

Eventos Destacados



Máster: Business & Physical Asset Management

Inicio: 1 de Marzo 2012



Descubre las programación de cursos para Colombia, Perú y España.

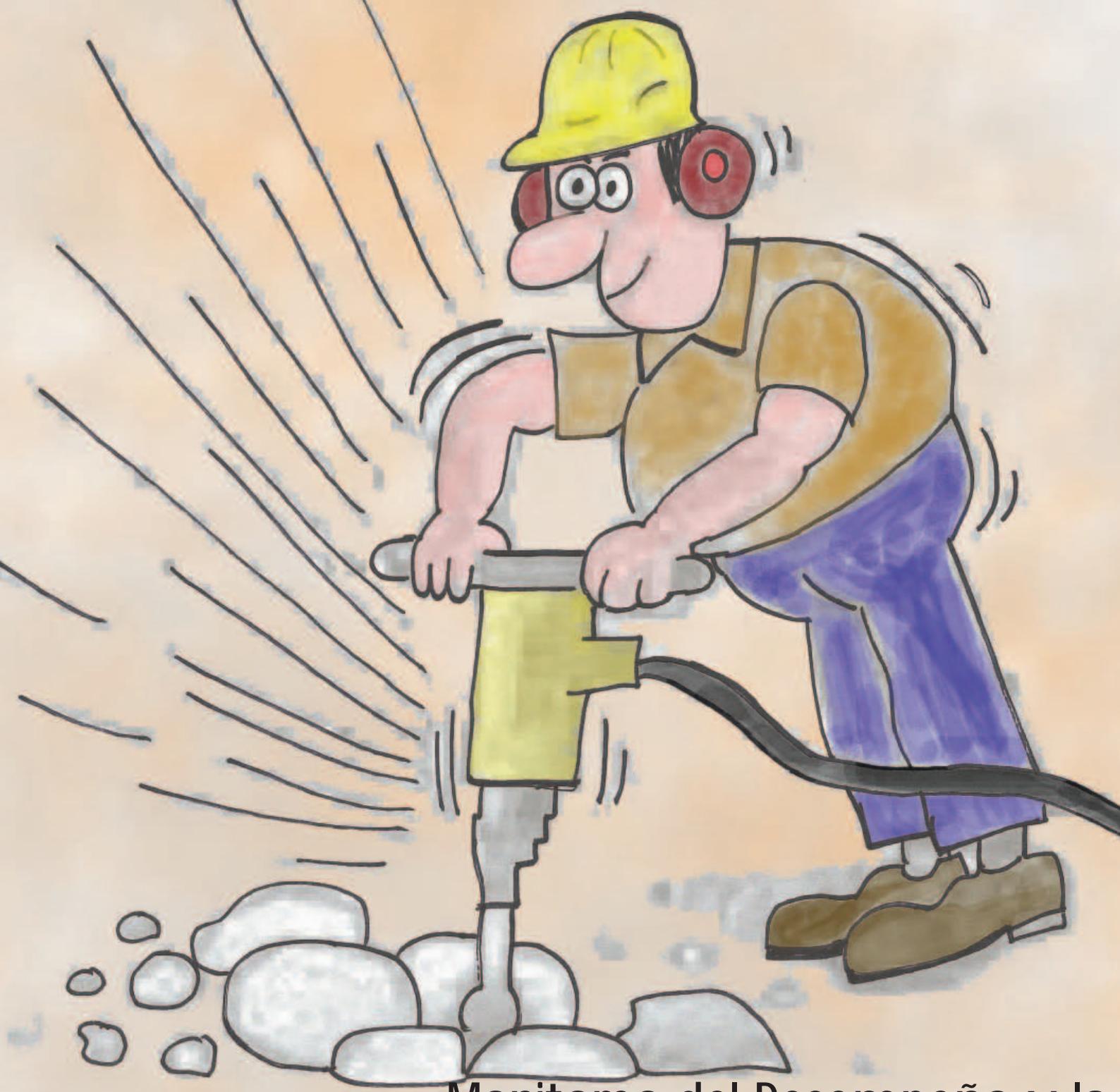


Próximas Jornadas Global: 07 y 08 Junio 2012 Santiago de Chile.

PMM Project Magazine

ISSN 1887-018X - PMM Institute for Learning - Enero 2012

Vol. 18



Monitoreo del Desempeño y la Condición de los activos Físicos.

Damos respuesta a tus preguntas

La estrategia de PMM Institute for Learning se basa en ayudar a nuestros clientes a dar respuestas a las preguntas estratégicas...

Nuestros Servicios de Consultoría, Auditoría y Gestión:

- Implementación de la PAS 55 y Balanced Scorecard Maintenance.
- Asesoría en la alineación del Asset Management (La gestión de activos físicos) con la estrategia de la organización.
- Diseño, implementación y seguimiento de Planes de Mantenimiento.
- Estrategias de Confiabilidad de Planta (RCM, RCA, RBI, Six Sigma).
- Dirección y Gestión de Overhaul & Shutdowns, Turnarounds.
- Asesoría en desarrollo de organizaciones óptimas en mantenimiento y manpower.



¿Dónde está mi empresa respecto a la gestión integral de activos?
¿Cómo comenzar a optimizar la gestión de mis activos?
¿Qué herramientas usar? ¿Qué medir?
¿Cómo integrar la gestión de los activos con los indicadores del negocio?
¿Mi organización es óptima?
¿Cómo lograr que la gestión de activos sea rentable?
¿Cómo fortalecer mis competencias en Asset Management?

Fortalece tus competencias en Gestión de Activos Físicos con nosotros

“Para alcanzar un mejor desempeño de las organizaciones y el logro del objetivo del negocio, es necesario contar con profesionales de la gestión de activos físicos con conocimientos y habilidades... En este sentido los profesionales deben ser capaces de aplicar esos conocimientos y habilidades de forma sistemática para ayudar a alcanzar los objetivos del negocio”...

PMM Institute for Learning está acreditado por el IAM (Institute of Asset Management) como Endorsed Trainer:



Cursos de PMM acreditados por el IAM:



Beneficios de la Gestión de Activos
“The Benefits of Asset Management”



Políticas de la Gestión de Activos
“Introduction to Asset Management Policy”



Sistema de Gestión de Activos
“The Asset Management System”



Implementación de Planes de Gestión de Activos
“Implementing Asset Management Plans”



Para más información acerca de cursos in-company:

formacion@pmmlearning.com

www.pmmlearning.com

Sumario

04

Carta Editor

Del sentido que tiene mi vida.

Luis Amendola Ph.D

05

Consejo editorial

Nuestro equipo de profesionales.

25

Monitoreo de la Condición de los Activos Físicos Alineados a la PAS 55 – ISO 55000.

Luis Amendola Ph.D

34

Around The World

PMM Institute for Learning
Eventos Realizados.

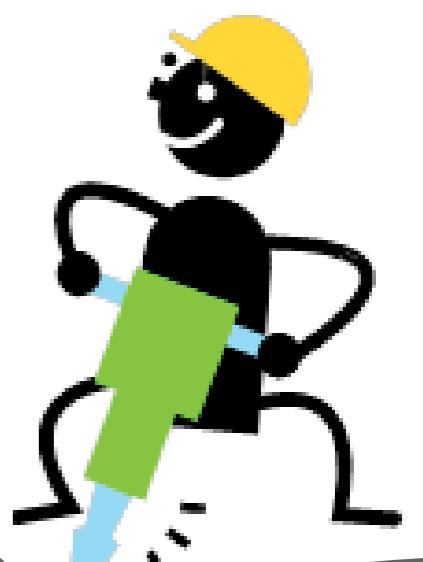
38

Nuestra Agenda

Actividades programadas para los próximos meses.

39

Club AAA



07

El Procesamiento de Señales con fines de Diagnóstico Industrial.

Omar Aguilar Martínez Ph.D

14

Aplicación de Buenas Práctica en el Monitoreo de Condición: Caso Ciclo Combinado.

Gustavo Gómez Doncel Ing. y Luis Amendola Ph.D

20

Beneficios del monitoreo de condición.

José Pedro Rayo Peinado

Del sentido que tiene mi vida

Cada mañana me recuerdo a mí mismo por qué estoy aquí y de qué manera puedo ser útil para los demás. Mi energía y mi motivación proceden de mi vocación de servicio hacia una actividad que trasciende mis deseos egoístas. Y en vez de placer y satisfacción, obtengo paz y alegría. Con el tiempo he descubierto que el éxito no es la base de la felicidad, mientras que la felicidad sí es la base del éxito.

Y para lograrla, uno ha de cuidar diariamente su cuerpo, su mente, su corazón y su espíritu.

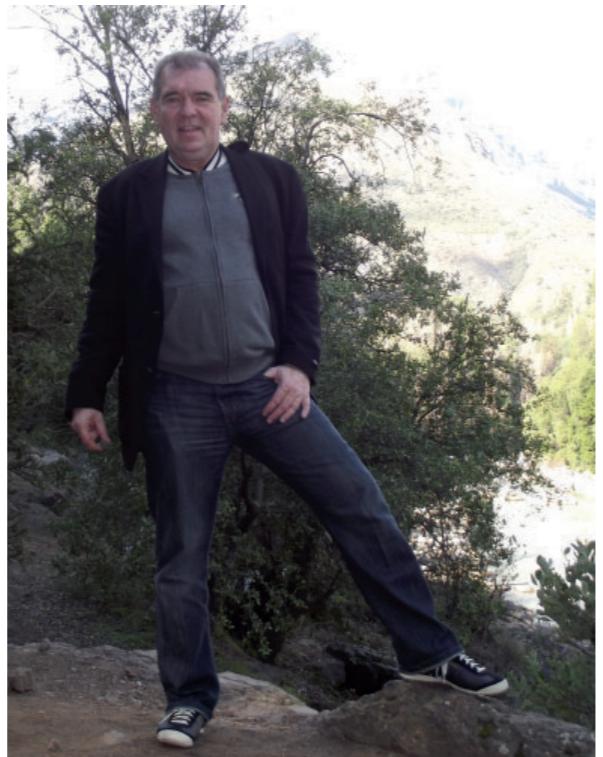
Así como cuidamos nuestro cuerpo hay que cuidar los activos físicos, las técnicas de monitorización por condición, basado en los programas de mantenimiento predictivo utilizando análisis de vibraciones son puestos en marcha con la finalidad inicial de conocer el estado de los equipos. La tecnología moderna nos permite lograr este objetivo con mucha certeza. Cerca del 90% de las fallas en los equipos pueden ser detectadas antes de que este se produzca, siempre y cuando los equipos hayan sido monitoreados adecuadamente.

Los **Asset Managers** (Gerentes de Activos) con su equipo se enfrentan cada día en sus plantas a nuevos retos; he aquí la importancia de aceptar el mantenimiento basado en las condiciones como una filosofía, con el soporte del estándar **PAS 55** en su apartado 4.6.1, proporciona todo lo que debe establecer una organización para alcanzar un alto desempeño de sus activos. La gestión de los datos que la nueva generación de colectores de datos de vibración portátiles y/o sistemas permanentes online pueden ser integrados a los EAM "Enterprise Asset Management", ello son una meta fundamental de los Asset Managers de la planta.

Los equipos y el software de monitoreo de condición permiten la detección temprana de los problemas de los componentes y de la máquina, antes de que un problema origine una parada inesperada.

Los sistemas de diagnóstico pueden ayudar a su equipo a identificar con precisión las causas fundamentales (causa raíz) de los problemas de las máquinas. Una vez que las causas raíz hayan sido identificadas y corregidas, puede evitar que se vuelvan a producir, y finalmente centrarse en perfeccionar el funcionamiento de la máquina.

En este numero de la revista ustedes como Ingenieros; Técnicos y Gerentes de Activos Físicos podrán explorar en los artículos publicados toda la potencialidad y la monitorización por condición alineado a la PAS 55.



Luis Amendola Ph.D, Santiago de Chile.

Editor:

Luis Amendola Ph.D.

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. e-mail: luigi@pmmlearning.com

Senior Editor:

Ing.MSc.Tibaire Depool

Consulting & Coaching PMM Institute for Learning. en Iberoamérica, España. e-mail: tibaire@pmmlearning.com

Editorial Board:

Salvador Capuz Rizo Ph.D, IPMA B

Catedrático Universidad Politécnica de Valencia Presidente de AEIPRO España.

Román Augusto Contreras Ph.D

Consulting & Coaching PMM Institute for Learning. en Iberoamérica, España. e-mail: roman@pmmlearning.com

Ángel Sánchez. Ph.D Director del CEIM (Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento); Asesor Industrial en América latina. Cuba.

Rafael Lostado Ph.D.

Director del Máster en Dirección y Administración de Proyectos. Grupo de Investigación en Project Management, Instituto de Economía Internacional. Universidad de Valencia. España.

Omar Domingo Aguilar martinez, Ph.D

Investigador en Universidades Chilenas, Consultor Internacional Certificado en la Academia de Ciencias de Budapest, Hungría. Experto Internacional del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)

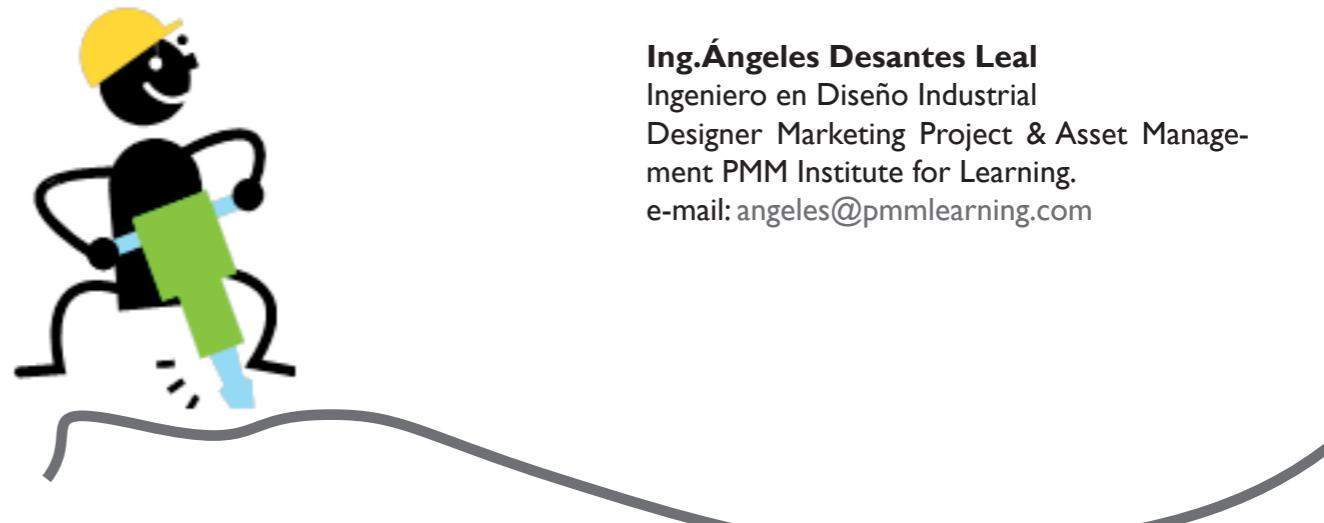
Graphic Designer:

Lcda. Yannella Amendola

Licenciada en Investigación y Técnicas de Mercado, Ingeniero en Diseño Industrial. Asesor de Diseño PMM Institute for Learning. España.

