

¿CÓMO Y CUÁNDO MEJORAR EL RENDIMIENTO EMPRESARIAL? AQUÍ ESTÁ LA CLAVE...

5^a JORNADAS
Global Asset Management
6 y 7 de junio
Santiago de Chile
¡INSCRÍBETE!

Descubre los nuevos
CURSOS
ECUADOR
Asset & Project
Management

SEMANA DE LA
CONFIABILIDAD
17 - 22 Junio
Lima, Perú

Programa Postgrado
PAS55 - ISO55000
¡Único en el mundo!
Inicio 15 julio, **COLOMBIA**
Inicio 1 Agosto, **CHILE**



XV Congreso Internacional
de Mantenimiento
1er Premio
Mejor Ponencia
Tibaire Depool



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

PMM Project

Magazine
vol. 25

ACTIVIDADES PRÓXIMAS ¡APÚNTATE!

PROGRAMAS MBA Y ESPECIALISTAS

INICIO
15 JUL 2013

Postgrado: Gestión Integral de Activos Físicos alineado con la PAS 55-ISO 55.000
(Colombia)



INICIO
1 AGO 2013

Postgrado: Gestión Integral de Activos Físicos alineado con la PAS 55-ISO 55.000
(Chile)



INICIO
16 SEPT 2013

MBA: Business & Physical Asset Management



SEMINARIOS Y EVENTOS

8-9
MAYO 2013

¿Cómo reducir las perdidas en mantenimiento? Mantenimiento productivo total (TPM), Cálculo de Manpower e Indicadores de gestión del mantenimiento.



28-29
MAYO 2013

Dirección y Gestión de Proyectos "Project Management" con soporte de MS Project



30-31
MAYO 2013

Planificación, Ejecución y Seguimiento Físico-Financiero de Proyectos con soporte de MS Project.



6-7
JUNIO 2013

5^a Jornada Internacional Iberoamericana Global Asset Management



17-18
JUNIO 2013

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)



19-20
JUNIO 2013

Inspección Basada en Riesgo (El plan de inspección técnico y económico más conveniente)



21-22
JUNIO 2013

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



26-27
JUNIO 2013

Análisis Causa-Raíz "RCA" en Equipos Dinámicos ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?



28-29
JUNIO 2013

Metodología para análisis de confiabilidad operacional (RAM "Reliability, availability, Maintainability"), alineado a la Gestión Integral de Activos Físicos (PAS 55-ISO 55000)



8-9
JULIO 2013

Metodología para el Análisis de Confiabilidad Operacional, (RAM) Reliability, Availability and Maintainability



10-11
JULIO 2013

Ánalisis Causa Raíz (ACR) en equipos industriales. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales en equipos rotativos, estáticos e instrumentales?



16-17
JULIO 2013

Estrategias para la Optimización de Paradas de Planta y Overhaul



Sumario

04

Consejo editorial

Nuestro equipo de profesionales

44

Around the World

PMM Institute for Learning
Colombia, España.

05

Carta Editor

Luis Amendola Ph.D

52

Nuestro calendario

Actividades programadas
para los próximos meses.

06

Monitoreo de la Condición de los Activos Físicos alineado a la PAS 55 – ISO 55000 (Asset Management)
(Gestión Optimizada de Activos Físicos)

Medina, N. Ing. Esp.; Amendola, L. Ph.D; Depool, T. Ph.D ©

54

Club AAA

20

Aplicación de técnicas y herramientas del Project Management en la implementación de proyectos de Gestión de Activos:
Planta de Refinación - España
Amendola, L. Ph.D; Depool, T. Ph.D ©



32

Aplicación de la metodología de análisis causa raíz como sistema de gerencia. Caso: Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica en 34,5kv de un campo petrolero
Díaz, H. Ing.

Consejo Editorial

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: tibaire@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 Valencia,
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: tibaire@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



Carta Editor

El Futuro del Asset Management

¿Usted se ha puesto a pensar qué preguntas debemos hacer en el futuro sobre la gestión de activos?

Hay quienes creen que el futuro es ordenado, pero en nuestro destino están fijadas las estrategias de lo que será, aquellos que creen que el futuro es lo que hacemos. La verdad probablemente se encuentre en algún punto intermedio.

