

project & maintenance  
management

# PMMM *project* magazine

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

*Volumen V - Confiabilidad Operacional*

*ISSN 1887-018X - Noviembre 2007 - PMM Institute for Learning*

# Carta Editor

## Mind Maps (Mapas Mentales) - La expresión del pensamiento radiante



**Dr. Luis Amendola**  
**Maracaibo, Venezuela**

La información en la gestión empresarial es poder que puede con su peso destruir o generar valor pero solo si se tiene la capacidad de procesarla y convertirla en acciones y proyectos. Sin embargo, la magnitud de la información que recibe un profesional del Asset Management & Project Management hoy es tal que no tiene forma de organizarla, analizarla, priorizarla adecuadamente. Por lo tanto, muchas de las ideas más creativas e innovadoras se pierden dentro de la cantidad de correos, informes y mensajes.

El Mapa Mental es una herramienta que permite la memorización, organización y representación de la información con el propósito de facilitar los procesos de aprendizaje, administración y planificación organizacional así como la toma de decisiones. Lo que hace diferente al Mapa Mental de otras técnicas de ordenamiento de información es que nos permite representar nuestras ideas utilizando de manera armónica las funciones cognitivas de los hemisferios cerebrales. (Derecho e Izquierdo)

Piense usted como director de negocios que al descubrir esta técnica del "mind-mapping" o algo así como "mapas mentales" que es lo que se realiza cuando tratamos de representar en forma de diagrama el curso de los pensamientos y las acciones para llevar a cabo una idea. Un proceso complejo, pero que una vez que lo domine sabrá que su negocio y su futuro están asegurados ya que conocerá de forma precisa hacia donde quiere llevarlo.

Los mapas de Negocios son usados por ejecutivos del más alto nivel en alrededor del 60% de las compañías incluidas en Fortune 500, entre ellas BMW, IBM, Microsoft, HP, FritoLay, Amazon. En **PMM Institute for Learning**, España es una herramienta de negocio la cual utilizamos en la industria del petróleo, Gas, Petroquímica, Generación y Eólica.

¿Cree usted que la puede usar?  
No como moda si no para generar valor a través de la información

# Consejo Editorial

## Editor:

Dr. Luis Amendola

Asesor del PMM Institute for Learning, España.

Investigador de la Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Proyectos de Ingeniería

Consultor Industrial en Europa, Iberoamérica y USA.

España.

## Senior Editor:

Ing. MSc. Tibaire Depool

Consulting & Coaching PMM Institute for Learning en Iberoamerica.

España.

## Editorial Board:

Dr. Francisco José Morant Anglada

Catedrático de Universidad, Investigador del Instituto de Automática Industrial.

Grupo de Supervisión y Diagnóstico de Automatismo y Sistema de Control.

Universidad Politécnica de Valencia.

España.

## Editorial Board:

Dr. Ángel Sánchez

Director del CEIM (Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento).

Asesor Industrial en América latina.

Cuba.

## Editorial Board:

Ing. Víctor Ortiz.

Presidente de IPEMAN (Instituto Peruano de Mantenimiento).

Asesor de empresas.

Perú.

## Editorial Board:

Dr. Rafael Lostado.

Director del Máster en Dirección y Administración de Proyectos.

Grupo de Investigación en Project Management, Instituto de Economía Internacional.

Universidad de Valencia.

España.

## Editorial Board:

Ing. Lourival Tavares

Ingeniero Electricista.

Gerente general de PTC - Planeamiento, Entrenamiento y Consultoría Ltda.

Fue Director nacional de ABRAMAN (Asociación Brasileña de Mantenimiento)

Brasil.

## Graphic Designer:

Lcda. Yannella Amendola

Licenciada en Investigación y Técnicas de Mercado, Ingeniero en Diseño Industrial.

Asesor de Diseño PMM Institute for Learning.

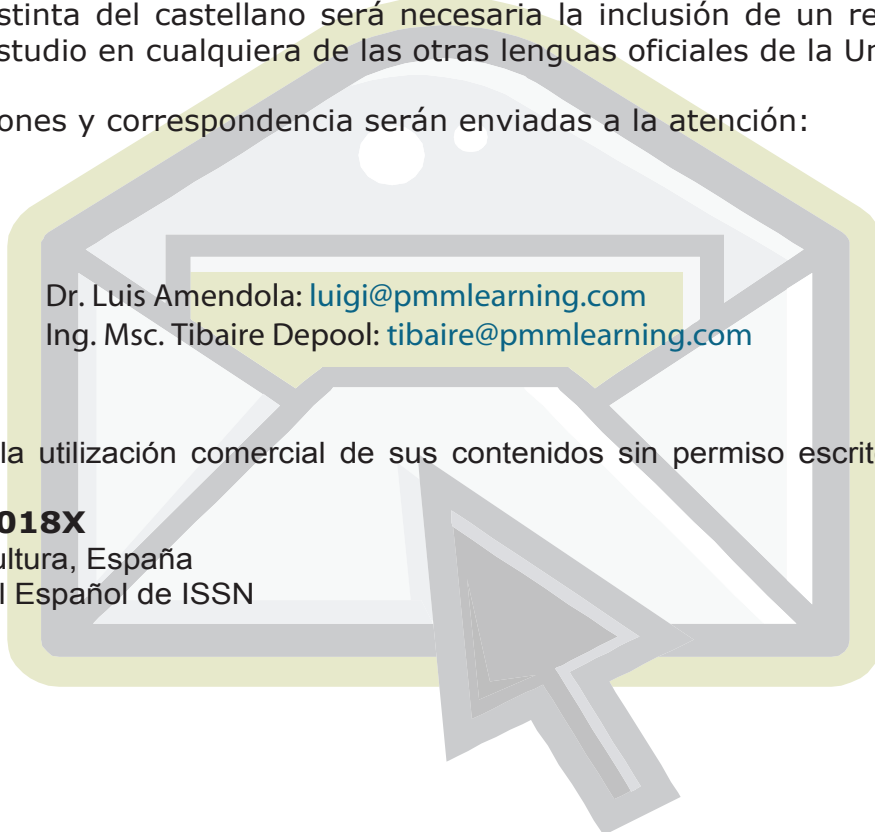
España.

# Col@boraciones

La Revista está abierta a colaboraciones en sus diferentes secciones. Las colaboraciones habrán de enviarse por medio electrónico (e-mail) en formato Microsoft Word. La extensión de los artículos no sobrepasará los cinco folios A4 a doble espacio, y de contener notas, éstas irán al final del trabajo sin usar mecanismos de procesador de texto o inserción automática de notas.

Las lenguas oficiales de la Revista son las de la Unión Europea. En caso de utilización de una lengua distinta del castellano será necesaria la inclusión de un resumen de 300 palabras del estudio en cualquiera de las otras lenguas oficiales de la Unión Europea.

Las colaboraciones y correspondencia serán enviadas a la atención:



Dr. Luis Amendola: [luigi@pmmlearning.com](mailto:luigi@pmmlearning.com)  
Ing. Msc. Tibaire Depool: [tibaire@pmmlearning.com](mailto:tibaire@pmmlearning.com)

Está prohibida la utilización comercial de sus contenidos sin permiso escrito de los autores.

**ISSN 1 887-018X**

Ministerio de Cultura, España  
Centro Nacional Español de ISSN  
Octubre, 2006

# Sumario

- 
- 06 MÉTODO CUANTITATIVO PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS**  
Ing. Luis J. González L.
- 09 ESTRATEGIAS DE CONFIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE PARADAS DE PLANTA**  
Dr. Luis Amendola – Ing. MSc. Tibaire Depool
- 14 RCM EN PLANTAS CEMENTERAS**  
Bsc. Ing. Esp. Ernesto Primera
- 24 AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO**  
Ing. Lourival Augusto Tavares
- 34 INTERVIEW**  
Entrevistas Ingenieros y Técnicos de Iberoamérica
- 36 PRESENCIA GLOBAL**  
PMM Institute for Learning presente en Iberoamérica
- 37 VALENCIA TE ESPERA...**  
Programa de eventos de PMM Institute for Learning 2008
- 38 I Jornadas Iberoamericanas de Asset Management**  
First call Margarita, Venezuela
- 39 IX CONGRESO DE CONFIABILIDAD**  
Asociación Española para la Calidad  
Comité de Confiabilidad  
San Sebastián – España
- 40 PMM EN LA BLOGOSFERA**  
PMM Institute for Learning lanza su blog PMM Learning Blog

# MÉTODO CUANTITATIVO PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

**Ing. Luis J. González L.** 

Ingeniero en Electrónica desde el año 2002.

4 Años de Experiencia en Mantenimiento Industrial

2 Años de Experiencia en Ingeniería de Mantenimiento

Tesista de Postgrado en Gerencia de Mantenimiento

[gonzalezluisj@gmail.com](mailto:gonzalezluisj@gmail.com), [luisgl@toppca.com](mailto:luisgl@toppca.com)



## Introducción

En la literatura especializada en el área del mantenimiento industrial se presentan diversas metodologías para asignar de forma “más o menos” objetiva un factor de criticidad a los diversos equipos que componen los procesos productivos; esto con el fin último de optimizar la asignación de los recursos de los que dispone la organización de mantenimiento para poder garantizar el cumplimiento de las metas de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. Sin embargo, muchos de estos métodos carecen de un adecuado soporte técnico, basándose la mayoría en “tablas estandarizadas” cuya procedencia no es verificable.

En tal sentido, el presente texto propone una metodología lo suficientemente objetiva, sistemática y cuantitativa como para justificar convincentemente, ante los directivos de las corporaciones, las razones y los beneficios de realizar las inversiones sugeridas por la organización de mantenimiento.

## Desarrollo

La criticidad de los equipos que componen los procesos productivos es relativa; es decir, un equipo es más crítico que otro u otros. Así, puede definirse un índice de criticidad relativa (ICR) como el coeficiente entre la criticidad de un determinado equipo y el equipo más crítico del proceso productivo. Ahora bien: **¿Cómo cuantificar objetiva y sistemáticamente la criticidad de los equipos que componen el proceso productivo?**

La respuesta a esta interrogante se plantea haciendo uso del concepto de riesgo.

El riesgo, puede definirse como el producto entre la probabilidad de ocurrencia de un evento en un lapso de tiempo determinado y las consecuencias derivadas del mismo (cuantificadas en costo). El riesgo puede ser expresado en unidades monetarias, de allí su conveniencia de uso al momento de justificar y/o analizar la relación costo/beneficio de una inversión. Así, el Riesgo de un Equipo (RE) pudiese definirse como el producto de los costos de las consecuencias de las posibles averías del equipo por la posibilidad de ocurrencia de las mismas.

## Riesgo Equipo (RE)

Los costos de las consecuencias de las averías de un equipo pueden agruparse en tres categorías principales: Costos por Pérdidas de Producción, Costos por Mantenimiento y Costos por Daños Colaterales. En consecuencia, el RE de un equipo estará conformado por los tres componentes indicados en la Ec.1:

$$RE = RPP + RCM + RDC \quad \text{Ec.1}$$

En donde:

RPP: Riesgo Pérdidas Producción

RCM: Riesgo Costos Mantenimiento

RDC: Riesgo Daños Colaterales

## Riesgo de Pérdidas de Producción

El riesgo de las pérdidas de producción RPP (expresado en €/Año) tiene por objeto cuantificar el riesgo potencial de los ingresos que se dejarían de percibir (lucro cesante) como consecuencia de la detención intempestiva del equipo. Matemáticamente:

$$RPP = IP \times PVP \times \sum (TOAi \times TTFi) \quad \text{Ec.2}$$

En donde:

IP: Impacto en la Producción como consecuencia de avería del equipo (TM/h por ejemplo)

PVP: Precio de Venta del Producto (€/TM por ejemplo)

TOAi: Tasa de Ocurrencia anual de una Avería determinada "i" .

TTRi: Time to Repair para una avería determinada (h)

La tasa de ocurrencia de una avería determinada (TOAi) se calcula haciendo uso del concepto de frecuencia relativa; en primera instancia se debe determinar el TTFi (Tiempo para Fallar o "Time to Failure" en horas) del equipo para una avería determinada, una vez determinado el TTFi se calcula el TOAi según se indica en la Ec 3.

$$TOAi = (8760 \text{ h/año}) \div (TTFi) \quad \text{Ec.3}$$

#### Riesgo de Costos de Mantenimiento

El riesgo de los costos de mantenimiento RCM (€/Año) tiene por objeto cuantificar el riesgo potencial de los costos necesarios para restituir la condición de operación del equipo a causa de una avería. Matemáticamente:

$$RCM = \sum (TOAi \times CMI) \quad \text{Ec.4}$$

En donde:

CMI: Costos por concepto de mantenimiento para la restitución del equipo al estado operativo para una avería determinada (expresados en €)

#### Riesgos de Daños Colaterales

Los riesgos de daños colaterales RDC (€/Año) son riesgos indirectos asociados a los efectos que pudiesen provocar una determinada avería bien sea al ser humano, al ambiente o a otros equipos del proceso productivo. Matemáticamente:

$$RDC = \sum (RDHi + RDAi + RDPPi) \quad \text{Ec.5}$$

En donde:

RDHi: Riesgo Daños Humanos para una avería determinada (€/Año)

RDAi: Riesgo Daños Ambientales para una avería determinada (€/Año)

RDPPi: Riesgo de Daños al Proceso Productivo para una avería determinada (€/Año).

El RDHi para una avería determinada puede ser determinado por la siguiente expresión:

$$RDHi = \sum (CDHi \times PODHi) \quad \text{Ec.6}$$

En donde:

CDHi: Costo de Daños Humanos para una avería determinada "i" (€)

PODHi: Posibilidad de Ocurrencia de Daños Humanos para una avería determinada.

El CDHi representa los costos para la corporación en caso de tener que atender a un trabajador accidentado o la muerte de un trabajador como consecuencia de una avería de un equipo. Por ejemplo, si se cizalla una banda transportadora en operación y la banda golpea a un trabajador, es posible que este sufra un traumatismo severo, el costo para la corporación de atender al trabajador por un traumatismo severo y una consecuente incapacidad parcial sería el CDHi. Por su parte, la PODHi es el producto de la probabilidad que un trabajador esté presente al momento de producirse la avería por la TOAi de dicha avería. Por ejemplo, considérese que la rotura del eje de alta revolución de un equipo tiene una TOAi de 12, que cuando este eje falla el acople sale disparado y si un trabajador se encuentra en un radio de 3 metros puede ser golpeado por el acople ocasionándole la muerte. Ahora bien, considérese también en promedio los trabajadores están en esta área de peligro solo 30 minutos/día, es decir, probabilidad de presencia en el área de peligro al año sería:

$$(30 \text{ min/d} \times 365 \text{ d/año}) / (60 \text{ min/d} \times 24 \text{ h/día} \times 365 \text{ d/año}) = 0,0208$$

Luego:

$$PODHi = 0,0208 \times TOAi = 0,0208 \times 12,0000 = 0,2496$$

Por otra parte, el RDAi para una avería determinada sería igual al costo de penalización por los daños ambientales que pudiese ocasionar la avería según las sanciones establecidas en las legislaciones del país donde se encuentre el proceso productivo más los costos de resarcir dichos daños.

Finalmente, el RDPPi puede ser determinado por la siguiente expresión:

$$RDPPi = \sum (CDPPi \times PDPPi) \quad \text{Ec.7}$$

En donde:

CDPPi: Costo de Daños al Proceso Productivo para una avería determinada "i" (€)

PDPPi: Posibilidad de Daños al Proceso Productivo para una avería determinada.

El CDPPi, es el costo necesario para reparar el efecto producido por la propagación de los efectos de la avería en otros equipos del proceso productivo. Por ejemplo, si la avería de una cinta transportadora induce un fallo en uno o más equipos del proceso productivo aguas abajo, el costo de estas reparaciones aguas abajo sería el CDPPi. Cuando un equipo falla, es probable que dicha avería se propague hacia otros equipos del proceso productivo, pero también existe la probabilidad que esta propagación no se presente, la PDPPi representará la probabilidad de propagación de los efectos de dicha avería produciendo averías en otros equipos del proceso productivo.

### Índice de Criticidad Relativa (ICR)

Una vez determinado el RE de los principales equipos involucrados en el proceso productivo, se determina ICR de cada uno de estos equipos mediante la siguiente ecuación:

$$ICR = A \times (RE / REMAXIMO) \quad \text{Ec.8}$$

### Discusión

Como los sistemas productivos no son procesos estáticos, sino que más bien se van adaptando a las perturbaciones del entorno, se recomienda revisar anualmente el ICR y el RE asignado a cada uno de los equipos a fin de garantizar que estos indicadores estén en sintonía con la dinámica del proceso productivo, de la organización de mantenimiento y de la corporación.

Si bien es cierto que la metodología presentada requiere de una considerable cantidad de datos históricos y estadísticos del performance de equipos, no hay que perder la perspectiva que la misma está sugerida para los principales equipos del proceso productivo, los cuales suelen ser reducidos en comparación con el universo de sistemas instalados (recuérdese el principio de Pareto). Ahora bien, cuando no existan los datos necesarios para calcular las posibilidades de ocurrencia, las probabilidades, o los costos indicados en la presente metodología, puede optarse por una de las siguientes opciones:

- a) Considerar que dicha posibilidad de ocurrencia, probabilidad o costo es aproximadamente igual a cero, es decir que su efecto es poco significativo y como tal puede despreciarse.
- b) Asignar a juicio de un experto (o personal altamente experimentado) un valor al referido parámetro entre tanto se recopilan los datos necesarios para el cálculo futuro del mismo.