Ing.Ángeles Desantes Leal

Ingeniero en Diseño Industrial Designer Marketing Project & Asset Management PMM Institute for Learning. e-mail: angeles@pmmlearning.com



**Vive una experiencia única y da un paso más hacia tus metas profesionales.
Dos semanas de estudio en el extranjero (España).**

PROGRAMA DE MBA:

BUSINESS & PHYSICAL ASSET MANAGEMENT

INICIO: 1 MARZO 2012

Duración: 12 meses

Total horas: 510 horas

Modalidad: b-learning (80 horas son presenciales y 430 horas a distancia Aula Virtual)

Horas presenciales: Realizadas en Valencia España (una semana en Marzo y otra semana en Noviembre).

El coste de la matrícula: Incluye viaje a España, hospedaje y traslados para las dos semanas.

Títulos y certificados internacionales recibidos al cumplir el programa académico.

2 Títulos Universitario y Profesional:

-Master: Executive Master in Project Management Universidad de Valencia (España)

-Master Profesional "Business & Physical Asset Management" PMM Business School (España)

4 Certificados Internacionales :

Certificados reconocidos por el IAM, emitido por PMM Acreditado como Endorsed Trainer (32 horas)

- A1 The benefits of Asset Management
- A2 Introduction to Asset Management Policy
- B2 The Asset Management System
- B5 Implementing Asset Management Plans

Para más información:

formacion@pmmlearning.com /tibaire@pmmlearning.com

0034-961864337

Visite nuestra página web:

www.pmmlearning.com



El Procesamiento de Señales con fines de Diagnóstico Industrial

I- Introducción.

Un Ejemplo de Señal Determinista:

$$X(t) = X \cos(\sqrt{\frac{k}{m}}t)$$

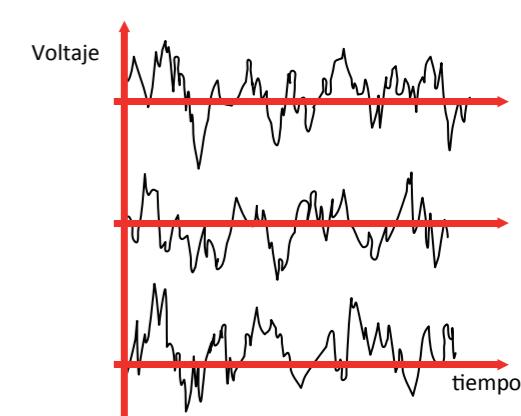
La ecuación anterior define la localización de un cuerpo de masa "m" en cualquier instante de tiempo en un futuro, si ella está animada de un movimiento armónico simple. Esta se aplica al estudio del comportamiento determinista de un equipo o máquina industrial.

3- Tipos de señales aleatorias.

Es importante realizar una adecuada clasificación de señales, pues en función de esta clasificación será el tipo de análisis que deberá realizarse sobre las señales. Ello también jugará un papel importante en el tipo de parámetro de análisis.



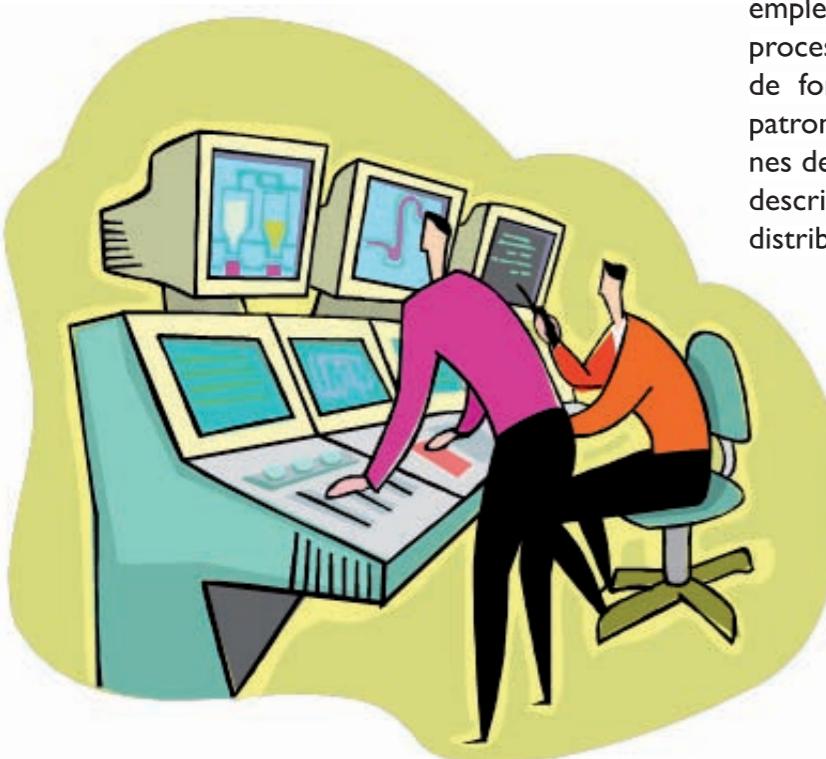
Figura 1: Clasificación general de señales.



4- Influencia del control operacional.

Las señales que se registran en cualquier proceso físico, pueden ser representadas por una componente de directa (dc) y otra alterna (ac). Si filtramos la señal inicial es posible eliminar la componente de directa, que siempre está asociada a la potencia operacional de un proceso. Esto nos aumenta la confiabilidad del procesamiento de la señal adquirida ya que permite evitar cortes de señales portadora de información cuando utilizamos amplificadores que condicionan la señal.

En un control de proceso, recibimos los denominados macroparámetros del proceso, como pueden ser la temperatura global, la presión de un circuito cerrado, los niveles de vibraciones globales, etc. Estos parámetros no tienen la suficiente sensibilidad para acusar la detección de una falla en un estado precoz de su desarrollo y su seguimiento, debido a que trabajan con las componentes directas de las

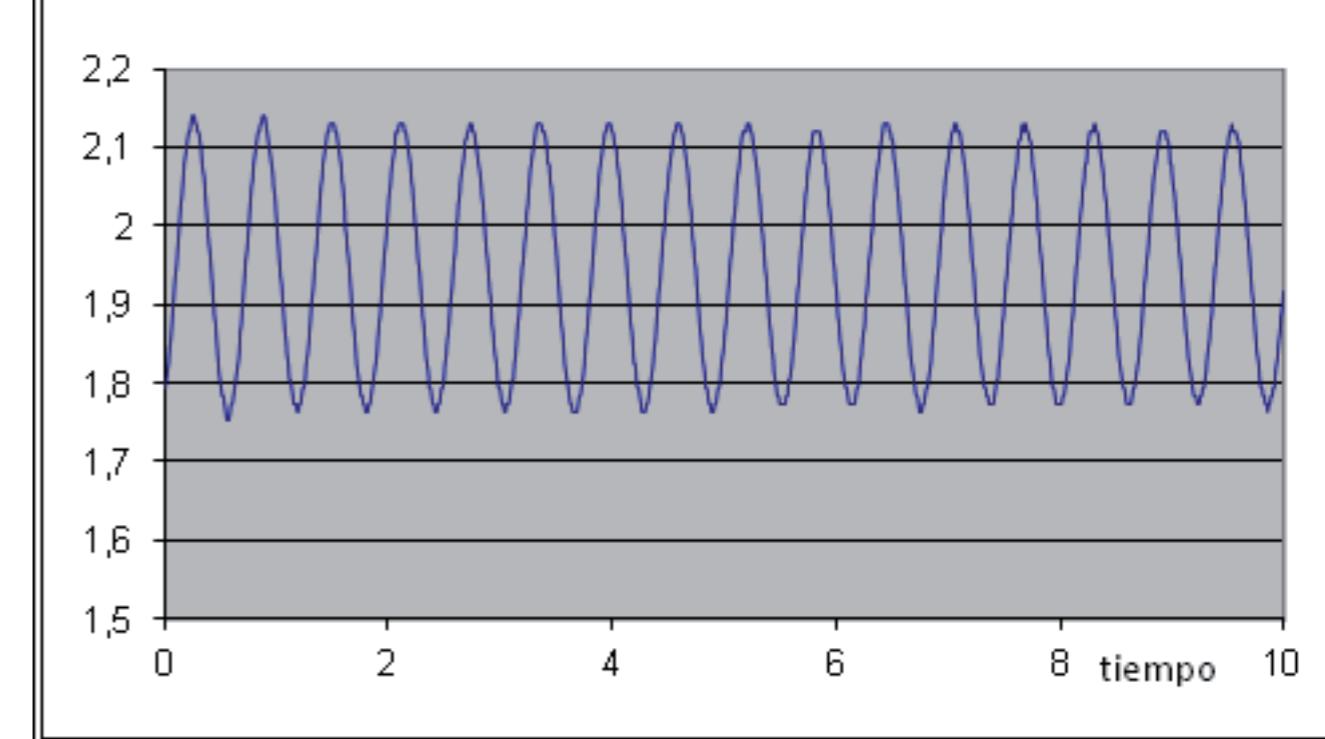


señales. Por ello los analistas de procesos, acuden a las componentes alternas, que ha sido demostrado que tienen la suficiente sensibilidad para monitorear comportamientos de procesos de fallas en sistemas dinámicos de cualquier complejidad, en un estado muy precoz de su formación.

5- Series Temporales.

Para describir cualquier proceso físico que se desarrolla en instalaciones industriales, acudimos a la representación de una señal por series temporales. El análisis estadístico de series temporales se usa hoy día con profusión en muchas otras áreas de la ciencia, fundamentalmente en física, ingeniería y en economía. Los objetivos del análisis de series temporales son diversos, pudiendo destacar la predicción, el control de un proceso, la simulación de procesos, y la generación de nuevas teorías físicas, técnicas, biológicas, etc. En la teoría de control de procesos, se trata de seguir la evolución de una variable determinada con el fin de regular su resultado. La simulación se emplea en investigación aplicada, cuando el proceso es muy complejo para ser estudiado de forma analítica. Si podemos encontrar patrones de regularidad en diferentes secciones de una serie temporal, podremos también describirlas mediante modelos basados en distribuciones de probabilidad.

La secuencia ordenada de variables aleatorias $X(t)$ y su distribución de probabilidad asociada, se denomina proceso estocástico. Un proceso estocástico se convierte en el modelo matemático simple para una serie temporal. Para analizar un proceso empleando una serie temporal es menester presentar un gráfico de la evolución de la variable a lo largo del tiempo, como puede ser el de la siguiente figura:



Ahora se debe determinar si la secuencia de valores es completamente aleatoria o si, por el contrario, se puede encontrar algún patrón a lo largo del tiempo, pues será útil para seguir con el análisis.

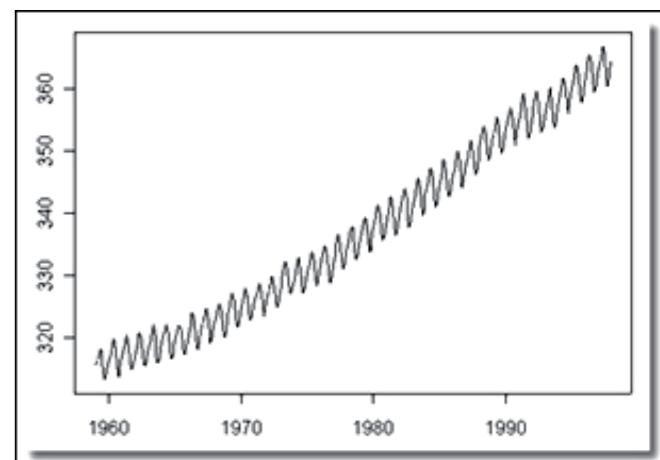
La idea es descomponer la serie en sus componentes según el siguiente esquema:

• **Tendencia.** Es la dirección general de la variable en el período de observación, es decir el cambio a largo plazo de la media de la serie.

• **Fluctuaciones irregulares.** Después de extraer de la serie la tendencia y variaciones cíclicas, nos quedará una serie de valores residuales, que pueden ser o no totalmente aleatorios. Volvemos a estar como en el punto de partida, pues ahora también nos interesa determinar si esa secuencia temporal de valores residuales puede o no ser considerada como aleatoria pura.

• **Estacionalidad.** Corresponde a fluctuaciones periódicas de la variable, en períodos relativamente cortos de tiempo.

Un ejemplo de una serie temporal que presenta componentes de tendencia, y aleatoriedad es la siguiente gráfica.



