

# TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE OPTIMIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS



ISSN 1887-018X - PMM Institute for Learning - Febrero 2013

# PMM Project

*Magazine*  
vol. 24

# ACTIVIDADES PRÓXIMAS ¡APÚNTATE!

## PROGRAMAS MBA Y ESPECIALISTAS

		
		
INICIO 22 ABR. 2013	Especialista Profesional en Gestión de Mantenimiento Industrial & Paradas de Plantas y Equipos	

## SEMINARIOS Y EVENTOS

8-9 ABRIL 2013	Estrategias y Tácticas de Overhaul en la industria minera con soporte de MS Project	
10-11 ABRIL 2013	Gestión Integral de Activos Físicos, PAS 55, "Certificación en Gestión de Activos Físicos IAM Courses" (Institute of Asset Management)	
12-13 ABRIL 2013	Planificación Integral del Mantenimiento de Activos (Planificar, Programar, Ejecutar y Sostenibilidad)	
16-17 ABRIL 2013	Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55. "Certificación en Gestión de Activos Físicos" IAM Courses (Institute of Asset Management)	
23-24 ABRIL 2013	Metodología para el Análisis de Confiabilidad Operacional, (RAM) Reliability, Availability and Maintainability	
25-26 ABRIL 2013	Análisis Causa Raíz (ACR) en equipos mineros. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?	
7-8 MAYO 2013	Metodología para el Análisis de Confiabilidad Operacional, (RAM) Reliability, Availability and Maintainability	
8-9 MAYO 2013	¿Cómo reducir las pérdidas en mantenimiento? Mantenimiento productivo total (TPM), Cálculo de Manpower e Indicadores de gestión del mantenimiento.	
9-10 MAYO 2013	Análisis Causa Raíz (ACR). ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?	
28-29 MAYO 2013	Visión Financiera para la Gestión Integral del mantenimiento de Activos	
30-31 MAYO 2013	Planificación y programación de mantenimiento e Indicadores de gestión de activos físicos	
6-7 JUNIO 2013	5ª Jornada Internacional Iberoamericana Global Asset Management	

# Sumario

# 04  
**Consejo editorial**  
*Nuestro equipo de profesionales*

# 05  
**Carta Editor**  
*Luis Amendola Ph.D*

# 06  
**Diagnóstico del Estado Actual de la Gestión del Mantenimiento de Activos Físicos Estándar PAS 55: Caso de Estudio en Planta de Automoción (España)**  
*Amendola, L. Ph.D; Depool, T. Ph.D*

# 20  
**Análisis Causa Raíz de un Activo Físico: Una Herramienta de Mejoramiento Continuo**  
*Fuenmayor, E. Ing. MSc.*

# 30  
**Resonancia en bomba vertical: Caso práctico**  
*Gómez Doncel, G. Ing. MSc.*

# 34  
**Around the World**  
**PMM Institute for Learning**  
*Colombia, España.*

# 40  
**Nuestro calendario**  
**Actividades programadas para los próximos meses.**

# 42  
**Club AAA**



## Editor:

### Luis Amendola Ph.D.

Asesor de 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: tibaie@pmmlearning.com

## Editorial Board:

### Salvador Capuz Rozo Ph.D, IPMAB

Catedrático Universidad Politécnica de Valencia.  
Presidente de AEIPRO.  
España.

### Ángel Sánchez. Ph.D.

Director del CEIM (Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento).  
Asesor Industrial en América Latina.  
Cuba.

### Rafael Lostado

Asesor de PMM Institute for Learning, España.  
Investigador de la Universidad Politécnica de Departamento de Proyectos de Ingeniería,  
Consultor Industrial en Europa, Iberoamérica y USA.

### Ing. MSc. Tibaire Depool

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

## Graphic Designers:

### Lcda. Yannella Amendola

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

### Ing. Miriam Martín Manzanares

Ingeniero en Diseño Industrial e Ingeniero en Organización Industrial. Solutions Engineer.  
e-mail: miriam@pmmlearning.com

### Ing. Tana Diez Vankoningsloo

Ingeniero en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y Máster Universitario en Educación. Business Engineer.  
e-mail: tana@pmmlearning.com

### Ing. Nuria Navarro Campos

Ingeniero en Diseño Industrial e Ingeniero en Organización Industrial. Solutions Engineer.  
e-mail: nuria@pmmlearning.com

### Ing. Emilia Fúnez Cerros

Ingeniero Industrial y Máster en Ingeniería del Diseño. Solutions Engineer.  
e-mail: emilia@pmmlearning.com



## ¿Por qué reinventarse?

Durante estos períodos de turbulencia de los mercados, la naturaleza de nuestra economía ha cambiado de forma dramática. Una de las cosas buenas que esto ha supuesto es que muchos de nosotros, no todos, pero sí un porcentaje cada vez mayor, podemos adaptarnos a una nueva forma de trabajar.

A mis alumnos de las clases de postgrado en Asset & Project Management, lo primero que les pregunto es “¿Qué es lo que te gusta y lo que no te gusta de tu experiencia de trabajo hasta la fecha?” y “¿Qué esperas del sitio en el que vives?”. Nunca me responden cosas como “No gano suficiente dinero”, sino más bien cosas del estilo de “No supone ningún desafío para mí”, “No tengo suficientes responsabilidades”, “Mi jefe me lo quiere controlar todo”, “No aprendo bastante”, etc.

En la actualidad, uno de los grandes retos que están afrontando los técnicos, jefes de activos y los gerentes en las organizaciones, independientemente del tamaño, es la optimización de los costos operacionales e innovación de sus procesos. 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 procesos para conducirlos a la implementación de metodologías y modelos alineados a los estándares y normas (ISO 55000 – ISO 21500), lo que muchas veces implica acabar con estructuras tradicionales en busca de mayor productividad, innovación y definitivamente la reducción de los costes de la gestión integral de activos y proyectos.

Dada mi experiencia industrial y académica, hay que reinventar el negocio tomando en cuenta tres cosas: los desafíos que enfrentan las empresas, las herramientas de las que disponen ahora y las expectativas de sus empleados. El nuevo desafío es la competencia global por el

capital humano. Ahora estamos en una economía creativa, en la que la creación de valor ya no viene por lo duro que trabajen los empleados sino por la creatividad.

En un mundo de hipercompetencia, las empresas tienen que reinventarse a un ritmo cada vez más rápido y necesitan a sus empleados innovando todos los días. Por otro lado, están las nuevas normas y estándares como la ISO 55000 (Asset Management) e ISO 21500 (Project Management), guías para la administración que posibilitan la gestión integral del negocio. Si uno no las explota, los competidores sí lo van a hacer. Y por último, hay toda una generación que creció con la tecnología y que sencillamente no va a trabajar en empresas tradicionales, sino en aquellas que estén en una constante innovación y sostenibilidad.

**Luis José Amendola, Ph.D**  
**PMM Institute for Learning,**  
**España**



Bonita Springs, 2012

Bonita Springs es una población ubicada en la región de Florida, en Estados Unidos. He tenido la oportunidad de visitar sus playas, que con su arena blanca la distinguen de otras regiones de la Florida. Una de sus playas, Wiggins Pass State Park, se encuentra entre las 10 playas más bellas del mundo. Visita clave de amantes, Barefoot Beach, Naples y sus campos para practicar del Golf.



Amendola, L. Ph.D; Depool, T. Ph.D

Resumen.

En respuesta a la necesidad de mejorar el sistema de gestión de mantenimiento de activos físicos de una empresa del sector de automoción localizada en España, se procedió a realizar un diagnóstico de su actual situación en cuanto a su gestión de activos, con el fin de optimizar su gestión del mantenimiento y costes asociados.

Este estudio fue enfocado hacia dos ejes, evaluación de la eficiencia y efectividad del mantenimiento (estrategias correctivas, preventivas y predictivas), y gestión del coste del ciclo de vida de los activos (LCC) a través de un modelo matemático.

En este trabajo se presenta la metodología empleada en el diagnóstico basada en estándares y normas internacionales PAS 55/ISO55.000, y las propuestas de mejoras realizadas.

El diagnóstico parte de un análisis de criticidad de activos considerando múltiples criterios cualitativos y cuantitativos, y luego se evalúan los dos ejes comentados del estudio con énfasis en los equipos más críticos.

Como conclusión de este proyecto se plantea un plan basado en tres objetivos: seguimiento y control de la eficiencia y efectividad del mantenimiento (implementación de indicadores específicos), mejora de la eficiencia de la función del mantenimiento (implementación de estrategias predictivas) y reducción de costes (plan de sustitución de activos).

Palabras clave:

evaluación; criticidad; gestión de activos; diagnóstico.

1. Introducción.

En este artículo se describen los procedimientos para implementar de forma eficiente la gestión de activos en una planta de automoción. El estudio parte con un análisis de criticidad, con el fin de evaluar los equipos más críticos de dos secciones de la planta. Este estudio de criticidad fue punto inicial para enfocar los esfuerzos del mantenimiento a éstos equipos que presentan mayor riesgo para la producción. Posteriormente se realiza la evaluación de los históricos, de los programas y de los planes de mantenimiento.

¿Cómo se estructuró el trabajo desarrollado? Primero se definieron los criterios con el equipo de Mantenimiento de la planta de automoción y se realizó una evaluación de los fallos por equipo. La evaluación consistió, en primer lugar, en revisar los fallos registrados en el equipo en el último periodo anual de operación (única información aportada). Esta revisión consistió en identificar si los fallos descritos realmente pertenecían a cada equipo, lo que permitió realizar una depuración de la información referida a los fallos registrados. Este estudio ha permitido identificar realmente el número de fallos atribuible a un equipo concreto.

Adicionalmente, se ha realizado un cálculo del ciclo de vida de los activos para evaluar la continuidad de los equipos más críticos.

Para la evaluación de la efectividad del mantenimiento a lo largo del tiempo para los activos más críticos, se han implementado los indicadores de medida de la efectividad técnica del mantenimiento: Confiabilidad, TPPF (tiempo promedio para fallar), TPPR (tiempo promedio para reparar) y Disponibilidad.

2. Descripción de la Planta.

La planta de automoción motivo del estudio está ubicada en Europa, específicamente en España. El área de la planta donde se implementó el proyecto está constituida por dos secciones: Pre-Chasis y Buy-Off. En este estudio participaron 72 personas de las secciones comentadas. El procedimiento llevado a cabo en las unidades

comienza con las carrocerías que llegan a Pre-Chasis, y en ese mismo instante se genera la petición de asientos. Las puertas del vehículo llegan a través de los descensores al punto de ensamblaje y con ayuda de manipuladores neumáticos se ensamblan al vehículo al igual que los asientos. Finalmente, las carrocerías terminadas se almacenan en Buy-Off para ser secuenciadas a Chasis.