Varias empresas están explorando como implementar una estrategia de Asset Management, son acontecimientos muy positivos que se están produciendo en este momento en la industria, pero hay mucho interés en los sectores públicos y privados sobre qué beneficios obtendremos con la gestión de activos físicos.

Las conferencias que imparto a nivel global siguen atrayendo a un gran número de participantes interesados en presentaciones innovadoras, el número y calidad de los cursos de gestión de activos que dicto sigue en aumento y en breve

tendrá lugar la primera norma internacional de gestión de activos, ISO 55000.

Sería fácil asumir que la gestión de activos debe continuar yendo viento en popa. Sin embargo, no debemos dar esto por sentado. El progreso continuo, como la libertad, requiere una vigilancia constante. En lugar de preguntarse si la gestión de activos continuará creciendo, una mejor pregunta podría ser “¿cómo?” va a crecer, “¿qué forma tomará?”, y si estos movimientos serán fuerte o débiles para enfrentar los nuevos retos o son una moda más.

No dejes al azar la gestión de tus activos

La gestión de Activos no es un juego

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



Ecuador, 2013

Palacio de Carondelet. La tradición cuenta que habría sido el libertador Simón Bolívar quien le llamó con este nombre, asombrado por el buen gusto que tuvo Francisco Luis Héctor Barón de Carondelet, quien ordenó la construcción de su fachada, cuyo principal elemento, una columnata, se mantiene hasta la actualidad. No obstante, nunca se le ha denominado así en los documentos oficiales. La historia cuenta que dos pabellones fueron construidos como para fijar el equilibrio: uno al sur, otro al norte: el del costado sur aposentaba al Presidente, dictador o encargado del poder; el del costado norte a quien hacia las veces de Secretario de Estado. Una larga terraza, pendiente sobre el cuadrilátero de la Plaza Mayor, hoy de la Independencia, servía de pasadizo descubierto entre uno y otro pabellón.

Monitoreo de la Condición de los Activos Físicos alineado a la PAS 55 – ISO 55000 (Asset Management) (Gestión Optimizada de Activos Físicos)

Medina, N. Ing. Esp.; Amendola, L. Ph.D; Depool, T. Ph.D ©

Resumen.

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 – ISO55000) para lograr que los activos cumplan la función del proceso considerando la etapa de su ciclo de vida, los parámetros de diseño y condiciones de operación segura. El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia de una estrategia de monitoreo de condición adecuada, como pilar estratégico para la confiabilidad de los activos y sistemas de activos, alineado a lo establecido en la PAS55 en dos requerimientos específicos (4.5 y 4.6) asociados al monitoreo de la condición y desempeño de los activos a lo largo de su ciclo de vida, para identificar no conformidades pasadas o existentes y establecer estrategias para monitorear condiciones específicas de forma proactiva, generando valor agregado para la organización, estableciendo relaciones entre el contexto operativo de las instalaciones, los procesos de trabajo, las personas, las mediciones de desempeño y las metas del negocio.

Palabras clave: Asset Management, Ciclo de Vida, Condición, Monitoreo, Optimización.

I. Introducción.

La implementación de técnicas y herramientas de Monitoreo de la Condición en los Activos Físicos Alineados a la PAS 55 (Asset Management), contribuyen a 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.

Durante años las empresas han realizado mantenimientos a sus equipos, de forma que sus grupos de mantenimiento y producción desmontan la mayor parte de sus 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.

Uno de los grandes retos que están afrontando las organizaciones en la actualidad, independientemente del tamaño, es la reducción óptima 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, sin poner en riesgo la seguridad de sus activos. De allí que 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) a lo largo de la vida útil de los activos, lo que muchas veces implica acabar con estructuras tradicionales en busca de mayor productividad y definitivamente la reducción de los costes del mantenimiento de sus activos.