Entre las técnicas que pueden ser usadas para detectar y eliminar la tendencia de una serie, es la aplicación de filtros a los datos. Un filtro no es más que una función matemática que aplicada a los valores de la serie produce una nueva serie con unas características determinadas. Entre esos filtros encontramos las medias móviles. Un ejemplo de media móvil es el siguiente:

$$m(x_t) = \frac{x_{t-1} + x_t + x_{t+1}}{3}$$

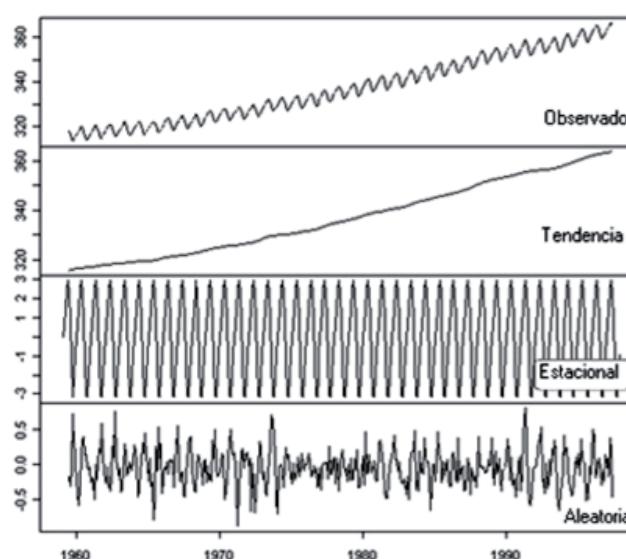
Lo que representa un filtro de media móvil de orden 3.

Una media móvil de cuatro puntos viene dada por:

$$m(x_t) = \frac{x_{t-2} + x_{t-1} + x_t + x_{t+1} + x_{t+2}}{4}$$

Si la cantidad de puntos de la media móvil es par, se toma la mitad de los valores extremos.

Posteriormente a realizar las aplicaciones de filtros de medias móviles podemos obtener el siguiente esquema:



En esa figura hemos realizado la descomposición de la serie inicial en sus componentes. Un ejemplo de aplicación, es el de una serie obtenida en el comportamiento de índices de mantenimiento en una empresa, es el que se muestra en el archivo EXCEL que se expone a continuación.

Semana	Índice mtto	promedio_móvil	Error	Error cuadrado	Pronóstico
1	17				
2	21				
3	19				
4	23	19	4	16	
5	18	21	-3	9	
6	16	20	-4	16	
7	20	19	1	1	
8	18	18	0	0	
9	22	18	4	16	
10	20	20	0	0	
11	15	20	-5	25	
12	22	19	3	9	
13		19	0	10.22	

Al calcular el promedio móvil utilizamos la expresión:

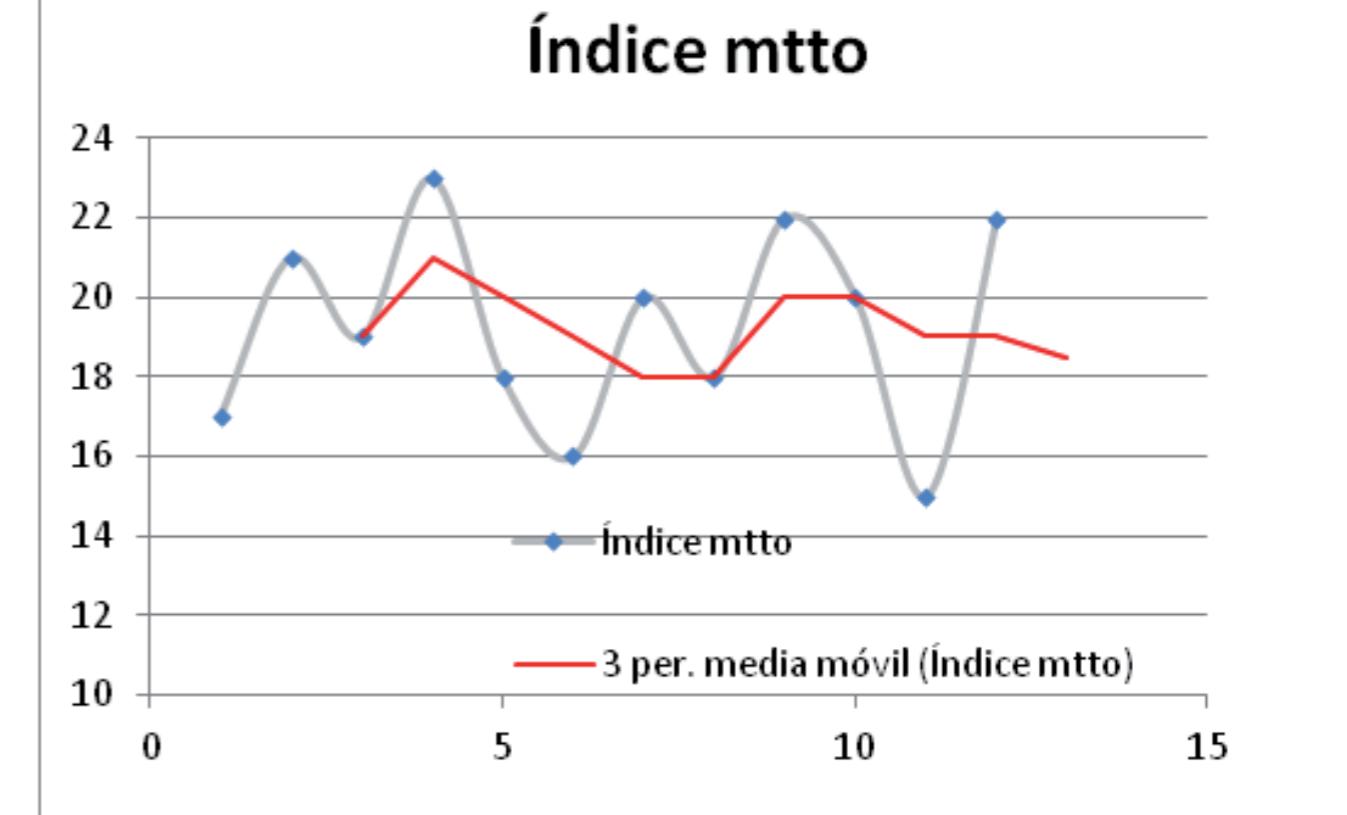
$$m(x_t) = \frac{x_{t-1} + x_t + x_{t+1}}{3}$$

que aparece el resultado en la columna "promedio móvil". El "error" se calcula como la diferencia modular entre el índice de mantenimiento que se determina y el que se calcula.

$$|I - I_{calc}|$$

Después el error se eleva al cuadrado, y si se hicieran varias proyecciones, por ejemplo, de orden 4, 5, etc.; entonces se selecciona la de menor magnitud como el mejor ajuste.

Con la grafica siguiente.



Donde se observa el ajuste de la media móvil de orden 3, que atenúa las fluctuaciones dejando en un mínimo, el comportamiento oscilante de la serie.

La **estacionalidad** de una serie puede ser analizada con el concepto de **función de auto correlación**. La función de auto correlación mide la correlación entre los valores de la serie distanciados un lapso de tiempo de magnitud k .

La fórmula del coeficiente de correlación simple, dados N pares de observaciones y, x :

$$r = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

A este coeficiente lo denominaremos coeficiente de autocorrelación de orden 1 y lo denominamos como r_1 . Análogamente se pueden formar parejas con puntos separados por una distancia 2, es decir $(x_1, x_3), (x_2, x_4)$, etc. y calcular el nuevo coeficiente de auto correlación de orden 2.

De forma general, si preparamos parejas con puntos separados una distancia k , calcularemos el coeficiente de auto correlación de orden k . Se puede calcular un error estándar y por tanto, un intervalo de confianza para el coeficiente de auto correlación.

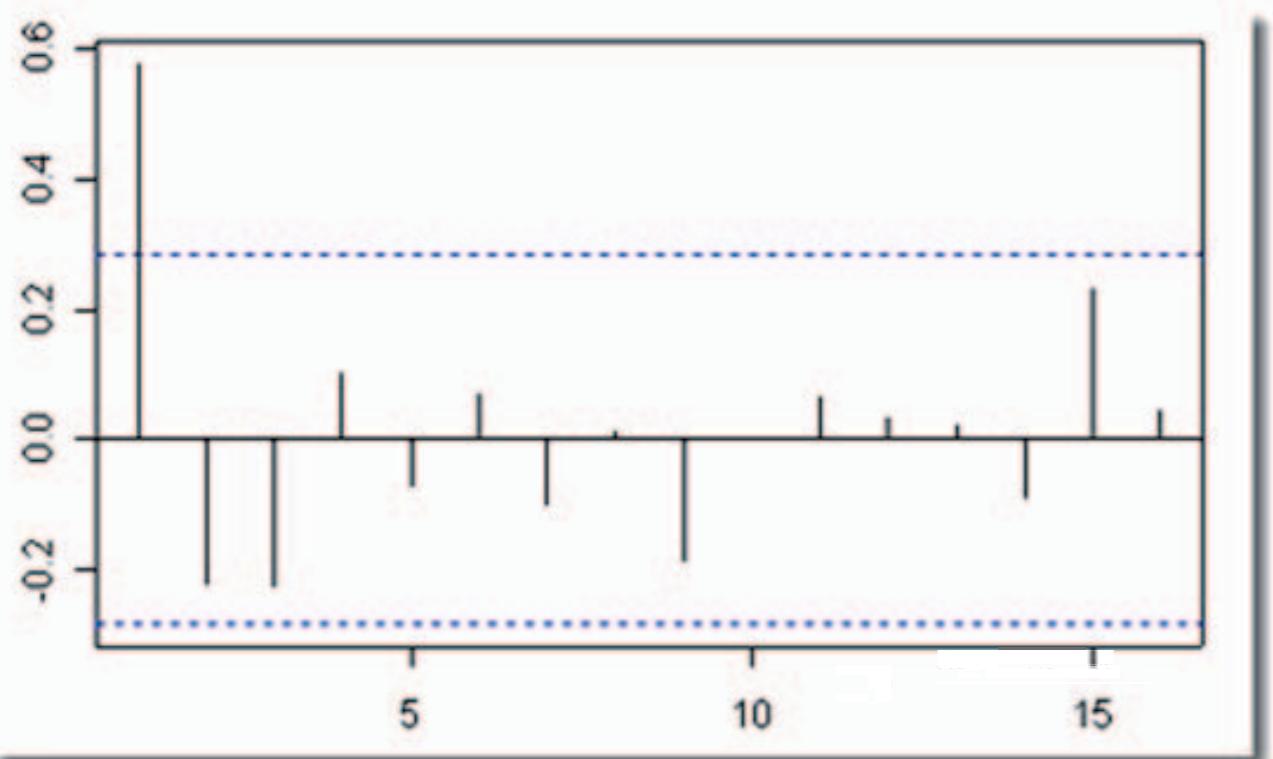
La función de autocorrelación es el conjunto de coeficientes de auto correlación r_k desde 1 hasta un máximo que no puede exceder la mitad de los valores observados, y es de gran importancia para estudiar la estacionalidad de la serie. Si ésta existe, los valores separados

entre sí por intervalos iguales al período estacional deben estar correlacionados de alguna forma.

Es decir que el coeficiente de auto correlación para un retardo igual al período estacional debe ser significativamente diferente de 0.

Relacionada con la función de auto correlación tenemos la función de autocorrelación parcial. En el coeficiente de auto correlación parcial de orden k , se calcula la correlación entre parejas de valores separados esa distancia pero eliminando el efecto debido a la correlación producida por retardos anteriores a k .

Una gráfica mostrando esta función de correlación parcial es la siguiente:



Observe que se han añadido los intervalos de confianza para ayudar a detectar los valores significativos y cuya posición en el eje X nos indicará la probable presencia de un factor de estacionalidad para ese valor de retardo.

Este tipo de análisis es muy útil para el tratamiento de señales portadoras de información con valor de diagnóstico puede ser realizado con software de estadística avanzada como el SPSS, o con la versión freeware (gratuita) del Empiricus.

En la Web aparecen los enlaces siguientes:

[- http://spss.com/es/](http://spss.com/es/)

para el SPSS en su versión más actualizada y

[-http://personales.unican.es/gallegoj/empiricu/](http://personales.unican.es/gallegoj/empiricu/)

para el Empiricus, Freeware especializado en la econometría y el procesamiento de series temporales.

En un próximo artículo se analiza ejemplos de estos datos en el mantenimiento industrial y se usan como herramienta para la toma de decisiones.

(*) Este artículo es parte del libro "Haciendo trabajar el Análisis de Vibraciones" de O.Aguilar, Diaman Consulting Services

Omar Aguilar Martínez
Ph.D, Ciencias Físicas



Consultor, Investigador en Universidades Chilenas, Consultor Internacional Certificado en la Academia de Ciencias de Budapest, Hungría, (Mantenimiento Predictivo para la industria, Profesor de la Facultad Tecnológica, USACH, Consultor de Empresas Industriales, Diaman Consulting Services, e-mail: diaman.consulting@gmail.com, SKYPE: diaman.consulting

Infórmate en www.pmmlearning.com
formacion@pmmlearning.com
tlf. +57 (1)6467430

PRÓXIMOS
CURSOS EN
COLOMBIA



Mantenimiento basado en condición "Ultra-
sonido, Aceite, Termografía y Vibración.

12 y 13
MARZO

Buenas prácticas para la Optimización de las paradas de
Planta "Auditoría de la Gestión, Optimización, Planificación
y Ejecución.

7 y 8
MAYO

Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55 "Certifica-
ción en Gestión de Activos Físicos IAM Course
(Institute for Asset Management)".

9, 10 y
11 MAYO

Aplicación de Buenas Práctica en el Monitoreo de Condición: Caso Ciclo Combinado

I-Introducción.

La visión tradicional del monitoreo y del diagnóstico industrial como una ayuda al mantenimiento está cambiando radicalmente. Hoy en día, el mantenimiento según condición se está convirtiendo en una poderosa herramienta de productividad, clave para enfrentar la creciente competitividad de mercados desreglados en expansión. Este cambio es parte de una transformación global que abarca toda la industria.

Según **Alvin Toffler**, el mundo de hoy se separa en dos: **los rápidos y los lentos**. En las economías rápidas, la tecnología avanzada, acelera la producción. Su ritmo viene determinado por el tiempo necesario para tomar decisiones y la velocidad con que fluyen datos, información y conocimientos. Estas economías generan riqueza más rápidamente que las lentas. Se adaptan mejor y aprovechan las oportunidades antes que las otras.

A medida que se extiende esta transformación, la estructura de costes de producción cambia radicalmente. En muchos sectores los costes de mano de obra empiezan a representar menos de un 10% de los costes totales. La competitividad no se puede basar ya en la mano de obra barata, sino en la capacidad y velocidad de respuesta. (Just in time y Mantenimiento según Condición, por ejemplo).