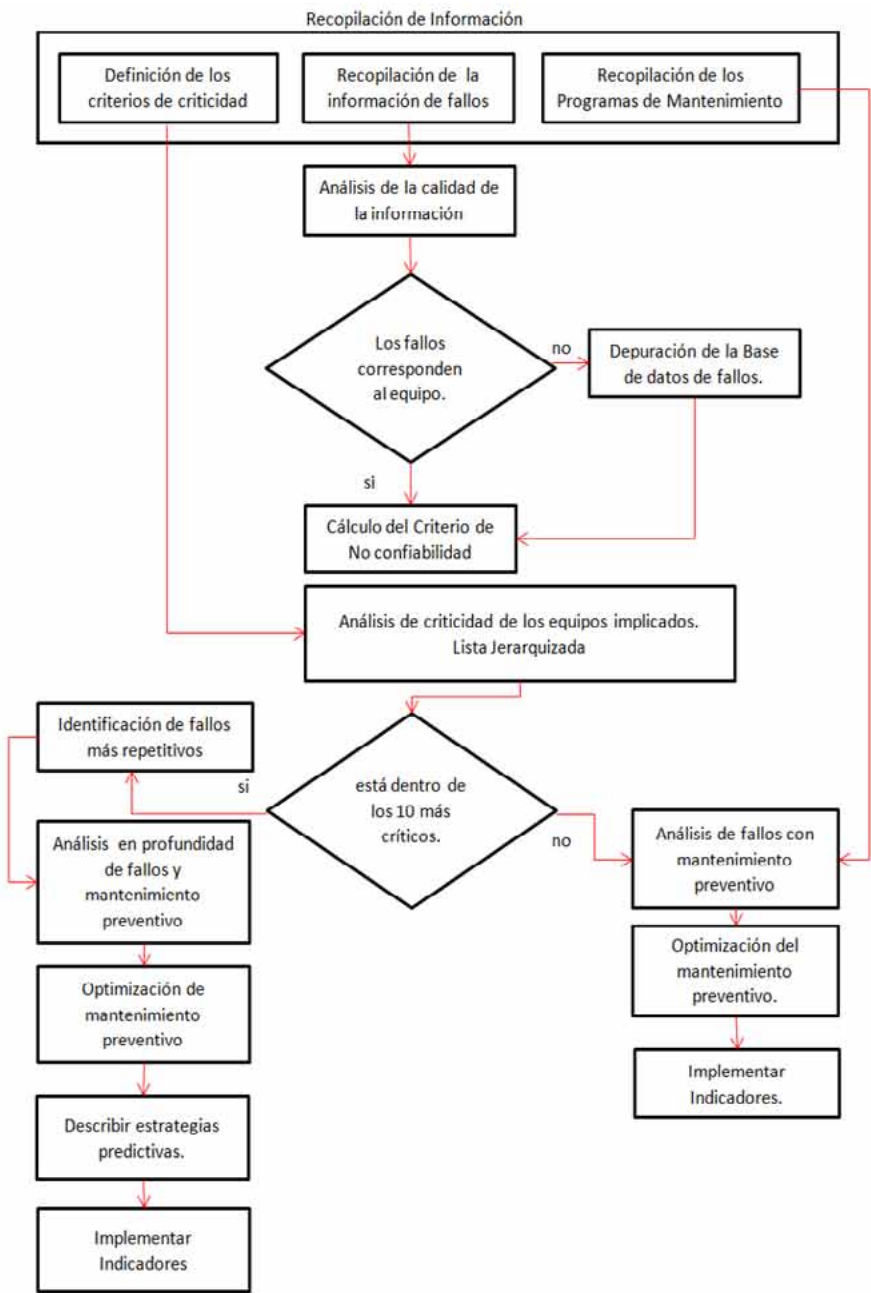


Figura 1. Metodología para la mejora de la gestión del mantenimiento.

3. Metodología.

A continuación se describe la metodología empleada para optimizar la gestión del mantenimiento (figura 1).

3.1. Metodología para determinar la Lista Jerarquizada de Equipos.

Como primer paso para la optimización de los programas de mantenimiento de las secciones de Pre-Chasis y Buy-Off de la planta de automoción, se ha realizado un análisis de criticidad de los equipos para crear una lista jerarquizada, desde los equipos más críticos a los menos críticos. Al tener identificados los equipos más críticos del total, se podrá establecer de una forma más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento preventivos y predictivos (NORSOK standard Z-008, 2001; Conoco Phillips 5047, 2002).

A continuación se describe gráficamente (figura 2) la metodología utilizada para el Análisis de Criticidad enfocada en la Gestión del Mantenimiento Integral de Activos Físicos. La metodología de análisis de la criticidad para este proyecto parte de la definición de las variables (criterios) ponderadas de acuerdo al contexto operacional (paso 1) y criterios de aceptación y tolerancia por parte de la empresa (ver figura 2, número 1). Estos se seleccionan en base a los aspectos que son esenciales y que tengan gran impacto en la confiabilidad de las operaciones y mantenimiento específicas de la Planta de Automoción (NORSOK standard Z-008, 2001).

Un paso importante y que se realiza de forma paralela al paso 1 es la recolección, organización y análisis la información aportada por el cliente (históricos y datos derivados de la experiencia operativa, etc.), y en algunos casos de fuentes

documentales (paso 2), para determinar los valores de las variables a emplear en los factores de criticidad (paso 3).

El mejoramiento de la confiabilidad operacional está asociado con cinco factores fundamentales (figura 3):

- a. **Flexibilidad operacional.** Si se cuenta o no con un sistema alternativo de operación/producción.
- b. **Efecto de la falla sobre producción.** Se asume que no se cuenta con repuestos.
- c. **Costes de reparación.** Costes mínimos admisibles, costes admisibles intermedios, costes inadmisibles.
- d. **Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente.** Accidentes e incidentes asociados a las personas y al medio ambiente).
- e. **No-Confiabilidad o frecuencia de la falla.**

En este sentido, las variables bajo las cuales se realizará el análisis de criticidad a cada equipo, aplicando el Método Análisis de Criticidad de Equipos para la Gestión de Activos Físicos (PMM Institute for Learning, 2007) se distinguen en la figura 3. Los datos (variables) de esta tabla se pueden adaptar al contexto de la planta o parque industrial que sea parte del estudio.

Estos factores se relacionan entre sí por medio de un modelo matemático, indicado a continuación, que da como resultado una puntuación para cada equipo evaluado (PMM Institute for Learning, 2007):

Criticidad Total = Frecuencia de fallos x [(Flexibilidad Operacional x Efecto de Fallos) + Coste de Reparación + Impacto SHA]

Con el valor de cada equipo (paso 3) se obtiene la lista jerarquizada y ponderada desde los equipos más críticos hasta los menos críticos del total presente en las secciones de Pre-chasis y Buy-off de la planta de automoción. Para ello se consideran tres niveles o zonas de clasificación de criticidad: alta criticidad, mediana criticidad

y baja criticidad. La definición de las zonas de criticidad permite implementar estrategias o acciones que mejoren la confiabilidad operacional al menor coste posible siempre que sea necesario (PAS55, 2008), a partir de la identificación del conjunto de equipos que estén en la zona de alta criticidad (figura 4).

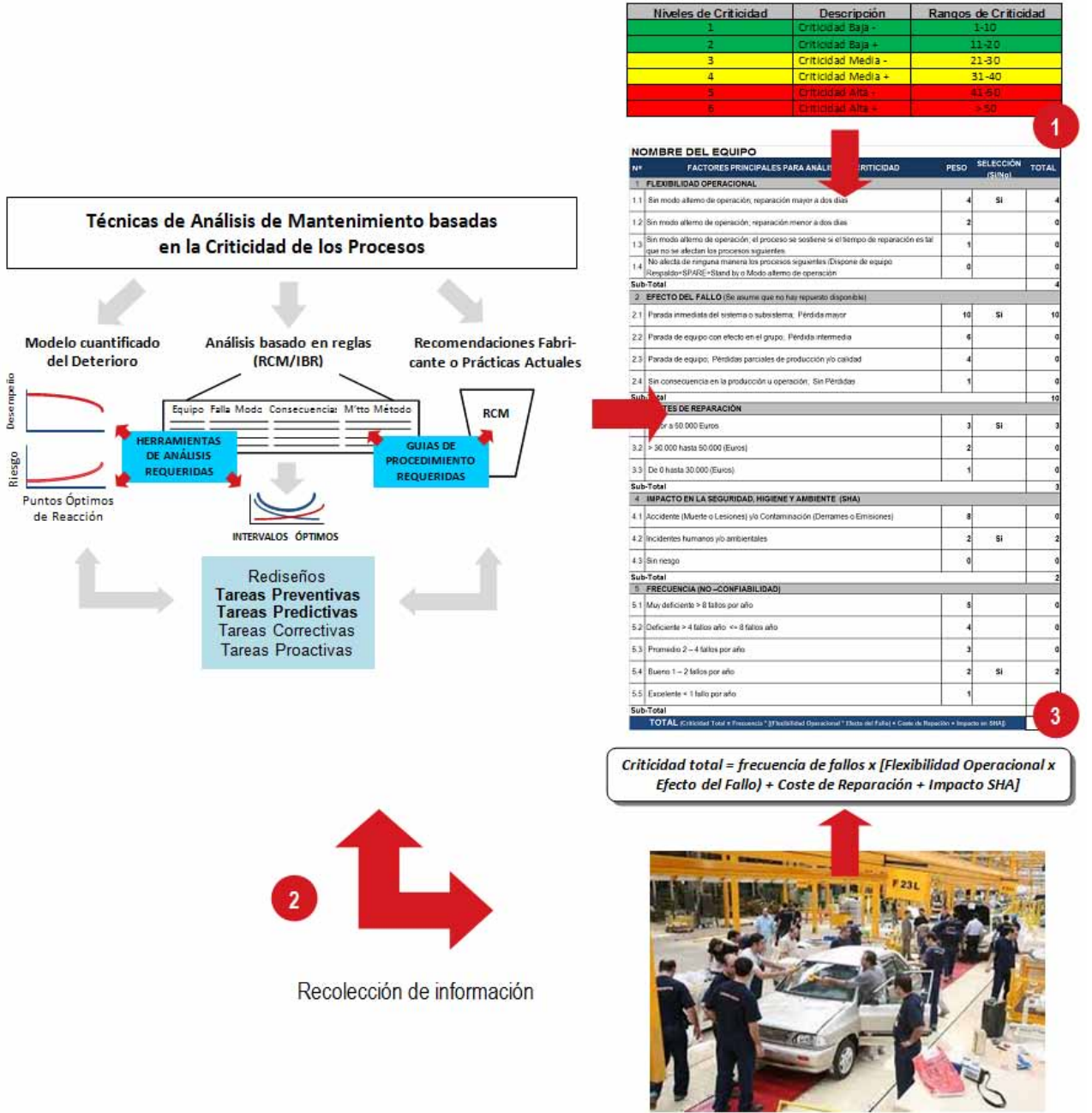


Figura 2. Esquema del Método de Análisis de Criticidad de Equipos de Planta de Automoción para la Gestión de Activos Físicos (PMM Institute for Learning, 2007).



NOMBRE DEL EQUIPO				
No.	FACTORES PRINCIPALES PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	PESO	SELECCIÓN (SI/NO)	TOTAL
1. FLEXIBILIDAD OPERACIONAL				
1.1	Sin modo alterno de operación; reparación mayor a dos días.	4	Si	4
1.2	Sin modo alterno de operación; reparación menor a dos días.	2		0
1.3	Sin modo alterno de operación; el proceso se sostiene si el tiempo es tal que no se afectan los procesos siguientes.	1		0
1.4	No afecta de ninguna manera los procesos siguientes/Dispone de equipo Respaldo = SPARE = Stand by o Modo alterno de operación	0		0
Sub-Total				4
2. EFECTO DEL FALLO (Se asume que no hay repuesto disponible)				
2.1	Parada inmediata del sistema o subsistema; pérdida mayor	10	Si	10
2.2	Parada de equipo con efecto en el grupo; pérdida intermedia	6		0
2.3	Parada de equipo; pérdidas parciales de producción y/o calidad	4		0
2.4	Sin consecuencia en la producción y/o operación; sin pérdidas	1		0
Sub-Total				10
3. COSTES DE REPARACIÓN				
3.1	Mayor a 50.000 euros	3	Si	3
3.2	> 30.000 hasta 50.000 euros	2		0
3.3	De 0 a 30.000 euros	1		0
Sub-Total				3
4. IMPACTO EN LA SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)				
4.1	Accidente (muerte o lesiones) y/o Contaminación (derrames o emisiones)	8		0
4.2	Incidentes humanos/ambientales)	2	Si	2
4.3	Sin riesgo	0		0
Sub-Total				2
5. FRECUENCIA (NO CONFIABILIDAD)				
5.1	Muy deficiente > 8 fallos por año	5		0
5.2	Deficiente > 4 fallos por año <= 8 fallos por año	4		0
5.3	Promedio 2 - 4 fallos por año	3		0
5.4	Bueno 1 - 2 fallos por año	2	Si	2
5.5	Excelente < 1 fallo por año	1		0
Sub-Total				2
Total (Criticidad Total = Frecuencia de fallos x [(Flexibilidad Operacional x Efecto de Fallos) + Coste de Reparación + Impacto SHA]				90

Figura 3. Tabla de Criticidad Empleada para la jerarquización de los equipos de acuerdo a la criticidad. (PMM Institute for Learning, 2007).