2. Monitoreo por condición.

Monitoreo (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. Uno de los objetivos

Medina, N. Ing. Esp.; Consultora Asset Management Reliability
Amendola, L. Ph.D; Chairman y CEO de PMM Institute for Learning
Depool, T. Ph.D ©; Directora de PMM Institute for Learning
Monitoreo de la Condición de los Activos Físicos alineado a la PAS 55 – ISO 55000

del monitoreo por condición es indicar cuándo existe un problema, para diagnosticar entre los estados o condiciones del activo, bueno y malo; y si es malo indicar cuán malo es, evitando fallos catastróficos, diagnosticar fallos con problemas específicos, pronosticar la vida útil y pronosticar 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. [1]

En general, monitorear una condición consiste en estudiar (evaluar y analizar) la evolución estocástica 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 y realizar las intervenciones oportunamente para que ese fallo no se produzca o no tenga consecuencias graves. Esta actividad, por lo tanto, garantiza que cualquier inversión realizada para implantar las estrategias del Mantenimiento basado en la Condición (CDM) provean un rendimiento efectivo y valor agregado para la organización, relacionando el contexto operativo de las instalaciones, los procesos de trabajo y las metas del negocio, incluyendo personas y las mediciones de desempeño.

Una de las características del mantenimiento por condición es que permite realizar el diagnóstico sin parar los activos. La inspección de los parámetros y el seguimiento a su comportamiento 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.

Desde hace aproximadamente 20 años el monitoreo de condición se introduce con

gran fuerza en la industria como una actividad de mantenimiento. Desde esta perspectiva, el Mantenimiento Basado en Condición tiene como objetivo la reparación o reemplazo preventivo de los componentes de la maquinaria de manera oportuna, realizándolo justo antes que aparezca una falla. Sin embargo, en los últimos años, bajo la concepción de Gestión de Activos, el objetivo del Mantenimiento basado en la Condición (CBM) es obtener la máxima vida útil de cada activo físico (equipo o componente) antes de ponerlo fuera de servicio.

La estrategia de monitoreo de condición ha salido del encasillamiento como una tarea única de mantenimiento, siendo la verdadera dimensión de su importancia en la aplicación óptima dentro de un programa de mejoramiento de confiabilidad operacional.

3. Para qué monitorear condiciones en los activos.

Son muchas las razones por las cuales podemos justificar el porqué es conveniente aplicar estrategias de monitoreo de condición en nuestras plantas, sin embargo, tener claro el para qué lo hacemos permite argumentar la justificación para soportar la inversión requerida.

Algunas de las razones para las que se recomienda la implantación del monitoreo de condiciones:

Para...

- detectar los modos de falla,
- diagnosticar de los mecanismos de deterioro,
- identificar condiciones que afectan la vida útil de los componentes de los equipos,
- identificar las causas de los problemas de los equipos,

- pronosticar la vida útil de los equipos,
- pronosticar la confiabilidad esperada para un intervalo de tiempo,
- evaluar y mitigar el impacto de las fallas en la confiabilidad operativa,
- optimizar el sincronismo de las intervenciones de mantenimiento,
- mejorar la confiabilidad y disponibilidad.

4. Cómo evaluar los beneficios del monitoreo por condición.

La evaluación del impacto que tiene la aplicación de metodologías, estudios o estrategias sobre la rentabilidad del negocio, representa un análisis de carácter técnico-económico e interdisciplinario, que integra los fundamentos de evaluación económica probabilística con el comportamiento probabilístico esperado de los activos a lo largo de su vida útil. Estos estudios están destinados a identificar, valorar, y predecir los efectos sobre el comportamiento de los activos que determinados eventos o acciones pueden causar y la estimación de este impacto sobre la rentabilidad del negocio.

Podemos considerar que los impactos de la implantación de una estrategia de monitoreo de condición en una planta se generan cuando, la aplicación de una acción o actividad derivada de un análisis producen una alteración en el comportamiento de alguna variable del sistema evaluado o en alguno de sus componentes, ya sea de manera favorable o desfavorable, con implicaciones económicas principalmente sobre los costos de mantenimiento y de operación.

Una forma en la que se podría intentar cuantificar los beneficios que se obtendrían al implementar

una estrategia de mantenimiento de monitoreo por condición, es confeccionando una lista de las intervenciones realizadas y fallos detectados, que se han generado en los últimos años en familias de equipos, con sus respectivas causas, para evaluar cómo ha sido el comportamiento o tendencia en el tiempo en relación a los años previos donde se aplicaban las estrategias tradicionales de mantenimiento.