Este artículo combinamos las bases teórica con una estrategia práctica que revisa las implicaciones de esta transformación en el mantenimiento, y las oportunidades que una adecuada estrategia de mantenimiento

predictivo ofrece para mejorar la productividad y la competitividad.

2- Técnicas que Monitorean el Comportamiento Dinámico.

Estas técnicas se basan en que las fallas que se generan en una máquina o estructura provocan un cambio en su comportamiento dinámico. Las fallas generadas en los elementos rotatorios de una máquina generan fuerzas dinámicas que hacen vibrar la máquina en una forma tal que es indicativa de la falla que la genera.

Por ejemplo, una picadura en una pista de rodadura de un rodamiento, generará una fuerza dinámica (o de impacto) cada vez que un elemento rodante pase por el defecto. Esto hará vibrar la máquina con componentes a frecuencias múltiples de la frecuencia con que pasan los elementos rodantes por el defecto, lo que es característico de la falla.

Las fallas generadas en equipos estáticos que alteran localmente la rigidez y/o masa de la estructura, cambian sus frecuencias naturales y modos de vibrar. El monitoreo de estas magnitudes es usado para detectar en forma rápida, por ejemplo, grados de corrosión en chimeneas industriales, grietas en estructuras y fundaciones de máquinas o grados de desgaste del recubrimiento en molinos y estanques.

El análisis del ruido (ondas sonoras en el rango audible) de una máquina, como técnica de monitoreo de su con-

menos usada que el análisis de vibraciones debido a la interferencia entre el ruido directo de la máquina con el re-flejado en paredes y piso y con el proveniente de otras máquinas cercanas. Su principal aplicación es en el monitoreo de máquinas muy pequeñas donde no se podría ubicar un sensor de vibraciones, o donde la masa agregada por el sensor de vibraciones alteraría la dinámica propia de la máquina.

Otro campo de aplicación del análisis de ruido es el de monitorear su intensidad o nivel, con el objeto de evitar el daño auditivo a los trabajadores en el ambiente de trabajo.

El análisis del sonido ultrasónico (es decir, sobre 20.000 hz) fue usado en sus inicios para detectar fugas de aire, vacío y gas. Hoy día, se usa, además, en identificar fallas en trampas de vapor, asiento de válvulas, fugas en empaquetaduras, mal funcionamiento de interruptores eléctricos, ruido en engranajes y para detectar rozamientos. El análisis de ondas de esfuerzos a frecuencias muy altas (de 0.03 a 0.8 Mhz) es cada día más usado para detectar en forma incipiente problemas en rodamientos y engranajes en general. Ejemplo de ello son el análisis de impulsos de choque SPM (Shock Pulse Meter), el análisis de ondas de esfuerzos SWAN (Stress Wave Analyzer) y el análisis de emisiones acústicas.

3- Técnicas que Monitorean la Performance.

El monitoreo del comportamiento o performance de una máquina y/o de sus componentes es uno de los métodos más directos de monitorear su condición. La principal ventaja de estas técnicas es que es muy difícil

una falsa interpretación de ellas; es decir, cualquier desviación de la performance debe revelar la existencia de un problema real. Sus principales desventajas, cuando se monitorea la performance de una máquina completa, es que tiende a ser un método más bien insensitivo de detectar fallas incipientes. Deberán ocurrir daños apreciables en algunos componentes individuales de la máquina antes que ello se traduzca en efectos medibles en su performance.

Además del monitoreo de la Performance de la máquina total, se puede vigilar la condición mecánica de algunos de sus componentes monitoreando cómo realizan su función. Por ejemplo:

- Un filtro de aire sucio puede ser detectado controlando si se produce un aumento en la caída de presión a través del filtro.
- En un compresor, la temperatura del flujo de aceite en los sellos puede ser un indicativo de su desgaste. El desgaste del sello debería producir un mayor flujo de aceite y bajar su temperatura.
- Una tobera doblada en una turbina de gas puede ser detectada con el aumento de la temperatura de salida del gas.
- Problemas asociados con las aletas en un sistema de enfriamiento pueden ser detectados por el aumento de la caída de presión en la línea.



4- CASO DE APLICACIÓN PRÁCTICO:

Cambio de vibración periódico (Ciclo Combinado en configuración mono eje, 50Hz, 380MW).

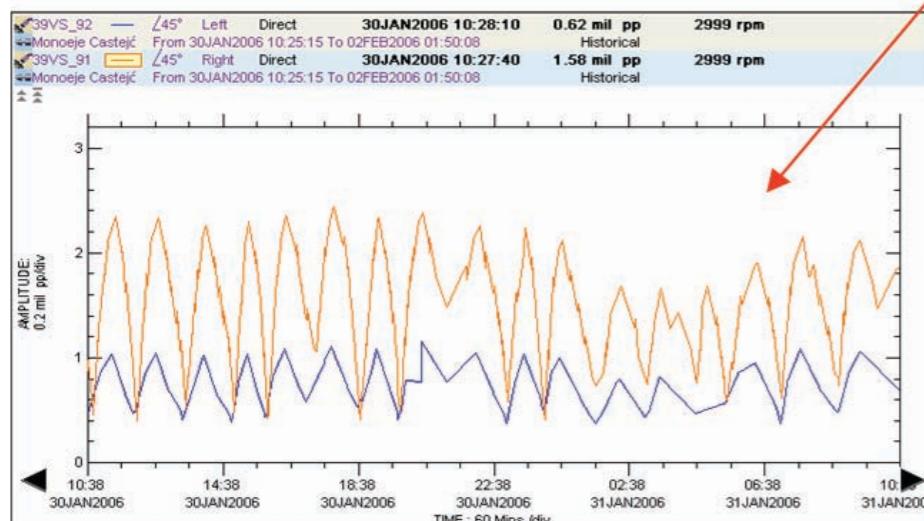
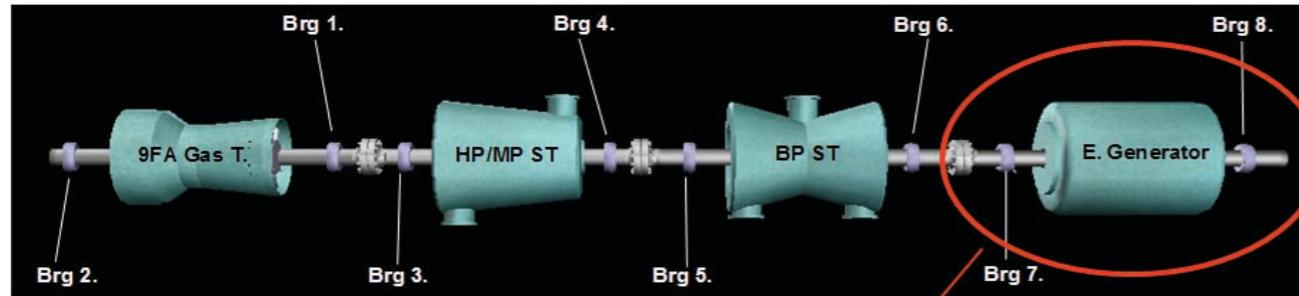


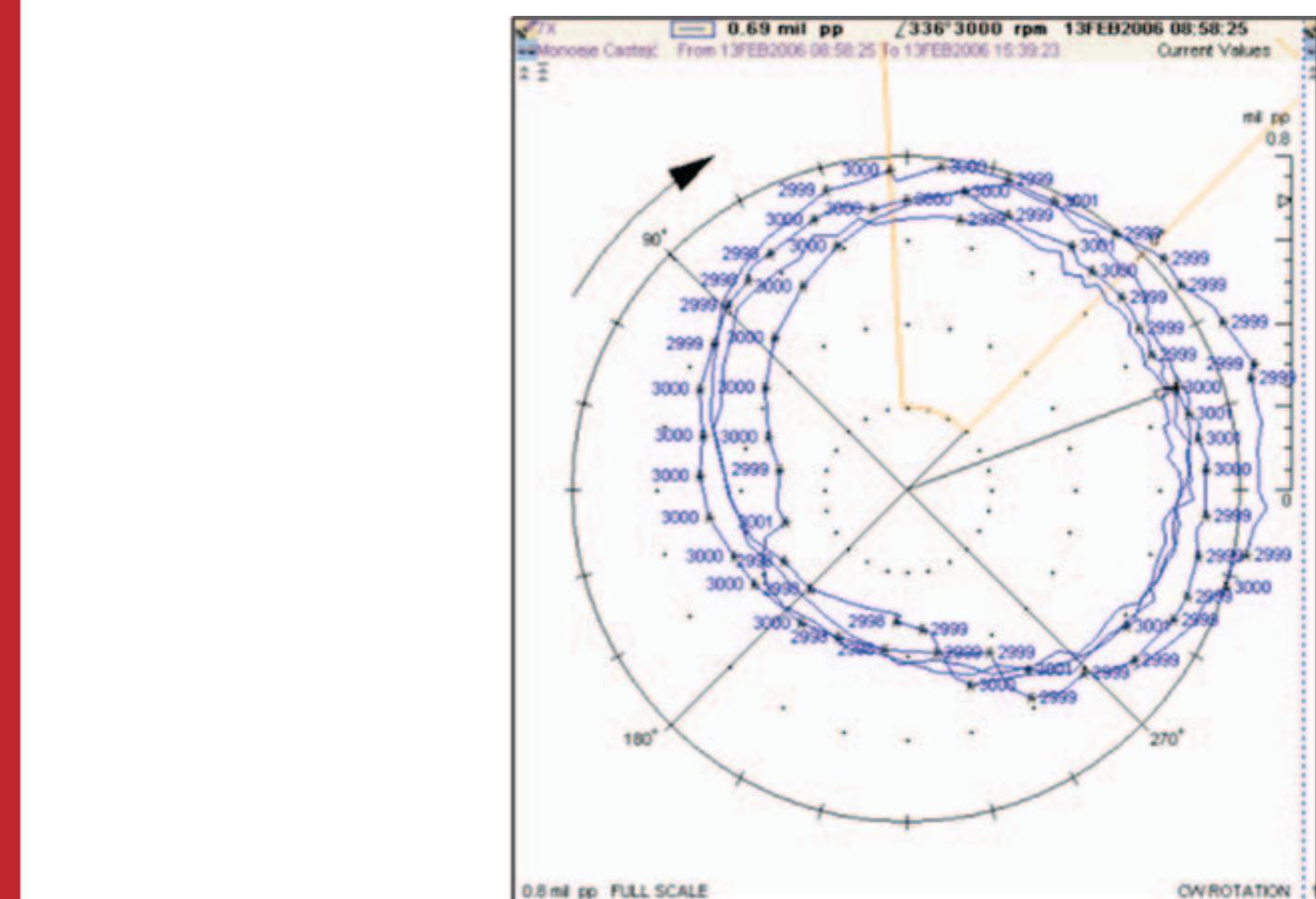
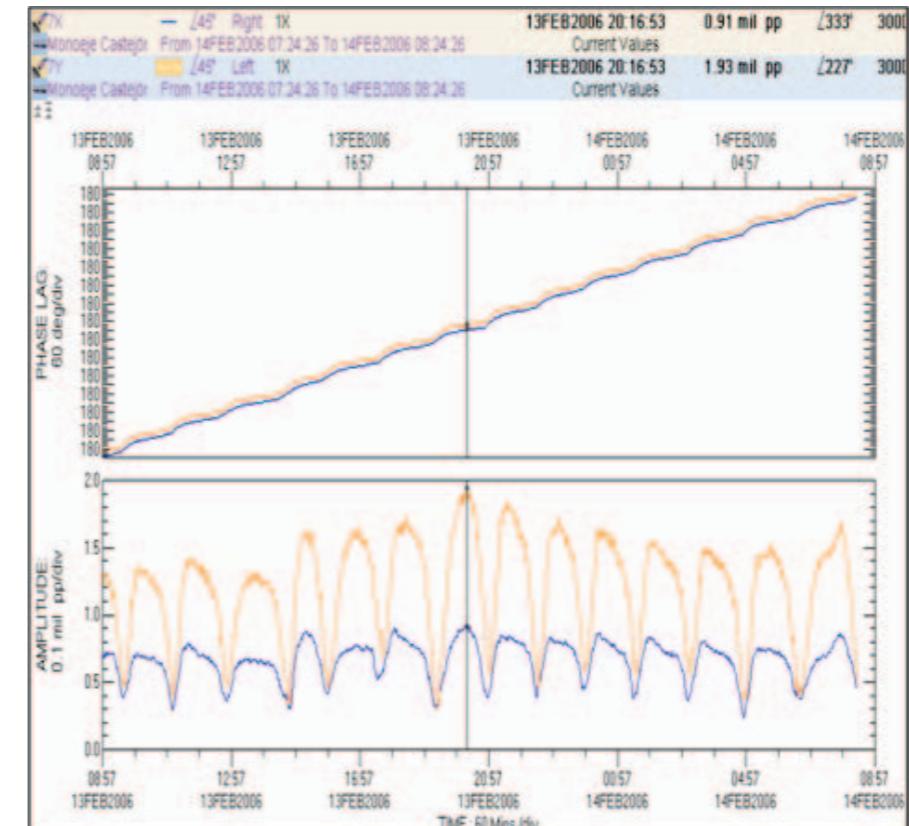
Figura 1. Conjunto Turbina Generador.

Para un buen análisis de vibraciones es necesario tener en cuenta los cambios de comportamiento y no sólo guiarnos por unos niveles de alarma, ya que como podremos ver en el siguiente caso real, los niveles de amplitud están dentro de los límites aceptables.

Revisando la tendencia de la vibración se aprecia, principalmente en el cojinete 7 del generador, que la amplitud de la vibración

oscila entre 0,5 y 2,5 mils, aunque esta oscilación es apreciable a lo largo de todo el tren de máquina. (Nivel de alarma 6,5 mils.)

Los cambios de vibración son principalmente en la componente IX a 50Hz, cambiando tanto la amplitud como la fase, siendo esto un claro síntoma de roce cercano al cojinete 7.



El personal de O&M de la central informa que se habían instalado un juego de escobillas nuevo de puesta a tierra del rotor.