Adicionalmente, si una corporación decide que para ella, por ejemplo, los riesgos ambientales y de daños humanos son mucho más relevantes que la pura valoración monetaria, la Ec.1 puede ser modificada incorporando unos factores de ponderación ( $\alpha, \beta, \lambda$ ) que permitan otorgarle a cada componente del RE una incidencia acorde a las políticas de la corporación, en este caso:

$$RE = \alpha \times RPP + \beta \times RCM + \lambda \times RDC \quad \text{Ec.9}$$

Los factores de ponderación ( $\alpha, \beta, \lambda$ ) o pesos relativos de los componentes de RE, pueden ser determinados en una sesión de trabajo de expertos o directivos de la corporación utilizando un método tal como el Análisis Jerárquico de Procesos – AJP.

Finalmente, el ICR y el RE calculados a través de la metodología presentada en este artículo serán un excelente aliado al momento de justificar, científicamente, las principales inversiones de la organización de mantenimiento ante los directivos de las corporaciones, como por ejemplo, demostrar que la inversión en la adquisición de un sistema instrumentado de seguridad SIL3 de unos 40.000 €, puede reducir el RE un horno de gas industrial de 1.000.000 €/Año a 200.000 €/Año, la relación costo/beneficio de esta inversión es evidente.



# ESTRATEGIAS DE CONFIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE PARADAS DE PLANTA



## Luis Amendola, Engineering Management, Ph.D.

Consultor Industrial e Investigador del PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España, 25 años de experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica y empresas de manufacturas, colaborador de revistas técnicas, publicación de libros en Project Management y Mantenimiento. Participación en congresos como conferencista invitado y expositor de trabajos técnicos en eventos locales e internacionales en empresas y universidades.

## Tibaire Depool. MSc. Ing, Production Management

PMM Institute for Learning; España, Consulting & Coaching en empresas de manufacturas a nivel local e internacional. 8 años de experiencia industrial en Project Management y Asset Management.



### RESUMEN

La aplicación de estrategias de confiabilidad es una nueva forma de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta, lo que significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de plantas y equipos industriales, siempre a través de un control efectivo de la confiabilidad desde la etapa del diseño.

El objetivo de este artículo es examinar los modelos de ciclo de vida del proyecto e incorporar una metodología para la gestión de proyectos de paradas de planta de procesos aplicando confiabilidad + técnicas y herramientas de planificación.

El hecho de, planificar y programar los trabajos de proyectos de paradas de planta a grandes volúmenes de equipos e instalaciones, ha visto en la aplicación de la confiabilidad + Project Management una oportunidad de constantes mejoras y, la posibilidad de plasmar procedimientos cada día más complejos e interdependientes.

Ésto aunado a “Las Mejores Prácticas de Organización de Clase Mundial”, que establecen una integración de las aplicaciones de la confiabilidad + Project Management, que han conllevado a las grandes corporaciones a tomar la decisión de adoptar esta práctica de gestión.

La combinación de los métodos de confiabilidad (RCM, TPM, RBI, OCR, RCA, SIX SIGMA) + (Metodología de gestión de paradas de planta), nos permite obtener ahorros considerables en (coste, plazo, riesgo, calidad). La experiencia propia en paradas de plantas en petróleo, gas, petroquímica, cementeras, generación eléctrica y minería y recomendaciones de otros especialistas han resultado muy beneficiosas para las corporaciones que han implementado estas prácticas.

**PALABRAS CLAVES:** Planificación, Técnicas, Confiabilidad, Metodologías

### 1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y la confiabilidad son áreas donde muchas compañías se juegan la capacidad competitiva, debido a los recursos dedicados al mantenimiento y al impacto de la confiabilidad en su capacidad para generar beneficios. La búsqueda de niveles cada vez más altos de desempeño en mantenimiento y confiabilidad ha abierto la puerta a la tecnología en estas áreas: las decisiones que ayer se tomaban mediante una práctica profesional más o menos razonada y actualizada, hoy se toman mediante el uso de sofisticadas herramientas y complejos sistemas de tecnología de la información. De esta forma, la selección adecuada de tecnologías en mantenimiento y confiabilidad, su puesta a punto, y la adaptación de las organizaciones a su uso y aprovechamiento, constituyen aspectos claves a resolver para sostener la competitividad de la empresa en el largo plazo.

Entendemos por tendencias tecnológicas la secuencia de desarrollos que es sensato esperar en el corto, mediano y largo plazo en cierta tecnología. La empresa necesita entender las tendencias tecnológicas en mantenimiento y confiabilidad con dos propósitos:

- Para actualizar su plataforma tecnológica
- Para influir en los nuevos desarrollos

Se trata de transformar las actuales herramientas de tecnología de la información, orientados principalmente al control de gestión y de procesos, mediante la incorporación de lo necesario para el control de gestión integrada de activos unificando las técnicas y herramientas de proyectos, mantenimiento y confiabilidad. Estas tecnologías nos ayudan a la optimización de los proyectos de paradas de planta. Se trata de optimizar los costes, plazos, riesgos y calidad de ejecución de las paradas de planta de la empresa.

Existe un esfuerzo en las organizaciones en esta dirección, particularmente en la fijación de prácticas para la definición del alcance y la gestión de las paradas. Se identifican como tendencias tecnológicas en el corto plazo, la incorporación de las metodologías de confiabilidad a la definición del alcance y el tiempo óptimo de la parada. En el mediano y largo plazo se tiene, la optimización integrada del mantenimiento e inspección que se hace en las paradas. Esta determinación es basada en las experiencias exitosas de mis trabajos en varias corporaciones como director y consultor aplicando metodologías y buenas prácticas de confiabilidad.

## 2. CONFIABILIDAD DESDE DISEÑO EN LAS PARADAS DE PLANTA (CDD)

Recientemente se ha reconocido que uno de los enfoques más importantes para incrementar el valor en una instalación, es mejorando la disponibilidad o la utilización de la misma. El enfoque tradicional comúnmente utilizado para incrementar valor ha sido aumentar el volumen de las ventas, subir la capacidad de manufactura del activo, reducir costes, la apertura a nuevos mercados o la combinación de estos factores. Un incremento en la disponibilidad se puede lograr mejorando los Procedimientos de Operacionales, Técnicas de Mantenimiento, Confiabilidad Operacional y con la Confiabilidad Intrínseca de la Instalación.

A raíz del reconocimiento de este nuevo enfoque, ha surgido el concepto de Utilización de Activo (UA), el cuál toma en consideración las ventas y la disponibilidad. El objetivo primordial de una instalación es maximizar la (UA) o maximizar el valor del dinero invertido a lo largo del ciclo de vida del proyecto de paradas de planta. Cuando se realiza "Benchmarking" con otras compañías, se ha encontrado que la pérdida de oportunidad de UA se debe a problemas que están distribuidos equitativamente entre Operaciones, Mantenimiento y Diseño. Para mejorar la disponibilidad de una instalación, se hace necesario aplicar conceptos, metas y procedimientos de confiabilidad a lo largo de toda la vida del proyecto de paradas de planta. Esto es lo que se conoce como Confiabilidad Desde Diseño (CDD).

La clave para obtener una instalación que sea coste-efectiva y tener un producto/instalación confiable es a través de la aplicación de los conceptos de confiabilidad desde la etapa más temprana del proyecto o en la etapa de diseño (particularmente en la etapa de Definición y Desarrollo). Es en esta etapa cuando la aplicación de confiabilidad tiene mayor impacto u oportunidad de afectar los resultados, ya que el proyecto es lo suficientemente flexible para ser modificado o rediseñado sin un impacto elevado en los costes. De lo contrario, si las mejoras por confiabilidad se aplican una vez que se haya "congelado" el diseño, cualquier cambio o modificación tendrá un impacto sustancial en los costes.

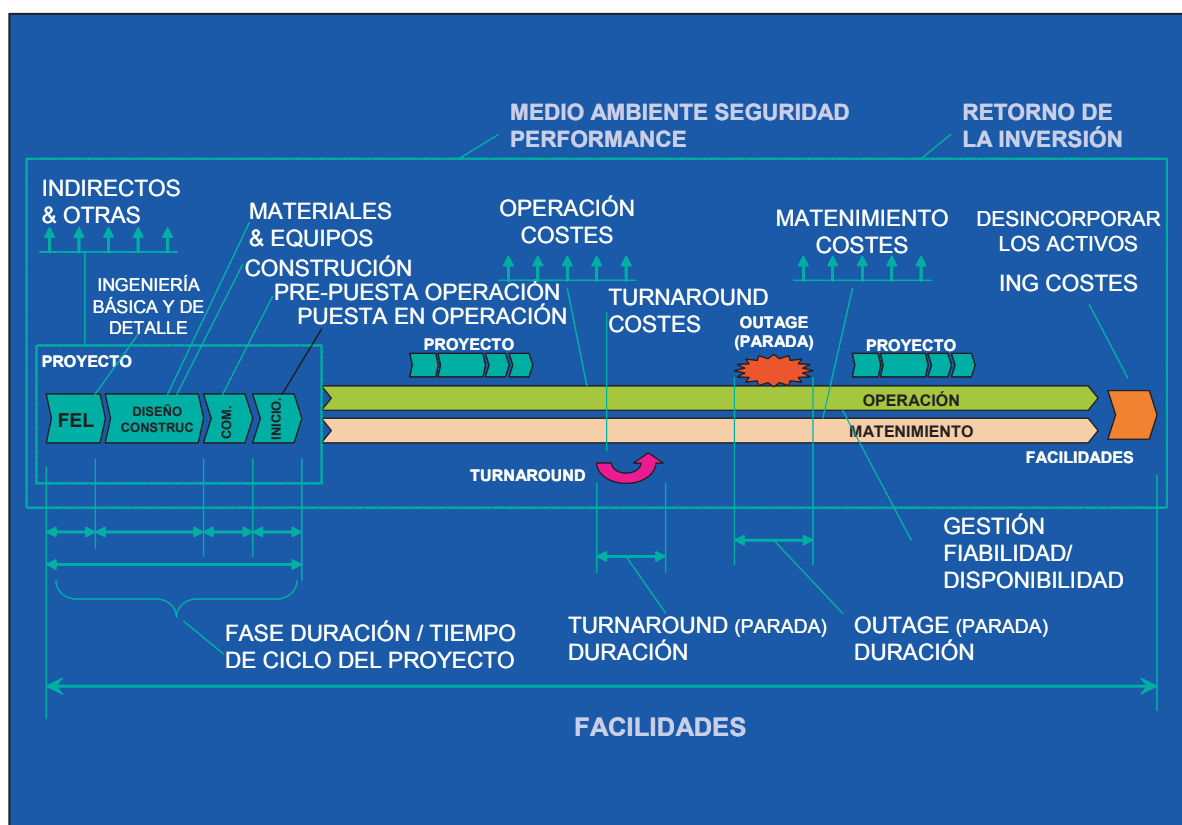


Figura 1. Ciclo de Vida del Activo (Paradas de Planta)

La aplicación de la confiabilidad en la fase de diseño de un proyecto de paradas de planta, requiere de la participación de las experiencias y habilidades multidisciplinarias de diferentes especialistas. Para lograr maximizar valor, se requiere una combinación de prácticas de dirección, finanzas, operaciones, ingeniería, construcción y otras prácticas aplicadas a activos en búsqueda de un coste económico del ciclo de vida. Este concepto tiene que ver directamente con **Confiabilidad Desde Diseño (CDD)** y mantenibilidad de activos (instalaciones).

### 3. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El Análisis de confiabilidad es una guía para los problemas más comunes experimentados en los sistemas, equipos y componentes. Estas técnicas aplicadas durante el ciclo de vida del activo nos ayudan a identificar los fallos antes del desarrollo del proyecto de parada de planta.

**Los Problemas de diseño del equipo:** pueden ser identificados con preguntas de modos de fallo por tipo de equipo. Este proceso puede identificar por lo general componentes que han fallado de entre la población registrada de equipos similares.

**Problemas en el material del equipo:** en algunos casos, el análisis de confiabilidad puede señalar una deficiencia en los materiales o en la selección del material. Esos problemas a menudo se comportan como un modo de fallo tipo **“desgaste temprano”**, el cual es fácilmente identificado con un análisis **“Weibull”**.

Los problemas de diseño de sistemas, equipos y componentes son identificados utilizando análisis de confiabilidad donde la pieza incorrecta del equipo fue usada en el diseño del activo y como consecuencia tiene lugar el frecuente fallo de este equipo. Fallos de sistemas similares pueden ser sometidos a los mismos procedimientos de análisis que son dirigidos al nivel del activo. Los problemas del sistema pueden ser identificados por valores bajos de **TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos)** comparados con otros sistemas similares.

Los problemas de los mantenimientos mayores a menudo se muestran durante la puesta en marcha, después de un periodo de reparación, de una parada o cuando tiene cierta edad. Esos problemas son frecuentemente el resultado de unas inadecuadas o impropias técnicas de construcción o fallos de material.

Los procedimientos insatisfactorios e inadecuados de mantenimiento, como problemas de construcción, pueden ser identificados y separados mediante la comparación con componentes similares entre sistemas mantenidos por diferentes equipos. El nivel de formación, adhesión al procedimiento estándar y atención a todo detalle, juega un papel importante en la calidad de las reparaciones realizadas por el equipo de operación y mantenimiento.

**Identificación de procedimientos impropios de operación:** cambios bruscos de temperatura e inadecuado control de nivel pueden llevar a una mala calidad del producto y reducir la vida del equipo. Fallos ocasionados por procedimientos de operación inadecuados se manifiestan ellos mismos como prematuro modo de desgaste y son fácilmente identificados mediante análisis **“Weibull”**.

Puesto que los problemas de operación normalmente implican equipo crítico, los costes de fallos obtenidos serán típicamente más altos que los problemas de mantenimiento normales.

**Inadecuadas actividades de mantenimiento predictivo:** los fallos en el mantenimiento predictivo pueden ser identificados a través de órdenes de trabajo atrasadas y mediante el análisis de piezas de repuesto utilizadas. Mientras la utilización de piezas de repuesto no asegura su correcta instalación, la ejecución de inadecuadas de actividades MP (Mantenimiento Predictivo) pueden descubrirse en un análisis de confiabilidad como bajos valores no característicos de **TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos)** para equipos de este tipo, comparado con el estándar del fabricante o industria.

**Indicadores clave de rendimiento:** Sistema de Gestión de confiabilidad, que ofrecen a los usuarios una oportunidad para desarrollar y seguir la pista a los indicadores clave de rendimiento. Estos indicadores permiten a las compañías comparar el rendimiento con otras o entre departamentos dentro de la misma empresa.

Este tipo de análisis puede indicar los problemas específicos de confiabilidad con ciertas áreas o mostrar que problemas genéricos persisten a lo largo y ancho de toda la compañía.

### 4. ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD EN LAS PARADAS DE PLANTA

El rendimiento óptimo para conseguir una combinación de esta estrategia durante todo el ciclo de vida del activo es lograda en organizaciones que abarquen un enfoque holístico, esto es, de menor a mayor complejidad. Esto conlleva a un trabajo cercano e íntimo entre las áreas de **Confiabilidad, Producción; Finanzas, Proyectos, Logística, Recursos Humanos, Mercadeo y Mantenimiento**, ya que estas áreas conjuntamente son las responsables de conseguir los requerimientos del plan de negocio de la empresa.

Basado en mi experiencia existen muchas definiciones de mantenimiento, sin embargo, éste debe ser definido y dirigido como un proceso, en orden a la obtención de un reembolso óptimo de gastos (capital). Por lo tanto tenemos la necesidad de identificar al sistema de gestión del mantenimiento como una parte integral del modelo de gestión del ciclo de vida del activo, tal como se muestra en figura 2.

Durante las tres etapas **Confiabilidad de Planta, Estrategias de Paradas de Planta, Sistemas Balanceados de Indicadores** mostrada en la estrategia en la figura 2, hay tres factores críticos necesarios para obtener un rendimiento óptimo:

1. Los activos de una planta, deben ser dirigidos y gestionados para conseguir las metas perseguidas, en la dirección que se muestre más eficaz para la optimización de la confiabilidad operacional y minimización de costes. Para lograr esto, se desarrolla una estrategia para el mantenimiento de activos centrada en la función del activo. La función del activo define qué es necesario para conseguir el cumplimiento de los objetivos de operación/confiabilidad.

Así, un mantenimiento eficaz es, básicamente, preservar la función del activo para alcanzar el cumplimiento de operación requerido, no refiriéndose solamente a la preservación del activo propiamente dicho. El desarrollo de una estrategia en esta dirección proporciona el método para definir y gestionar un presupuesto de mantenimiento realista y acertado. Esto es básicamente una cuestión técnica que ha sido hecha efectiva mediante la aplicación de procesos como la Optimización de la Confiabilidad basado en técnicas (RCM – OCR -RCA – Weibull – RBI – Modelado de Sistemas – Six Sigma - Análisis Monitoreo de Condición)

2. Los procesos tienen que ser establecidos de manera adecuada para gestionar eficientemente la actividad de la confiabilidad operacional, evaluar el rendimiento frente a los objetivos, e iniciar algunas acciones necesarias de mejoramiento y perfeccionamiento. El proceso debe reflejar el razonamiento “planear, hacer, comprobar y actuar”, como ciclo de mejora continua. Las acciones de perfeccionamiento que serán puestas en marcha en las etapas de los proyectos de paradas de planta vendrán determinadas por las necesidades de negocio predominantes en la etapa de la vida del activo. Esto es también un asunto técnico, aunque no se dirige habitualmente dentro de una organización a menos que se haya adoptado esta estrategia de gestión del activo representado en la figura 2. Sin un modelo similar, es difícil ganar la aceptación o aprobación de la dirección de la empresa para el concepto de Mantenimiento-Confiabilidad-Riesgo como un proceso que se desempeñará en las paradas de planta; esto juega un importante papel en la consecución de la rentabilidad del negocio.