Niveles de Criticidad	Descripción	Rangos de Criticidad
1	Criticidad Baja -	1 - 10
2	Criticidad Baja +	11 - 20
3	Criticidad Media -	21 - 30
4	Criticidad Media +	31 - 40
5	Criticidad Alta -	41 - 50
6	Criticidad Alta +	> 50

Figura 4. Zonas de criticidad definidas para el estudio (Amendola et al; 1998; Amendola, 2006; PMM Institute for Learning, 2007).

Un aspecto importante a destacar es que el equipo de PMM, junto con el de planta de automoción, evaluaron los diferentes factores del análisis de criticidad para adaptar los diferentes criterios, valores y ponderaciones al contexto operacional de los equipos de las secciones de Pre-Chasis y Buy-Off.

3.2. Metodología para la Evaluación y Mejora de la Gestión del Mantenimiento.

Para la evaluación y posterior optimización de las actividades de mantenimiento de los equipos presentes en las secciones de estudio, se ha realizado un diagnóstico en base a la información aportada por el personal de la planta de automoción del estado actual del mantenimiento preventivo y correctivo de cada equipo. Aunado al análisis de fallos por equipo, se ha realizado también una comprobación de los diferentes programas de mantenimiento preventivo realizados actualmente, para tener un mayor conocimiento de las acciones que se llevan a cabo en los mantenimientos preventivos de las secciones consideradas.

De acuerdo a la información disponible, el equipo de trabajo ha realizado un análisis comparativo entre la lista de fallos y los programas de mantenimiento preventivos. Como parte del

ejercicio de optimización del mantenimiento, se evaluó por un lado si las frecuencias del preventivo eran las adecuadas y si éste tenía las actividades que mitigaban las causas del fallo registradas. Para realizar el estudio comparativo se elaboró una lista con la información referida a: fallos registrados, frecuencia de estos fallos, programas de preventivo que cubren al equipo y frecuencias de implementación.

En este punto se analizan en profundidad un total de 10 equipos, concretamente los Top Ten, es decir los primeros 10 equipos más críticos. En ellos se ha analizado los fallos registrados y los programas del mantenimiento preventivo implementados. Se han sugerido propuestas de optimización de éste y se han descrito las propuestas para la implementación de estrategias predictivas. Además, se ha propuesto el uso de indicadores de eficiencia del mantenimiento.

El cálculo de los indicadores del mantenimiento permitirá en un futuro realizar una comparación de la efectividad de mantenimiento y tomar decisiones basadas en datos, considerando dónde se estaba en el pasado a nivel de mantenimiento (baseline) y el hoy o el actual desempeño del mantenimiento. Esto permite evaluar la efectividad de los rediseños o mantenimientos proactivos basados en datos, evaluar y diseñar contenidos de programas, comprobar la efectividad del preventivo-correctivo, prever y optimizar los recursos humanos, así como los materiales necesarios para el mantenimiento, modificar o diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar, calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos, establecer frecuencias óptimas de intervenciones e inspecciones preventivas, etc. (Amendola, 2003, 2003b, 2005, 2007; Parmenter, 2007).



Para la implementación se deberán evaluar por periodos de tiempo fijos, es decir, una vez implementados se deberá fijar el periodo de tiempo de evaluación. Por ejemplo, si la evaluación se realizó en enero 2011 se debería volver a realizar en Enero del 2012, para periodos de comparación de un año.

A continuación se describen los indicadores del mantenimiento más importantes:

#### Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) o Mean Time To Fail (MTTF)

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar un activo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado; éste constituye un indicador indirecto de la confiabilidad (Amendola, 2005, 2007). El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado Tiempo Promedio Operativo o Tiempo Promedio hasta el Fallo. Regularmente se emplean indistintamente para los análisis de confiabilidad el MTTF o MTBF (Mean Time Between Fails), ya que representa un tiempo medio de operatividad del equipo. Sin embargo, el MTTF como término es usualmente empleado para representar estadísticamente el instante en que se producirá el fallo una vez que ha sido puesto el equipo en servicio. Este indicador se calcula mediante la siguiente expresión:

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Nº de fallos}}$$

Dicho de otra forma, el MTTF se posiciona como un punto central en la distribución normal de densidad de fallos, punto que representa la media en el tiempo de los fallos para una determinada población del mismo equipo. El tiempo de operación corresponde a las horas de actividad del equipo. No obstante, para el caso de las secciones de Pre-Chasis y Buy-

off, no se tienen las horas reales en las que el equipo ha estado operativo. Como estimación se han empleado los turnos de trabajo de estas secciones, es decir, dos turnos de 8 horas.

#### Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) o Mean Time To Repair (MTTR)

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un activo. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\text{Nº de fallos}}$$

La expresión anterior se refiere al tiempo promedio en que puede ser reparado un equipo. Se entiende como tiempo de reparación al tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falló hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio.

#### Confiabilidad

Se define como la probabilidad de que un activo cumpla la función de forma adecuada sin fallos, durante un periodo de tiempo, bajo unas condiciones operativas específicas y ambientales determinadas (Amendola, 2003, 2007). También se podría considerar como la probabilidad de que un dispositivo o equipo en espera se ponga en marcha cuando se le necesite, entendiendo por equipo en espera aquel que está momentáneamente inoperativo a la espera de entrar en servicio (Martorell et al., 1995; Muñoz et al., 1997).

ÚNICO  
PROGRAMA  
EN EL  
MUNDO

POST  
GRADO

## GESTIÓN INTEGRAL DE ACTIVOS FÍSICOS

Alineado con la PAS 55 - ISO 55000

¡Máxima flexibilidad! Metodología b-learning.

Duración: 210 h., de las cuales 150 h. son a distancia (a través del Aula virtual) y 60 h. son presenciales.

Desarrollo de un caso de negocio real.

Maximizará su potencial y oportunidades al lograr una formación y doble titulación.



EDICIÓN CHILE  
INICIO 1 AGOSTO 2013

MÁS INFO



EDICIÓN COLOMBIA  
INICIO 1 ABRIL 2013

MÁS INFO





A continuación, una expresión de la confiabilidad que sigue una distribución exponencial:

$$\text{Confiabilidad} = e^{-t/\text{MTTF}}$$

Disponibilidad

Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. En el caso de que existiese un fallo, éste debe repararse en un tiempo menor que el máximo permitido para su restauración. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el MTTF y el MTTR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad. Este indicador se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}} \times 100$$

3.3. Metodología para el Cálculo del Ciclo de Vida de los Activos.

De acuerdo con el estándar PAS 55 (2008), la organización deberá establecer, documentar y mantener un plan o planes de gestión de activos para lograr la estrategia e implementar los objetivos de la gestión de activos durante las siguientes actividades del ciclo de vida (figura 5):

- Creación, adquisición o mejora de los activos (proactivos).
- Utilización de los activos.
- Mantenimiento de activos.
- Puesta fuera de servicio y/o desincorporación de los activos.

Cálculo del Costo del Ciclo de Vida (CCV)

Se cuenta con diversos métodos de cálculo del CCV en la literatura y entre ellas se ha seleccionado aquella que puede ser aplicada a la Planta de Montaje de autos de acuerdo a los datos disponibles.

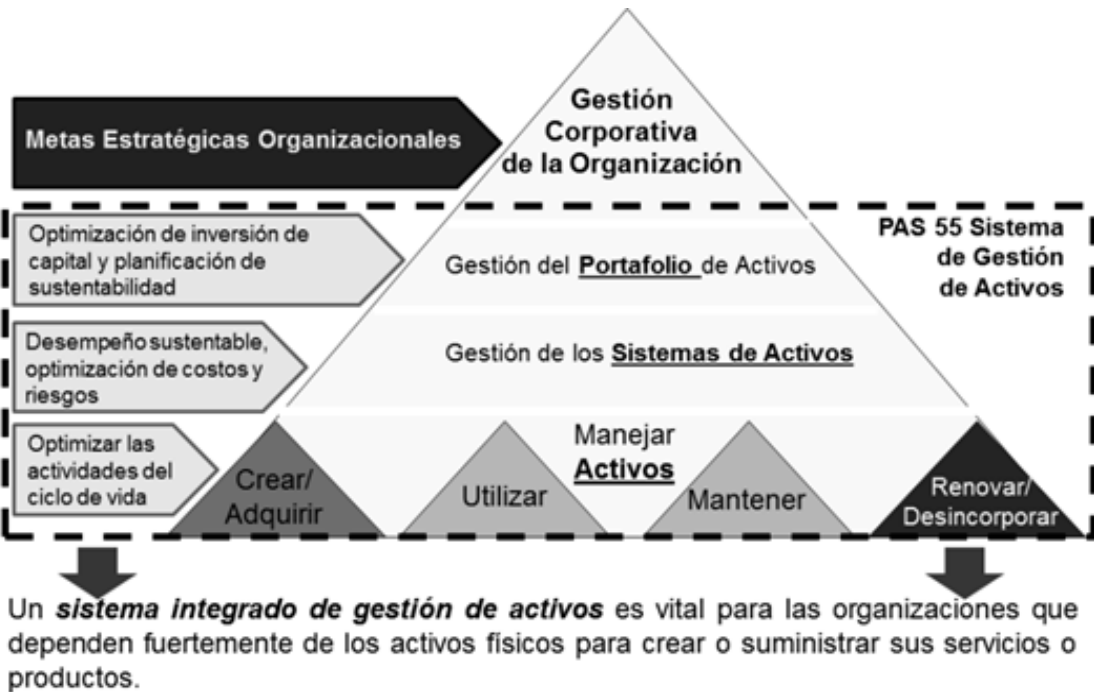


Figura 5. Sistema integrado de gestión de activos basado en la PAS 55:2008.

Lo ideal sería aplicar un método en el que se evaluara el coste energético del equipo, más aún cuando los aspectos de eficiencia energética están siendo un tema importante a nivel industrial, no sólo a nivel de cuidado ambiental, si no que puede representar un racionamiento de entre un 20 a un 40% de reducción de la factura por gasto energético.

El Costo de Ciclo de Vida se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{CCV} = \text{CI} + \text{VAN} (\text{CO} + \text{CM} + \text{CP})$$

Dónde:

- CCV es el Costo de Ciclo de Vida;
- CI es el Costo de Inversión (el cual incluye costos tales como máquinas, edificios, calles, instalaciones, etc.);
- VAN es el Factor de Valor Actual Neto, para actualizar los costos de operación, mantenimiento y paradas de los años futuros. Para el VAN se deben especificar el valor r, que corresponde a la tasa de interés a la que se descuentan los pagos futuros, y el valor n, el número de años considerado;
- CO es el Costo de Operación (el cual incluye personal, energía, materiales e insumos, transporte, entrenamiento del personal y calidad);
- CM es el Costo de Mantenimiento (el cual incluye los costos de personal de mantenimiento, los materiales y repuestos, tanto en lo dedicado al proactivo, al correctivo, como a los rediseños, además de los costos de entrenamiento de este personal);
- CP es el Costo de Parada, que se expresa por la siguiente ecuación:

$$\text{CP} = \text{NP} \times \text{TMP} \times \text{CPP}$$

Donde NP es la Frecuencia de Paradas, TMP

es el Tiempo Medio de Paradas y CPP es el Costo Perdido de Producción por hora.

4. Resultados y Propuestas de Mejora.

Después del correspondiente análisis de los fallos en los equipos de la planta de automoción y de sus respectivos programas de mantenimiento, se han podido identificar en líneas generales los siguientes problemas.

Se han observado un gran número de fallos a los que no se les pueden determinar las causas correctas (falta de datos bien documentados), además de presentarse una elevada cantidad de fallos imputados a equipos erróneos, es decir, que se registraban los fallos a equipos que no correspondían debido a que no se dispone de un sistema adecuado para el reporte de fallos, así como, no disponer de un catálogo de fallos posibles para cada equipo de la planta.