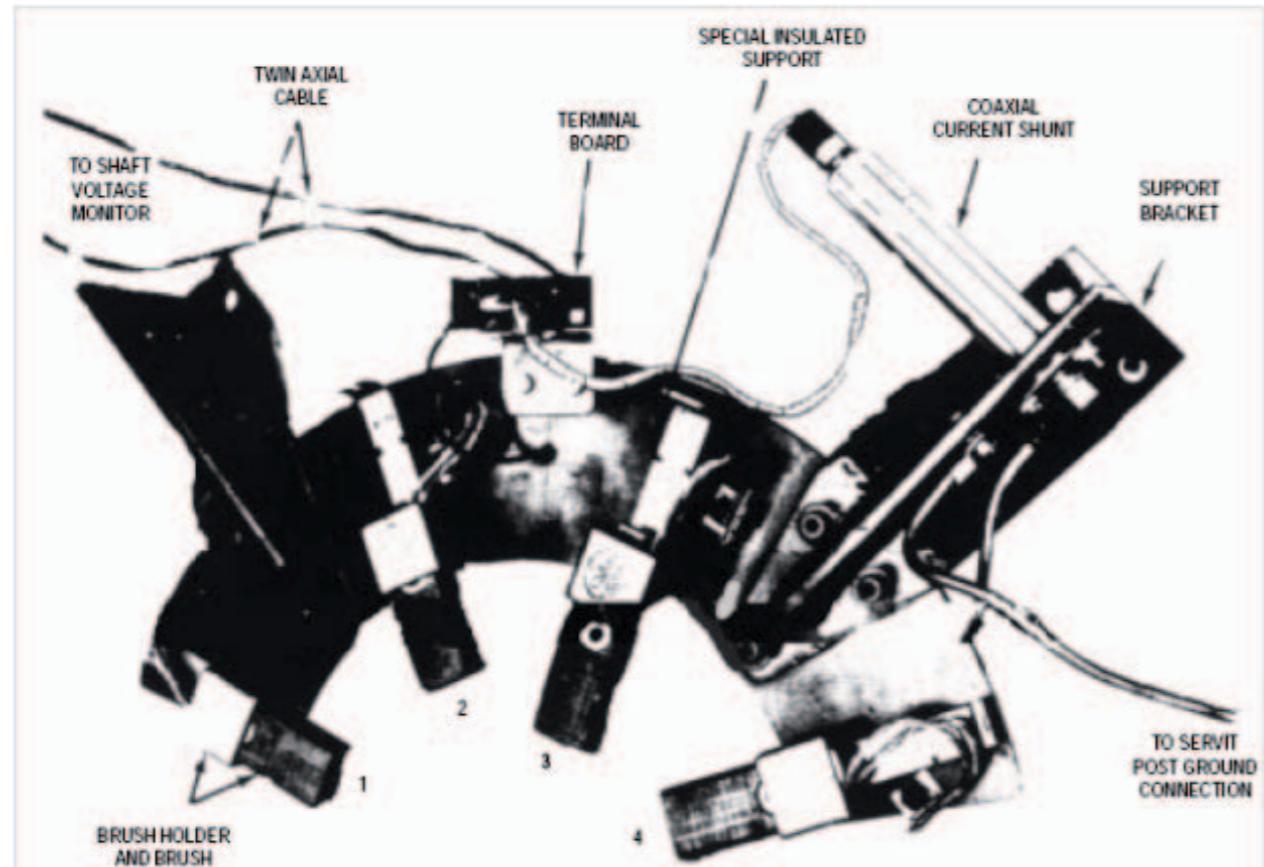
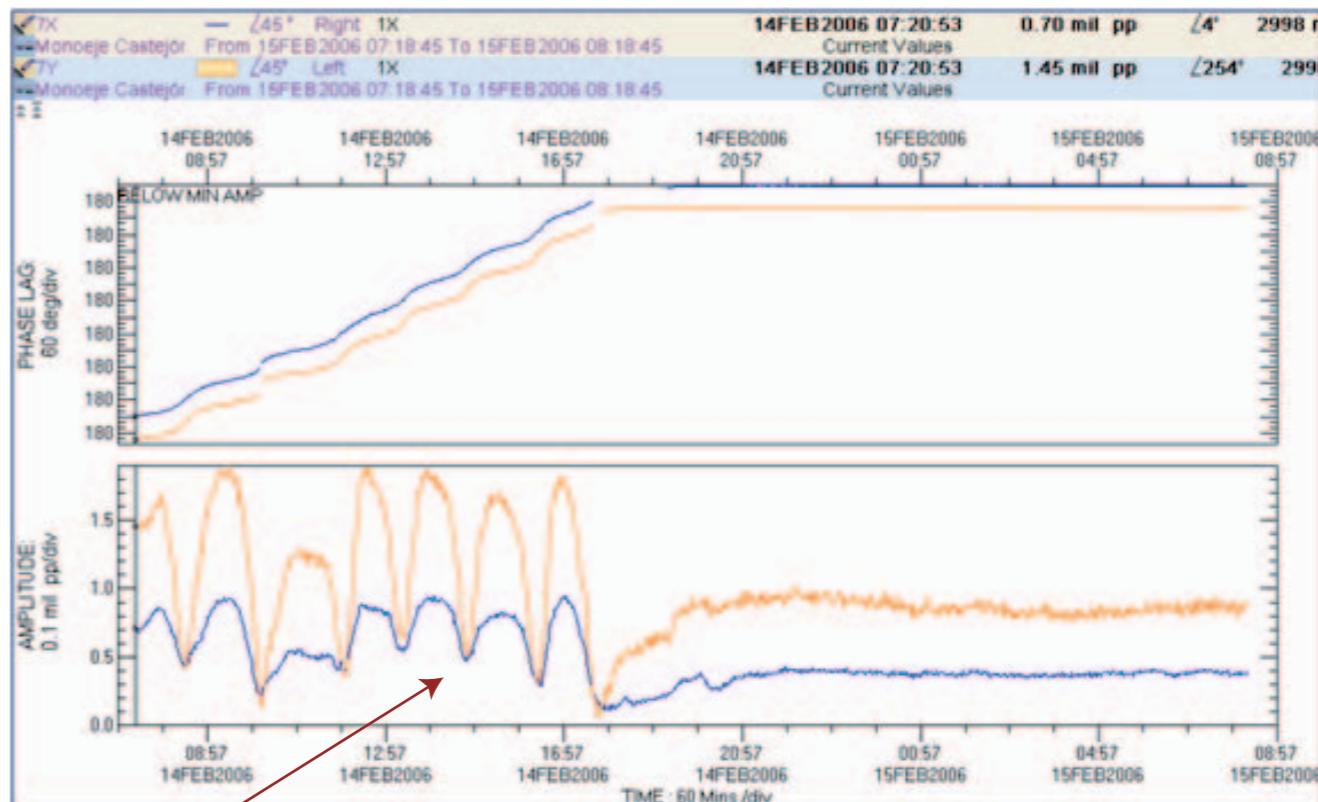


Figura 2. Esquema de las escobillas de puesta a tierra del rotor y su soporte.



Debido a las altas vibraciones del soporte de escobillas y a un incremento considerable de temperatura se decide volver a montar el juego original de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Figura 3. Foto de las escobillas de puesta a tierra del rotor y su soporte.



Retiradas las escobillas que provocaban el roce, se comprueba que la referencia suministrada por el fabricante es errónea, siendo de una dureza mayor a la recomendada.

5- Buenas Prácticas

El roce ha desaparecido definitivamente al montar las escobillas originales.

Esto nos enseña que no es bueno fiarse de los repuestos recibidos, aunque sean originales, ya que los fabricantes también se confunden y por ello es necesario comprobar todos los repuestos nada más recibirlos. En este caso el error fue un cambio de referencia del producto, suministrando el fabricante escobillas de mayor dureza a las recomendadas.



Gustavo Gómez Doncel,
Ingeniero T. Industrial Mecánica
Universidad Politécnica L.A., Zaragoza

Máster Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico por la Universidad de Sevilla. ISO 18436-2 Certified Vibration Analyst Category III, Desde 2002 trabajo en Servicios Técnicos de IBERDROLA, como Responsable Nacional de Vibraciones.
e-mail: gagomez@iberdrola.es



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

Titulado en Estados Unidos y Europa, IPMA B – Certified Senior Project Manager. Consultor Industrial e Investigador del PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España. Cuenta con una dilatada experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica, Energía renovable (Eólica) y empresas de manufacturas, Minería.
e-mail: luigi@pmmlearning.com

Beneficios del monitorizado de condición.

El moderno enfoque del mantenimiento hacia la fiabilidad y la optimización de los modelos de mantenimiento y gestión de activos industriales, han reconocido la eficacia del Mantenimiento Preventivo Basado en Condición o Mantenimiento Predictivo como pilar básico en el seguimiento de las mejores prácticas.

Desde otro punto de vista la visión actual está cambiando desde aquella en que el mantenimiento se veía como un puro centro de costes hacia otra en que se ve como lo que realmente es si se siguen dichas mejores prácticas en los procesos: **Un centro de beneficio**.

Al mismo tiempo, hoy no nos preocupamos tanto de proteger la máquina de posibles daños por averías como de proteger su función, es decir garantizar su fiabilidad para alcanzar el mayor aprovechamiento de planta y de su capacidad de producción y todo ello con



el menor costo posible a lo largo del ciclo de vida del activo.

El Mantenimiento Predictivo desde su aparición en el año 1952, ha demostrado su eficacia para vigilar la salud de la máquina y garantizar el cumplimiento de su función.

La herramienta fundamental en el Mantenimiento Predictivo es el monitorizado de condición es decir, la utilización de alguna técnica que permita llevar a cabo un seguimiento de diferentes variables indicadoras del estado de salud del activo.

En los inicios del Mantenimiento Predictivo, la técnica utilizada era la vibración y se aplicaba casi exclusivamente a máquinas rotativas a fin de protegerlas de daños por averías imprevisibles.

Hoy, con el moderno enfoque que mencionábamos más arriba, nos preocupan otros factores que no sólo afecten al daño en la máquina y sus elementos constituyentes sino que puedan afectar a la seguridad (personal o medioambiental) o que puedan tener una seria incidencia en la producción o en un consumo energético excesivo.

Así, el control de la energía consumida se convierte también en un objetivo del mantenimiento predictivo.

Conocemos el caso en que una disminución en los niveles medios de vibración de los equipos de una planta de generación eléctrica, contribuyó a una reducción de un 2% en el consumo específico de la planta que traducido a euros de hoy (para una pequeña central de 80 Mw) conduciría a un ahorro de 1.250.000 €/año.

Pero la vibración no es la única técnica que debemos utilizar en un correcto programa de Mantenimiento Predictivo, puesto que existen modos de fallo en los activos que no pueden ser detectados monitorizando la vibración.

Entre las varias técnicas utilizadas analizamos en este artículo la de Captación de Ultrasonidos.

La detección de ultrasonidos en el aire “airborne ultrasound” (que no debemos confundir con la aplicación del ultrasonido pulso-eco utilizado en NDT) se lleva a cabo con instrumentos que permiten al oído humano “escuchar” sonidos que se producen en frecuencias muy altas (a partir de 20 KHz) que sin ayuda de estos instrumentos sería imposible oír. Una de las aplicaciones más inmediatas de la técnica es la detección de fugas en líneas de fluidos bajo presión.



Uno de los fluidos de utilización en prácticamente todas las plantas industriales y más caros de producir es el aire comprimido.

Si analizamos los costes en el ciclo de vida de una instalación de aire comprimido podremos ver que la distribución es la que se muestra en el gráfico siguiente:

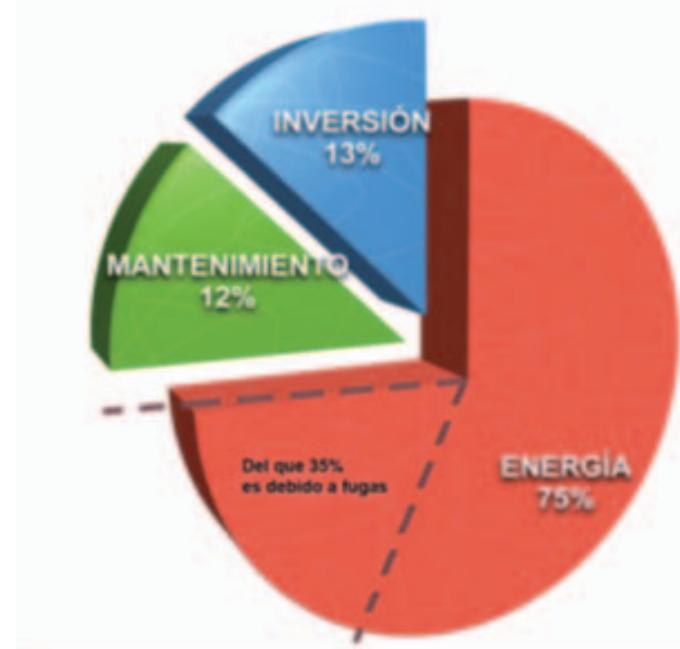


Gráfico I

Pero lo más sorprendente es que un 35% de ese coste es debido a fugas que se producen en el sistema ya sea en tuberías, racores de conexión, utilaje, etc.

Así vemos que un 13% del coste corresponde a la inversión inicial en equipo e instalación.

Un 12% sería el coste del mantenimiento durante el ciclo de vida mientras que el mayor coste.

Un 75%, corresponde al consumo de energía del motor que mueve nuestro compresor.

El costo anual de la energía lo podemos calcular mediante la expresión:

$$\text{Costo anual de energía: } \frac{[\text{Potencias(Kw)}] \times [\text{Costo} \left(\frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right) \times [\text{Nº Horas}]]}{[\text{Rendimiento del motor}]}$$

Si consideramos un motor de 200 Kw, y un precio de 0,09 / Kw/h, el costo anual de la energía para mantenerlo en funcionamiento continuo sería:

$$\frac{[200 \text{ Kw}] \times [0,09 \text{ €/Kw/h}] \times [8.760 \text{ hr/año}]}{[0,98]} = \frac{157.680}{0,098} = 160.898 \text{ €}$$

Por otro lado sabemos que con un motor de 200 Kw. produciremos alrededor de 40 m³/min. de forma que consumiremos 8 Kw. para producir un sólo m³.