**En base a mi dilatada experiencia, defiendo que esto se consigue más fácilmente si la empresa utiliza un enfoque de sistemas para su propia organización, y si la gestión de la calidad también ha sido desarrollada dentro de la misma.**

3. La plantilla de la empresa necesita estar ocupada eficazmente para alcanzar el potencial de la planta; utilizando el proceso de gestión establecido. Es necesario que las plantillas de personal entiendan su papel, su responsabilidad y sus objetivos, en términos de procesos de gestión del mantenimiento de activos. Con estos criterios la gente entiende cómo y de qué manera conseguir para cumplir sus objetivos particulares y finalmente esto, conllevará a la consecución de los objetivos y metas globales del negocio.

La gente, por medio de su rendimiento y consecución de sus objetivos, asegura el cumplimiento de los objetivos globales de la empresa. Esto no es una cuestión técnica, y a menudo ocurre que este planteamiento no es percibido como una parte integral de la gestión de activos y del mantenimiento de paradas de planta. El personal integrado en la dirección y gestión del activo está habitualmente tutelado de acuerdo a la prescripción de la doctrina RH (Recursos Humanos) dentro de la organización.

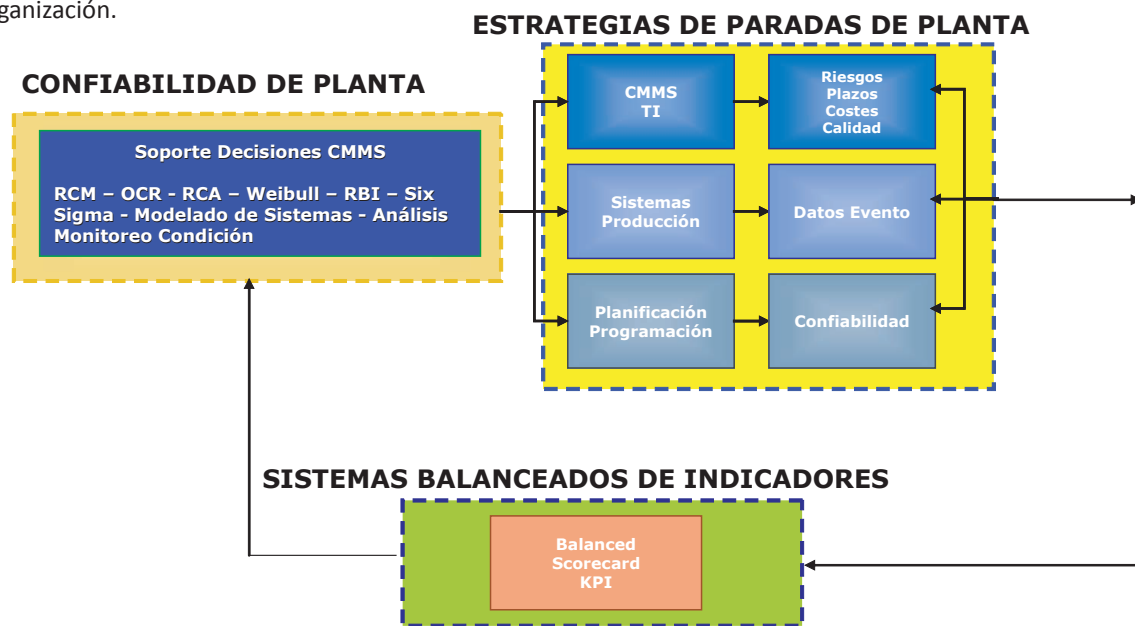


Figura 2. Estrategia de Confiabilidad en las Paradas de Planta

Tras veinticinco años de experiencia trabajando en la industria de procesado y manufactura, creo que estos factores son habitualmente tratados de manera aislada en algunas empresas. Hay muchas organizaciones que han gastado millones de euros y dólares en software de mantenimiento, programas de análisis de confiabilidad y en la formación de sus equipos de trabajo, pero todavía no han conseguido los resultados de negocio que necesitan en los procesos y proyectos de paradas de planta. Estos pobres resultados vienen motivados por una deficiente conexión entre las tres etapas que se muestra en la figura 2, y que nos conducen a la gestión del ciclo de vida de los activos. Fracasos de este calibre, solamente refuerzan la percepción de que han experimentado nuevamente otra de esas modas de gestión, sin ningún resultado concreto.

## 5. MEJORES PRÁCTICAS

La aplicación de estrategia de confiabilidad operacional en la gestión de paradas de planta, tiene por objeto optimizar el alcance de mantenimiento, lo cual representa ahorros sustanciales. El beneficio que se obtiene al eliminar la subjetividad e incertidumbre que acompaña a la mayoría de las decisiones que se deben tomar; y que normalmente se traduce en cantidades de obra sobrestimada, se maximiza al aplicar técnicas de confiabilidad que permiten identificar las causas raíz de los problemas, la probabilidad de ocurrencia de los mismos y las consecuencias tanto operacionales como de seguridad. En otras palabras, se tiene un conocimiento del riesgo asociado a cada decisión y se acepta el mismo o se busca mejorar con la acción de mantenimiento propuesta en la etapa de confiabilidad de planta.

Las limitaciones constantes en los flujos de caja de las empresas, obligan a justificar; desde una base económica cada trabajo que se plantee realizar durante una parada de planta, en tal sentido, es importante asegurar que cualquier proyecto que se pretenda ejecutar durante la parada, genere ganancias que deben ser rentables en comparación a la inversión a realizar. Así mismo, esta inversión deberá considerar las pérdidas de oportunidad ocasionadas por el tiempo adicional de ejecución asociado. En otras palabras, si la rentabilidad del proyecto es buena, ésta deberá ser suficiente para cubrir estos costes y, por lo tanto, la actividad propuesta puede ser ejecutada.

Debemos difundir el desarrollo de esta estrategia, ya que utilizándola estamos en capacidad de ejecutar los paros programados de instalaciones, ejecución de proyectos, mantenimientos mayores y menores en instalaciones que no requieran paros de planta, con el mínimo impacto en plazo, coste, riesgo y calidad. Concientizar, internalizar y aplicar la estrategia de la figura 2 para la búsqueda de las mejores prácticas del Mantenimiento Clase Mundial a los procesos de trabajo.

Debemos orientar la búsqueda de nuevas formas y procesos que agilicen la ejecución del mantenimiento al menor coste, mayor productividad y alineados siempre con el sentido del negocio.

## 6 CONCLUSIONES

Se ha presentado una estrategia metodológica basada en la aplicación de buenas prácticas y técnicas de confiabilidad, que permite obtener ahorros considerables y contribuye a establecer una forma estructurada de ayudar en la etapa de planificación, programación del mantenimiento de activos que nos lleven a optimizar los procesos de parada de planta y buscar la rentabilidad del negocio "la confiabilidad como modelo de negocio". Por otro lado, los beneficios también se ven reflejados en la ejecución del mantenimiento y de las paradas de planta, dado que se reduce la extensión y el número de tareas a realizar, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de planta y mayor rentabilidad para la empresa.

## 7 REFERENCIAS

Amendola, L.; [2006], Integración Estratégica para la Dirección y Gestión de los "Procesos de Paradas de Planta". MANTENIMIENTO, España. ISSN: 0214-4344. España.

Amendola, L.; [2006], "Mitigar los Riesgos en la Gestión de Paradas de Planta EDP" Estructura de Descomposición del Proyecto" WBS "Work Breakdown Structure", Ingeniería y Gestión de MANTENIMIENTOMUNDIAL, N° 36 ISSN: 1695-3754. España.

Amendola, L.; [2004], Estrategias y tácticas en la Dirección y Gestión de Proyectos "Project Management". Editorial de la UPV. España.

Amendola, L.; [2004], "Aplicación del Project Management en la Gestión de Paradas de Planta", Ingeniería y Gestión de MANTENIMIENTOMUNDIAL, N° 36 ISSN: 1695-3754. España.

Amendola, L.; [2003], "Tips para la Gestión de Paradas de Planta en Mantenimiento", Mantenimientomundial, www.mantenimientomundial.com. Argentina.

Amendola, L.; [2003], "Application of the Tools of Taking Multicriteria Decisions to the Management and Administration of Project in Stoppages of Chemical Plants Processes", VII International Congress on Project Engineering, Pamplona. Spain.

Amendola, L.; [2003], "Metodología de Dirección y Gestión de Proyectos de Paradas de Planta de Proceso", IV Internacional Congreso Project Management Institute, São Paulo, Brasil.

Amendola, L.; [2002], "Aplicación de la Confiabilidad en la Gestión de Proyectos en Paradas de Plantas Químicas", Papers VI Internacional Congreso on Project Engineering, AEIPRO, ISBN 84-600-9800-1, pp. 154, Barcelona, Spain.

Amendola, L.; [2002], "Project Optimization of Plant Stoppages", Papers Web Reliability Center, Inc., www.reliability.com, Maintenance & Production Articles, USA.

Bradley Peterson. S.; [2002], "Developing an Asset Management Strategy". Collection of Asset Management, SAMI Corporation. USA.

Bradley Peterson. S.; [2002], "How to Make Distributed Maintenance Work". Collection of Asset Management, SAMI Corporation. USA.

Bradley Peterson. S.; [2002], "Defining Asset Management". Collection of Asset Management, SAMI Corporation. USA.

Bradley Peterson. S.; [2002], "Designing the Best Maintenance Organization". Collection of Asset Management, SAMI Corporation. USA.

Cyp van Rijn.; [2004], "Asset Management At The Millenium". www.plant-maintenance.com, USA.

McNeeney. A.; [2005], "Improve Asset Performance Management". HYDROCARBON PROCESSING. USA.

McNeeney. A., [2005], "Selecting the Right Key Performance Indicators", www.meridium.com, USA.

Woodhouse J., [2004], "Asset Management Decision-Making". The Woodhouse Partnership Ltd. UK.

Woodhouse J., [2000], "What Shutdowns, Why and When". The Woodhouse Partnership Ltd, ERTC Conference Paris, France.

# RCM EN PLANTAS CEMENTERAS

**Bsc. Ing. Esp. Ernesto Primera.** 

Considerado Experto en Optimización de Mantenimiento, Confiabilidad Operacional e Integridad de Activos Dinámicos con 15 años de experiencia en la Industria Petrolera y Minera latinoamericana. Miembro de asociaciones internacionales. Consultor Colaborador de PMM Institute for learning, España

[ernesto.primera@gmail.com](mailto:ernesto.primera@gmail.com) ; [primeram2@asme.org](mailto:primeram2@asme.org)



## Resumen

El presente artículo se desarrolla en agradecimiento a todo el equipo humano que aplicó la metodología RCM en Planta Pertigalete del Grupo Cementero Cemex en Venezuela, equipo al que tuve el honor de pertenecer, también merece agradecer a la corporación Cemex por brindar al staff de la empresa el entrenamiento y formación para el conocimiento y aplicación de esta metodología de clase mundial; también agradece a los líderes del sistema de gestión de mantenimiento: Ingenieros y todo el equipo de técnicos que estuvieron involucrados en el proceso.

El artículo optimiza el proceso desarrollado en los años 90 en la planta, aplicando las innovaciones de las metamorfosis del RCM Clásico, en el mismo se combinan los conocimientos adquiridos durante los entrenamientos y aplicaciones de metodologías como RCM+ de TWPL, RCM2 de John Moubray y SRCM® de Erin, estas mencionadas consultoras internacionales que se dedican al desarrollo y aplicación de este tipo de metodologías.

Durante el desarrollo se encontrarán valores simulados, este servirá como guía para la aplicación del método de manera exitosa interactuando con diferentes normas internacionales que soportan su aplicación como las SAE-JA1011, SAE-JA1012, IEC 60812 e ISO 14224.



Planta II (Via Seca) Vencemos Pertigalete. Grupo Cemex. Venezuela.

## Introducción

RCM: Reliability Center Maintenance.

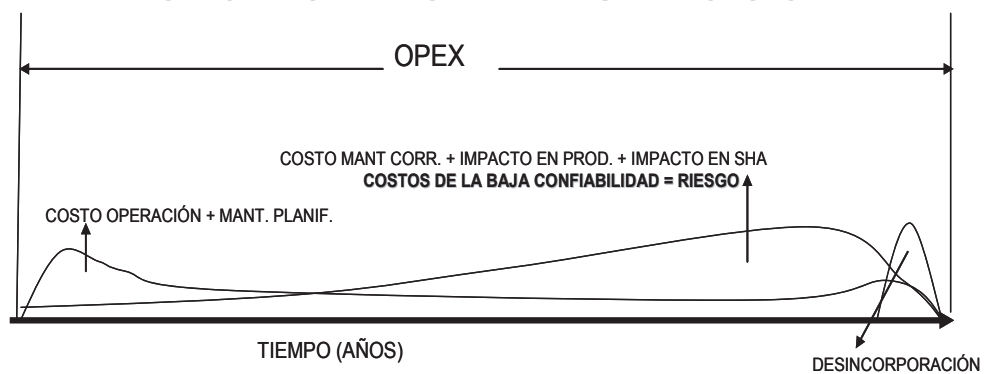
MCC: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Para el entendimiento de la metodología RCM y su aplicación debemos conocer la relación que tiene el ciclo de vida de un activo con respecto a esta y así ratificar la necesidad de aplicación de este tipo de herramientas de clase mundial para el sostenimiento del ciclo de negocio de un activo físico en un proceso productivo.

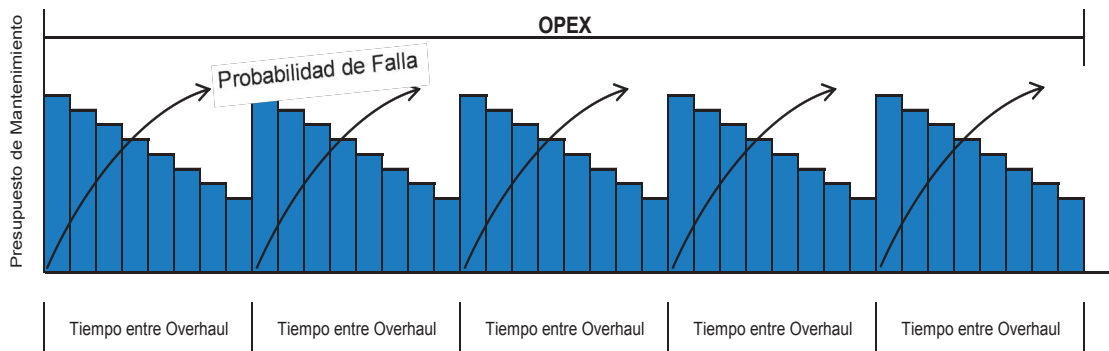
En la **Gráfica N°1**, tomada del proyecto Makro en Europa, podemos visualizar el modelo típico de "ciclo de vida operativa de un activo físico" donde se involucran factores de costos durante su periodo de vida que delimitan su desempeño en función del tiempo.

Analizando el periodo OPEX (Operation Expenditure) o en español gastos de operación, podemos ajustarlo a las estrategias reales de Mantenimiento en la industria del cemento, y tendríamos como resultado pequeños ciclos de mantenimiento que se rigen por el control financiero de la rentabilidad de los procesos, que por lo general tiende a disminuir anualmente y llevar a la maximización de la eficiencia en el uso de los recursos que son facilitados. En la **Gráfica N°2** podemos visualizar lo que ocurre en la gestión de mantenimiento en un ciclo de vida operativa que puede ocurrir en un periodo de tiempo determinado como por ejemplo 10 años.

### MODELO: CICLO DE VIDA OPERATIVA DE UN ACTIVO FISICO



Gráfica N°1.

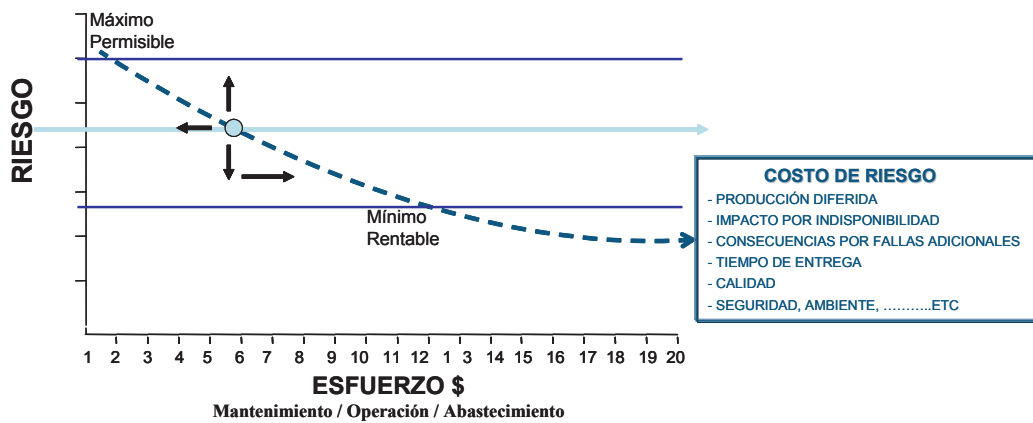


Gráfica N°2.