Visto esto se han enumerado estrategias de carácter general para la mejora de la gestión del mantenimiento:

1. La primera acción consiste en disponer o implementar un sistema adecuado para el reporte de los fallos.
2. Elaborar un catálogo de fallos estandarizados para cada equipo, para que se pueda reportar el fallo de forma clara y precisa, y de este modo, tener más controlados los fallos y determinar la mejor solución para eliminarlos.
3. Implementación de un seguimiento por periodos de tiempo fijos (por ejemplo anual) de la efectividad de los planes preventivos, predictivos y las modificaciones



o mantenimiento proactivo (actualmente no se está realizando). Esto se realiza mediante los indicadores de confiabilidad descritos en el apartado anterior.

4. Dado que los equipos rotativos de la planta de montaje giran a revoluciones bajas y no continuas, una de las técnicas más adecuadas de mantenimiento predictivo, además de la termografía, es la implementación de diagnóstico por ultrasonidos.
5. En equipos lubricados como moto-reductores, se puede determinar si el nivel de lubricante es el adecuado, así como el estado del rodamiento o cojinete, por medio de la señal acústica.
6. El diagnóstico por ultrasonidos permite identificar fugas en sistemas neumáticos como los cilindros de mesa. También se pueden determinar descargas por arcos eléctricos en el caso que los haya o fallos de aislante de forma temprana, siendo un excelente suplemento a la termografía implementada en los cuadros de mando. Adicionalmente, la técnica de ultrasonidos tiene bajos costes de implementación y no se ve influenciada por las condiciones ambientales ni los ruidos adicionales presentes en la planta.
7. A medida que avanza la implementación óptima del mantenimiento se debe calcular el número adecuado de operadores, supervisores y planificadores. Esto se hace en base a los tiempos y programas optimizados requeridos para los mantenimientos de los equipos y por su puesto a la mejora de la efectividad del personal que se encarga de las acciones de mantenimiento.
8. Por último, es requerido implementar la gestión de activos en base al ciclo de vida

de los activos (PASS 55, 2008) como ha sido indicado en el apartado 3.3.

## 5. Conclusiones.

La implementación de este proyecto es un gran paso en la mejora de la gestión del mantenimiento en la planta de automoción. Un buen sistema de gestión de activos no debe estar dedicado sólo a reparar al encontrarse un fallo (forma reactiva), sino que a través del cual se genere y preserve para cada equipo, bases de datos con toda la información relacionada con el equipo, costes de reparación, costes de mantenimiento, recambios, readaptaciones, instalaciones, formación para su uso adecuado, consumos eléctricos, unidades no producidas por fallos, precio de compra, pérdidas económicas, antigüedad del equipo, consumo energético, implementación de indicadores para la evaluación del desempeño, etc., lo cual finalmente se traducirá en mejora continua.

La aplicación de un modelo de gestión del ciclo de vida de los activos permitirá a la organización evaluar el desempeño de sus equipos en aspectos como: adquisición de nuevos activos, consumo de energía y eficiencia energética, mantenibilidad, disponibilidad, así como evaluar la continuidad o no del activo. La suma de todos estos elementos permitirá finalmente a la planta de automoción alcanzar su plan estratégico organizacional basado en la normativa para la gestión de activos PAS 55.

## 6. Referencias.

**Amendola, L.; González, J. (1998).** Documento Técnico Análisis de Criticidad Complejo Gasífero Planta de Metanol–Mitsubishi Gas Chemical & Mitsubishi Corporation.

**Amendola L. (2003).** Indicadores de Confiabilidad, Propulsores en la Gestión del Mantenimiento. Departamento de Proyectos de Ingeniería Universidad Politécnica de Valencia.

**Amendola L. (2003b).** Retorno de la Inversión en la Gestión de Activos (Maintenance Balanced Scorecard) Universidad Politécnica de Valencia. Asociación española del mantenimiento.

**Amendola L. (2005).** Sistemas Balanceados en la Gestión de Activos, (Maintenance Scorecard). PMM Institute for Learning.

**Amendola, L. (2006).** Gestión de Proyectos de Activos Industriales, Asset Management. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 978-84-8363-052-5.

**CURSOS**

**Metodología para Análisis de Confiabilidad Operacional RAM**  
"Reliability - Availability - Maintainability"

SANTIAGO DE CHILE, 23 y 24 de Abril 2013  
16 horas (8:00 am - 17:30 pm)

**Análisis Causa Raíz ACR en Equipos Mineros**  
¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?

SANTIAGO DE CHILE, 25 y 26 de Abril 2013  
16 horas (8:00 am - 17:30 pm)

Para más información envíe un e-mail a :  
[formacion@pmmlearning.com](mailto:formacion@pmmlearning.com)

**PMM BUSINESS SCHOOL**  
project management & maintenance



**Amendola L. (2007).** Organización y Gestión del Mantenimiento, Mantenimiento como negocio "Balanced Scorecard". Ediciones PMM Institute for Learning. ISBN 978-84-935668-1-4.

**Conoco Phillips 5047. (2002).** Criticality Analysis for Maintenance.

**Martorell S., Serradell V., Otros. (1995).** Improving allowed outage time and surveillance test interval requirements: a study of their interactions using probabilistic methods, Reliability Engineering and System Safety, 47, pp. 119-129, 1995.

**Muñoz A., Martorell S., Serradell V. (1997).** Genetic algorithms in optimizing surveillance and maintenance of components, Reliability Engineering and System Safety, n°. 57, pp. 107-120.

**NORSOK. (2001)** Standard Life cycle cost for systems and equipment O-CR-001, Rev. I.

**Norsok Standard Z-008. (2001).** Criticality Analysis for Maintenance. Oslo.

**Parmenter, D. (2007).** Key Performance Indicators Developing, Implementing and Using Winning KPIs. Editorial: Wiley.

**PAS 55. (2008).** Gestión de Activos "Asset Management". Parte 1 Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. British Standards.

**PAS 55. (2008).** Gestión de Activos "Asset Management". Parte 2 Directrices Para la Aplicación de la PAS 55. British Standards.

**PMM Institute for Learning. (2007).** Documento Técnico: Análisis de Criticidad Orientado a la Gestión de Activos Físicos. PMM Institute for Learning, Asset & Project Management. Valencia España.

**Dr. Luis Amendola, Ph.D.**  
**Engineering Management**



Titulado en Estados Unidos y Europa, Consultor Industrial e Investigador del PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia España, IPMA B - Certified Senior Project Manager International Project Management Association. Cuenta con una dilatada experiencia en la industria del petróleo, gas, petroquímica, minería, energía renovable (Eólica) y empresas de manufacturas. Colaborador de revistas técnicas, publicación de libros de Project Management y Mantenimiento. Participación en congresos como conferencista invitado y expositor de trabajos técnicos en eventos locales e internacionales en empresas y universidades. Publicación de Libros y Revistas, Miembro de equipo de editorial de publicaciones en Europa, Iberoamérica, U.S.A, Australia, Asia y África.

e-mail: luigi@pmmlearning.com  
 luiam@dpi.upv.es

**Tibaire Depool**  
**Ing. MSc. Ph.D**



Socia fundadora Director de la firma. Se especializa en la planificación estratégica de empresas, Executive Consulting Asset & Project Management. PMM Institute for Learning, España. Directora de proyectos industriales en el sector de Energía Renovable (Eólica), Manufactura, Petróleo, Gas y Petroquímica y Cogeneración. Implementación de Project Management Office, desarrollo de formación para empresas en Iberoamérica, Europa, USA y Australia. Con doce (12) años de experiencia en el sector. Doctorando por la Universidad Politécnica de Valencia, España en Diseño y Fabricación de Proyectos de Ingeniería, Máster en Project Management por la Universidad de Valencia, España. Participación en congresos como expositor de trabajos técnicos.

e-mail: tibiaire@pmmlearning.com

**Vive una experiencia única y da un paso más hacia tus metas profesionales.**

ABIERTO  
EL PERIODO  
DE  
MATRÍCULA

MÁS INFO

**PROGRAMA DE MBA:**

# **BUSINESS & PHYSICAL ASSET MANAGEMENT**

**INICIO: 4 MARZO 2013**

**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.**

**Coste de la Matrícula: 14.783 euros** (pregunte por las facilidades de pago).

**Dos semanas de estudio en el extranjero (España).**

**TÍTULOS Y CERTIFICADOS INTERNACIONALES RECIBIDOS AL CUMPLIR EL PROGRAMA ACADÉMICO**

**2 TÍTULOS UNIVERSITARIO Y PROFESIONAL (títulos propios)**

**MÁSTER: EXECUTIVE MASTER IN PROJECT MANAGEMENT. UNIVERSIDAD DE VALENCIA (ESPAÑA).**

**MÁSTER PROFESIONAL: "BUSINESS & PHYSICAL ASSET MANAGEMENT" PMM BUSINESS SCHOOL (ESPAÑA).**

**4 CERTIFICADOS INTERNACIONALES:**

**A1 - THE BENEFITS OF ASSET MANAGEMENT.**

**A2 - INTRODUCTION TO ASSET MANAGEMENT POLICY.**

**B1 - THE ASSET MANAGEMENT SYSTEM.**

**B5 - IMPLEMENTING ASSET MANAGEMENT PLANS.**

formacion@pmmlearning.com  
 tibiaire@pmmlearning.com  
 0034-961864337  
 www.pmmlearning.com





Fuenmayor, E. Ing. MSc

### Resumen.

La Confiabilidad Operacional se define como la probabilidad de que un equipo, sistema o persona desarrolle su función, dentro de su contexto operacional por un período específico de tiempo. Solo se da cuando se tienen integradas y alineadas un conjunto de actividades técnicas, operativas y administrativas, interrelacionadas, que a través de la asignación de recursos y entrega de servicios contribuyen en el aseguramiento de la Confiabilidad Humana, Confiabilidad de Procesos, Confiabilidad de Diseño y Confiabilidad de los Equipos.

Una de las prácticas que ayuda a mejorar la confiabilidad operacional en específico la confiabilidad de los equipos, la confiabilidad de los procesos y la confiabilidad humana, es la metodología Análisis Causa Raíz, la cual ayuda a eliminar eventos no deseados de forma estructurada, sistemática, sistémica y disciplinada. En este documento podrá observarse como deben ser efectuados los análisis y el reporte de los hallazgos identificados, de acuerdo al nivel de complejidad e impacto que tengan las desviaciones.

**Palabras Claves:** Falla, Deterioro, Causa Raíz, Costos Operativos, Intervención Humana.

### 1. Introduccion

En la última década el mantenimiento ha sufrido grandes cambios, dejando de ser visto como un centro de gastos, para convertirse en un sistema integral que fomenta la creación de valor y la generación de utilidades. La función del mantenimiento en cada uno de los niveles de su estructura organizativa debe aportar estrategias

de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades y la evaluación del impacto del mantenimiento en la empresa.

Al entender la importancia de tener en sus instalaciones un proceso de mejoramiento continuo apoyado en el Análisis Causa Raíz, los beneficios de realizar estos análisis en diferentes localidades de una forma sistemática y con criterios homologados pueden ser resumidos como:

- Reducción de la exposición al riesgo (personal, seguridad, operacional),
- Mejora de la eficiencia de los procesos debido a la prevención y eliminación sistemática de la fallas y las probabilidades de ocurrencia de éstas.
- Reducción de costos de reparación al ser identificados y corregidos los modos de fallas crónicos.

En este documento se plantea el procedimiento para aplicar el análisis causa raíz en las fallas recurrentes de un activo físico instalado en una planta industrial, en el mismo se puede apreciar el desarrollo sistemático, sistémico y disciplinado del análisis obteniéndose las causas raíz o deficiencias organizacionales que permiten que ocurran fallas humanas y éstas originan las fallas de equipos o componentes.

### 2. Definiciones importantes.

**6.ACR, Análisis Causa Raíz:** Es una metodología disciplinada de tres niveles que permite identificar de forma deductiva e inductiva las causas raíces latentes desconocidas que generan las Fallas Humanas, que a su vez ocasionan las Fallas de los Componentes o

que generan incidentes que ocurren una o varias veces permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora la seguridad y la confiabilidad del negocio, permitiendo así cumplir con la norma Asset Management PAS-55 / ISO 55000.