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). [2]

4.2. Claves del éxito.

Dada la creciente sofisticación de las tecnologías de mantenimiento y los requerimientos de

**ÚNICO
PROGRAMA
EN EL
MUNDO**

**POSI
GRA
DO**

GESTIÓN INTEGRAL DE ACTIVOS FÍSICOS

Alineado con la PAS 55 - ISO 55000

 **EDICIÓN CHILE**
INICIO 1 AGOSTO 2013
[MÁS INFO](#)

 **EDICIÓN COLOMBIA**
INICIO 1 ABRIL 2013
[MÁS INFO](#)


**PMM
BUSINESS
SCHOOL**




Institute of Asset Management
CORPORATE MEMBER

 **iAM**
endorsed
TRAINER

 **iAM**
endorsed
ASSESSOR

 **Q** **iAM**
qualifications

diagnósticos certeros y oportunos, la industria de servicios de mantenimiento ha venido creciendo sostenidamente en las economías rápidas. Especialistas apoyados por computadores conectados remotamente a los sensores de los equipos monitorean signos vitales acumulando una experiencia y conocimientos imposibles de lograr en cada planta por separado. La visión tradicional del mantenimiento y el diagnóstico industrial 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 irregulares en expansión. Este cambio es parte de una transformación global que abarca toda la industria.

4.3.Los objetivos del mantenimiento según condición.

Cada equipo crítico para estar operativo y asegurar confiabilidad y disponibilidad, debe cumplir con parámetros para asegurar la operación, esto se logra a través del mantenimiento, reemplazo o re-diseño oportuno de los componentes que necesitan reposición. Por lo que, los objetivos que el mantenimiento basado en condición persigue son:

- **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 y las causas de origen.
- **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 o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía. Ver figuras 1 y 2.

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

La PAS 55 dentro de sus 28 requerimientos (figura 3); 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. 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.[3, 4]

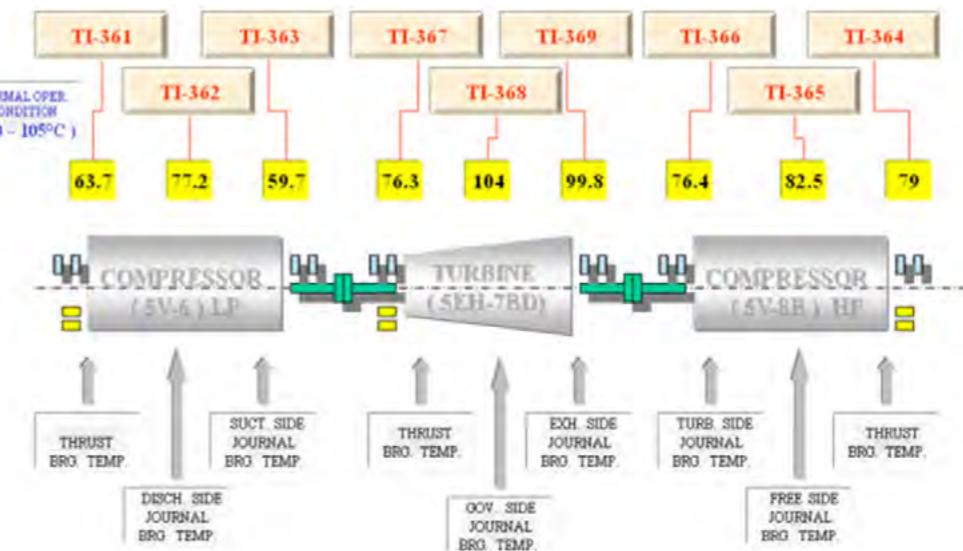


Figura 1. Ejemplo de un esquema puntos de medición de un equipo rotativo.