Podemos observar que al inicio operacional luego de la puesta en marcha por construcción u overhaul (Mantenimiento Mayor) se da comienzo a la habitual estrategia de reducción del presupuesto de mantenimiento anual hasta el incremento de la probabilidad de falla cuyo límite en la mayoría de las plantas cementeras no se encuentra definido, sin embargo dicha reducción tendrá cabida en función al comportamiento del riesgo o confiabilidad operacional de las máquinas expuestas a baja manutención.

Si desarrollamos un modelo que permita definir los límites de riesgo dentro del proceso, podríamos obtener la **Gráfica N°3**, que representaría un "modelo de confiabilidad basado en riesgo" cuyo entendimiento modelaría el manejo efectivo de los recursos en manos de mantenimiento y así poner en práctica metodologías como el "Balanced ScoreCard" que especifica que el control de los procesos internos dará como resultado satisfacción a los clientes e implícitamente un incremento en la rentabilidad financiera del proceso productivo.

## MODELO: CONFIABILIDAD BASADA EN RIESGO



Gráfica N°3.

Con este modelo podremos identificar los límites de riesgo para controlar la probabilidad de falla y la rentabilidad del negocio.

Si sinceramos el presupuesto de mantenimiento basado en el modelo anterior podemos obtener mejoras en Disponibilidad y Costos Totales de Mantenimiento.

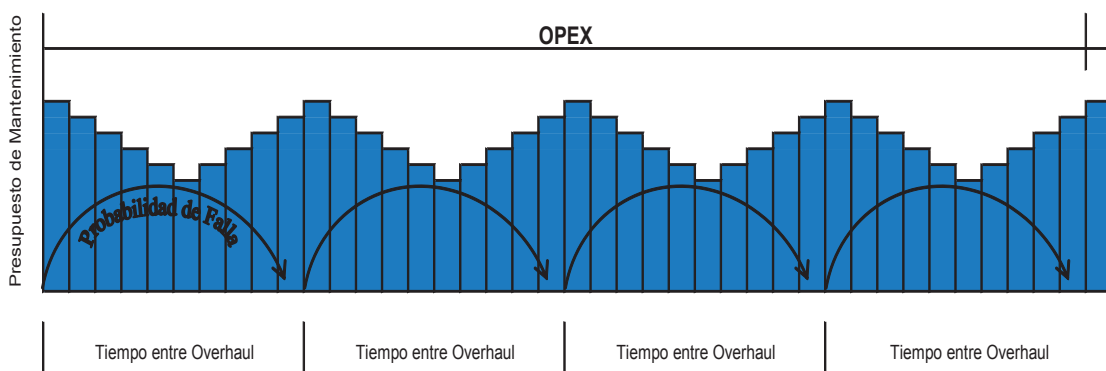
El incremento en la disponibilidad (por disminución de Mantenimientos mayor) y la reducción de los costos de Mantenimiento se puede ver reflejada en la **Gráfica N°4** donde se desarrolla un cambio en la filosofía presupuestal de mantenimiento, permitiendo una manutención efectiva de los activos dentro del riesgo mínimo rentable y el máximo permisible, donde se ve incrementado el tiempo medio operativo y con este la disponibilidad de las máquinas, así como un incremento en la vida útil de la máquina sumando también un mantenimiento equilibrado alejando la posibilidad de falla en las labores operacionales.

Este modelo de gestión debe generarse con el control de los eventos crónicos que afectan a nuestra operación cotidiana, muchos de estos eventos con causas raíces todavía desconocidas

para lo que existen metodologías como el “Análisis de Causas Raíces” para el control de estos eventos que deben ser corregidos, al mismo tiempo que controlamos los conocidos con planes de mantenimiento efectivos que deben ser desarrollados con metodologías como el RCM.

La metodología RCM permite ajustar los nuevos planes de Mantenimiento al contexto operacional actual, significa que es una metodología viva que debe ser retroalimentada con los cambios contextuales para su mayor efectividad. Las tareas que deben generarse con el RCM serán distribuidas en todos aquellos factores que generan las desviaciones, las mismas se asignarán con frecuencias ajustadas a las probabilidades de ocurrencia de los eventos conocidos.

Es el RCM la herramienta o metodología que permitirá de forma lógica, organizada y estructurada definir e implementar tareas de mantenimiento que distribuyan los costos de mantenimiento de manera efectiva para el incremento de los niveles de la Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad.

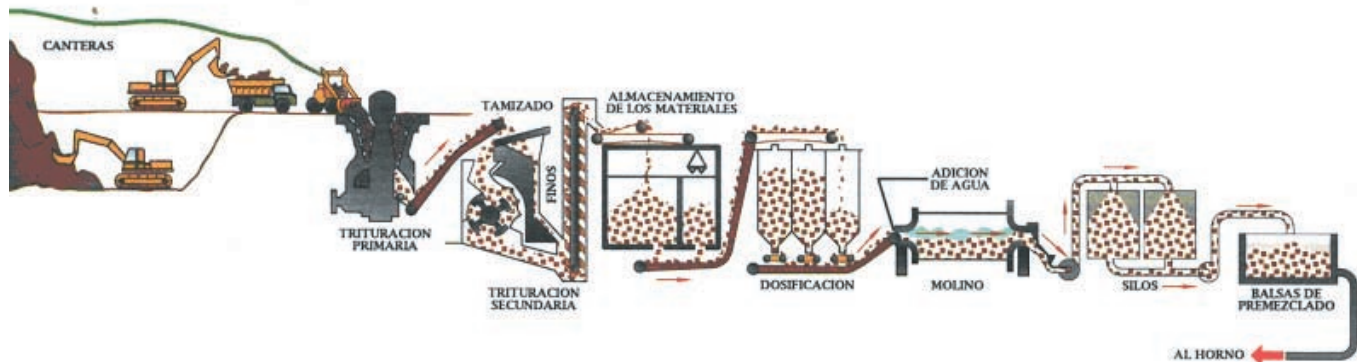


Gráfica N°4.

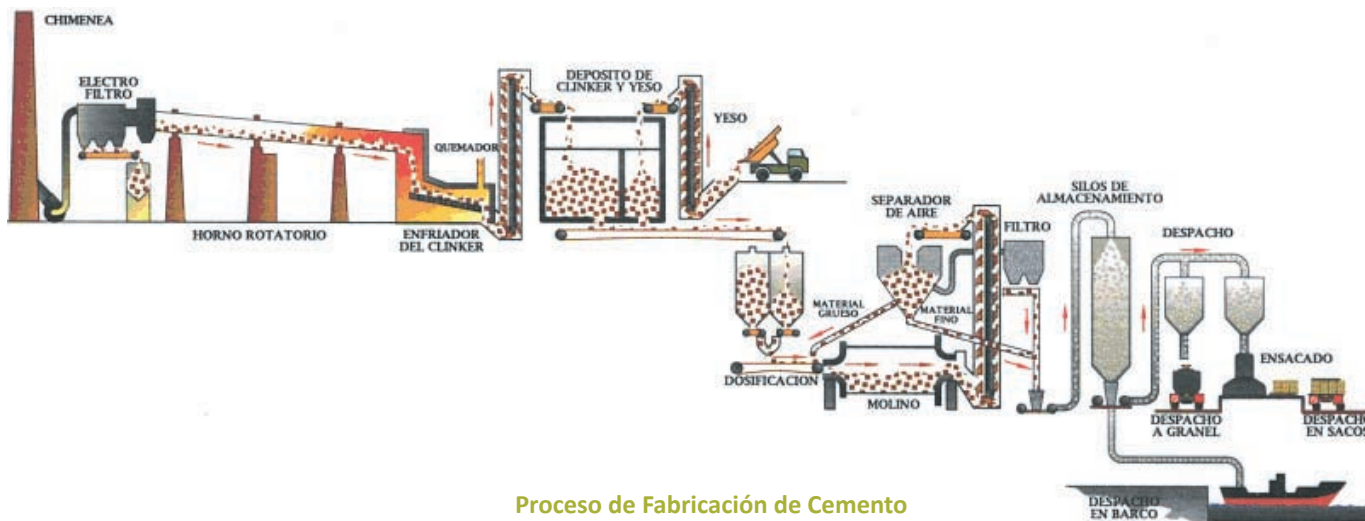


## Aplicando RCM en una planta cementera

**PASO #1-** Se inicia estructurando y diagramando el proceso Productivo del complejo industrial en sus diferentes fases, este proceso en algunos métodos se desarrolla con el uso de diagramas de bloques, para el artículo lo esquematizaremos con figuras para mejor entendimiento.



Molienda y Bombeo de Pasta. (CRUDO)



Proceso de Fabricación de Cemento

**PASO #2-** Se selecciona el Subproceso o Planta a evaluar en función a su nivel de criticidad o mejorabilidad.

Para esta fase se podrían ejecutar análisis de criticidad y mejorabilidad muy simples como los cualitativos hasta los más complejos análisis cuantitativos.

Iniciaremos con un análisis cualitativo simple y veremos la ejecución del cuantitativo avanzado en la fase de Jerarquización de los activos.

Para este análisis utilizaremos la siguiente matriz y criterio.

### Matriz Esfuerzos vs Consecuencias.

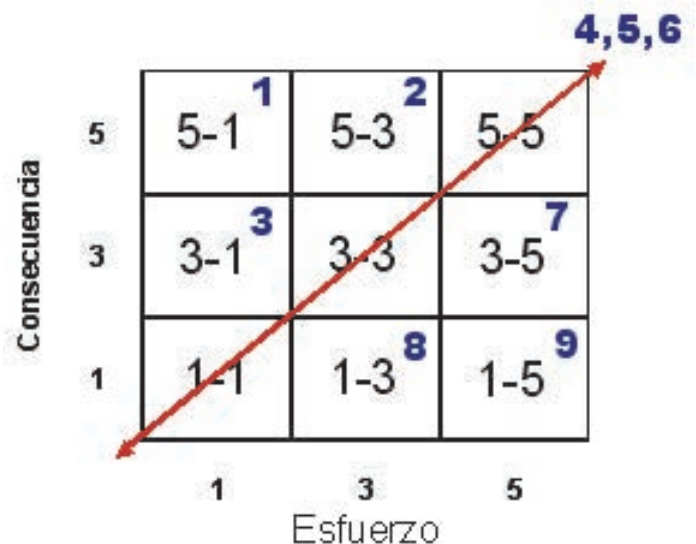
Alto = 5 ; Medio = 3 ; Bajo = 1

#### ESFUERZOS para mejorar la Confiabilidad del proceso.

- Costo de Materiales.
- Tiempos Promedios para Reparar.
- Costos de Horas Hombre.
- Rotación de Inventario.
- Costos de Contratación.
- Autorizaciones.

#### CONSECUENCIAS de la NO Confiabilidad.

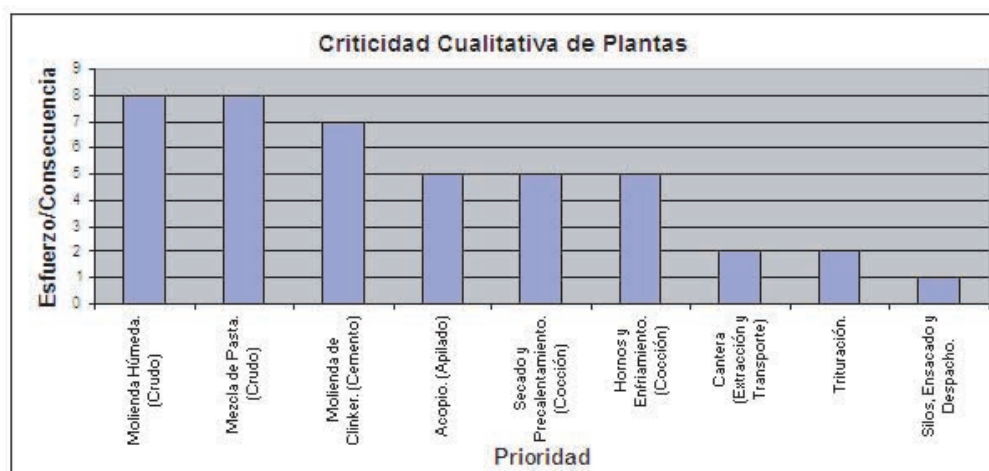
- Pérdidas de Producción \$.
- Impacto a la Seguridad
- Impacto al Medio Ambiente
- Impacto por penalizaciones.
- Numero de fallas.
- Frecuencia de fallas.
- Impactos a la Imagen.



Se delimitan las áreas de proceso con sus fronteras operacionales ya establecidas.

Se asignan ponderaciones según matriz Esfuerzos-Consecuencias, esto se hace mediante tormenta de ideas con la participación de líderes de todos los factores operativos del proceso productivo como Mantenimiento, Operaciones, Abastecimiento, Ingeniería, entre otras.

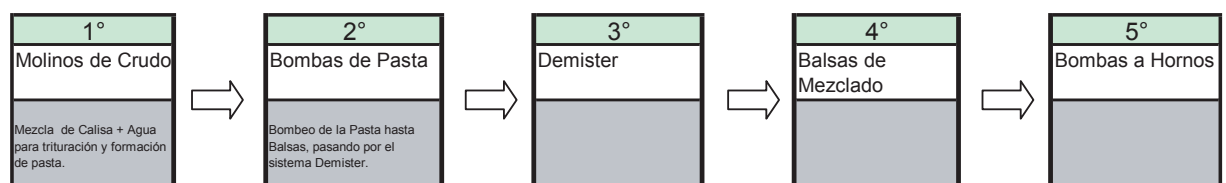
Análisis Básico de Criticidad para Procesos				
Ítem	Proceso	C	E	P
1	Cantera (Extracción y Transporte)	3	5	7
2	Trituración.	3	5	7
3	Acopio. (Apilado)	3	3	5
4	Molienda Húmeda. (Crudo)	5	1	1
5	Mezcla de Pasta. (Crudo)	5	1	1
6	Secado y Pre calentamiento. (Cocción)	3	3	5
7	Hornos y Enfriamiento. (Cocción)	3	3	5
8	Molienda de Clinker. (Cemento)	5	3	2
9	Silos, Ensacado y Despacho.	1	3	8



#### Análisis de Criticidad Simple Cualitativo

**PASO #3-** En esta fase se planifica el proyecto con la cual se determina el tiempo de implementación y los recursos necesarios para llevar a cabo con éxito el programa de aplicación de la metodología RCM. El equipo de trabajo debe estar compuesto por personal de Mantenimiento, Operaciones, SHA (Seguridad, Higiene y Ambiente) y abastecimiento, este debe tener un líder o facilitador del método RCM. También se debe establecer un calendario de reuniones proactivas para las sesiones de análisis donde asistirán los miembros y los invitados.

**PASO #4-** Ya formado el equipo de trabajo, al proceso escogido como crítico o mejorable, en este caso Molienda Húmeda y Mezcla (Área de Crudo), se procede a desglosar los equipos que componen el proceso y se definen los límites y fronteras de cada uno de ellos.



#### Estructuración del Sistema Crítico y sus Equipos (Molienda de Crudo)

**PASO #5-** Cada uno de los equipos del subproceso crítico será motivo de un estudio de mejorabilidad cuantitativa para trazar la ruta de inicio del RCM, también permitirá tener cuantificado los costos de oportunidad antes de la aplicación de la metodología.

Este estudio se hará a través de una matriz construida y ajustada al proceso a estudiar, estas matrices son construidas por el equipo de trabajo y con el soporte del especialista en confiabilidad, consultor o asesor.

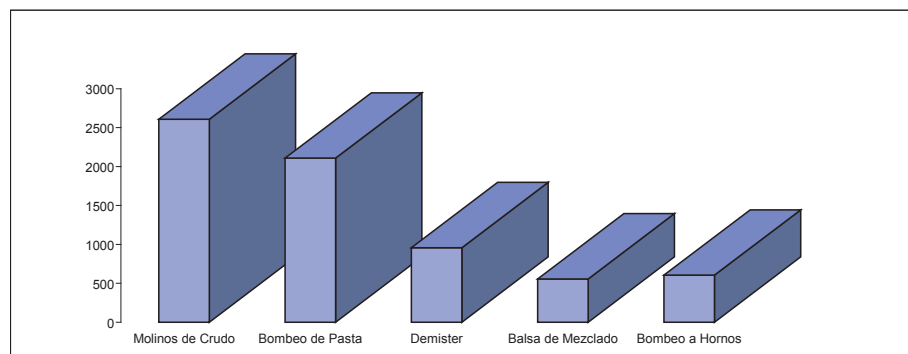
En la **Tabla Nº1** se encuentra una matriz de Criticidad-Mejorabilidad para Jerarquizar las oportunidades.

En la **Tabla Nº2** se expresa el resultado de la aplicación de la “formula de cálculo de lo mejorable” donde el resultado se ordena de forma descendente en base a la prioridad de los equipos involucrados.