**7.Falla:** Es la terminación de la habilidad de un sistema o equipo para realizar una función requerida (ISO 14224).

**8.Análisis de Falla:** Está orientado a la búsqueda de causas asociadas a equipos o maquinarias. Por ejemplo, el análisis de materiales (Esfuerzos, dureza, tracción, microscopía), son los análisis enfocados a ver el por qué ocurrió la falla del material o componente, por lo tanto el análisis de falla forma parte del Análisis Causa Raíz.

**9.Causa de Falla:** La circunstancia asociada con el diseño, la manufactura, instalación, el uso o mantenimiento que conlleva a una falla (ISO 14224-2006).

**10. Problema Recurrente o Crónico:** Son problemas o fallas que tienen una alta frecuencia o se repiten. Un problema se considera recurrente cuando se repite de una manera inusual para el tipo de equipo o proceso. (Manual de adiestramiento TWPL, 2008)

**11. Exposición al Riesgo:** Representa el resultado de la multiplicación de probabilidad por la consecuencia (producción, seguridad, materiales, horas-hombres, señalización), típicamente es expresada en términos de \$/año, equivalente al impacto económico que se espera que tenga un problema en el futuro.

**12. Eventos de Alto Impacto:** Estos se refieren a eventos que resultan en una pérdida de producción importante y/o altos costos de mantenimiento. Los eventos, donde el impacto

sea mayor en SHA o llamados catastróficos, requieren la formación de comités especiales de muy alto nivel de especialización.

**13. Falla de Componente:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224), típicamente es la última causa que dispara o genera la falla o el evento.

**14. Falla Humana:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224), típicamente está relacionada con el Error Humano debido a la intervención inapropiada del ser humano que ocasiona una Falla Humana debido a un Error (descuido, olvido, equivocación) o una Violación (rutinaria, situacional, o excepcional) y luego afecta al componente generando una falla del componente.

**15. Causa Raíz:** La circunstancia durante el diseño, la manufactura o el uso que conlleva a una falla (ISO 14224). Típicamente está relacionada con las deficiencias, debilidades u oportunidades en una organización o un proceso, que conllevan o permiten la inapropiada acción del ser humano (que ocasiona una Falla Humana y luego genera un efecto en un componente). Sólo la erradicación de las causas raíces garantizará que la falla humana y la falla del componente no se repitan en el equipo estudiado o en uno similar. Se basa en que el origen de todos los problemas son las decisiones u omisiones del personal Supervisor o de la Gerencia. Ej: La consideración de riesgo, ausencia de adiestramiento, incumplimiento de prácticas, procedimientos inadecuados, GDC (Gerencia del Cambio) no realizado o incompleto (falta de actualización de la información), entre otros.

**16. Modo de Falla:** Es la apariencia, manera o forma en que un componente de un

sistema se manifiesta por sí mismo. No debe ser confundido con la causa de la falla, ya que la primera es el efecto y la segunda es la causa del evento de falla. Es la manera observada de falla (ISO 14224). Los modos de falla pueden ser definidos para todos los niveles de un sistema y la jerarquía de ensamblado.

**17. Árbol Lógico (Logic Tree):** Es una herramienta usada en el proceso del ACR para ordenar gráficamente el análisis, la secuencia lógica del cómo se relacionan cada una de las causa raíces, fallas humanas, fallas de los componentes, los modos como evidencia de la falla y el evento tope que afecta al negocio. El tope del árbol es el evento y su(s) modo(s) en que se hace evidente(s) ocurrido(s), se le relacionan a las fallas de los componentes, las fallas humanas y las causas raíces a través de las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede dar?, ¿Cómo puede ser?, ¿Qué factores conllevan? El árbol lógico también permite hacer la representación lógica de forma inductiva y al combinarle la lógica booleana permite calcular la confiabilidad de los sistemas representados. En muchos casos las causas son condicionadas a través de compuertas lógicas.

**18. Hipótesis:** Es una conjetura o suposición que se admite provisionalmente para ser verificada o validada y si el resultado es verdadero, la misma se convierte en una causa, y si es al contrario, simplemente es desechada la conjetura.

**19. ¿Qué es Gestión de Activos?** Según la PAS 55-1:2008 se define como: Actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja óptima y sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y gastos asociados a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional.

### 3. ¿Cuáles son los Problemas que se deben Analizar?

Los problemas o fallas sujetos a la aplicación de esta metodología están asociados a los denominados problemas crónicos, los cuales se definen como rutinarios en su naturaleza, que parecieran ocurrir una y otra vez y por las mismas razones aparentes. El problema es que las causas reales del problema nunca han sido analizadas y corregidas.

El primer paso es generar una lista de los problemas crónicos encontrados en el trabajo (Malos Actores). Cada vez que se encuentra un problema, se debería tomar nota del mismo. A medida que se realiza esto, determine si el problema tendrá un impacto pequeño o grande si se soluciona. Además, determine si la resolución del problema requerirá un esfuerzo grande o pequeño.

De esta forma se puede representar el impacto y el esfuerzo utilizando una escala de uno, cinco y diez puntos, siendo uno un impacto bajo y fácil de resolver, y diez representando un impacto alto y relativamente difícil de resolver.

Utilizando esta escala para mostrar impacto y esfuerzo, es fácil ver donde concentrar los esfuerzos y los recursos de análisis.

Una vez generada una lista de problemas, es necesario priorizar la lista a través del desarrollo de una matriz de prioridades de tres por tres, tal como se muestra en la figura 1.

Al asignar Impacto y Esfuerzo a los problemas en la matriz, la técnica correcta es la de asignar el impacto primero y después el esfuerzo para resolverlo. El uso de la matriz de prioridades mejorará significativamente la capacidad para eliminar aquellos problemas crónicos que impiden el logro de los niveles deseados de éxito,

por tal razón se deben comenzar a resolver los problemas de alto impacto económico y bajo esfuerzo para resolverlo, es una manera de vencer la inercia del proceso y comenzar a ver beneficios en el corto plazo, además de resultar en un punto de apoyo para luego atacar aquellos problemas que requieran de mayores esfuerzos para solucionarse.

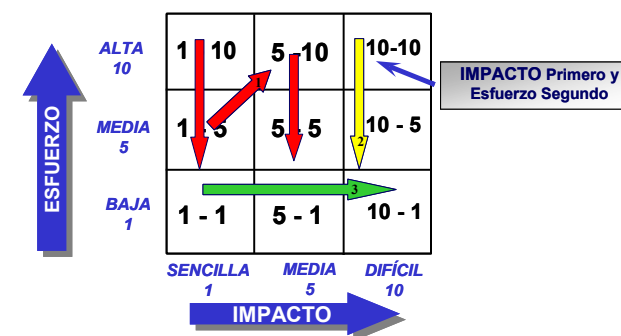


Figura 1. Matriz de prioridades.  
Fuente: Manuales de adiestramiento de TWPL.

### 4. ¿Quién debe desarrollar el Proceso de Análisis Causa Raíz (ACR)?

El equipo típico de ACR debe estar conformado por un líder de equipo, un facilitador, personal de operaciones, ingeniero de procesos, personal de mantenimiento y personal experto en la materia de análisis (esto en caso de análisis de problemas en un entorno industrial). En general debe involucrarse todo aquel personal que pueda contribuir con su experiencia y conocimiento del caso particular.

Los miembros del equipo deben ser imparciales y necesitan estar enfocados en hallar la(s) causa(s) raíz(es) asociadas a la organización. Se recomienda un equipo de entre 5 a 7 personas. De forma general los integrantes del equipo ACR deben estar comprometidos con el hallazgo de la verdadera solución de los problemas y evitar enfocarse en buscar culpables, un error

que frecuentemente contamina este tipo de iniciativas. El facilitador del proceso ACR no necesariamente debe ser un experto en el tema analizado, pero sí debe conocer a cabalidad el procedimiento sistemático de análisis, una figura que debe regular las sesiones de trabajo y cohesionar al grupo de análisis.

### 5. Aplicación del Análisis Causa Raíz.

El Análisis de Causa Raíz (ACR) es una metodología disciplinada, estructurada de identificación para la eliminación de las causas raíces desconocidas, que típicamente aceptan que la Intervención Humana pueda ocurrir o que genere cualquier tipo de evento, falla en los componentes, accidentes, incidentes... una o varias veces en el tiempo. El mismo permite:

- Identificar de forma estructurada las Intervenciones Humanas más comunes indicando cuáles serían sus efectos en el negocio.
- Identificar las Causas Raíz de las Intervenciones Humanas para eliminarlas de fondo con un plan de acción concreto y justificado.
- Identificar las Causas Raíz que se deberán eliminar de forma sistemática.
- Establecer las soluciones y definir responsabilidades.
- Definir un plan de acción y cronograma de ejecución.
- Trabaja a partir de un hecho (algo que ya ocurrió) y se aplica a todo tipo de proceso (industrial, administrativo, medicina, salud, investigación & desarrollo).



- Permite representar de forma estructurada los tres niveles de causas directas, intermedias e indirectas acorde a la OSHA 1910.119.

El método está estructurado en cuatro pasos, que son:

#### PASO 1/4: Preparando el Análisis Causa Raíz.

##### Análisis Funcional.

Es el pilar fundamental para el desarrollo de un diagnóstico estructurado, que define la condición actual y la deseada en los procesos o sistemas. Son los diagramas de entradas – funciones – salidas combinadas con los diagramas de flujo funcionales, dado que éste les permite:

- Establecer las condiciones normales de operación o funcionamiento para alinear las actividades a los Objetivos Estratégicos a Lograr. (¿Cuál es la Función Principal?)
- Visualizar en forma rápida la vinculación de los procesos o sistemas.
- Relacionar los procesos o sistemas con el cumplimiento de la producción.
- Establecer las condiciones normales de la operación o el correcto funcionamiento del Negocio.

##### Diagrama Entrada – Función – Salida.

Es una explicación visual de cómo el proceso fluye y se conecta. Contiene una secuencia de funciones primarias y/o secundarias que convierten entradas de insumos y servicios en salidas de productos primarios o servicios para un cliente específico interno o externo. El mismo permite visualizar:

- Cuáles son los Compromisos Cuantitativos de las Entradas y de las Salidas.
- Asociar las variables cuantitativas con sus valores de entrada y salida por cada sistema o proceso para alinear los objetivos.
- Producción o servicios principales y secundarios comprometidos en una relación Cliente – Servidor.

Está orientado al desarrollo de los diagramas de flujos funcionales, sencillos, sistemáticos y cuantitativos, donde se muestre la secuencia de los procesos con sus niveles normales de operación, para que los mismos sirvan de guía al personal y de documento base para análisis y actualizaciones posteriores.

##### Identificación de Oportunidades – Cuantificación del Evento.

Para evaluar las oportunidades es necesario definir la función deseada de los procesos como fuentes de generación de valor del negocio, así como las condiciones de pérdida de dicho valor. Para realizar esta evaluación se debe alinear con el Modelo Avanzado de Valor del Activo, el cual se muestra a continuación:



Figura 2. Gráfica de Valor Integral del Activo  
Fuente: Manuales de adiestramiento de TWPL

# global'13 Asset Management Iberoamerica

5<sup>a</sup> Jornada Internacional Iberoamericana  
de Global Asset Management

Santiago de Chile - 6 y 7 de junio de 2013

## TE PROPONEMOS UN RETO

Descubre aquellos aspectos clave que realmente aportan valor a tu negocio.

- 1- El estándar de BSI disponible al público para la gestión optimizada de activos físicos.
- 2- Capacidad de un activo de desempeñar una función requerida en condiciones establecidas.
- 3- Mide la eficiencia con la cual una organización utiliza sus recursos.
- 4- País más largo y estrecho de sudamérica; donde se comen las mejores pailas.
- 5- Siglas en inglés del Ciclo de Vida de los Activos.

¿LOS HAS  
DESCUBIERTO YA?

%

Envía un email con las 5 palabras a:  
informacion@globalassetmanagement-amp.com  
¡y recibirás un **descuento** en tu participación a las jornadas y una **sorpresa**!  
A los 30 primeros y antes del 28 de febrero.