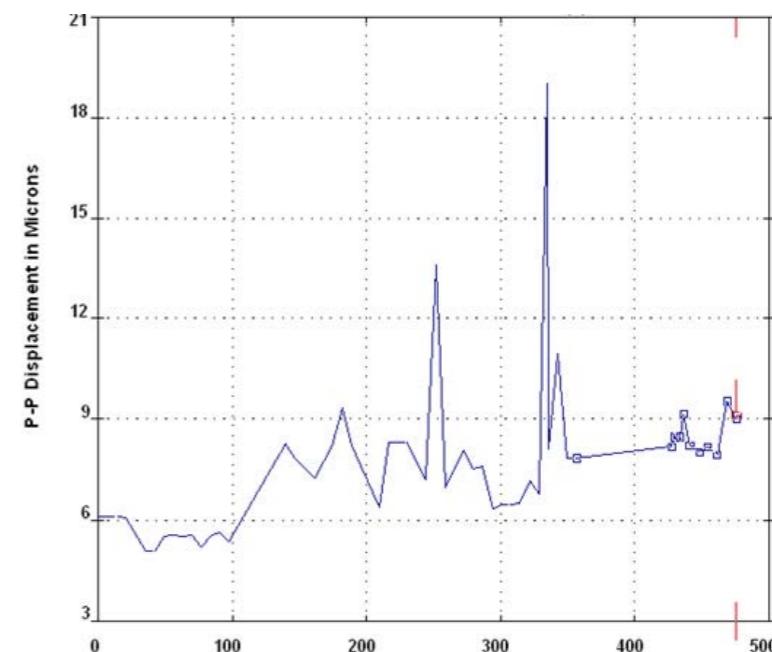


Figura 2. Ejemplo de un espectro de señales de un equipo rotativo.

En el requerimiento **4.6 (Mejora y Evaluación del Desempeño)** se 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,



Figura 3. Los 28 requerimientos de la PAS 55, © Copyright IAM Institute of Asset Management

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. [3, 4]

- 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 que permitan el monitoreo de la efectividad y eficiencia global del sistema de gestión de activos.
- Registros 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).

- **Estimación:** Con los datos obtenidos en cada monitoreo e integrados al histórico de mediciones, desarrollar modelos estocásticos para pronosticar la tendencia en el tiempo de la variable o mecanismo de deterioro bajo observación.

- **Sincronización:** Utilizar el conocimiento de los ciclos de falla de cada componente o equipo, para el diseño y actualización de las estrategias de mantenimiento.

De acuerdo a como se estructure la estrategia de monitoreo de condición esta puede convertirse en uno de los pilares fundamentales de un programa de mejoramiento de confiabilidad operativa incluyendo Confiabilidad de Proceso, Confiabilidad Humana, Confiabilidad de Equipos y Confiabilidad de Diseño.

El diseño de la estrategia de monitoreo de condición estará determinado (sin limitarse a ello) por la complejidad de la planta o sus sistemas, las condiciones operacionales y el entorno, el grado de envejecimiento y obsolescencia de los equipos, la disponibilidad de recursos (económicos, humanos, infraestructura, materiales, herramientas, tiempo).

Un Plan para desarrollar una Estrategia de Monitoreo de Condición que permite asegurar resultados a lo largo del tiempo, puede incluir lo indicado en la figura 4.

6. ¿Cómo llevar a cabo la estrategia?

La tarea de monitorear una condición por sí sola no genera valor a la Gestión de Activos. Cuando se plantea como una estrategia, va acompañada de una serie de acciones que se aplican de manera sistemática para convertir los datos en información útil para establecer una adecuada Estrategia de Gestión de Activos.

Podemos resumir esas tareas en 4 grandes rubros:

- **Monitoreo:** Utilizando las diferentes técnicas, estrategias y tecnología disponible, se logran registrar los datos del comportamiento de algunos elementos del equipo o sistema.
- **Análisis:** Aplicando procedimientos y metodologías de análisis para utilizar la información obtenida en la evaluación e interpretación del comportamiento de la(s) variable(s).

7. ¿Cómo monitorear una condición?

Para seleccionar que tipo de monitoreo requerimos en nuestra planta para evaluar la condición de nuestros activos, debemos tener en cuenta los requerimientos específicos de nuestra planta, los cuales definirán si se requiere

ponentes



Asset Management camino a la Excelencia Operacional - ISO 55000

"Conocimiento, Experiencia y Tecnología"



EXCELENCIA OPERACIONAL "Operations Integrity Management"

Lanzamiento de la 1^a edición del libro **EXCELENCIA OPERACIONAL** por el autor **Luis Amendola, Ph.D** con la colaboración de varios especialistas internacionales.

[...] por ello, gestionar el trabajo en equipo, optimizar la comunicación entre diferentes departamentos, gestionar el valor personal y profesional, y sobre todo, hacer un buen uso de las herramientas disponibles dentro de la organización, deben ser los puntos a tratar para poder conectar el "piso de planta" con el "Castillo".