De donde:

$$[8 \text{ Kw}] \times [0,09 \text{ €/Kw/h}] / 60 = 0,012 \text{ € / m}^3$$

Es decir, el coste por m³ generado con un motor de 200 Kw. será de 0,012 €.

O lo que es lo mismo 1000 m³ de aire comprimido costarán 12 €.

Basado en todo lo anterior podemos ver en la tabla siguiente que para el supuesto considerado, el costo anual que supondría una fuga a través de un agujero de diámetros entre 1 y 3 mm. y para unas presiones de servicio de 7 ó 12 Bar.

Costo anual por fugas de aire comprimido

Diámetro agujero en mm	Presión (Bar)	Pérdida de aire m ³ / mm	Pérdida de aire Litros/ hora	Precio costo aire (€/1000m ³)	Costo/ Año €
1	7	0,061	3646	12	383
1	12	0,101	6034	12	634
1,5	7	0,137	8203	12	862
1,5	12	0,226	13576	12	1427
2	7	0,243	14582	12	1533
2	12	0,402	24134	12	2537
2,5	7	0,380	22785	12	2395
2,5	12	0,629	37710	12	3964
3	7	0,547	32810	12	3449
3	12	0,905	54302	12	5708

FUENTE: SDT (Belgium)

La experiencia determina que en cualquier circuito de aire comprimido existen no una sino varias fugas no detectables por otro medio ni procedimiento que no sea una inspección del circuito llevada a cabo con un equipo de captación de ultrasonidos.

Sólo diez fugas a través de orificios de 2 mm. de diámetro en una línea de 12 bares de presión darían lugar por tanto a un **costo anual por pérdida de energía de 25.370 €** que si somos capaces de detectar y corregir, conducirían a la misma cantidad ahorrada en el período de un año.

Evidentemente, de este ahorro habrá que deducir el costo del equipo de medida necesario y de la mano de obra del técnico dedicado a las inspecciones.

Si el costo del equipo es de 6.000 € y consideramos un plazo de amortización de 4 años implicará un costo anual a imputar, de **1.500 €/año**.

La hora de un técnico que tuviera unos ingresos de 30.000 €/año tendría un costo de 26 €/hora.

Para las inspecciones no serán necesarias (para una planta de tamaño medio) más de 16 horas/mes.

En nuestro supuesto, el costo de la mano de obra para la inspección sería por tanto:

$$16 \text{ horas} \times 12 \text{ meses} \times 26 \text{ €/hora} = 4.992 \text{ €/año}$$

Así, el **costo/año total de utilización** de la técnica sería $1.500 + 4.992 = 6.492 \text{ €/año}$.

Deduciendo este costo (6.492 €) del ahorro bruto obtenido (25.370 €) tendremos un beneficio neto anual de 18.878.



Aplicando los cálculos anteriores a un reciente caso de una inspección llevada a cabo por nuestra empresa en una planta del sector alimentario de nuestro entorno en la que se analizaron y cuantificaron fugas en tres compresores ubicados en las que denominaremos **áreas A y B de la planta**.

El resultado de la inspección llevó a detectar una pérdida de 19.151 €/año que, una vez detectados y eliminados los puntos de fuga se transformó en un ahorro de 19.151 €/año.

No cabe duda de que la aplicación de las buenas prácticas en mantenimiento, la utilización allí donde sea posible del Mantenimiento Predictivo y su herramienta el Monitorizado de Condición ayudan a convertir el Mantenimiento en un centro de beneficio (y no de costos) para la compañía.



José Pedro Rayo Peinado

Ingeniero Consultor en Mantenimiento y Fiabilidad. Director del Área de servicios de Fiabilidad en la compañía Preditec/IRM.

Con sus ya más de 33 años de experiencia en el ámbito del Mantenimiento Predictivo, con un enfoque hacia la fiabilidad, es considerado por muchos como el "introduction" del Mantenimiento Predictivo en España.

¿CONOCES TODO EL CONTENIDO DE NUESTRA WEB?

PMM Business School

Tu escuela de negocios con enfoque emprendedor.



Boletín

Enterate de todas las noticias y eventos de PMM.

Regístrate

Impieza a disfrutar de todas las ventas.

MBA + Máster

Artículos

Descubre cada semana un artículo nuevo con contenido de actualidad.

Revista

Descargate nuestra revista gratuitamente.

Entrá en

www.pmmlearning.com



Monitoreo de la Condición

de los Activos Físicos Alineados a la PAS 55 – ISO 55000 (Asset Management)

I- Introducción.

La implementación de técnicas y herramientas de Monitoreo de la Condición de los Activos Físicos Alineados a la PAS 55 (Asset Management), contribuyen con la optimización de las tareas de mantenimiento en plantas industriales. Hoy en día, es una de las razones para que las empresas realicen investigaciones en el mejoramiento continuo de sus instalaciones, y garantizar así la continuidad operativa de los procesos buscando el coste beneficio de la inversión.

En la actualidad uno de los grandes retos que están afrontando las organizaciones independientemente del tamaño, es la reducción en el coste del mantenimiento. La industria está en una encrucijada, los usuarios están bajo presión para aumentar la rentabilidad de las inversiones y a la vez mejorar la productividad de las organizaciones. Muchas empresas están revisando sus organizaciones y procesos para conducirlos a la implementación de metodologías y modelos alineados a los estándares y normas (PAS 55 – ISO-55000) lo que muchas veces implica acabar con estructuras tradicionales en busca de mayor productividad y definitivamente la reducción de los costes del mantenimiento de activos.

Durante años las empresas han realizado mantenimientos a sus equipos; de forma que sus grupos de mantenimiento y producción desmontan los equipos para su reparación en cada mantenimiento mayor (Overhaul) o Paradas de Planta (Turnaround). La razón por la cual hacen esto, es porque no pueden diagnosticar cuáles de los activos necesitan bajarse y repararse.

2- Monitoreo por condición.

Monitore (monitoring) es la medición de una variable física que se considera representativa de la condición del equipo y su comparación con valores que indican si el equipo está en buen estado o deteriorado. Los objetivos del monitoreo por condición es indicar cuándo existe un problema, para diagnosticar entre condiciones buena y mala; y si es mala indicar cuán mala es.

Evitando fallos catastróficos, diagnosticar fallos con problemas específicos, pronosticar la vida útil y cuánto tiempo más podría funcionar el equipo sin riesgo de fallo. Esta técnica permite el análisis paramétrico de funcionamiento cuya evaluación permite detectar un fallo antes de que tenga consecuencias más graves.

En general, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, para así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características del mantenimiento por condición es que permite realizar el diagnóstico sin parar los activos. La inspección de los parámetros se pueden realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiere realizar.

3- Aplicación en sistemas expertos.

En el campo del monitoreo por condición los sistemas expertos Figura 1. se utilizan fundamentalmente como herramientas de diagnóstico. Se trata de que el programa pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer. Así, usando un modelo computacional del razonamiento de un experto humano, proporciona los mismos resultados que alcanzaría dicho experto.

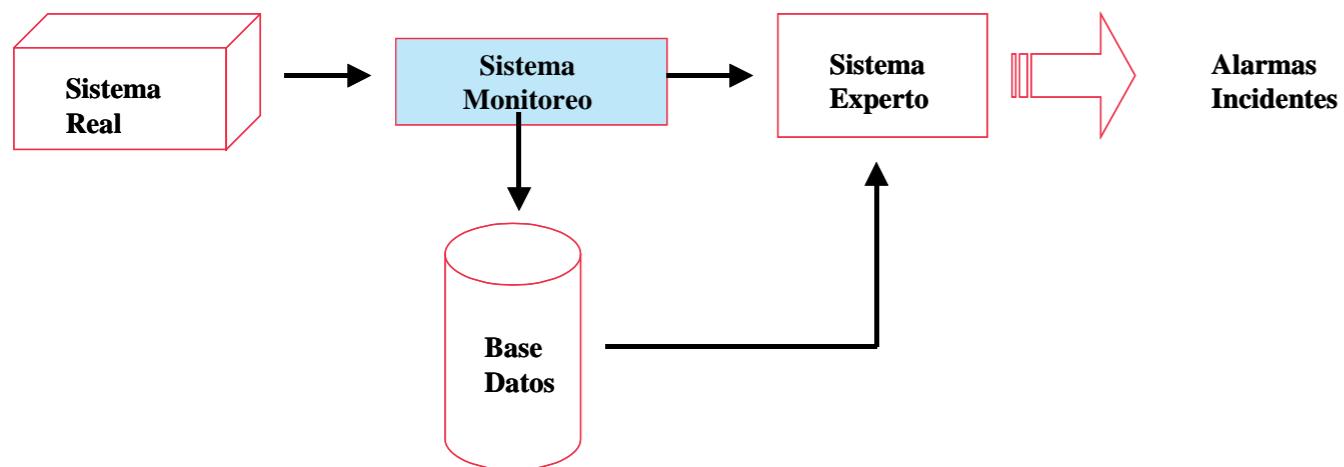


Figura 1. Sistema Experto Monitoreo por Condición (Amendola.L, 2003).

4- Beneficios del monitoreo por condición.

Una forma en la que se podría intentar evaluar los ahorros que se obtendrían al implementar una estrategia de mantenimiento de monitoreo por condición, es confeccionando una lista de las detenciones realizadas y fallos detectados producidos en los últimos años en conjunto de equipos con sus causas.

4.1- Con esto se podría determinar:

- Cuáles intervenciones podrían haber resultado más económicas si se hubiera detectado el fallo en una etapa más incipiente, evitando que la máquina funcionara hasta la rotura.

- Qué averías podrían haber sido reparadas más rápidamente si se hubiese conocido bien, antes de abrir la máquina, cuál era el elemento defectuoso.
- Cuáles serían los ahorros si después de efectuado un mantenimiento se controla la calidad del mantenimiento realizado. Para esto se evalúa la condición mecánica en que quedó la máquina a través del análisis de las mediciones realizadas inmediatamente después de la reparación. Las técnicas actuales del mantenimiento permiten verificar si un elemento reemplazado quedó disminuido debido a un procedimiento de montaje inadecuado (por ejemplo, un rodamiento con sus pistas de rodadura sin dientes).



4.3 Los Objetivos del Mantenimiento según Condición.

- **Vigilancia de máquinas.** Indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- **Protección de máquinas.** Evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- **Diagnóstico de fallos.** Definir cuál es el problema específico.
- **Pronóstico de la esperanza de vida (LCC).** Estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de fallos catastróficos.

La finalidad del monitoreo según condición (Condition monitoring) es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

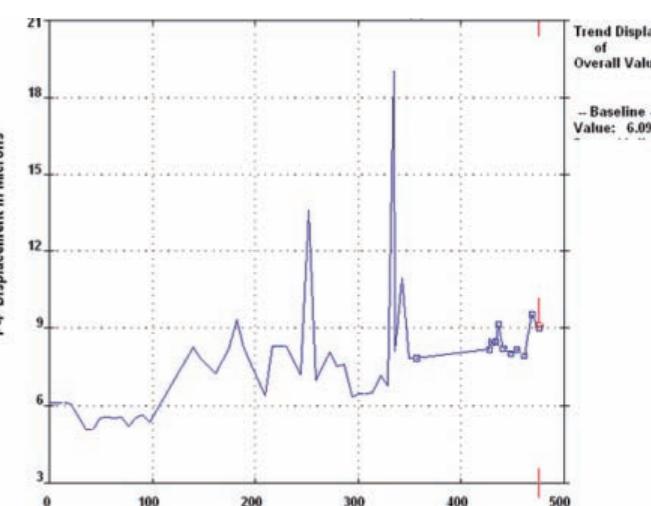


Figura 2. Ejemplo de un espectro de señales de un equipo rotativo.

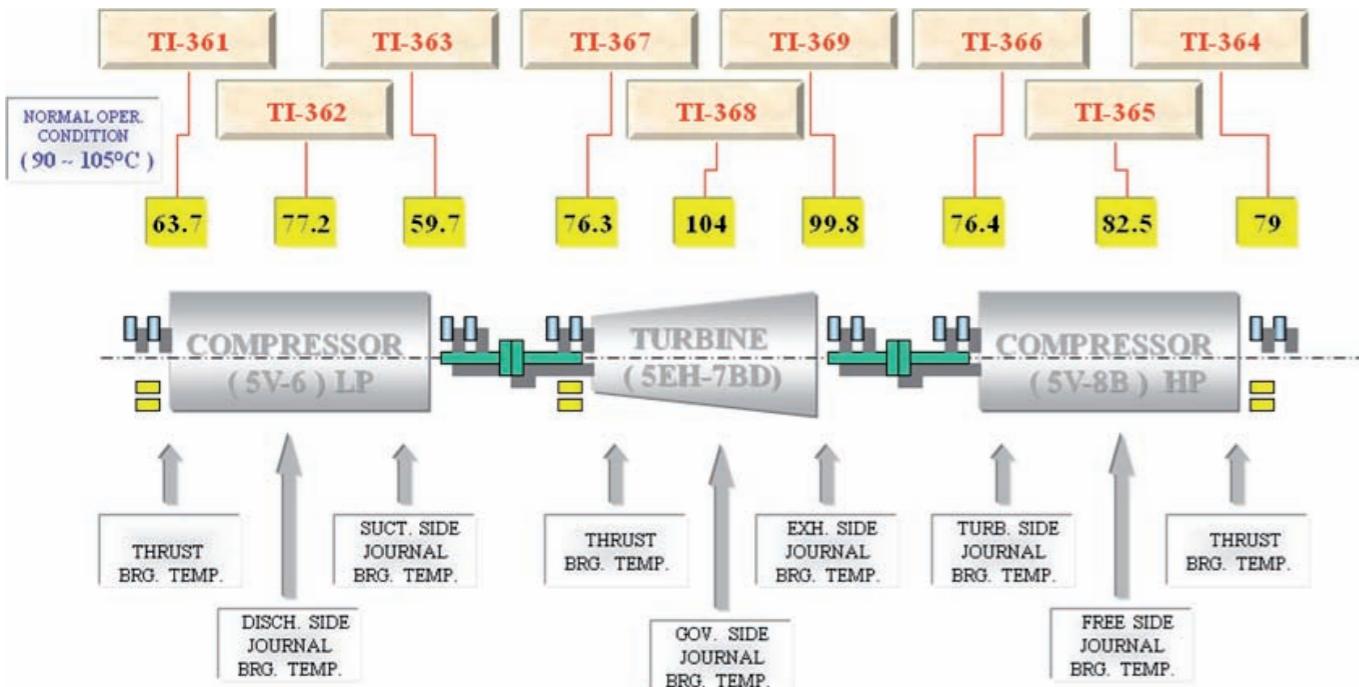


Figura 3 . Ejemplo de un esquema puntos de medición de un equipo rotativo.