1 Ton = XXX USD Produccion = XXX ton/dia = US\$/dia = XXX puntos/hora	1 punto = 1 vez año 1 punto = XXX US\$ 1 punto = XXX hora TPFS (parada)	1 punto de lo mejorable =XXX US\$/año
GUIA DE CRITICIDAD		
1.- FRECUENCIA DE FALLA (Falla que impacte producción o función del sistema)	Puntaje	
- Menos de una por año	XX	
- Entre 1 y 3 al año	XX	
- Entre 4 y 6	XX	
- Entre 7 y 12	XX	
- Entre 13 y 52 por año ( 1 interrupción mensual a una semanal )	XX	
- Entre 53 y 360 por año (de una semanal a una diaria )	XX	
- Mas de una por día	XX	
2.- Consecuencias	Puntos/ocasion	
2.1.- Tiempo Fuera de Servicio (TFS)	Puntos/ocasion	
Menos de 1 horas	XX	
Entre 1 y 4 horas	XX	
Entre 4 y 8 Horas	XX	
Entre 8 y 24 horas	XX	
Entre 24 y 72 horas	XX	
Entre 3 y 5 dias	XX	
Mas de 5 dias	XX	
2.2.- Afectacion a Produccion. (AP)	Puntaje	
No Afecta produccion	XX	
Afecta en un 25 %	XX	
Afecta en un 50 %	XX	
Afecta en un 75 %	XX	
La Afecta Totalmente (No hay RELEVO)	XX	
2.3.- COSTO DE REPARACION (totales labor + materiales, repuestos)	Puntaje	
Menos 500	XX	
Entre 501 y 1000	XX	
Entre 1001 y 5000	XX	
Entre 5001 a 15000	XX	
Entre 15001 a 30000	XX	
Entre 31.000 y 50.000	XX	
Entre 50.001 y 100.000	XX	
Mas de 100.000	XX	
2.4.- IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL ( Cualquier tipo de daños, heridas, fatalidad )	Puntaje	
Una o mas fatalidades o incapacidad absoluta permanente, incendio o explosión perdidas mas de US\$5MM	XX	
Incapacidad absoluta temporal y perdida de tiempo, incendio y/o explosión entre 0.5 y 5 US\$MM	XX	
Incapacidad parcial temporal o permanente con perdida de tiempo, incendio y/o explosión entre 100 y 500 US\$M	XX	
Hay alto riesgo potencial de accidentes durante la reparacion?	XX	
Lesion leve sin perdidad de tiempo	XX	
Sin impacto	XX	
2.5.- IMPACTO AMBIENTAL ( Daños a terceros, fuera de la instalación )	Puntaje	
Fugas de Polvo	XX	
Derrames	XX	
Ninguno	XX	
<b>Fórmula Calculo de lo Mejorable =</b>	<b>Frec.Falla X { (TFS* AP) + Costo Rep.+ Imp. Seg. + Imp. Amb. }</b>	

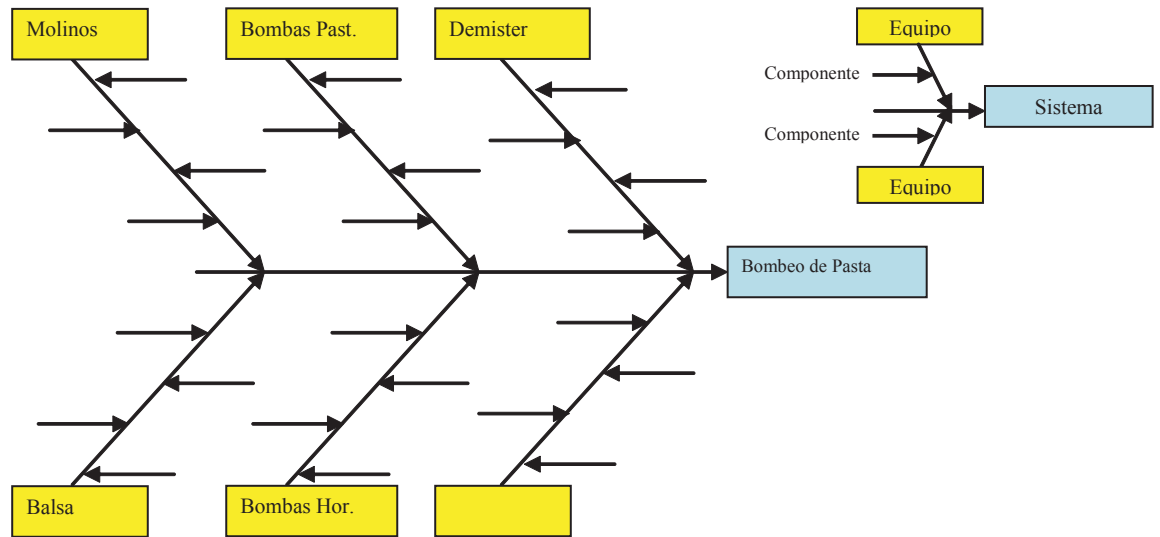
**Tabla Nº1**

Sistema	Frec	TFS	Produccion	Costos de Rep.	Seg	Amb	Consecuencias	Indice de Mejorabilidad	Prioridad
Molinos de Crudo	5	50	10	100	5	4	609	2609	
Bombeo de Pasta	4	50	10	100	5	4	609	2109	
Demister	3	25	10	200	4	3	457	957	
Balsa de Mezclado	3	15	10	100	4	2	256	556	
Bombeo a Hornos	2	20	10	200	3	2	405	605	

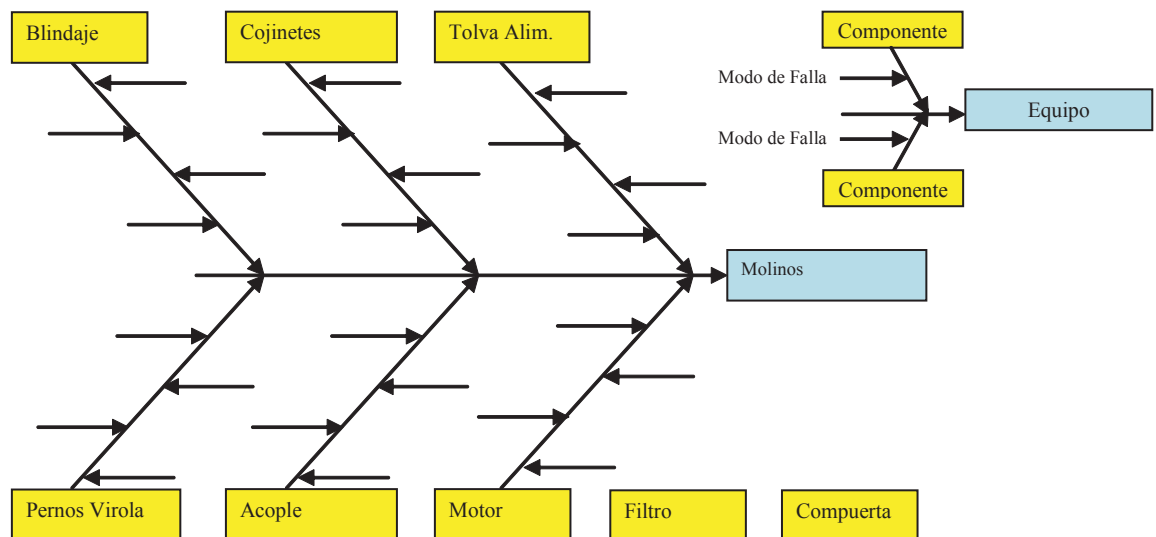


**Table Nº2**

**PASO #6-** Ya establecido el orden de mejorabilidad de los equipos, estos se jerarquizarán con todos sus componentes para dar inicio a la fase de análisis.



Jerarquización Sistema - Equipos

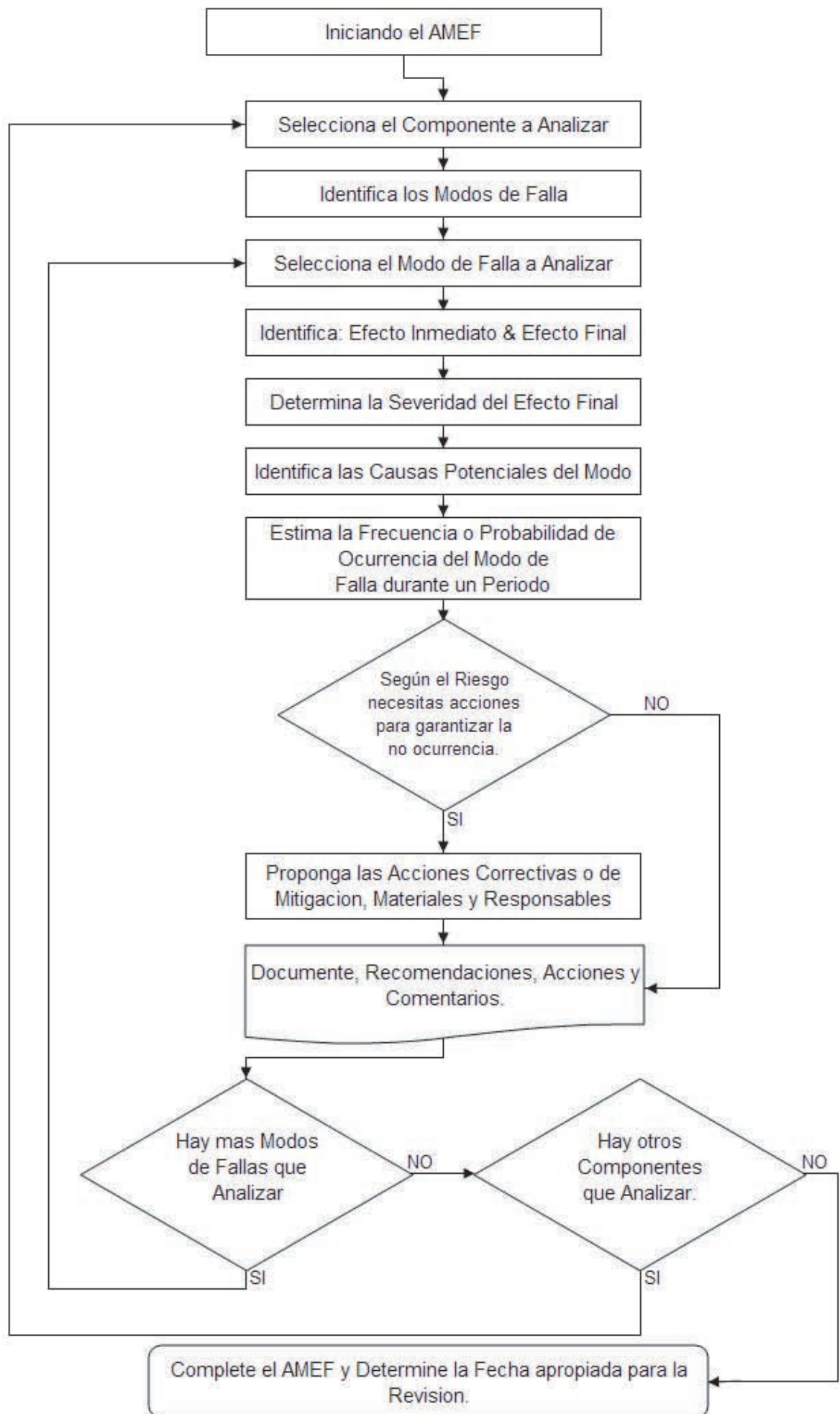


Jerarquización Equipos - Componentes

**PASO #7-** Al llegar al detalle de los componentes, procedemos al “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF), en esta fase se tabulan los componentes y sus funciones para que el equipo de trabajo inicie la evaluación del comportamiento de los activos en un periodo de tiempo determinado.

En este paso de la metodología ponemos en práctica el diagrama de flujo de aplicación del AMEF de la norma IEC 60812.

El mencionado flujograma representa paso a paso la forma lógica de determinación de la información que alimentará la Tabla del Anexo “A” de la norma IEC 60812 que finaliza el proceso de aplicación de la herramienta AMEF.



La Tabla del Anexo “A” de la Norma IEC 60812 para la Aplicación del AMEF cumple con las preguntas claves de la norma SAE JA1011 las cuales establece que el proceso debe considerar:

- a- ¿Cuál es la función del componente a analizar?
- b- ¿Cuál es la falla funcional?
- c- ¿Cuál es el modo de falla?
- d- ¿Cuáles son los efectos de la falla?
- e- ¿Cuáles son las consecuencias de la falla?
- f- ¿Cuales son las tareas proactivas propuestas?
- g- ¿Cuál es el intervalo de ejecución de las tareas?
- h- ¿Cuáles son las acciones propuestas si las proactivas no son las adecuadas?

Item: Periodo de Operación:			Item: Revision:					Preparado por: Fecha:			
Item Ref.	Funcion	Modo de Falla	Codigo Modo	Causa de Falla	Efecto Local	Efecto Final	Metodo Deteccion	Materiales	Severidad	Frecuencia o Probabilidad de	Tarea

En el recuadro de Tareas; se describirán las tareas específicas que eliminarán las causas de las fallas y mitigarán sus consecuencias.

Estas tareas deben describirse con la siguiente información:

- 1- Disciplina. (Mecánica, Electricidad, Instrumentación....etc)
- 2- Tipo de actividad. (Preventiva, Predictiva, Correctiva, Búsqueda de Fallas, Omisión)
- 3- Costos o recursos de la tarea. (Repuestos, Consumibles, Mano de Obra, Contratación)
- 4- Responsable.
- 5- Frecuencia de ejecución.

El recuadro Frecuencia o Probabilidad de Ocurrencia se considerará para definir la frecuencia de ejecución de las actividades, es aquí donde juegan un papel importante los especialistas en mantenimiento quienes de acuerdo al tipo de componente, mecanismo de deterioro y el contenido del recuadro Método de Detección, determinará el intervalo entre una falla potencial y la funcional; toda esta información permitirá ubicar la falla en la curva de la bañera y basado en estadísticas aplicar la frecuencia idónea y adecuada de la tarea, sin excedernos de los límites mínimo rentable y máximo permisible descritos en el resumen de este artículo.

Para la optimización de la metodología podemos aplicar metodologías como el Estudio RAM (Confiablez-Disponibilidad-Mantenibilidad) que de manera probabilística puede establecer la frecuencia de falla más probable y el momento idóneo para la manutención.

Para la determinación del tipo de tarea o actividad, existen árboles o flujogramas de dediciones desarrollados por consultoras en RCM ya mencionados en el resumen del articulo (TWPL, John Moubray y Erin) estos con el mismo fin pero diferentes enfoques y aplicabilidad; a través de ellos puedan llegar a la identificación del tipo de tarea más idónea, producto del análisis de la tabla del AMEF.

Al final del proceso se tendrá un agrupado de tareas por componentes, con los detalles ya descritos, que serán evaluados por un comité de especialistas para aprobación, quienes a través de un análisis simple de costo-riesgo-beneficio y comparación / validación de los planes actuales; determinarán las tareas que serán aplicadas en sistema de gestión de mantenimiento CMMS las cuales conformaran los planes de mantenimiento de los activos que fueron parte de la aplicación del método RCM.

## Referencias:

1. ISO (The International Organization for Standardization), Norma ISO 14224.
2. IEC (International Electrotechnical Commission), Norma IEC 60812.
3. SAE (Society of Automotive Engineers), Norma SAE JA1011 y SAE JA1012.
4. Cemex. Manual de la Dirección de Tecnología. Modulo Mantenimiento.
5. Amendola, L.; [2002]. "Modelos Mixtos de confiabilidad". Publicado por Datastream.
6. Snelock, B.; [1999] "(RCM+) Training Manual". The Woodhouse Partnership Limited. Inglaterra.
7. Moubray, J.; [1997] "(RCM2) Reliability Centered Maintenance". USA.
8. Smith, A.; [1993] "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill. USA.
9. Erin SKF Group; [2006] "(SRCM®) Streamline Reliability Centered Maintenance," [www.erineng.com](http://www.erineng.com).

# AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO

## Ing. Lourival Augusto Tavares

Ingeniero Electricista, formado por la Escuela Federal de Ingeniería de Río de Janeiro, en el año 1967. Es Gerente general de PTC - Planeamiento, Entrenamiento y Consultoría Ltda., especializada en organización y desarrollo de proyectos para pequeñas, medianas y grandes empresas nacionales y extranjeras particularmente como consultor y asesor de Análisis y Diagnóstico del área de mantenimiento.

Fue Director nacional de ABRAMAN (Asociación Brasileña de Mantenimiento) en dos mandatos. Ex-Presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros. Hace más de 20 años, viene participando en Seminarios, Mesas Redondas y Congresos de Mantenimiento nacionales e internacionales. Tiene varios trabajos y libros publicados, que son usados como referencia para desarrollo de temas sobre el asunto por profesionales del área en Seminarios y Congresos nacionales e internacionales.



**E**n la actualidad, en un mundo tan competitivo y donde las exigencias de los clientes son cada día mayores, las oportunidades de optimización del negocio que se presenta a través de mejorar el sistema de gestión de la función mantenimiento, aparecen como muy rentables. La primera gran exigencia es la de alcanzar la excelencia operacional, (calidad, costos competitivos y capacidad de entrega de los productos o servicios) al disminuir las pérdidas que se presentan en toda la operación y, paralelamente, mejorar la capacidad de gestión de todo el personal involucrado, ya sea de producción como de mantenimiento. Esta última idea establece la necesidad de definir que los responsables de mantener (evitar que los equipos fallen) es de todos y no sólo del personal que trabaja en el departamento de mantenimiento.

Lo anterior hace que los gerentes de mantenimiento están recibiendo, cada vez más y mayores responsabilidades y, en muchos casos, con una estructura menor debido a las constantes reducciones de gastos, a la que se ve obligado cuando sólo es considerado un centro de gastos.

Es por todo esto que el proceso de Auditorías se torna cada vez más importante de realizar, en principio con una frecuencia semestral, para luego de adquiridas las competencias de todo el personal involucrado se podrá desarrollar con una frecuencia anual o mayor.