¡Te proponemos un reto! Resuélvelo y recibe un descuento en tu inscripción a las Jornadas. Mira la última página de este Brochure.

COLABORAN:



PATROCINAN:



Your partner in reliability



Luis Amendola, Ph.D
Presidente Global Asset Management Iberoamérica
CEO PMM Institute for Learning

Luis Amendola Ph.D en Ingeniería e Innovación por Universidad Europea, Engineering Management, Ph.D. por Estados Unidos. Cuenta con treinta y dos (32) años de experiencia en sectores como: la industria del petróleo, gas, petroquímica, minería, automoción, planificación energética, energía renovable (Eólica) y empresas manufactureras. Investigador de la Universidad Politécnica de Valencia (España) en Proyectos de Ingeniería e Innovación.



David Faro, Ing. M.Sc.
Director General Preditec /IRM

Desde el año 1990 ha estado vinculado por completo a la implantación de técnicas y tecnologías de mantenimiento predictivo y en el diseño y puesta en marcha de sistemas de monitorización basados en la condición. Participa como formador en los cursos de Preditec/IRM así como profesor en Maestrías y Posgrados de Mantenimiento Industrial. Ha publicado artículos en revistas especializadas y presentado ponencias en seminarios y congresos nacionales e internacionales.



Eduardo Parra, Ing. M.Eng. & MSc.
Gerente Comercial SOLEX

Eduardo Andrés Parra Bucher, Master of Science in Computer Science (MSCS) por Stanford University, CA, U.S.A. Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Énfasis en sistemas basados en conocimiento y sistemas expertos. Ingeniero Civil de Industrias con mención en Ciencia de la Computación. Gerente Comercial, SOLEX-Soluciones Expertas S.A. En los últimos años ha logrado posicionar a SOLEX como un actor relevante en la región latinoamericana para las soluciones IBM Tivoli Software.



Nayrih Medina Calleja, Ing. Esp
Asset Management Reliability Senior Consultant in PMM

Especialista en Asset Management Reliability. Ingeniera de Mantenimiento Mecánico, con una especialización en Ingeniería de Riesgo y Confiabilidad de Sistemas Industriales. Cuenta con más de 17 años de experiencia de experiencia en la industria petrolera y en la consultoría privada, ha llevado a cabo diversas actividades de planificación, programación, mantenimiento de infraestructura, desarrollo de competencias y análisis financiero de proyectos.



Tibaire Depool, Ing. M.Sc. Ph.D. ©
Asset & Project Management Executive in PMM

Tibaire Depool, 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. Con catorce (14) años de experiencia en el sector, se especializa en la planificación estratégica de empresas, Executive Consulting Asset & Project Management.



Luiz Tavares de Carvalho, Ing. MBA
Chairman Tavares de Carvalho Consulting

Luiz Tavares de Carvalho, Ingeniero Mecánico con Posgrado en Administración de Empresas, y extensión universitaria en Ingeniería Industrial. Es profesor universitarios de: Planeamiento Estratégico en Mantenimiento, DEI/UNIFEI; Mecanizado de los Metales, FATEC / UNESP. Es Director Nacional de la Asociación Brasileña de Mantenimiento (ABRAMAN), y es miembro del Consejo Regional de Ingeniería, Arquitectura y Agronomía (CREA).



Carlos Mario Pérez, Ing. M.Sc.
Director General Soporte & Cia S.A.S

Carlos Mario Pérez, Ingeniero mecánico. Especialista en sistemas de información. Especialista en gestión de activos y gerencia de proyectos y master en gestión de proyectos, negocios y administración de activos físicos. Profesional en RCM2™ de Aladon Network. Certificado como Endorsed assessor y Endorsed trainer del Institute of Asset Management. Ha trabajado en la divulgación, capacitación y aplicación de RCM2, Gestión de Mantenimiento y la Gestión de Activos en empresas en trece países.