5- Monitoreo de la condición alineado a la PAS 55.

La PAS 55 dentro de sus 28 requerimientos Figura 4; en el requerimiento **4.5 Implementación de los Planes de Gestión de activos**, plantea que durante la utilización de los activos, se debería tomar en cuenta cómo se definen, documentan y comunican los criterios de operación, así como también como se controlan y se monitorean.

Los ejemplos incluyen el uso de restricciones temporales de velocidad en una red de ferrocarriles, la especificación y el monitoreo de temperatura y rango de presión óptimos en un proceso químico, o la ilustración ambiental y las condiciones de temperatura de los edificios de oficinas. Es importante que los parámetros y controles operacionales sean considerados

y gestionados en conjunto con los arreglos de mantenimiento (debido al impacto potencial del uso sobre las características de degradación de los activos, los riesgos de fallas y ciclos de vida de los activos).

Por ejemplo, si el tren de aterrizaje de un avión es mantenido de acuerdo a un programa relacionado con el número de aterrizajes, entonces las variaciones en el régimen de vuelo operacional necesitan ser reflejadas dentro del programa de mantenimiento de manera que las acciones y recursos relevantes de mantenimiento puedan ser ajustadas apropiadamente.

En el requerimiento **4.6 Mejora y Evaluación del Desempeño**, define que la organización deberá establecer, implementar y mantener procesos y/o procedimientos para monitorear y medir el desempeño del sistema de gestión de activos, y el desempeño y/o condición de los activos y/o sistemas de

activos, específicamente en los apartados de la PAS 55 4.6.1 y 4.6.2. Los procesos y/o procedimientos que deberán suministrar para su consideración.

Un monitoreo reactivo para identificar no conformidades pasadas o existentes en el sistema de gestión de activos, y cualquier deterioro, fallas o incidentes relacionadas al activo.

Un monitoreo proactivo para buscar aseguramiento de que el sistema de gestión de activos y los activos y los sistemas de activos estén operando de la forma en que están requerida. (Monitoreo de Diagnóstico y Condición).

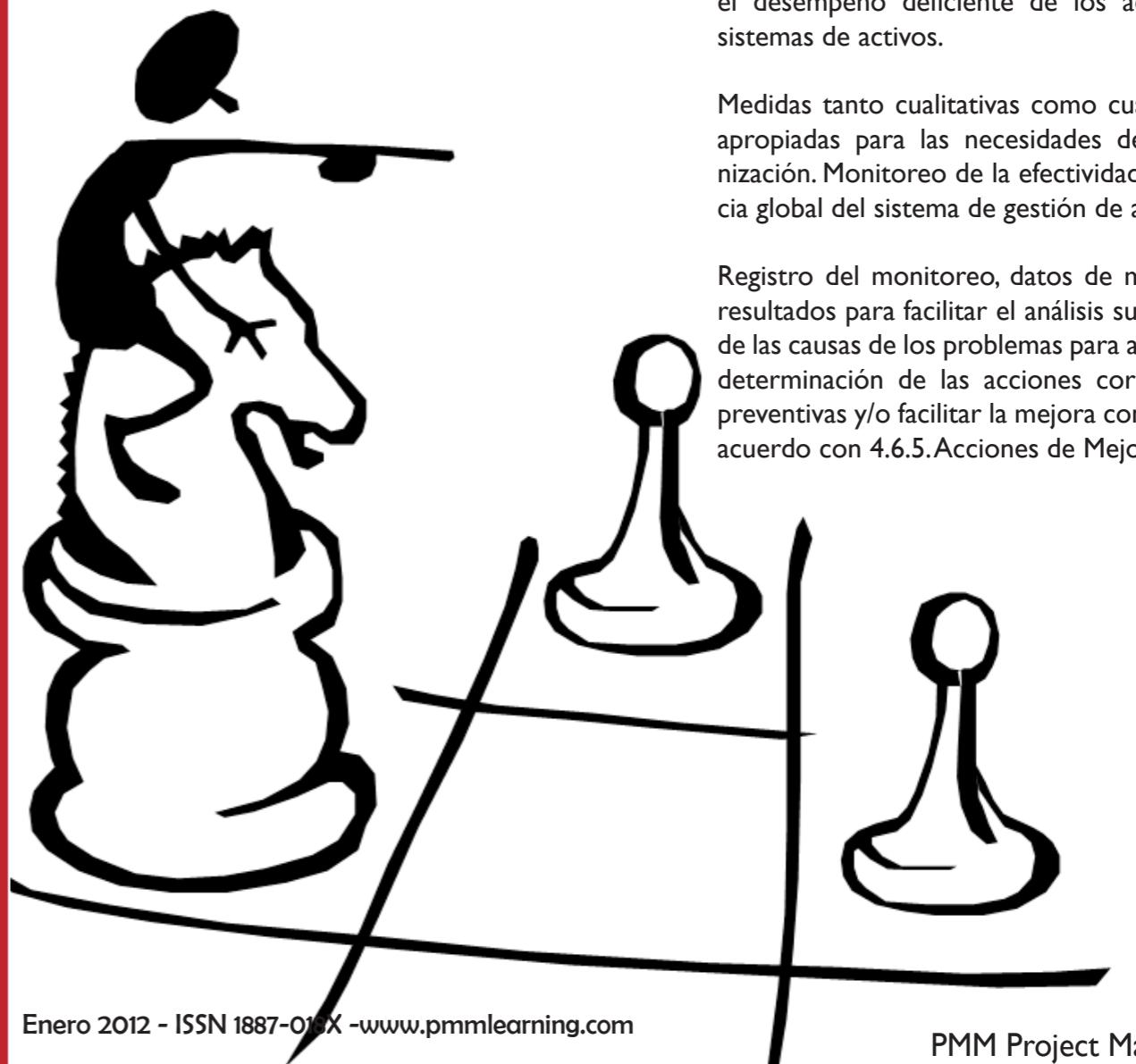
Esto deberá incluir el monitoreo para asegurar que la política, estrategia y objetivos de gestión de activos sea cumplida, que el plan o planes de gestión de activos sea implementado, y que los procesos o procedimientos u otros arreglos para controlar las actividades del ciclo de vida del activo sean efectivos.

Unos indicadores de avance del desempeño para proporcionar advertencias de un no cumplimiento potencial con los requerimientos de desempeño del sistema de gestión de activos y/o los activos y/o los sistemas.

Unos indicadores de retraso del desempeño para permitir la detección de, y suministrar datos sobre, incidentes y fallas del sistema de gestión de activos, y para los incidentes, fallas o el desempeño deficiente de los activos y/o sistemas de activos.

Medidas tanto cualitativas como cuantitativas, apropiadas para las necesidades de la organización. Monitoreo de la efectividad y eficiencia global del sistema de gestión de activos.

Registro del monitoreo, datos de medición y resultados para facilitar el análisis subsiguiente de las causas de los problemas para asistir en la determinación de las acciones correctivas o preventivas y/o facilitar la mejora continua (De acuerdo con 4.6.5. Acciones de Mejora).



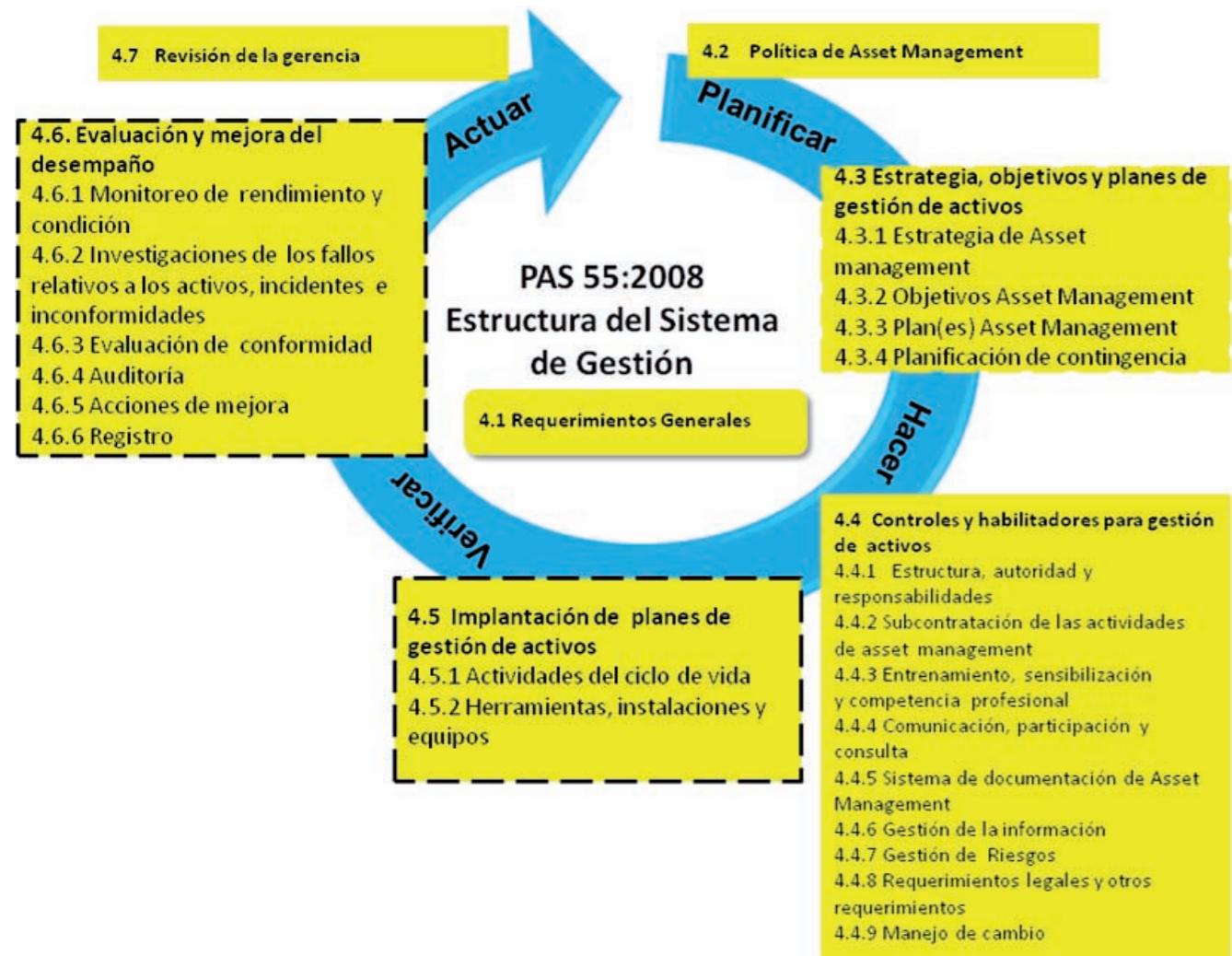


Figura 4.28 Requerimientos de la PAS 55.

6- Tecnología disponible.

6.1 Emerson Process Management

Esta tecnología es utilizada para en análisis de vibración, supervisión inalámbrica en línea, análisis de termografía, diagnóstico de motores y posibilidad de interconexión con sistemas de control de procesos industriales para gestión de activos.

Es una tecnología práctica y necesaria que proporciona resultados probados. De acuerdo a datos suministrados por Emerson Process Management el aumento en capacidad de la

producción aumenta en un 40 % al implementar esta tecnología, obteniendo una reducción significante en costes, gastos, desecho y energía, calidad del producto mejorado, seguridad y extensión de la vida útil de los activos.

Las plantas que adoptan estrategias de mantenimiento por monitoreo pueden reducir tiempo fuera de servicio significativamente debido al prevenir el fallo de la máquina. El mantenimiento por monitoreo aumenta la calidad del servicio, reduce los costes de mantenimiento, porque sabiendo de antemano cuando una máquina particular necesita reparaciones previene fallos catastróficos potenciales.

Emerson Process Management cuenta con el equipo (CSI 2130) Analizador de mantenimiento de las máquinas puede identificar rápidamente y con precisión el desarrollo de fallas en máquinas rotativas, y luego llegar a la raíz del problema. El CSI 2130 permite al personal de mantenimiento controlar más máquinas en menos tiempo, y centrar sus esfuerzos en el desarrollo de estrategias para la búsqueda de fallas y evitar paros de maquina; los datos y trabajos de mantenimiento se pueden cargar en un sistemas de gestión de activos y transferido a un EAM (Enterprise Asset Management).



6.2 GE - Bently Nevada Condition Monitoring (3500 Series System)

Este sistema supervisa las condiciones de la máquina a través de colectores de datos portátiles produciendo información online/offline unificada. También el sistema permite la supervisión de otros activos de las



plantas industriales como recipientes, tuberías, intercambiadores de calor, válvulas, instrumentos y virtualmente cualquier equipo para las que la información de la condición se desea. Su plan escalable le permite ser usado como sistema supervisorio para cada recurso de la planta, permite la comunicación con sistemas EAM (Enterprise Asset Management), Sistemas de Control de Proceso, Hojas de Cálculo, Bases de Datos y Software de Instrumentación.

6.3 Rockwell Automation Condition Monitoring

La Serie XMTM ofrece módulos de medición, relés y puertas de enlace para montaje sobre raíl DIN, distribuidos sobre un bus DeviceNet estándar de tipo industrial. Esta unidad está diseñada para proteger elementos clave de fallos catastróficos, reducir los costes de mantenimiento, utilizar la "Capacidad predictiva" para mejorar la planificación de la producción, mejorar la OEE, RONA, la gestión de inventarios y la calidad del producto. La Serie XMTM permite el montaje de los módulos cerca de la máquina, minimizando gastos en cableado y su complejidad, incluyendo temperatura dinámica y procesos. Se integra en plataformas Linx, Logix y View, ofreciendo información clave al personal adecuado en tiempo real, al mismo tiempo que se reducen los costes de instalación. No tiene las limitaciones de los sistemas dedicados tradicionales; es de mantenimiento sencillo y entre sus opciones se incluyen capacidad de sustitución en caliente, bases de terminales independientes y módulos multiusos.