PATROCINADORES:



Contacto: Tana Diez, MSc / Miriam Martín, Ing.

informacion@globalassetmanagement-amp.com

0034 961 864 337 - Calle Lepanto 27, 1º, pta 4. Valencia, España.



Definimos como una oportunidad, una situación que de evitarse, generaría valor al negocio, expresada en la forma de disminución de gastos y costos, aumento de producción, más eficiencia, menos problemas de calidad, entre otros.

Esta metodología, otorga la oportunidad de reconocer de manera real, objetiva y en consenso las pérdidas asociadas a eventos repetitivos y/o esporádicos que están afectando al negocio, y que a su vez pueden representar una recuperación de valor.

La misma permite de igual forma que todos reconozcan dónde se encuentran las pérdidas y cuantifiquen su valor o impacto, definiendo parte del paso inicial para el establecimiento de estrategias de mejoramiento y control.

#### PASO 2/4: Levantando la Información. Técnica Línea – Tiempo.

La secuencia de eventos representada con la línea – tiempo nos ayuda a:

- Construir una lógica básica de la secuencia de lo que ocurrió y qué actores físicos o elementos participan y contribuyen.
- Establecer de forma más exacta la relación de cuándo ocurrió con su Hora, fecha, turno, secuencia, entre otros.
- Identificar y Clasificar el Lugar donde ocurrió, su ubicación funcional, entre otros.
- Ubicar a las personas que nos podrían aportar una mejor información o ser parte del Cerebro entero de forma temporal o continua.
- Comenzar a establecer una opinión individual desconectando de su experiencia personal, y apoyándose en la secuencia lógica.

#### PASO 3/4: Ubicando la Lógica Deductiva.

En este paso el desarrollo del árbol lógico deductivo nos permite:

- Representar de forma gráfica, sistémica, estructurada y sistemática la lógica de lo ocurrido.
- Identificar el evento y los modos ocurridos.
- Identificar las hipótesis y verificarlas para descartarlas o convertirlas en causas
- Identificar los niveles de las fallas de los elementos y/o componentes, también llamadas causas directas.
- Identificar los niveles de las Fallas Humanas o causas intermedias de origen Fallas Humanas.
- Identificar los niveles de las causas raíces que representan las (Deficiencias del Sistema – organización)

Los componentes del árbol lógico deductivo son:

##### Evento.

- Es el último elemento en la secuencia de la línea – tiempo, y es aquello que nos justifica económicamente que se debe eliminar ya que este evento afecta el negocio.

##### Evidencias deductivas.

- Es la forma como el sistema hace un llamado de que algo anda mal y pueden ser varios.
- Es como se evidencia, antes de incumplir la función o la condición satisfactoria del negocio, como cuando ocurre un accidente, incidente, fuga, ausencia de la información, entre otros.

##### Hipótesis.

- Se plantean a partir de la pregunta “Cómo se Puede Dar”, o “Cómo puede ser”, esto permitirá ver de forma amplia cuales son las posibles

causas o factores causales.

- Cada hipótesis planteada se deberá validar con lo descrito en la línea – tiempo.
- Cada hipótesis tiene una posibilidad de darse respecto a un 100% y respecto a las otras, es aquí donde se le asigna el peso basándose en su experiencia personal o bajo previo acuerdo del equipo de trabajo. El peso también puede ser asignado a través de la siguiente pregunta: ¿Qué peso piensan ustedes tendrán sus causas en el futuro si las cosas siguen igual que ahora?

#### Matriz de verificación de las hipótesis.

- Permite verificar cada una de las hipótesis o de los factores causales para convertirlas en Fallas de Componentes, Fallas Humanas y en las Causas Raíces.
- Cada hipótesis planteada se deberá validar con datos verdaderos, y al validar las hipótesis se ubicarán los caminos a seguir de la lógica donde se le colocarán los pesos reales o verdaderos.

#### Falla de Componentes.

- Son típicamente representadas por elementos, componentes, partes que al reemplazarlos se elimina el problema de forma temporal.
- Al eliminar las fallas de los componentes y/o partes que son las causas directas se da un resultado inmediato a nivel operativo, pero no es la causa raíz.

#### Falla Humanas.

- Son aquellas causas donde interviene el ser humano o las personas, éstas generan el efecto de la causa directa o de otra indirecta, típicamente está asociado al Error Humano.
- Al eliminar las fallas humanas que son las causas intermedias, al cambiar a las personas o al despedirlas no se elimina el problema de fondo, sólo se hace un movimiento a nivel táctico ya que ésta no es la causa raíz.

#### Causa Raíz.

- Son aquellas causas raíz donde el sistema y/o la organización permite que existan fallas humanas y éstas generan fallas en los componentes, típicamente estas causas raíz están asociadas a las deficiencias latentes de la organización.
- Al eliminar las causas raíz, el sistema y la organización se hacen más robustos, el cambio se logra a niveles estratégicos y logran ser sustentables, ya que es la verdadera causa raíz.

#### PASO 4 / 4 – Conclusiones y Recomendaciones / Solucionando y Comunicando.

Se establece la Matriz de Acción para eliminar las Causa Raíz Latentes que permiten las Fallas Humanas que generan las Fallas de Componentes, y la misma contempla:

Se deberá hacer un recorrido desde abajo hacia arriba comenzando desde las causas raíz (las deficiencias de la organización), luego se pasará por los Errores Humanos o las Fallas Humanas, a continuación se pasará por las fallas de los componentes o causas directas, se pasará por los modos ocurridos y por último se llegará al evento.

Se deberá hacer un recorrido calculando el % o acumulando el valor colocado en cada causa identificada desde abajo hacia arriba.

Se deberá especificar las acciones que garanticen la eliminación de cada causa identificada.

Debemos identificar las causas raíz de los Errores Humanos para no buscar culpables o estar cambiando componentes cada vez que se presente la falla.

La acción recomendada para eliminar la rama



deberá ser específica en su tarea, establecer paso a paso qué hacer, deberá garantizar que eliminará de forma definitiva cada causa identificada.

Se deberá colocar el valor o el costo de cada acción recomendada, se especificará el costo de producción, materiales, horas-hombre y estudio, se deberá totalizar los costos por cada acción recomendada.

Se deberá colocar quién es el responsable (nombre y apellido y el departamento donde labora para cada acción recomendada), evitar colocar nombre de departamentos o nombres de gerencia, involucrar a la persona antes de colocarlo responsable de la acción.

El responsable para cada acción recomendada deberá establecer una fecha de Inicio y de Culminación de cada actividad. Se puede colocar una fecha de seguimiento.

El responsable con el equipo de trabajo deberá calcular para cada acción recomendada la tasa Interna de Retorno o el valor presente neto, para determinar cuál es la alternativa más costo-efectiva para el negocio, así como se debe conocer en cuánto tiempo se recupera el dinero invertido en la acción.

## 6.- Logrando que Funcione

Las personas normalmente tienen buenas intenciones en términos de la implementación de un Plan de Acción. Sin embargo, después del desarrollo del plan y de que los participantes vuelven a sus ambientes de trabajo, tienden a entrar en la “rutina” reactiva. Parece que los “problemas del día a día” siempre toman prioridad sobre cualquier trabajo relacionado con mejorar. Los analistas siguen postergando las actividades proactivas, dejándolas de lado,

pensando que los trabajos proactivos pueden esperar; pero ¿realmente pueden esperar?

“Parece que nunca tenemos el tiempo y el presupuesto para hacer las cosas correctamente, sin embargo, parece que siempre tenemos el tiempo y el dinero para hacerlo otra vez”.

Se debe pensar en la cantidad de nuestro tiempo y de nuestros recursos dedicados a la reparación o la atención de problemas repetitivos. Internacionalmente se ha demostrado que un 80% del tiempo, las personas están involucradas en trabajos reactivos. Solamente un 20% de su rutina diaria tiene la mirada hacia el futuro.

Por esto, debemos hacer algo diferente si el trabajo reactivo es la norma en el trabajo. Primero se debe lograr que las mejoras o los trabajos proactivos tengan una prioridad igual a la de los trabajos reactivos dentro de los sistemas actuales de trabajo.

La clave real está soportada en estar convencidos que el éxito apunta hacia la solución proactiva de los problemas, en identificar un “Campeón” que es una persona de alto nivel que patrocine y apoye las iniciativas y análisis que se realicen, así como en publicar y celebrar los éxitos que se obtengan.

## 7.- Conclusiones

Cabe mencionar que ningún sistema de gestión de activos busca cambiar el paradigma tradicional de las organizaciones de mantenimiento con un enfoque correctivo a proactiva. El objetivo de un sistema de gestión de activos es prevenir los fallos inesperados que interrumpen las operaciones, provocando pérdidas con costos significativos, daños, y desgracias. Con este fin, el sistema puede metódicamente y de manera

disciplinada controlar y medir el estado de los activos tangibles, lo que implicaría que las reparaciones y los recambios se hiciesen de forma planificada.

Las fallas siempre tendrán una influencia humana así como en sus resultados indeseables. Debemos saber que el origen de una falla, normalmente, está en los sistemas organizativos deficientes. Como ejemplos de sistemas organizativos podemos incluir nuestros sistemas de capacitación, procedimientos, prácticas, sistemas de aprovisionamiento y similares. Por lo general, los métodos efectivos y herramientas como el Análisis Causa Raíz (ACR) se utilizan para determinar las causas de la falla de origen físico, humano y causa raíz.

“Es Hora de hacer algo diferente y realmente tomar conciencia corporativa en cuanto a las prioridades de nuestras acciones”.

## 5. Referencias

**Fuenmayor, E. (2012).** Análisis Causa Raíz. Revista Confiabilidad Industrial N° 12. Venezuela. [www.confiabilidad.com.ve](http://www.confiabilidad.com.ve)

**Amendola, L. (2011).** Gestión Integral de Activos Físicos. PMM Institute for Learning España.

**Amendola, L. (2011).** La madurez como factor de éxito en la Gestión Integral de Activos Físicos, Asset Management PAS 55. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)

**Amendola, L. (2010).** ¿Cuándo saber que tu planta & organización requieren un Assessment?, Gerencia de Activos Físicos “PMM Metodología + PAS 55”. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)

**Woodhouse, J. y Sojo, L. (2008).** Curso de

Adiestramiento Análisis Causa Raíz Plus. The Woodhouse Partnership Limited.

**Woodhouse, J., Duran J. y Sojo, L. (2008)** Curso de Adiestramiento Identificación de Oportunidades del Negocio. The Woodhouse Partnership Limited.

**Woodhouse, J. y Sojo, L. (2008).** Curso de Adiestramiento Gestión de la Confiabilidad Operacional. The Woodhouse Partnership Limited.

**PAS 55 (2008).** Gestión de Activos “Asset Management”. Parte 1 Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. British Standards.

**PAS 55 (2008).** Gestión de Activos “Asset Management”. Parte 2 Directrices Para la Aplicación de la PAS 55. British Standards.

**ISO 14224 (2006).** Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

**Edgar Fuenmayor Parra,**  
**Ing. MSc**

Magister Scientiarum en Gerencia de mantenimiento en la Universidad del Zulia y Diplomado en Ingeniería de Confiabilidad y Gestión de Mantenimiento en The Woodhouse Partnership Limited. Posee experiencia en el diseño e implantación de un sistema gerencial de mantenimiento, confiabilidad y riesgo. Ha participado como Ingeniero de Confiabilidad en diversos casos de alta recurrencia y alto impacto haciendo uso de la metodología Análisis Causa Raíz para la industria del asfalto y la petroquímica. Adicionalmente ha desarrollado planes de mantenimiento para la industria del asfalto y la petroquímica.