Es evidente que para iniciar cualquier actividad se debe establecer, primero, el ¿dónde estamos?, ¿cuáles son nuestras fortalezas o debilidades? y ¿cuáles son nuestras oportunidades y cuáles nuestras amenazas?

Para ello es necesaria una auditoría de la función, la que debe ser orientada por un especialista con experiencia en su aplicación, pero realizada, en la práctica, por el propio personal de la empresa, a objeto que la metodología quede incorporada dentro de sus competencias.

Esta información permitirá “priorizar” la inversión y colocar los mejores esfuerzos en aquellas áreas en que se presentan las mejores oportunidades de negocio.

La importancia de utilizar a un especialista, se debe a suponer que éste se mantendrá al día no sólo en las nuevas metodologías de auditorías que en el mercado se utilicen, sino que además podrá transferir su conocimiento acumulado y las soluciones utilizadas por las diferentes empresas en la que constantemente está aplicando dicha metodología. Por ejemplo, en el pasado reciente sólo conocíamos y aplicábamos cuatro técnicas (Radar, Cuestionarios, Evaluación de la base de datos e Indicadores) hoy día ya se cuenta con cuatro técnicas más, que fueron propuestas por consultores de reconocimiento mundial y por grandes empresas que actúan en el mercado especializado.



## Método de Aplicación

Para aplicar las técnicas de Auditorías se recomienda la constitución de un Comité Corporativo formado, preferentemente por los jefes de los distintos órganos que están directa o indirectamente asociados con el área bajo análisis. Aún cuando en este trabajo estemos teniendo como foco, la función mantenimiento, todo lo que aquí se indica podrá ser aplicado a cualquier órgano de la empresa o un conjunto de órganos específicos.

El consultor asesora al Comité Corporativo presentando sugerencias en las diferentes fases del proceso para que sea evaluada y, en caso de aprobación, procesa y presenta en un informe específico donde incluye sugerencias basadas en su experiencia de aplicación de los métodos en distintas plantas de proceso y servicio.

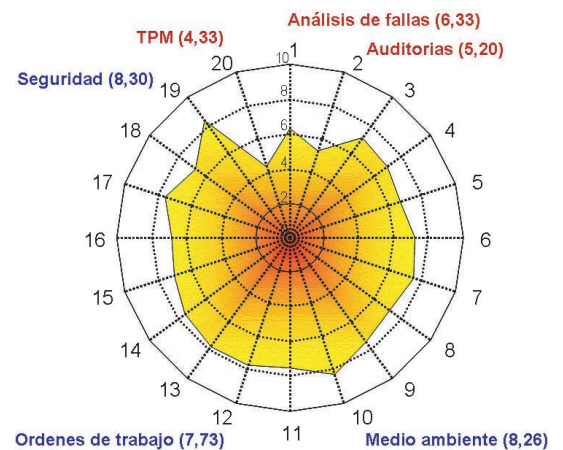
### Análisis de los tipos de Técnicas a utilizar

Presentamos, a secuencia algunos comentarios sobre las técnicas de Auditorías aplicadas en los días de hoy.

El tradicional método del **"Radar"** es, hoy día, aplicado para "oír" a la gente que trabaja en piso de planta, o sea, los operadores y los mantenedores, que, por estar en el día a día en contacto con los equipos, los procesos, la jefatura y los procedimientos, pueden apuntar con mucha propiedad donde es necesario aplicar ajustes buscando mejorar la eficiencia, optimizar la logística, ahorrar energía (agua, electricidad, gases y vapor), mejorar el tratamiento de desechos, aplicar acciones para mejorar la seguridad industrial e implementar o mejorar las técnicas de aumento de la auto-estima.

Este método también puede ser aplicado al personal administrativo o de apoyo como el(los) bodeguero(s), los compradores, los inspectores de seguridad y los administrativos de Recursos Humanos, de Patrimonio, de Contabilidad etc.

Es común que los consultores tengan más de cien sugerencias de parámetros que podrán ser utilizados, algunos de los cuales aplicados varias veces y, por lo tanto, con referencias, según sea el caso. Para cada uno de los resultados obtenidos el consultor hace los comentarios adecuados en el informe.



En la figura presentamos una aplicación del Radar obtenida en la encuesta realizada durante el XVI Congreso Chileno de Mantenimiento en diciembre de 2006. Se destacaron los tres mejores valores promedios obtenidos (Seguridad, Medio Ambiente y Ordenes de Trabajo) y los tres peores valores (Análisis de fallas, Auditorías y TPM). Estos valores son coherentes con aquellos que encontramos en aplicación del método en distintas empresas.

El método del **"Cuestionario"** se recomienda aplicar a la jefatura a nivel operacional o sea a los maestros, supervisores y jefes de sectores pudiendo también ser extendido al personal de nivel superior en las plantas (ingenieros, arquitectos, químicos, geólogos, administradores, abogados etc.).

En el cuestionario también son formuladas, en separado, preguntas para la alta gestión de la planta relacionadas con sus métodos de relación con la función mantenimiento.

El consultor debe presentar al Comité un conjunto de preguntas para que sean evaluadas y seleccionadas para aplicar. Es común que esta sugerencia abarque más de doscientas preguntas. Es importante señalar que algunas de estas preguntas podrán mostrar los puntos donde existen paradigmas a romper que hacen parte de una de las nuevas metodologías defendidas por los Consultores Joel Barker y Peter Drucker.

La adecuada estructuración de la **Base de Datos** es fundamental para poder generar los informes de gestión y, en consecuencia, evaluar la situación actual de la empresa y efectuar, cuando sea necesario, la investigación de las causas y consecuencias de ocurrencias tanto bajo el aspecto técnico cuanto funcional y administrativo.

Trece archivos componen la Base de Datos de un Sistema de Gestión de Mantenimiento que irán a posibilitar la generación de los informes de gestión:

**Catastro de equipos** - donde están identificados los ítems sobre los cuales la empresa desea hacer su gestión según la mayor cantidad de informaciones administrativas y técnicas posibles.

**Material aplicado al mantenimiento** - donde están relacionados los repuestos y materiales de consumo aplicados a cada ítem identificado con sus respectivos detalles según el sistema de gestión de material de la empresa. Este archivo queda en el sistema de administración de material asociado al archivo de catastro a través de un código conocido como código de catastro o código de familia.

**Recomendaciones de Seguridad** - donde son presentadas pocas pero fundamentales indicaciones cuanto a los aspectos de trabajo en condición insegura o práctica de actos inseguros durante la actividad evaluada. Estas recomendaciones deberán ser impresas en las Ordenes de Trabajo para que sean seguidas por los mantenedores. Obviamente que la elaboración de las Recomendaciones de Seguridad debe ser hechas por el personal especializado de la empresa que, si es necesario, podrán ser asesorados por el consultor en el aspecto metodológico.

**Instrucciones de Mantenimiento** - donde están listadas para cada tipo de intervención en cada equipo, las tareas a ser ejecutadas según la experiencia del personal técnico y las recomendaciones de los fabricantes. Aquí también podrán, si es necesario, recibir el asesoramiento del consultor en el aspecto metodológico.

**Plan Maestro de Mantenimiento** - donde se contestarán las "5W y 1H" para identificar y orientar todas las intervenciones programadas para el área de mantenimiento y que servirá para generar las Ordenes de Trabajo de Actividades Programadas.

**Ordenes de Trabajo** (Programadas, No Programadas y de Ruta) - Documentos que son utilizados por los mantenedores tanto para identificar o para registrar la ejecución de las tareas programadas y no programadas además de los "servicios de apoyo", o sea, servicios que ocupan mano de obra de personal de mantenimiento y que no se encuadran como "mantenimiento" en ítems de proceso.

**Recolección de datos de mano de obra utilizada en los mantenimientos** - Lo que puede ser hecho utilizando registros manuales o dispositivos electrónicos como los "colectores de datos".

**Recolección de datos de material aplicado** - Lo que puede ser hecho utilizando registros manuales o dispositivo de lectura de códigos de barras. Este archivo quedará en el Sistema de Gestión de Materiales que deberá ser asociado al de Gestión de Mantenimiento a través del número de la OT.

**Mano de obra disponible** - Archivo que queda en el Sistema que administra los Recursos Humanos y que provee al Sistema de Mantenimiento la información necesaria para cálculo de los indicadores de administración de recursos.

**Pérdida de Producción e Indisponibilidad** - Archivo que queda en el Sistema que administra los Datos de Operación y que provee al Sistema de Mantenimiento la información necesaria para el cálculo de los indicadores de gestión de intervenciones y de gestión de costos.

**Registro de Mediciones** - Donde estarán las informaciones de las mediciones hechas en los equipos para los cuales se justifica hacer el mantenimiento predictivo por análisis de síntomas.

El consultor debe presentar al Comité sugerencias para elaboración o mejoría de los formatos de los archivos arriba indicados.

**Los Indicadores** normalmente son un punto débil en el proceso de evaluación de las empresas ya que es común no encontrarlos o se tienen en muy poca cantidad y normalmente: no son los más importantes; se usan para cuestiones administrativas y no para mejorar la gestión. Tampoco es muy utilizado el análisis de sus resultados y tampoco la comparación con otras empresas del mismo tipo de actividad o de otras actividades. Esto genera la necesidad de definir y seleccionar 12 a 15 indicadores y levantar datos para poder calcularlos (muchas veces estimados). Sin embargo es muy importante que se apliquen pues es necesario medir el punto donde estamos para evaluar si logramos mejorar o no nuestros valores.

Aunque existan mas de 50 indicadores utilizados en mantenimiento, el consultor deberá sugerir los más apropiados y para los cuales existen benchmarking para ser utilizados por la empresa.

Dentro de los indicadores que normalmente se indica está el **OEE (Overall Equipment Effectiveness)** - Efectividad Operacional Global que además de ser muy utilizado universalmente como comparación es muy útil en la evaluación interna de la compañía. Además, como se mostrara más adelante este indicador es utilizado como una de las referencias en una de las nuevas metodologías de evaluación.

### Otras metodologías utilizadas.

Las nuevas metodologías desarrolladas en el nuevo siglo para las auditorias son:

Las ruptura de paradigmas, o sea, identificar las condiciones operativas de los equipos obras o instalaciones, los procedimientos utilizados, los criterios aplicados, las rutinas utilizadas, que pueden ser optimizadas, reducidas o eliminadas por no agregar valores o por estar agregando gastos innecesarios.

El trabajo de reconocimiento de paradigmas que pueden ser optimizados es uno de los que más exige experiencia en un proceso de auditoría y está sujeto a la percepción de lo que se ve y de lo que se escucha durante el proceso, siendo común que algunos de estos paradigmas sean presentados durante le la aplicación del cuestionario.

Dentro de las preguntas evaluadas en esta metodología de acuerdo con las propuestas de Peter Drucker, se encuentran:

- ¿Existe correlación entre las inversiones de métodos de gestión y resultados obtenidos?
- ¿Se aplican criterios estrictos de "management" (planificación, organización y control) en la gestión de mantenimiento?
- ¿Se dirigen todas las actividades bajo el principio de que nada es eterno y que toda nueva metodología debe ser siempre actualizada?
- ¿Se trabaja sistemáticamente para volver obsoletos los propios métodos?
- ¿Todas las actividades de su área tienen objetivos concretos?
- ¿Los objetivos en su área son ambiciosos pero alcanzables?
- ¿Los objetivos están equilibrados a corto, medio y largo plazo?
- ¿Existe una política de abandono de los métodos que no producen resultados?
- ¿Existen indicadores de medición o de valoración de las actividades o servicios en su área?
- ¿Se trabaja de forma equilibrada en los procesos de mejora continua, desarrollo y extensión e innovación sistemática?

Además, el consultor debe buscar detectar los conflictos internos sea de carácter personal, logístico, burocrático, de métodos o de sistemas. Una vez detectados debe presentar al Comité Corporativo sugerencias para eliminarlos o reducirlos.

**El grado de madurez** de las empresas. Proyecto desarrollado por Topkins y Associates donde utilizando un lenguaje simple y objetivo son presentados siete pilares, indicados en secuencia, cada uno con 5 niveles, donde el gerente de la empresa identifica, de forma sincera y espontánea, con el apoyo del consultor, la posición de su empresa según su visión, siendo esta información, a criterio de la gerencia, puesta por separado si es considerada como confidencial.

## Actitud de la gestión corporativa de la planta

Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
No comprende lo que es mantenimiento preventivo, repara cuando rompe	Reconoce que el mantenimiento puede ser mejorado, sin embargo se siente incapacitado para implementar	Aprende más sobre ROI; desarrolla mayor interés, y seguridad	Actitud participativa; reconoce que la gestión de mantenimiento es obligatorio	Incluye el mantenimiento como una parte del sistema global de la compañía

## Estado organizacional de mantenimiento

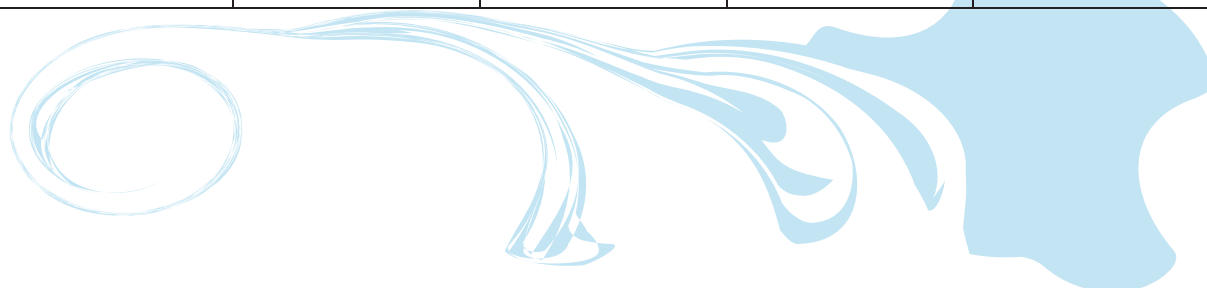
Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
<b>Reactivo</b> Trabaja en el equipo cuando le falla; además logra baja productividad de su personal	<b>Consciente</b> Todavía reactivo, recupera mejor los componentes y tiene disponibilidad de repuestos cuando ocurre la falla	<b>Preventivo</b> Usa rutinas de inspección, lubricación, ajustes y pequeños servicios para mejorar el MTBF de los equipos	<b>Predictivo</b> Utiliza algunas técnicas como análisis de vibración, termografía, ultra sonido etc. para monitorear la condición del equipo, permitiendo acción proactiva y solución de problemas, evitando las fallas	<b>Productiva</b> Combina técnicas predictivas con involucramiento del operador para liberar técnicos de mantenimiento para análisis de fallas y mejoría de las actividades de mantenimiento (mantenabilidad)

## Porcentual de pérdida de recursos debido al mantenimiento

Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
> 30 %	20 → 30 %	10 → 20 %	5 → 10 %	< 5 %

## Solución de problemas de mantenimiento

Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
Los problemas se desarrollan hasta ser descubiertos	Pequeña gama de acciones son elaboradas; inicio elemental de análisis de fallas	Los problemas son resueltos a través de la implantación de acciones de mantenimiento e ingeniería	Los problemas son anticipados; se utiliza un fuerte equipo disciplinario de solución de problemas	Los problemas son prevenidos



## Calificación y entrenamiento del personal de mantenimiento

Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
Baja calidad de mano de obra; rígida línea de supervisión; conocimiento ultrapasado; necesidad de actualización de conocimientos que es visto como un gasto innecesario; pagos por antigüedad	Trabajadores sienten falta de conocimiento p/ analizar roturas; cuestionamiento de las líneas de especialización; identificación de obsolescencia de conocimiento; reconocimiento de necesidad de capacitación; cuestionamiento del método tradicional de pagos	Calidad + Calidad = Calidad; expansión y distribución de desempeño de tareas; desarrollo de baja "crítica a la competencia"; inversión en investigación; pagos por capacidad de resolver problemas; programa de retención de talentos; conciencia de la importancia de hacer cambios	Expectativa de calidad en el trabajo; tareas ejecutadas por "multiespecialistas"; conocimiento actual y actualizados; identificación y providencias para necesidades de capacitación; pago por desarrollos de competencias	Orgullo y profesionalismo; flexibilidad en la designación de tareas; conocimiento para futuras necesidades; capacitación de los operadores por los mantenedores; conocimiento siempre actualizado; pagos basado en la productividad de la planta

### Resumen de la posición del mantenimiento en la compañía

Nivel 1 Inconsciente	Nivel 2 Despertando	Nivel 3 Desarrollando	Nivel 4 Capacitado	Nivel 5 Consciente
"Nosotros no sabemos cual equipo se va romper y para esto pagamos al mantenimiento. Por supuesto que nuestras tasas de pérdidas son altas, sin embargo esto no es problema del mantenimiento"	"¿Será que nuestros competidores tienen otro tipo de problemas con sus equipos? Las refracciones nos están costando mucho!"	"Con el nuevo criterio de gestión, nosotros empezamos identificar y resolver problemas"	"Todos están cotizados que el mantenimiento hace parte de nuestra rutina de calidad operacional. No podemos hacer productos de calidad con mantenimiento deficiente"	"No esperamos roturas y es una sorpresa cuando ellas ocurren. Mantenimiento contribuye para mantener dentro de los mejores!"

La posición de la empresa en **la evolución tecnológica del mantenimiento**. Este proyecto fue propuesto por HSB Reliability Technologies que consta de seis escalones de desarrollo de las empresas bajo el aspecto de utilización de tecnologías de gestión, desde la más básica hasta la más avanzada tomando en consideración la nueva condición del mantenimiento como función estratégica para el negocio y que, en consecuencia es de generadora de utilidades.

