en llamar “trabajo en silos”, traducción del término original en inglés “working in silos”. La palabra “silos” según una de las acepciones del Oxford Dictionary significa “Un sistema, proceso, departamento, etc. que opera aislado de otros”.

Para aclarar los conceptos sobre estrategia, puedo recomendarles que revisen el libro “Good Strategy, Bad Strategy” de Richyard Rumelt, 2001, Profile Books Ltd.

## EL OUTSOURCING DEL MANTENIMIENTO

Otra de las “balas de plata” más populares: cada vez es más frecuente que las grandes compañías deriven sus procesos de mantenimiento a una compañía de servicios cuya especialidad es el rubro de mantenimiento.

Como el proceso de outsourcing, en los casos revisados, tiene como casi objetivo exclusivo la reducción de costos y evitar de forma directa, los compromisos laborales y sociales que la legislación exige, lo que consigue es transferir los problemas de la propia organización a la compañía contratista.

Como señala Ben Schneider en su libro “Outsourcing” : “...el outsourcing no debe considerarse como un método para ahorrar costos fijos sino, más bien, como una forma de potenciar las mejores capacidades de una organización...”

Otro de los problemas frecuentes en el

outsourcing de mantenimiento es la claridad y especificidad de los contratos del servicio. Frecuentemente, se presta la debida atención a la parte legal y cláusulas respectivas, pero la sección de gestión del mantenimiento no recibe la misma atención. Esto nos lleva a que caigamos en las denominadas “zonas de conocimiento/significado difuso”, según lo que expone en sus textos, mi amigo Jorge Ferrari, profesor de Artes Marciales y Maestría en Filosofía.

Para ello debemos contar con un contrato que prevenga estas zonas difusas, y no caer en lo que sería el tercer pecado capital de los contratos: “Escribir un pobre contrato”, según señala Jerome Barthelemy en su artículo “The Seven Deadly Sins of Outsourcing” (Los siete pecados capitales del outsourcing).

### EL SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (CMMS)

La organización ha adquirido el mejor CMMS, este fue implementado según lo previsto por el equipo de consultoría externa, han transcurrido unos meses y la gestión del mantenimiento no ha mejorado significativamente. Otra “bala de plata” que no fue tal.

Recuerdo que bastante años atrás cuando poco después de pasar de trabajar en la selva de mi país a la capital, Lima, la Gerente Técnica de la compañía donde ingresé a laborar como Jefe de Mantenimiento me dijo: “Ya tenemos el software para hacer el mantenimiento preventivo”. Esta es una percepción común en muchas organizaciones: la inversión en el “mejor” CMMS del mercado será la “bala de plata” que resuelva los problemas, confundiendo la ejecución del mantenimiento con un soporte/herramienta para la gestión, que es el CMMS.

Los CMMS por lo general no son utilizados en toda su capacidad, difícilmente alcanzan el 50% de su funcionalidad. El personal recurre la mayoría de veces a la exportación de datos a una hoja de cálculo para el proceso y análisis.

Igualmente surgen los consultores que nos venden soluciones de gestión de información que se superponen con la del CMMS.

### EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El RCM también es otra de las “balas de plata” favoritas. Una de las situaciones encontradas, en empresas que lo han implementado es que no lo revisan y actualizan periódicamente. Particularmente en una de estas se emitían órdenes de trabajo (OT) por actividades de mantenimiento que no se ejecutaban. Estas OT eran cerradas sin ejecutar trabajo alguno, solo por temas administrativos. ¿Por qué? Había una mala práctica detrás, cerrar estas OT mejoraba el indicador de “cumplimiento del programa de mantenimiento”. Una justificación/excusa para no revisarlo y hacer los ajustes necesarios radicaba en que uno de los más connotados expertos consultores había diseñado el plan de RCM cuando la planta fue puesta en operación 9 años atrás.

### EL ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (ACR)

El análisis de causa raíz es otra popular “bala de plata”. En tres casos los resultados no mostraron de manera contundente las ventajas de su implementación.

El primero de ellos porque las soluciones propuestas en el análisis no llegaban a ser ejecutadas por los responsables y por ello los problemas se repetían, un tema de cultura y disciplina organizacional.

El otro caso corresponde a una organización donde el proceso de análisis de causa raíz se desvirtuó al convertirse en un proceso burocrático, donde la búsqueda de la culpa era uno de los leit motiv. El análisis no se llevaba más allá de la causa física, es decir, análisis de falla, pero tomaba un número excesivo de reuniones y las respectivas horas hombre. Un evento de análisis de causa raíz podía tomar en casos hasta cuatro meses sin resolverse.

El último caso que referiré es uno en que la

prioridad de los análisis se basaban en el criterio FIFO (primero que llega, primero que sale), lo que posponía los análisis más relevantes a los objetivos de la empresa, debido a que en él la definición del problema no se incluía una pregunta referente a cuál era la relevancia del problema para la organización, en pérdida económica, en daño ambiental, seguridad, imagen y otros criterios de riesgo para las organización.

Los casos precedentes son algunos ejemplos, quedan abiertas algunas interrogantes ¿Existe la “bala de plata”? ¿Hemos aplicado en nuestra organización alguna de ellas? ¿Seguimos buscando esta solución, casi mágica, diríamos, que lleve nuestra gestión de mantenimiento a la excelencia y la clase mundial? ¿Estamos aplicando el enfoque o aproximación más apropiado a nuestro contexto?

Aunque este artículo parezca un poco pesimista, termino con una frase del escritor español Antonio Gala (1930):

“No soy pesimista. Soy un optimista bien informado”.

AUTOR:

**VÍCTOR D. MANRÍQUEZ**

Ingeniero Mecánico

CMRP, CAMA

Mag. Energías Renovables

Consultor Senior & Docente en

Mantenimiento, Confiabilidad

& Gestión de Activos

**[vmanriquez62@yahoo.es](mailto:vmanriquez62@yahoo.es)**

Perú





**PREDICTIVA21**

[www.predictiva21.com](http://www.predictiva21.com)

---

● ANUNCIA CON NOSOTROS