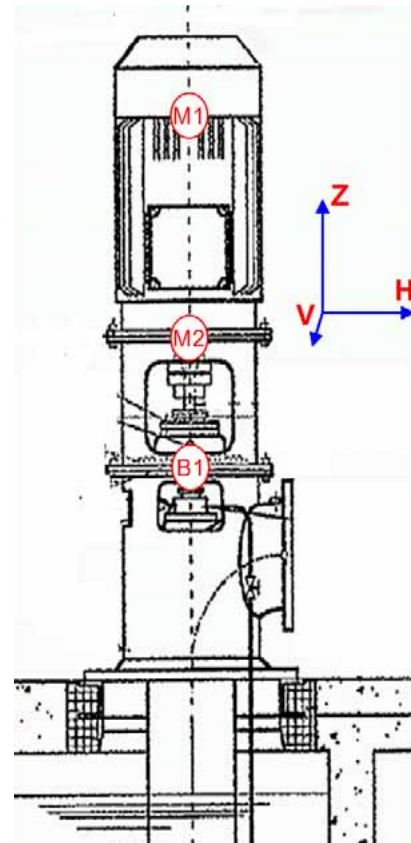
e-mail: [edgarfuenmayor1@gmail.com](mailto:edgarfuenmayor1@gmail.com)



# Resonancia en bomba vertical

Caso práctico

Gómez Doncel, G. Ing. MSc.



(Fig. 1): Vista esquemática de la bomba vertical

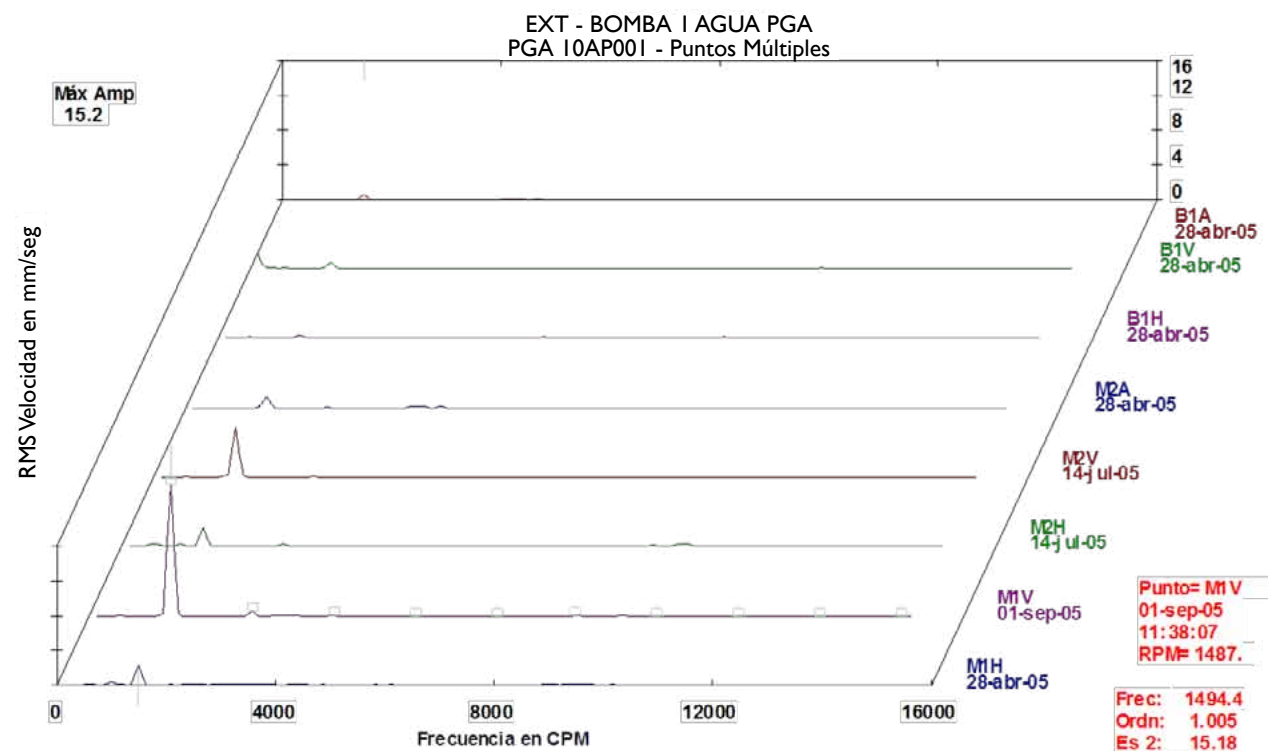
## Características:

- Bomba vertical
- Motor de 18,5kw, 400v/50Hz.
- Flujo 38 m3/h.
- Según norma ISO 10816-1 la bomba es clase II: Máquinas de tamaño medio (normalmente motores eléctricos de 15KW a 75KW) sin cimentación especial, sobre bancada rígida o máquinas hasta 300KW con cimentación especial.

Desde la puesta en marcha del equipo se han apreciado altas vibraciones en la dirección perpendicular a la tubería de descarga, que según nuestro

criterio se denomina V para la toma de datos (Ver esquema para identificación de ejes de medida a continuación).

El siguiente gráfico muestra los espectros de ruta en todos los puntos de medido, pudiendo apreciar que la vibración es mayor en la dirección V, siendo mayor en el punto más alto M1V, aunque es habitual que los equipos verticales tengan mayores vibraciones en la parte alta, la diferencia es excesiva, más de 5 veces mayor llegando a superar los 15 mm/s RMS (Zona D de la norma ISO 10816:1)



(Fig. 2): Esquema para identificación de ejes de medida.

Gómez Doncel, G. Ing. MSc.  
Responsable Nacional de Vibraciones en IBERDROLA  
Resonancia en bomba vertical  
Caso práctico

Uno de los problemas de los equipos verticales es la fijación a la bancada, así como la correcta perpendicularidad de la bomba.

Al levantar la bomba sorprende la cantidad de placas niveladoras alrededor de toda la brida de unión. lo que nos hace pensar que ha presentado problemas desde su puesta en marcha.

Por otro lado, las altas vibraciones han ocasionado el deterioro de la bancada apareciendo grietas, tal como puede verse en la siguiente figura 5.

Además, la brida interior de la campana de aspiración también presenta daños.

## Especialista Profesional

en Gestión de Mantenimiento Industrial & Paradas de planta y Equipos.

*"La industria requiere de profesionales especialistas en mantenimiento que generen valor a las organizaciones"*  
Este programa está dirigido a ello...

Desde Abril hasta Septiembre  
Inicio: 22 Abril 2013

**Títulos Profesionales y Universitarios:**

Diploma Profesional en Gestión de Mantenimiento.  
PMM Business School, España.

Diploma de Especialización Profesional Universitario en Dirección y gestión de proyectos.  
Universidad de Valencia, España.

Avalado por: PMM Institute for Learning, acreditado por: IAM





3



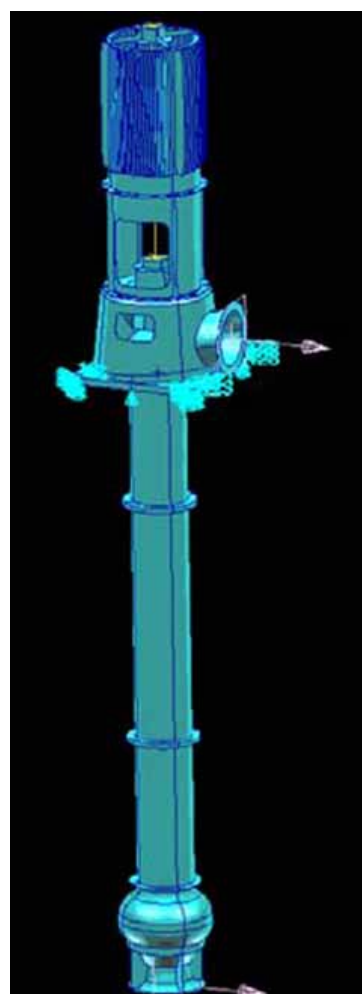
4



5



6



(Fig. 3). Detalle de la fijación de la bomba a la bancada, donde pueden apreciarse placas niveladoras.

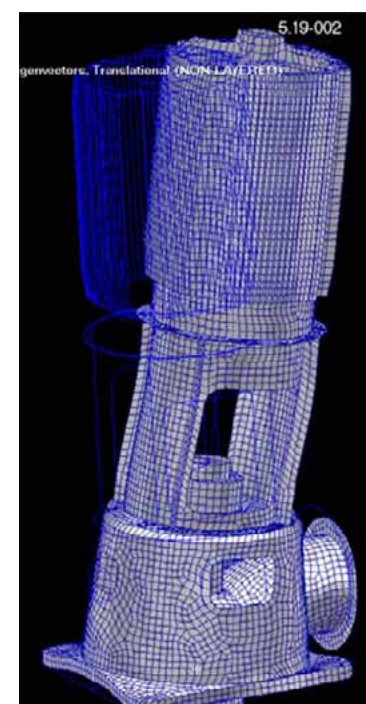
(Fig. 4). Detalle brida de bancada al levantar la bomba.

(Fig. 5). Detalle grietas en bancada.

(Fig. 6). Campana de aspiración

(Fig. 7). Modelo en elementos finitos

(Fig. 8). Representación en elementos finitos de la flexión del modelo por efecto de la resonancia



Una vez detectada la resonancia y para poder solucionar el problema con garantías, se realiza un modelo con elementos finitos y un análisis modal para estudiar los modos de vibración del conjunto.

Tras unas pequeñas modificaciones sacadas del análisis modal, los niveles de la bomba han bajado a niveles aceptables.

### **Gustavo Gómez Doncel, Ing. MSc**

Ingeniero T. Industrial Mecánica por la Universidad Politécnica L.A. Zaragoza. Máster en Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico por la Universidad de Sevilla. ISO 18436-2 Certified Vibration Analyst Category III. Desde 2002 trabaja en Servicios Técnicos de IBERDROLA, como Responsable Nacional de Vibraciones.

e-mail: gagomez@iberdrola.es



# Semana de la Gestión de Activos Físicos

**(Petróleo, Gas, Minería & Manufactura)**



PETROLERA



ENERGÍA RENOVABLE



ELÉCTRICA



### **Dirigido a:**

Gerentes, supervisores, responsables, ingenieros y técnicos en mantenimiento, confiabilidad, proyectos y operaciones.

**Abril**

**8 y 9**

Estrategias y Tácticas de Overhaul en la Industria Minera con Soporte de MS Project.

Duración : 16 horas

**Abril**

**10 y 11**

Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55 - ISO 55000 "Certificación en Gestión de Activos Físicos" IAM Courses (Institute of Asset Management).

Duración : 16 horas

**Abril**

**12 y 13**

Planificación Integral del Mantenimiento de Activos (Planificar, Programar, Ejecutar y Sostenibilidad). "EAM Enterprise Asset Management".

Duración : 16 horas

**Ponente:**

**Luis Amendola, Ph.D**

Titulado en EEUU y Europa, es socio fundador CEO and Managing Director of PMM Institute for Learning e investigador de la Universidad Politécnica de Valencia, España, IPMAB-certified Senior Project Manager International Project Manager International. Cuenta con una dilatada experiencia en la industria del Petróleo, Gas, Petroquímica, Minería, Energía Renovable (Eólica) 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.



### **Material entregado**

- Libro de Estrategias y Tácticas de Overhaul, "Maintenance & Asset Management", "Lean Maintenance, Repair and Overhaul", Luis Amendola, Ph.D.
- USB con material electrónico de soporte (diapositivas, artículos y libros).
- Libro de Organización y Gestión del Mantenimiento: Mantenimiento como Negocio "Balance Scorecard", Luis Amendola, Ph.D.
- Estándar PAS 55.
- Libro "Operacionalizando la Estrategia", Luis Amendola, Ph.D.

**Del 8 al 13 de Abril 2013**  
**Lima, Perú**

**Más información:**

marcela\_bolanos@itconsol.com  
 miriam@pmmlearning.com



# Around the WORLD

## PMM Institute for Learning

PMM Institute for Learning ha estado en CHEC Colombia, donde se ha impartido un postgrado de Asset & Project Management, en la International Maintenance Conference IMC 2012, CELEC Ecuador y la planta de producción de Ford en Almussafes, Valencia.