Son analizados por las jefaturas a nivel de Departamento (en el caso de CMPC las Subgerencias), con el apoyo y aclaratorias necesarias, por el consultor, los seis escalones identificados, para cada uno lo que se aplica de forma integral o parcial y lo que no se aplica. El resultado es evaluado por el consultor que emite sus comentarios y sugerencias en cuanto a que métodos y criterios se deben adoptar.

### Los seis escalones evaluados son:

**Básico** - Donde se identifican los equipos; se definen las tareas para las intervenciones programadas (instrucción de Mantenimiento); se definen las recomendaciones de seguridad; se establecen los programas de Mantenimiento; se definen y generan las órdenes de servicio programadas y no programadas; se definen e implementan los mecanismos de recolección de datos de forma simple, completa y eficiente, relacionando los equipos con los respectivos repuestos específicos y no específicos; estableciendo los mecanismos de contratación y administración de servicios de terceros; y generando y analizando los informes bajo forma de índices y consultas. Con estas características se puede obtener un 45% de Efectividad Operacional Global en el proceso productivo (o de servicio).

**Integrado** – Se involucra la dirección y las demás áreas en búsqueda de mayor eficiencia y reducción de costos. En este sistema, ya se establecen metas posibles que serán obtenidas por todas las áreas involucradas, y además se establecen las necesidades reales de capacitación para calificar al personal de Mantenimiento y así aplicar nuevas tecnologías en procesos de gestión. Finalmente, se hace un Análisis y Diagnóstico, que indicará las características del sistema específico y adecuado de gestión de Mantenimiento para la empresa, el cual es seleccionado, a través de técnicas propias, involucrando, usuarios y personal del área de TI (Tecnología de Información). Este sistema será entonces adecuado a las necesidades de la empresa. Sumando estas características a la anterior, se puede obtener un 60% de efectividad operacional global para el proceso productivo (o de servicio).

**Por condición (predictivo)** - Se efectúa el análisis de la conveniencia de implementar técnicas de predicción, análisis de síntomas y análisis estadístico de acuerdo con la importancia y característica de cada equipo en el proceso. Para cada equipo "clase A" (equipo fundamental del proceso) son evaluadas las mejores técnicas que se aplicaran; preparando las rutas para recolectar datos (o mediciones); identificando quienes van a realizar la recolección de datos y quienes los analizarán (si es la propia empresa o contratada); y adecuando el sistema de gestión para recibir esta información y generar las OT's adecuadas al proceso predictivo. Agregando estas características a las anteriores, se puede obtener un 70% de efectividad operacional global en el proceso productivo (o de servicio).

**Con apoyo del operador** - Se entrena al operador para desarrollar cinco funciones básicas de Mantenimiento (limpieza, medición, lubricación, inspección y pequeños ajustes) según reglas bien elaboradas, que le permita ejecutar sus actividades, con eficiencia y seguridad. Se Implementa las 5S (seiri = organización; seiton = orden; seiso = limpieza; seiketsu = estandarización; y shitsuke = disciplina), permitiendo de esta forma capacitar al mantenedor para desarrollar actividades de análisis de ocurrencia y a los ingenieros en habilidades de reingeniería de máquinas, sistemas y métodos. Es decir se busca desarrollar la mejoría en las actividades de logística y participación en las áreas de soporte administrativo. Sumando estas características a las anteriores, se puede obtener un 80% de efectividad operacional global para el proceso productivo (o de servicio).

**Utilizando técnicas para mejorar la confiabilidad** – Se implementa la técnica FMEA ("Failure Mode and Effect Analysis" - Modo de Análisis de Efecto de Falla) con criterio patrón de investigación de causa raíz de la falla, además del análisis de con-secuencia de la falla en el sistema operacional, en el proceso y en el producto (o servicio) asociando las técnicas de evaluación en los costos de producción (o generación del servicio), de riesgos a la seguridad y medio ambiente, además de la busca de mejoras en la ejecución de las actividades de Mantenimiento (mantenibilidad). Podríamos sugerir, por ejemplo, las técnicas de MCC - Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como herramienta adecuada para esta etapa. Sumando esas características a las anteriores, se puede obtener un 85% de efectividad operacional global para el proceso productivo (o de servicio).

**Mirando la función mantenimiento como parte del negocio** - Con la evaluación de los riesgos de cada etapa del proceso productivo, la aplicación de la Teoría de las Restricciones en la investigación del elemento que se convierte en "cuello de botella" y el análisis de criterios para mejorar su eficiencia o ampliar su capacidad o duplicar los elementos y el análisis de actividades, basadas en costos, identificando sus directrices para determinar aquellos que más agregan valor a los procesos o servicios, e inclusive utilizando índices clase mundial, es posible establecer una relación entre la disponibilidad y la necesidad (demanda). La función del mantenimiento debe, también, utilizar la técnica de árbol de decisiones que permite definir el tipo de intervención más adecuado a aplicar, de forma que los costos totales sean los más bajos posibles manteniendo el grado deseado de calidad y atención a los plazos.

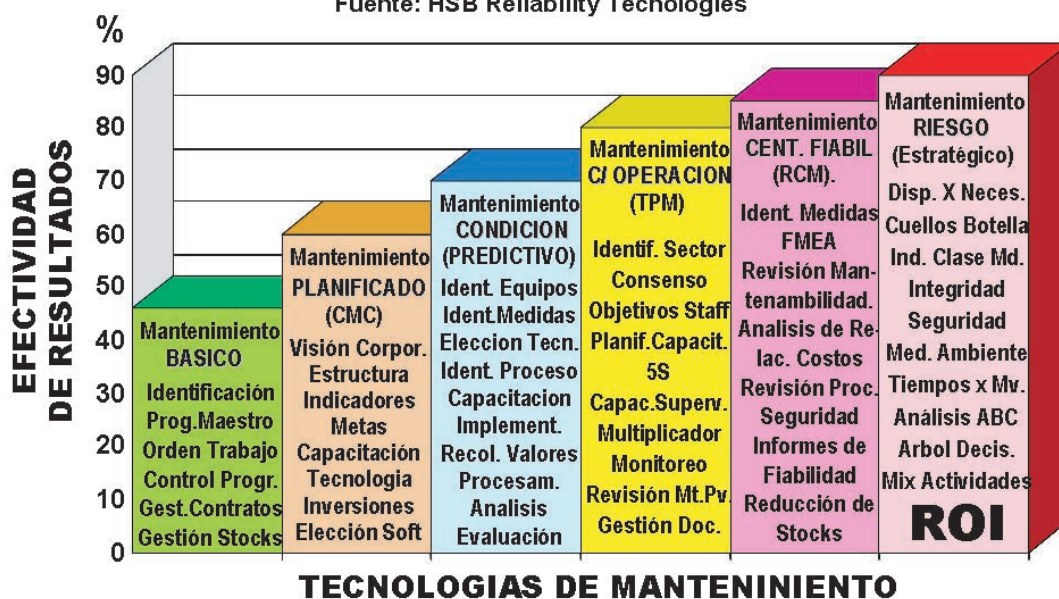
**Evaluación del ROI ("Return on Investment" - Retorno sobre la Inversión)** que se puede conseguir a través de la aplicación de estas técnicas asociadas para establecer las metas en relación a los resultados que pueden ser alcanzados. Sumando estas características a las anteriores, se puede obtener un 90% de efectividad operacional global para el proceso productivo o de servicio.

La figura ilustra la evolución de las tecnologías según HSB y los resultados obtenidos en términos de OEE.

## MEJORA DE EFECTIVIDAD OPERACIONAL EN FUNCION DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Fuente: HSB Reliability Technologies



Finalmente se calcula el probable Retorno Sobre la Inversión cuando son aplicadas las sugerencias presentadas en el Informe y la empresa alcanza el grado de "clase mundial" utilizando las mejores prácticas adecuadas a sus características operacionales y funcionales.

A continuación presentamos algunos indicadores que permiten calcular el retorno sobre la inversión después lograr alcanzar las mejores prácticas de mantenimiento a partir de la aplicación de auditorías internas y externas.

**1) Ganancia de capital** - Tema que viene destacándose en las ponencias en congresos recientes. La expectativa es de un aumento de vida útil de 2 a 6%, lo que significaría (mismo con números tan bajos) la postergación de reemplazo de equipos. Considerando que en las encuestas brasileñas la edad promedio de los equipos es de 18 años, un aumento de 2% significaría postergar la vida de los equipos en 4 meses. Lo mismo, considerando que solamente 80% de los equipos tendrá su vida postergada debido a mantenimiento (ya que a unos no se le hace mantenimiento), al multiplicar ese tiempo por el capital inmovilizado y por una tasa de interés conservadora de 1% al mes, por supuesto tendremos un valor significativo de retorno. De este resultado, se debe disminuir el gasto en mantenimiento en estos equipos alargado en los 8 meses que, de acuerdo con los estándares internacionales es equivalente a 3% del propio capital inmovilizado.

**2) Reducción en los gastos de seguro** - A partir de la demostración a la empresa aseguradora de que los equipos tienen riesgos más bajos de accidentes (involucrando los aspectos humanos y de patrimonio), las primas de seguro pueden ser reducidas.

**3) Aumento de producción** - Un buen mantenimiento, por seguramente aumenta la disponibilidad de las máquinas que, en el caso de haber demanda reprimida puede generar aumento de facturación. Mientras, considerando que el aumento de producción también genera aumento de gastos, particularmente en cuanto a insumos, y que el promedio de este factor (insumo) representa el 50% de la facturación, además de otros gastos fijos a considerar (personal, instalaciones, electricidad, agua, etc.), podremos decir que el aumento representa, en verdad, 20% de retorno.

**4) Reducción de inventarios (stock de almacén)** - Es común que las empresas tengan cerca de 5% de su capital inmovilizado en stock. Así, una reducción de stock de 20% (valor bien conservador pues investigaciones - y experiencia propia - muestran reducciones de hasta 30%) tendríamos un resultado de 1% (5% de 20%) del capital inmovilizado en este ítem.

**5) Ordenes de Trabajo innecesarias** - Con un adecuado sistema de gestión podrán ser examinadas las OT's abiertas indebidamente y que, obviamente, generan toda una movilización de personal, máquinas / herramientas y materiales que tienen costo. Según dos trabajos que disponemos (uno de los cuales de HSB) el costo de las OT's generadas indebidamente es al 50% del costo total de las OT's en cualquier periodo considerado. Adoptando un valor más conservador (20%) y considerando que el costo de las OT's representa 25% del presupuesto del mantenimiento (valor además conservador), el resultado sería una economía de 5% sobre el presupuesto del mantenimiento.

**6) Mantenimiento autónomo (servicios que pueden ser ejecutados por operadores)** - Un sistema que permite generar OT's "colectivas" (o "de ruta" o "de actividades diversas") facilita la transferencia de actividades sencillas para los operadores que, por supuesto, genera economías sustanciales, además de permitir que el personal de mantenimiento pueda desarrollar actividades más nobles como mejora de mantenibilidad y reingeniería de equipos. Esta estrategia podrá, en consecuencia reducir en, por lo menos 10%, los gastos de mano de obra de mantenimiento sobre los cuales multiplicamos por el factor 1,8 relativo a los recargos laborales y beneficios pagados en el salario del mantenedor.

**7) Economía de energía** - Con un buen sistema de inspecciones, generado por el aumento de disponibilidad de los mantenedores, es posible establecer rutas periódicas de examen de puntos donde existan pérdidas de energía, además de, como ya se ha indicado, hacer la reingeniería de equipos y procesos que puedan viabilizar acciones con este objetivo. Considerando que la energía es, por seguro, uno de los mayores gastos de una planta y que esa economía puede devolver 10%, el resultado obtenido será muy significativo.

**8) Aplicación de predictiva por monitoreo** - El acompañamiento adecuado de variables de los equipos más caros y fundamentales a la producción podrá reducir el número de intervenciones en estos equipos, resultando una baja intervenciones pre-ventivas con devolución de 10%. Mientras, existe un costo adicional para la implementación de esta actividad (que es común - y hasta recomendable) que sea hecha por terceros. Así, adoptamos un factor más bajo para costear este gasto adicional.

**9) Posibilidad de optimización de tiempos y movimientos** - Esta sería una economía a ser obtenida a más largo plazo, ya que necesitaría los datos para un buen análisis estadístico de los movimientos desarrollados por los operadores y mantenedores que podría inducir a una reevaluación de estrategias de métodos y procesos para ahorrar tiempo y dinero. Aunque a convencido que el resultado es muy elevado (pudiendo llegar a los 50%), por la dificultad de la implementación, en el plazo necesario para hacerlo y por el impacto social que produce, estamos considerando solamente el factor de 10%.

**10) Satisfacción del personal y Preservación del Medio Ambiente** - Aunque sea difícil de cuantificar (solamente por las multas y reducción de impuestos), estos son factores que un buen sistema de gestión puede generar.

**11) Reservicios, rechazos y chatarras** - Este es otro factor que generará economías a largo plazo. Mientras, consideremos la reducción de pérdidas directas sobre la facturación en 1% y que esta reducción se refleja sobre los insumos que, como ya indicamos, debe estar a la orden del 50%, el resultado sería de 0,5%. Finalmente, tomando en consideración el tiempo y capital que se va a invertir para obtener este resultado, dividimos su valor por dos.

**12) Compra de materiales** - La buena gestión de mantenimiento generará condiciones de análisis para reducir la compra de materiales con carácter de emergencia ya que, nuestra experiencia nos indica, de forma conservadora, que gastos adicionales generan 20% sobre el valor de la compra normal. Además es común encontrar este tipo de compra representando la mitad de las compras normales. Por esto, estamos asumiendo un ahorro de 10% sobre el gasto mensual. Llamamos la atención sobre que no consideramos el valor de ahorro que puede ser obtenido cuando hacemos compras normales en gran cantidad, lo que puede también ser considerado como un retorno en el caso de una buena gestión sobre este ítem.

**13) Reducción de servicios terceros** - Considerando que los servicios de terceros representan 30% del presupuesto de mantenimiento, que estos servicios son 20% más caros que los ejecutados con mano de obra propia, debido a la tasa de administración, y además, que la mitad de este porcentual será suplido con la disponibilidad de personal propio, tendremos una disminución final de  $30\% \times 20\% \times 50\% = 3\%$  sobre el presupuesto.



**5) Ordenes de Trabajo innecesarias** - Con un adecuado sistema de gestión podrán ser examinadas las OT's abiertas indebidamente y que, obviamente, generan toda una movilización de personal, máquinas / herramientas y materiales que tienen costo. Según dos trabajos que disponemos (uno de los cuales de HSB) el costo de las OT's generadas indebidamente es al 50% del costo total de las OT's en cualquier periodo considerado. Adoptando un valor más conservador (20%) y considerando que el costo de las OT's representa 25% del presupuesto del mantenimiento (valor además conservador), el resultado sería una economía de 5% sobre el presupuesto del mantenimiento.

**6) Mantenimiento autónomo (servicios que pueden ser ejecutados por operadores)** - Un sistema que permite generar OT's "colectivas" (o "de ruta" o "de actividades diversas") facilita la transferencia de actividades sencillas para los operadores que, por supuesto, genera economías sustanciales, además de permitir que el personal de mantenimiento pueda desarrollar actividades más nobles como mejora de mantenibilidad y reingeniería de equipos. Esta estrategia podrá, en consecuencia reducir en, por lo menos 10%, los gastos de mano de obra de mantenimiento sobre los cuales multiplicamos por el factor 1,8 relativo a los recargos laborales y beneficios pagados en el salario del mantenedor.

**7) Economía de energía** - Con un buen sistema de inspecciones, generado por el aumento de disponibilidad de los mantenedores, es posible establecer rutas periódicas de examen de puntos donde existan pérdidas de energía, además de, como ya se ha indicado, hacer la reingeniería de equipos y procesos que puedan viabilizar acciones con este objetivo. Considerando que la energía es, por seguro, uno de los mayores gastos de una planta y que esa economía puede devolver 10%, el resultado obtenido será muy significativo.

**8) Aplicación de predictiva por monitoreo** - El acompañamiento adecuado de variables de los equipos más caros y fundamentales a la producción podrá reducir el número de intervenciones en estos equipos, resultando una baja intervenciones preventivas con devolución de 10%. Mientras, existe un costo adicional para la implementación de esta actividad (que es común - y hasta recomendable) que sea hecha por terceros. Así, adoptamos un factor más bajo para costear este gasto adicional.

**9) Posibilidad de optimización de tiempos y movimientos** - Esta sería una economía a ser obtenida a más largo plazo, ya que necesitaría los datos para un buen análisis estadístico de los movimientos desarrollados por los operadores y mantenedores que podría inducir a una reevaluación de estrategias de métodos y procesos para ahorrar tiempo y dinero. Aunque a convencido que el resultado es muy elevado (pudiendo llegar a los 50%), por la dificultad de la implementación, en el plazo necesario para hacerlo y por el impacto social que produce, estamos considerando solamente el factor de 10%.

**10) Satisfacción del personal y Preservación del Medio Ambiente** - Aunque sea difícil de cuantificar (solamente por las multas y reducción de impuestos), estos son factores que un buen sistema de gestión puede generar.

**11) Reservecios, rechazos y chatarras** - Este es otro factor que generará economías a largo plazo. Mientras, consideremos la reducción de pérdidas directas sobre la facturación en 1% y que esta reducción se refleja sobre los insumos que, como ya indicamos, debe estar a la orden del 50%, el resultado sería de 0,5%. Finalmente, tomando en consideración el tiempo y capital que se va a invertir para obtener este resultado, dividimos su valor por dos.