6.4 SKF Condition Monitoring Microlog CMXA 51-IS - ATEX

El CMXA 51-IS, es un equipo portátil y robusto, intrínsecamente seguro y de mano que permite la recopilación de datos sobre vibraciones y procesos, así como datos dinámicos en entornos peligrosos. Con un certificado ATEX Zona 0, el SKF Microlog CMXA 51-IS es ideal para programas de mantenimiento en la industria petroquímica, instalaciones de gas y petróleo, plantas farmacéuticas y de tratamiento de aguas residuales, o cualquier otra fábrica donde haya ambientes potencialmente explosivos.



7- Buenas prácticas.

De acuerdo con mi experiencia industrial e investigaciones con aportes de expertos en esta área ustedes pueden consultar los equipos que recomiendo; también pueden acudir a otros de tecnología similares existentes en el mercado para realizar un análisis comparativo siempre utilizando el sentido común y midiendo el coste-beneficio para la selección del más apropiado para su empresa.

Los sistemas de monitoreo de condición alineados a la PAS 55 – ISO 55000, evalúan el desempeño y niveles de las actividades en la gestión de activos con los modelos y metodologías de asset management; soportada por normas y estándares que nos dan la orientación sobre que evaluar de una organización y en sus activos para mejorar su ciclo de vida y sus capacidades de gestión de activos más allá de que se requiere para el cumplimiento de la PAS 55 o el cumplimiento de la ISO (cuando se publique). En la ISO 55000 se describen las series requisitos para un sistema de gestión de activos y se está desarrollando a través de Comité de Proyectos ISO 251, con PAS 55 como el documento base.

8. REFERENCIAS

- [1] APMA, Australian Pump Technical Handbook (1987).
- [2] Amendola. L. Gestión de Proyectos de Activos Industriales, ISBN: 84-8363-052-4, UPV, 1º Edición 2003, 2º Edición 2006, Valencia, España.
- [3] Amendola. L. Diagnóstico de Fallos Basado en la Condición, Revista Mantenimiento, ISSN 0214-4344, Asociación Española de Mantenimiento, España, 2003.
- [4] Beebe, R S, Machine condition monitoring MCM Consultants reprint (1995).
- [5] British Standards Institution. (BSI) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte 1, ISBN: 978-0-9563934-0-1.
- [6] British Standards Institution. (BSI) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte 2, ISBN: 978-0-9563934-2-5.
- [7] Machinery Malfunction Diagnosis and Correction: Vibration Analysis and Troubleshooting for Process Industries by Robert C., Sr. Eisenmann, Robert C., Jr. Eisenmann (2002).

[8] Vibration Spectrum Analysis: A Practical Approach by Steve Goldman (1999).

[9] Computer-Managed Maintenance Systems in Process Plants: A Step-By-Step Guide to Effective Management of Maintenance, Labor, and Inventory in Your ope by William W. Cato, R. Keith Mobley (1998).

[10] Most popular results for Mobley, R. Keith: Vibration Fundamentals (Plant Engineering Maintenance Series) -- by R. Keith Mobley; Hardcover (1999).

[11] Plant Engineer's Handbook -- by R. Keith Mobley (Editor); Hardcover (2001).

[12] An Introduction to Predictive Maintenance, R. Keith Mobley, Keith Mobley; Hardcover (2002).

[13] SKF, www.skf.es (2012).

[14] Rockwell Automation Condition Monitoring, www.rockwellautomation.com (2012).

[15] GE - Bently Nevada Condition Monitoring, www.ge-mcs.com/.../bently-nevada-monitoring, (2012).

[16] Emerson Process Management, www.emersonprocess.com (2012).

Luis Amendola, Ph.D

Chairman
Engineering Management, Ph.D.



Titulado en Estados Unidos y Europa, IPMA B – Certified Senior Project Manager. Consultor Industrial e Investigador del PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España. Cuenta con una dilatada experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica, Energía renovable (Eólica) y empresas de manufacturas, Minería.
e-mail: luigi@pmmlearning.com

PRÓXIMOS
CURSOS EN
PERÚ

Mantenimiento basado en condición.
'Ultrasonido, Aceite, Termografía y
Vibración.'

28 y 29
MAYO

Diagnósticos de fallas en equipos Ro-
tativos, (Detección y Análisis de
Fallos.) ACR "Análisis de Causa Raíz."

30 y 31
MAYO

Infórmate en:
carmen_toledo@itconsol.com
formacion@pmmlearning.com
tlf. : 051-1- 6281187
www.pmmlearning.com

IT Consol
Consulting solutions for your company

project & maintenance

Around The WORLD

PMM Institute for learning

Durante el años pasado e inico de este año 2012 hemos estado presentes a nivel internacional a través de proyectos de consultoría, asesoramiento y formación. Es un orgullo tener la posibilidad de trabajar con personas tan profesionales con una gran capacidad intelectual y humana, que con su trabajo día a día aportan valor al Project & Asset Management.



P1

PMM Institute for Learning – It Consol

Luis Amendola (PMM), Impartió Curso de Planificación y Optimización de Paradas de Planta, para planificadores y supervisores de mantenimiento de Perú, Ecuador y Bolivia.

[Lima, Peru, Noviembre, 2011.](#)



P2

PMM Institute for Learning - It Consol

Luis Amendola (PMM), Impartí Curso de Gestión Integral de Mantenimiento de Activos Alineado PAS 55, para gerentes, supervisores y jefes de áreas de la industria de Perú, Ecuador y Bolivia.

[Lima, Peru, Noviembre, 2011.](#)



P3

PMM Institute for Learning – It Consol

Tibaire Depool (Directora de Consultoría PMM Institute for Learning Iberoamérica - Europa), Ponente en el 11° Congreso de Mantenimiento de IPEMAN

[Lima – Peru, Octubre, 2011.](#)



P4

PMM Institute for Learning - It Consol

11° Congreso de Mantenimiento de IPEMAN, de izquierda a derecha, Juan Garcia (Gerente de Meridium Latinoamérica) Tibaire Depool (Directora de Consultoría PMM Institute for Learning Iberoamérica-Europa), Jose Duran (TWPL The Woodhouse Partnership Ltd), Gyogi Mitsuta (Senior Consultant Asset Management Reliability).

[Lima – Perú, Octubre, 2011.](#)

P5



P5

PMM Institute for Learning

Luis Amendola, con D.Armando Negrotti del COMITÉ ARGENTINO DE MANTENIMIENTO – CAM, en el 5° Congreso Español de Mantenimiento y 16° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento. AEM - Asociación Española de Mantenimiento y FIM - Federación Iberoamericana de Mantenimiento,

[Barcelona, España, Noviembre, 2011.](#)

P6



P6

PMM Institute for Learning - It Consol

Tibaire Depool (Directora de Consultoría PMM Institute for Learning Iberoamérica-Europa), acompañada de Edgar Martinez Presidente y CEO IT Consol Latinoamérica, y Jefes de Mantenimiento de empresas minera. 11° Congreso de Mantenimiento de IPEMAN,

[Lima – Peru, Octubre, 2011.](#)

P7



P7

PMM Institute for Learning – It Consol

Luis Amendola (PMM) y Ana (It Consol), Impartieron Curso de Planificación y Gestión del Mantenimiento, para planificadores y supervisores de mantenimiento de Perú, Ecuador y Bolivia.

[Lima, Peru, Noviembre, 2011.](#)

P8



P8

PMM Institute for Learning

Luis Amendola, Ponente en el 5° Congreso Español de Mantenimiento y 16° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento. AEM - Asociación Española de Mantenimiento y FIM - Federación Iberoamericana de Mantenimiento,

[Barcelona, España, Noviembre, 2011.](#)

P9



P9

PMM Institute for Learning – Servic

Luis Amendola (PMM), Impartió Curso de Planificación y Optimización de Paradas de Planta en company a la empresa Celulosa Arauco, 40 participantes de la empresa (Gerentes, Superintendentes y Jefes de Áreas), para alinear todo los procesos de gestión de la compañía.

[Concepción, Chile, Diciembre, 2011.](#)



Around the world
PMM Institute for Learning



P10

PMM Institute for Learning
5º Congreso Español de Mantenimiento y 16º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento. De izquierda a derecha, Mauricio Medina (ACIEM Colombia), Juan Pedro Maza (Presidente de la FIM), Patricio Concha (Director. Asociación Chilena de Mantenimiento Industrial), Luis Amendola (Chairman PMM – Investigador UPV), Pedro Rodríguez (Vicepresidente 3º y Tesorero AEM), D. Joan Mitjavila i Giró (Secretario General de la AEM) y Aniceto Valverde Martínez (Catedrático de Universidad–Universidad Politécnica de Cartagena). AEM - Asociación Española de Mantenimiento y FIM - Federación Iberoamericana de Mantenimiento, **Barcelona, España, Noviembre, 2011.**



P11

PMM Institute for Learning
Proyecto Gestión Integral de Activos Físicos Alineado PAS 55: Se realizó Assessment, Criticidad, Análisis del Ciclo de Vida, Calculo de Manpower y trazaron la línea base para el proceso de Implementación de PAS 55 en Ford España. Participaron en este proceso de izquierda a derecha Rafael Fernández (Analista de Mantenimiento de Planta de Montaje Ford), Tibaire Depool (Directora de PMM Iberoamérica – Europa Asset & Project Management), Eugenio Mañez (Solution Engineer PMM), Roman Contreras (Senior Consultant Asset & Project Management-PMM), Luis Amendola (Chairman de PMM Iberoamérica- Europa Asset & Project Management), Vicente Ferrando Chulvi (Supervisor de Mantenimiento de Planta de Montaje Ford), Raúl Nadal (Coordinador de Equipo Mantenimiento Ford), Ramon Garcia (Gerente de Producción Planta de Montaje Ford). **Valencia, España, Enero 2012.**

P12

PMM Institute for Learning – Servic
Juan Jorge Cáceres Woodpulp Operation Maintenance Manager. (CELULOSA ARAUCO), Explica a los 40 participantes de la empresa (Gerentes, Superintendentes y Jefes de Áreas), la importancia de alinear todo los procesos de gestión de la compañía. En el Curso de Planificación y Optimización de Paradas de Planta impartido por Luis Amendola. **Concepción, Chile, Diciembre, 2011**

IV Jornadas del Global Asset Management Iberoamérica

Asset Management Maintenance Case Studies

Santiago de Chile, 7 y 8 de Junio de 2012

Hotel Neruda, Recepción día 7 JUNIO 2012



Eficiencia Energética en el Mantenimiento de Activos Físicos
"Sostenibilidad del Negocio"



Para más información e inscripción :
formacion@pmmlearning.com
Para ver las ediciones anteriores visita:
www.globalassetmanagement-amp.com

Nuestra *Agenda*

MARZO				
Actividad	Fecha	Lugar	Duración	Modalidad
MBA: Business & Physical Asset Management	Inicio I	España	12 meses	B-learning
Mantenimiento basado en condición "Ultrasonido, Aceite, Termografía y vibración"	12 y 13	Colombia	16 horas	Presencial
ABRIL				
Actividad	Fecha	Lugar	Duración	Modalidad
Buenas Prácticas para la Optimización de las Paradas de Planta, "Auditoría de la Gestión, Optimización, Planificación y Ejecución	07 y 08	Colombia	16 horas	Presencial
Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55 "Certificación en gestión de activos Físicos IAM Courses)	09, 10 y 11	Colombia	24 horas	Presencial
¿Cómo reducir las pérdidas en mantenimiento? Mantenimiento productivo Total (TPM), Cálculo de Manpower e Indicadores de Gestión del Mantenimiento.	14 y 15	España	16 horas	Presencial
Mantenimiento basado en condición. 'Ultrasonido, Aceite, Termografía y Vibración.	28 y 29	Perú	16 horas	Presencial
Diagnósticos de fallas en equipos Rotativos, (Detección y Análisis de Fallos.) ACR "Análisis de Causa Raíz.	30 y 31	Perú	16 horas	Presencial
MAYO				
Actividad	Fecha	Lugar	Duración	Modalidad
Planeación Integral de Mantenimiento Minero	11 y 12	Perú	16 horas	Presencial
Visión Financiera para la Gestión Integral del Mantenimiento de Activos.	13 y 14	Perú	16 horas	Presencial
Estrategias y tácticas de Overhaul en la Industria Minera con soporte de MS Project.	15 y 16	Perú	16 horas	Presencial
Toma de Decisiones en la Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad de Activos con soporte de Herramienta Informática (Excel).	25 y 26	Colombia	16 horas	Presencial
Diagnóstico de Fallas en Equipos Rotativos, (Detección y Análisis de Fallas), PROBLEM SOLVING.	28 y 29	Colombia	16 horas	Presencial

Informate y matriculate:

España: formacion@pmmlearning.com
0034 961 864 337

Colombia: regionandina@pmmlearning.com
0057 (1) 6467430



Club AAA

Nuestros servicios



Consultoría y formación en gestión de mantenimiento de activos y project management.
Más información: 96 186 43 37
www.pmmlearning.com



Ofrece servicios científicos y tecnológicos así como servicios de investigación y diseño relativos a ellos.
Más información: 96 186 43 37
www.globalassetmanagement-amp.com



Enfoque a través del cual desarrollar las competencias, un proceso de análisis cualitativo del profesional que permite establecer los conocimientos, habilidades, destrezas y compresión

Servicios destacados

Si desea informarse o inscribirse en alguno de nuestros programas de formación puedes escribir a:



formacion@pmmlearning.com
pmmsasinfo@pmmlearning.com

También puede ponerse en contacto a través del skype:



usuario: pmmsas

Más servicios

Informate sobre los cursos que realiza PMM Institute for Learning modalidad "in-company"

Infórmese de cómo su empresa puede formar parte del club Triple AAA... info: formacion@pmmlearning.com