01



### PMM Institute for Learning y PMM Business School

#### 01 Postgrado CHEC

Luis Amendola, Ph.D y Tibaire Depool, Ing, Msc, Ph.D© impartiendo un programa de postgrado con una duración de seis meses para los ingenieros y jefes de grupo de las diferentes áreas de la empresa CHEC "Central Hidroeléctrica de Caldas", perteneciente a EPM "Empresas Públicas de Medellín". La formación de postgrado en la especialidad de Asset & Project Management está orientada a la optimización y mejora de los procesos de gestión de proyectos y activos físicos de la empresa para su adaptación a estándares internacionales, como la ISO 55000 e ISO 21500.

#### 02 Visitas CHEC

Luis Amendola, Ph.D, Tibaire Depool, Ing, Msc, Ph.D©, Santiago Villegas, Ing, Msc, Sub-Gerente de Generación de CHEC y Ricardo Franco Alarcón, Ing. Mantenimiento, durante las visitas a las plantas hidroeléctricas de CHEC, como parte del programa de postgrado en gestión de Activos Físicos y Proyectos impartido en CHEC "Central Hidroeléctrica de Caldas".

Fecha: Enero 2013  
Lugar: Manizales, Colombia



02



### PMM Institute for Learning

#### 03 Joel Levitt

Tibaire Depool, Ing, Msc, Ph.D© compartiendo experiencias en gestión de mantenimiento de activos físicos con el experto internacional Joel Levitt, President of Springfield Resources, durante la International Maintenance Conference.

#### 04 Organizadores IMC 2012

Luis Amendola, Ph.D y Tibaire Depool, Ing, Msc, Ph.D© con los organizadores de la International Maintenance Conference y el CEO and Publisher Terrence O'Hanlon, CMRP. La conferencia de Mantenimiento y Gestión de Activos, catalogada como un extraordinario evento educativo y de establecimiento de contactos, es patrocinado por el mismo equipo profesional que produce Reliabilityweb.com®, Confiabilidad.net y Uptime® Magazine.

Fecha: Diciembre 2012  
Lugar: Bonita Springs Florida, USA



03



04





05

## PMM Institute for Learning y PMM Business School

### 05 Formación CELEC EP

Luis Amendola, Ph.D impartiendo un programa de formación en planificación de mantenimiento y overhaul a los ingenieros, técnicos y directivos de las unidades de negocio de CELEC EP (Termopichincha, Electroguayas, Termogas Machala, Termoesmeraldas, Hidropaute, Hidroagoyan, Hidronación, Eólica y Transelectric), dentro de las estrategias emprendidas por la industria eléctrica para la implementación de un modelo de gestión de activos físicos alineado a la ISO 55000.

Fecha: Noviembre 2012  
Lugar: Cuenca, Ecuador

## PMM Institute for Learning

### 06 IMC 2012

Luis Amendola, Ph.D y Tibaire Depool, Ing, Msc, Ph.D© participando en el International Maintenance Conference, un extraordinario evento educativo y de establecimiento de contactos patrocinado por el mismo equipo profesional que produce Reliabilityweb.com®, Confiabilidad.net y Uptime® Magazine.

Fecha: Diciembre 2012  
Lugar: Bonita Springs Florida, USA



06



07

## PMM Institute for Learning y PMM Business School

### 07 MBA Visita Factoría Ford

Alumnos de Colombia, México, Ecuador, Perú y España realizando una visita a la factoría de FORD Almussafes en Valencia, dentro del programa de MBA Business & Physical Asset Management impartido por PMM Business School en Iberoamérica, donde compartieron experiencia con los ingenieros y directivos de la planta en las últimas tendencias de la gestión integral de activos físicos.

### 08 Organizadores IMC 2012

Ramón García, Ing. Gerente de Carrocería de la factoría de FORD Almussafes Valencia, impartiendo a los alumnos del programa de MBA Business & Physical Asset Management las últimas tendencias de la gestión integral de activos físicos aplicadas por la gerencia de FORD en la factoría.

Fecha: Noviembre 2012  
Lugar: Valencia, España



08



## Tu Escuela de Negocios en Europa Gestión Integral de Activos Físicos Asset & Project Management



### Programas de Master-MBA

Business & Physical Asset Management  
Project Management & Business Management



### Programas de Especialistas Universitarios

Project Management y Gestión de competencias  
Proyectos de Eficiencia Energética en el mantenimiento de activos  
Gestión Integral de Activos Físicos alineados con PAS 55- ISO 55000



### Cursos de Formación Continua

Presenciales e incompany

## PMM Business School



**iam**  
endorsed  
TRAINER

**iam**  
endorsed  
ASSESSOR

**iam**  
qualifications

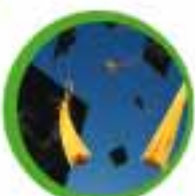
**IPMA**  
international  
project  
management  
association



Enfoque no tradicional.



Flexibilidad, modalidad b-learning.



Avalado por universidades internacionales, valoradas entre las 200 mejores del mundo.



Profesores con experiencia, Ph.D, Certificados, Msc.



Experiencia internacional.



## V Jornadas Global Asset Management

6 y 7 de junio de 2013, CHILE

Esperamos verte !

WORKSHOP

## I Edición Workshop Asset Management Reliability

Mantenimiento y Tecnología en la Gestión de  
Activos Físicos

22 y 23 de Agosto Lima, PERU

ORGANIZAN:



WORKSHOP

## II Edición Workshop Asset Management Reliability

Mantenimiento y Tecnología en la Gestión de  
Activos Físicos

30 y 31 de Octubre Bogotá, COLOMBIA

ORGANIZA:





# Nuestro *Calendario 2013*

## MARZO

L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Inicio de MBA "Business and Physical Asset Management" **+INFO**



## ABRIL

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Inicio de Postgrado "Gestión Integral de Activos Físicos Alineado con la PAS 55-ISO 55.000" **+INFO**



Curso "Estrategias y tácticas de Overhaul en la Industria Minera con soporte de MS Project" **+INFO**



Curso "Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55. *Certificación en Gestión de Activos Físicos* IAM Courses (Institute of Asset Management)" **+INFO**



Curso "Planificación Integral del Mantenimiento de Activos (Planificar, Programar, Ejecutar y Sostenibilidad)" **+INFO**



Curso "Gestión Integral de Activos Físicos PAS 55. *Certificación en Gestión de Activos Físicos* IAM Courses (Institute of Asset Management)" **+INFO**



Inicio de Especialista Profesional en Gestión de Mantenimiento Industrial & Paradas de Plantas y Equipos **+INFO**



Curso "Metodología para el Análisis de Confiabilidad Operacional, (RAM) Reliability, Availability and Maintainability" **+INFO**



Curso "Análisis Causa Raíz (ACR) en equipos mineros. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?" **+INFO**



# Nuestro *Calendario 2013*

## MAYO

L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Curso "Metodología para el Análisis de Confiabilidad Operacional, (RAM) Reliability, Availability and Maintainability" **+INFO**



Curso "¿Cómo reducir las pérdidas en mantenimiento? Mantenimiento productivo total (TPM), Cálculo de Manpower e Indicadores de gestión del mantenimiento." **+INFO**



Curso: "Análisis Causa Raíz (ACR). ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?" **+INFO**



Curso "Visión Financiera para la Gestión Integral del mantenimiento de Activos" **+INFO**



Curso "Planificación y programación de mantenimiento e Indicadores de gestión de activos físicos" **+INFO**



## JUNIO

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

5ª Jornada Internacional Iberoamericana Global Asset Management **+INFO**



Curso "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)" **+INFO**



Curso "Inspección Basada en Riesgo (El plan de inspección técnico y económico más conveniente)" **+INFO**



Curso "Análisis Causa Raíz (ACR) en Equipos Industriales. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales en equipos rotativos, estáticos e instrumentación?" **+INFO**



## CALENDARIO COMPLETO

Para conocer toda nuestra programación o para más información, visita nuestro calendario en: <http://www.pmmlearning.com/index.php/calendario>.

## Nuestros servicios



### Consultoría - ACREDITADOS POR EL IAM.

PMM Institute for Learning ofrece un servicio integral enfocado a impulsar el proceso de transformación de las compañías y optimizar la Gestión Integral de Activos Físicos "Asset Management", Gestión Integral de Proyectos "Project Management", Eficiencia Energética en la Gestión de Activos "Asset Energy Management" y Business Process Management.



Ayudamos a nuestros clientes a liderar sus mercados mediante el diseño, gestión y ejecución de cambios beneficiosos y duraderos mediante la implementación de estrategias de ciclo de vida, paradas de planta, integridad mecánica, manejo del riesgo, inversiones de capital, optimización de los costes y diseño de metodologías corporativas.

### Global Asset Management Iberoamerica

Portal de conocimiento que ofrece servicios científicos y tecnológicos. Tiene como objetivo, a través de su portal iberoamericano y de sus jornadas anuales, ser un recurso de divulgación y actualización del conocimiento, así como un recurso informativo para los profesionales de la Gestión Integral del Mantenimiento y Confiabilidad de Activos Físicos (Asset Management Reliability).



### AMP

AMP es un enfoque a través del cual, desarrollar las competencias. Un proceso de análisis cualitativo del profesional que permite establecer los conocimientos, habilidades, destrezas y comprensión que el profesional moviliza en las distintas áreas de mantenimiento, producción, gestión energética y proyectos para desempeñar efectivamente una función laboral.

### PMM Business School

Escuela de negocios PMM Business School orienta su formación a mandos medios y altos directivos de perfil internacional. Combina formación presencial y online en Iberoamérica, Europa y USA, ofreciendo sus programas de postgrados a nivel de MBA, Master, Especializaciones y Cursos de Formación Específica. PMM cuenta con programas de formación "In-Company" es un modo de asegurar que su equipo obtenga la formación que necesita de forma concertada y a medida.



## Más servicios

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

## Contacta con nosotros

España:

formacion@pmmlearning.com

Region Andina:

regionandina@pmmlearning.com

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



# 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 sistémica para ayudar a alcanzar los objetivos del negocio"...

PMM Institute for Learning es una de las 10 empresas, a nivel mundial que está acreditada por el IAM (Institute of Asset Management), como Trainer y Assessor.



## Cursos de PMM acreditados por el IAM:

A1

Beneficios de la Gestión de Activos  
"The Benefits of Asset Management"

A2

Políticas de la Gestión de Activos  
"Introduction to Asset Management Policy"

B1

Sistema de Gestión de Activos  
"The Asset Management System"

B5

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





# JUNTOS CRECEMOS PASO A PASO

Consultoría - Formación - I+D+i  
[www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com)

SUSTAINABILITY

¿Cómo lograr que la gestión de activos sea rentable en el tiempo?

Crecimiento y Mejora Continua  
Fortalecimiento de las competencias  
Tecnología y Sociedad

¿Cuándo y cómo optimizar sus Activos?

Overhaul  
Shutdown "Paradas de Planta"  
LCC

IMPLEMENTATION

¿Cómo lograr la Optimización de la Gestión?

Implementación Asset Management  
Alignment "Alineación Estratégica"  
PMM ToolBox Reliability

¿Cuál es el GAP en la Gestión de sus Activos?

Assessment  
Diagnóstico de la Gestión  
de Activos Físicos

ASSESSMENT

**PMM**  
*por el*  
**MUNDO**

CONTACTO

## CHILE

Alcántara 200, piso 6  
Oficina 601  
Las Condes  
Santiago, Chile  
[formacion@pmmlearning.com](mailto:formacion@pmmlearning.com)

## COLOMBIA

**PMM Asset & Project Management SAS**  
World Trade Center, calle 100 No 8A-55 T.C  
Piso 10, Oficina 1005.  
Bogotá, Colombia  
0057 (1) 6467430  
[pmmsasinfo@pmmlearning.com](mailto:pmmsasinfo@pmmlearning.com)  
Región Andina  
[regionandina@pmmlearning.com](mailto:regionandina@pmmlearning.com)

## ESPAÑA

**PMM Institute for Learning**  
C/Lepanto, 27, 1º piso, puerta 4.  
Alboraya 46120  
Valencia, España  
0034 961864337  
[formacion@pmmlearning.com](mailto:formacion@pmmlearning.com)