**12) Compra de materiales** - La buena gestión de mantenimiento generará condiciones de análisis para reducir la compra de materiales con carácter de emergencia ya que, nuestra experiencia nos indica, de forma conservadora, que gastos adicionales generan 20% sobre el valor de la compra normal. Además es común encontrar este tipo de compra representando la mitad de las compras normales. Por esto, estamos asumiendo un ahorro de 10% sobre el gasto mensual. Llamamos la atención sobre que no consideramos el valor de ahorro que puede ser obtenido cuando hacemos compras normales en gran cantidad, lo que puede también ser considerado como un retorno en el caso de una buena gestión sobre este ítem.

**13) Reducción de servicios terceros** - Considerando que los servicios de terceros representan 30% del presupuesto de mantenimiento, que estos servicios son 20% más caros que los ejecutados con mano de obra propia, debido a la tasa de administración, y además, que la mitad de este porcentual será suplido con la disponibilidad de personal propio, tendremos una disminución final de  $30\% \times 20\% \times 50\% = 3\%$  sobre el presupuesto.

**14) Determinación de pérdidas crónicas** - Un sistema adecuado de gestión irá generar condiciones de análisis para reducir o eliminar esas fallas (normalmente suma de pequeños valores) que pueden llegar, de acuerdo con la bibliografía de TPM, a 30% del costo de producción. Adoptando un valor más conservador (10%) y considerando que el costo de producción es la mitad de la facturación y además que habrá una inversión para la obtención de los resultados de, por lo menos, 2 años, adoptaremos como tasa de retorno el porcentual de  $10\% \times 50\% \times 5\%$ , o sea 0,25%. Obviamente, que se puede incluir otros indicadores de acuerdo con la experiencia de los participantes del Comité Corporativo o del propio Consultor.

Los resultados de esperados de Retorno Sobre la Inversión se logran a medida que las sugerencias presentadas en el informe, de Auditoría sean aplicadas y en la medida que la empresa aplique las mejores prácticas alcanzando el patrón de Clase Mundial, identificado cuando alcanza el quinto nivel de los grados de madurez o el sexto escalón de evolución tecnológica de mantenimiento.

Es común, bajo esta condición, que el Retorno sea superior al propio presupuesto anual del mantenimiento.



## JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ, Ing. MSc.

Investigador Asociado PMM Institute for Learning. Universidad de Oriente - UNEFA – Barcelona – Venezuela, Maestría en Gerencia de Mantenimiento. 2007, Universidad Gran Mariscal de Ayacucho, Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Barcelona – Venezuela, Título: Ingeniero de Mantenimiento Mención Industrial. Año 2001. Experto en Optimización de Mantenimiento de Activos, con 7 años de experiencia Confiabilidad Operacional e Integridad de Activos Dinámicos, experiencia en la Industria Petrolera, Gas, Refinación, Colaborador de revistas técnicas. Iberoamérica. e-mail: [pepe@pmmlearning.com](mailto:pepe@pmmlearning.com)

### ¿Cuales pueden ser los beneficios de implementar una técnica de confiabilidad operacional en su empresa?

La aplicación de una técnica de confiabilidad operacional bien orientada e implementada podría llevar a la organización a mejorar sus procesos aceleradamente. Técnicas como ACR, MCC, TPM, AMEF, entre otras pueden representar una clara diferencia entre una organización estándar y una de Clase Mundial.

De acuerdo con mi experiencia en el sector Petrolero y Petroquímico podría enumerar algunos beneficios de la aplicación de una técnica de CO:

- 1) Reducción de la frecuencia de fallas de los equipos, tomando en cuenta la aplicación de acciones de mantenimiento necesarias (MCC), evitando el sobre mantenimiento.
- 2) Reducción de tiempos de reparación, ya que en la aplicación de la CO podría verse desde el diseño, aspectos relacionados con la Mantenibilidad.
- 3) Calidad operativa y de mantenimiento a los activos. El conocimiento y pericia del operario, así como de los mantenedores (ambos aspectos de la Confiabilidad Humana) pueden ser claves importantes en la continuidad operacional y en la calidad de los trabajos de mantenimiento ejecutados a los activos.
- 4) Baja probabilidad de ocurrencia de fallas de alto impacto. La aplicación de técnicas como ACR, de manera reactiva o proactiva pueden ayudar a prevenir fallas de alto impacto que originan paro de los procesos y sistemas críticos.

## CAROLINA ALTMANN, ING.

Responsable de Planificación y Encargada de Mantenimiento. Especialista en Mantenimiento, con un Postgrado en Gestión de Mantenimiento en Empresas de Producción y Servicios, actualmente en curso. Amplia trayectoria de más de 9 años en la Gestión de Mantenimiento de Equipos pesados e Industriales, como Asistente Técnico, Responsable de Planificación y Encargada de Mantenimiento, en importantes Empresas del Uruguay. Se desempeña en la Oficina Técnica de Montevideo Refrescos Coca – Cola. Ha dictado conferencias en Congresos de Ingeniería de Mantenimiento en conferencias en Uruguay y Chile. Coordinadora Regional del COPIMAN, desde Nov-04. e-mail: [caltmann@adinet.com.uy](mailto:caltmann@adinet.com.uy)

### ¿Cuales pueden ser los beneficios de implementar una técnica de confiabilidad operacional en una empresa?

Se puede definir a la Confiabilidad Operacional (CO), como la capacidad de una Instalación o un Sistema para cumplir su función dentro de los límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

La Confiabilidad de una máquina, no depende sólo del área de Mantenimiento, sino también de la Confiabilidad inherente de diseño que posee el equipo, de cómo se hace el Mantenimiento, es decir qué Estrategias y Tácticas de Mantenimiento se aplican, del grado de capacitación e involucramiento de los Técnicos de Mantenimiento, de cómo se opera, de las condiciones de operación, y si se opera dentro de los parámetros de diseño, sin generar sobrecarga.

Pueden ser muchos los beneficios, sin embargo puedo decir que el comprender los procesos productivos, ejecutar el justo mantenimiento y operar dentro de los parámetros aceptables puede llevar a disminuir tanto los costos de producción, aumentando indicadores como el EVA, ROE, ROCE, como los impactos ambientales.

### ¿Qué obstáculos y, en general problemas, pueden surgir cuando no se realiza una selección adecuada?

Principalmente al no realizar una selección adecuada de una técnica de CO, el resultado esperado podría no ir en línea con los objetivos trazados por el departamento. Esto se traduce en un gasto de dinero en la aplicación de una técnica cuyos resultados podrían no aportar ningún valor.

El contexto operativo en cada organización puede requerir de la aplicación de una o varias de las técnicas de CO. La selección adecuada dependerá de las necesidades del sistema y de cuán madura sea la organización para su aplicación.

El éxito, estará sujeto a la existencia de un sistema gerencial del activo claro y bien definido, donde se disponga de estructuras apropiadas y un sistema de gestión de mantenimiento comprendido y manejado por cada persona en la organización. Esta es la base principal para garantizar la calidad del dato, siendo este el insumo principal para la aplicación de la mayoría de las técnicas de CO.



La Confiabilidad Operacional está determinada por los siguientes aspectos:

- Confiabilidad y Mantenibilidad del equipo
- Confiabilidad del Proceso
- Confiabilidad Humana

Cualquier técnica de Confiabilidad operacional, podrá lograr un beneficio, muy superior al que podrían lograr Técnicas que aborden a los tres factores determinantes, en forma separada. Siguiendo el enfoque de la Confiabilidad operacional, se requiere, por un lado, el Análisis de la Confiabilidad del Proceso, evaluando la efectividad de los procedimientos existentes, y detectando la necesidad de corregir o crear nuevos procedimientos e instructivos de tareas, tanto en el área de Mantenimiento, como en el área Operativa o de Producción.

Esto permitirá detectar y solucionar problemas organizacionales de fondo, detectar carencias de liderazgo y supervisión, necesidades de capacitación, y lograr la sostenibilidad de la mejora de la Confiabilidad Operacional.

Por otra parte, el estudio de la Confiabilidad Humana En general la mayoría de los errores humanos, no son responsabilidad de las personas, sino del propio sistema, y muchos debidos a problemas de la propia Confiabilidad del Proceso.

Analizando, desde el perfil de cada puesto, teniendo en cuenta las responsabilidades, las competencias requeridas, y la capacitación y experiencia necesarias, se pueden desarrollar Planes de Capacitación y desarrollo, Mecanismos de reconocimientos y Sistemas de evaluación de Desempeño, que generen un alto grado de motivación e involucramiento.

Lograr una alta Confiabilidad Humana, es un proceso continuo, e implica una política organizacional y una Alta Gerencia comprometida, que valore sus Talentos Humanos, y esté dispuesta a invertir en capacitación y desarrollo de su gente.

Los beneficios son enormes: operadores que cuidan su equipo, operando en forma segura, y Técnicos proactivos y con buenos niveles de autonomía e iniciativa, preocupados por lograr una mejor Confiabilidad.

La aplicación de cualquier Técnica de Confiabilidad Operacional, permitirá:

- Aumentar la Confiabilidad y la Disponibilidad de Equipos
- Aumentar la Seguridad
- Reducir los costos de Mantenimiento, por reducción del desgaste atribuible a sobrecarga de los Equipos
- Disminuir la cantidad de fallas debidas a mala operación
- Disminuir la cantidad de fallas debidas a errores humanos
- Disminuir los costos, por reducción de retrabajos
- Reducción de los costos de Mantenimiento, por detección temprana de fallas, por parte de operadores y Técnicos.

**¿Qué obstáculos y, en general problemas, pueden surgir cuando no se realiza una selección adecuada?**

La Confiabilidad Operacional es una Técnica de mejora continua, que engloba distintas Herramientas y Técnicas, de forma de lograr las soluciones Técnicas, organizacionales y humanas, en vista del aumento de la Productividad y Rentabilidad de la Empresa.

Algunas de sus aplicaciones son:

- Elaboración de Planes de Mantenimiento
- Análisis de problemas
- Determinación de frecuencias óptimas, de intervenciones mayores
- Establecer procedimientos operacionales

Previo a la aplicación de cualquier técnica de Confiabilidad Operacional, resulta fundamental realizar un análisis de criticidad, evaluando de acuerdo al impacto en la seguridad de las personas e instalaciones, consecuencias medioambientales, consecuencias operacionales y los costos de reparación, de forma de enfocar los esfuerzos para lograr el máximo beneficio para el negocio.

Los logros obtenidos, ya desde la primera aplicación, a nivel de Confiabilidad de Procesos y Confiabilidad Humana, garantizan la sostenibilidad de la solución, y el éxito de futuras aplicaciones, ya sea en Equipos, o sistemas.

Considero que el mayor obstáculo, que puede presentarse, es interno, cuando la propia Empresa no tiene el grado de madurez necesario, para realizar una autocrítica de sí misma, que le permita encontrar y corregir sus deficiencias organizacionales.

La empresa, debe contar con el apoyo de la Alta Gerencia, liderando el Proyecto en forma integral, convencida de la importancia de analizar a fondo, para poder solucionar los problemas de raíz y evitar que se repitan, y estando dispuesta a invertir en la capacitación y desarrollo de su personal operativo y Técnico, de no ser así, no podrá llevarse a cabo.

Una dificultad, que lamentablemente se presenta en muchas Empresas, y que les impide crecer y mejorar, es que sólo buscan culpables de los problemas, ésta actitud no sólo desmotiva a las personas, y va en contra de la búsqueda de la Confiabilidad Humana, sino también les hace perder grandes oportunidades de mejora, tan sólo deberían redirigir sus energías a la búsqueda de soluciones definitivas a sus problemas.

# Presencia Global

## PMM Institute for Learning en Iberoamérica.

PMM EN VENEZUELA  
Curso empresas Petroleras, Gas,  
Metro de Maracaibo y Minera.  
Estimación de Costo en Proyectos  
Agosto, 2007



PMM EN VENEZUELA  
Curso empresas de la CVG  
"Corporación Venezolana de  
Guayana"  
Estrategías de Paradas de Planta  
Julio, 2007



PMM EN REPUBLICA DOMINICANA  
FACTOR HUMANO  
Curso Maintenance Project Management  
Personal de Empresas  
Junio, 2007



PMM EN PDVSA – VENEZUELA  
Consultores de PMM  
Distrito Tia Juana - Zulia  
Octubre, 2007



PMM EN PDVSA – VENEZUELA  
Consultor José Manuel González  
Impartiendo Formación  
Distrito Tia Juana - Zulia  
Octubre, 2007



PMM CHILE  
SERVIC Antofagasta - Chile  
Curso Maintenance Project  
Management  
Personal de Empresas Mineras  
Abril, 2007



PMM CHILE  
SERVIC Santiago de Chile  
Curso Maintenance Project Management  
Personal de Empresas Mineras  
Abril, 2007

# Valencia te espera...

## Participa en nuestros Programas de Formación 2008

Febrero 21 y 22, 2008

Gestión de Recursos del Mantenimiento  
Planificación, Indicadores, CMMS, Gestión de Stock, Auditorías

Abril, 17 y 18, 2008

Gestión del Mantenimiento con Microsoft Project (Maintenance Project Management)

Abril, 24 y 25, 2008

Técnicas Modernas del Mantenimiento "Asset Management"

Mayo, 29 y 30, 2008

Prácticas y Estrategias del Mantenimiento Mayor con soporte de la Tecnología de la Información  
GMAO – MS Project "Overhaul Maintenance"

Horario: 10:00 h a 18:30 h  
Costes: 525 +16% de IVA

Incluye:  
Coffee Breaks y comidas  
Material del curso

Número de cuenta bancaria:  
NUMERO CUENTA (COD. IBAN):  
ES03 3094 0028 3010 0420 9423, "Caja Campo"  
C/ San Vicente – 12, 46160, Liria. ESPAÑA. a  
nombre de PMM INSTITUTE FOR LEARNING  
CB,

Lugar:  
abba Acteón Hotel  
Vicente Beltrán Grimal, 2  
Valencia-España

Contactos:  
Luis Amendola [luigi@pmmlearning.com](mailto:luigi@pmmlearning.com)  
Tibaïre Depool [tibaïre@pmmlearning.com](mailto:tibaïre@pmmlearning.com)  
Tel. 645165999 / 666619018  
[www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com)

*NOTA: Indique en el depósito el nombre del curso. Los gastos por transferencia son a cuenta del interesado. Es imprescindible el envío de la copia de la transferencia a los e-mails de contactos, con los datos correspondientes del participante (nombre, apellido, teléfono de contacto, e-mail, cargo, empresa, actividad, dirección, Nº de planilla de depósito y fecha de depósito y nombre del curso).*

Certificado: Diploma otorgado por PMM Institute for Learning España



Hemisfèric



L' Oceanogràfic



Fallas en Valencia



Paella Valenciana

# *I Jornadas Iberoamericanas de Asset Management*

## **FIRST CALL – MARGARITA – VENEZUELA**

I Jornadas Iberoamericanas de Asset Management  
(Gestión Integrada de Mantenimiento, Operaciones & Proyectos)  
4 y 5 Junio, 2008



Mostrar experiencias prácticas y nuevos desarrollos metodológicos en el campo de la Gestión Integrada de Activos en el entorno Iberoamericano y convertir este en un foro para el debate sobre las tendencias que se vislumbran y las nuevas necesidades que se plantean en esta área del negocio de la ingeniería de activos.

Contactos:

Dr. Luis Amendola [luigi@pmmlearning.com](mailto:luigi@pmmlearning.com)

Ing. Tibaire Depool [tibaire@pmmlearning.com](mailto:tibaire@pmmlearning.com)

Ing. José Manuel González - [pepe@pmmlearning.com](mailto:pepe@pmmlearning.com)

Tel. 645165999 / 666619018 / 658881200

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

# CONGRESO DE CONFIABILIDAD

## IX CONGRESO DE CONFIABILIDAD

Asociación Española para la Calidad. Comité de Confiabilidad

"El IX Congreso de Confiabilidad organizado por la AEC tendrá su sede en esta edición en Tecnun - Universidad de Navarra, localizada en **San Sebastián**, durante los días **28 y 29** de **noviembre** de 2007. Una año más, con este congreso se pretende mostrar experiencias prácticas y nuevos desarrollos metodológicos en el campo de la Confiabilidad y convertirse en un foro para el debate sobre las tendencias que se vislumbran y las nuevas necesidades que se plantean en esta área de la ingeniería.

Si quieren participar favor contactar con PMM Institute for Learning:  
[tibaire@pmmlearning.com](mailto:tibaire@pmmlearning.com)



*Comité de Confiabilidad*



# *PMM en la Blogosfera*

PMM Institute for Learning se complace en anunciar el lanzamiento de **PMM Learning Blog** es el weblog oficial de PMM Institute for Learning, es un lugar en donde encontraras las últimas noticias sobre lo que sucede en el mundo del mantenimiento mundial, noticias sobre nuestros programas de formación y nuestra revista PMM Project Magazine, así como reseñas de nuestra participación en los distintos congresos de Mantenimiento y Confiabilidad alrededor de Iberoamérica.

Es una oportunidad para entrar en contacto con ustedes y poder tener un sitio donde compartir ideas y opiniones acerca de todo lo relacionado con las diferentes aplicaciones del Project Management & Asset Management.

Nuestro blog se encuentra disponible en <http://pmmlearning.blogspot.com/>

**TE ESPERAMOS EN LA RED!!!**