Nelson Cuello, Ing. MSc
Sub Gerente de Mantenimiento

Nelson Cuello Ramírez, Ingeniero Civil Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial, Magíster en Gestión de Activos e Ingeniero Mecánico. Cuenta con 19 años de trayectoria liderando áreas de Operaciones y Mantenimiento en Plantas de Alto Nivel tecnológico. Responsable como coordinador ejecutivo de TPM de llevar a la primera empresa en Chile en obtener el "Award for TPM Excellence categoría A" dado por el JIPM (Japan Institut Plant Maintenance) de Japón,



Gotzon Iragorri, Ing. M.Sc
Engineering Project & Planning ESBI FM España, S.L.

Gotzon Iragorri, Licenciado en Náutica, Sección Máquinas Navales-Universidad del País Vasco (España). Especialista en Transporte de Gases Líquidos, Transporte de Productos Químicos, Gas Inerte y Lavado con Crudo, y Buques Petroleros. Con mas de 20 años de experiencia en diferentes área como: Jefe de Mantenimiento Preventivo y Predictivo en Transformadoras de Etileno, de buques Containeros-Frigoríficos, Petroleros, Siderúrgico, Centrales Térmicas



Figura 4. Plan para el desarrollo de una Estrategia de Monitoreo de Condiciones [6].

un monitoreo continuo o sólo un monitoreo periódico, local o remoto, etc.

Para cada uno de los casos existen en el mercado una gama de tecnologías disponibles que permite satisfacer estas necesidades o combinaciones de estas. Regularmente cuando el monitoreo de condición es periódico, las técnicas de ensayos no destructivos y el análisis de aceites son las de mayor uso. Si requerimos un monitoreo continuo, por ejemplo, el monitoreo en línea, los sistemas expertos y los que permiten monitorización en la nube, son la mejor opción.

Las decisiones sobre cuál es el tipo de monitoreo a utilizar o tecnología a emplear van a estarán

condicionadas por: tipo de equipos, variable a monitorear (parámetros operacionales, condiciones químicas de fluidos o productos del proceso, condiciones geométricas, condiciones físicas), tipos de fallas a detectar, mecanismos de deterioro presentes, mantenibilidad de los activos, presupuesto disponible, competencia del personal, entre otros.

7.1 Aplicación con sistemas expertos.

En el campo del monitoreo por condición, los sistemas expertos (figura 5) se utilizan

fundamentalmente como herramientas de diagnóstico a través del monitoreo continuo. 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. [5]

gestión de activos en relación a 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.

7.2.Buenas prácticas para la selección de equipos de monitoreo de condición.

De acuerdo con nuestra experiencia industrial e investigaciones con aportes de expertos en esta área ustedes pueden consultar los diferentes equipos disponibles en el mercado, y consultar con expertos de industrias similares 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

8. Conclusiones.

El monitoreo de condición es mucho más que una simple evaluación del estado de las máquinas y sus componentes para identificar sus modos de falla y causas de las mismas.

El conocimiento de la forma como los componentes de un sistema responden a ciertas condiciones de operación, hace posible identificar áreas de oportunidad también para optimizar procesos.



Figura 5. Sistema Experto Monitoreo por Condición (Amendola.L, 2003).

Actividades sistemáticas de monitoreo de los equipos críticos pueden alargar los períodos entre intervalos de mantenimiento, permitiendo extender la vida útil de los componentes de las máquinas y la optimización del inventario de repuestos, mejorando considerablemente la confiabilidad y disponibilidad de la planta y maximizando el aprovechamiento de los equipos y recursos.

Entre los principales beneficios que aporta este tipo de estrategia están:

- Se realiza con la mínima interrupción de un proceso.
- Es un procedimiento de exploración, generalmente no destructivo que monitorea ciertos valores en una máquina.
- Las reparaciones en máquinas se optimizan, pues sólo son efectuadas cuando los valores indican que es estrictamente necesario.
- Son una solución para incrementar los intervalos en la planificación de reparaciones y mantenimiento.
- Permite reducir los paros no planificados y optimiza las paradas planificadas, junto con las consecuentes pérdidas en la producción e incrementa la vida útil de ítems mantenibles de las máquinas.
- Los resultados de las mediciones, cálculos y análisis son registrados y pueden ser auditables.

9. Bibliografía.

- [1] S. Goldman. Vibration Spectrum Analysis: A Practical Approach. (1999).
- [2] Robert C., Jr. Eisenmann. Machinery Malfunction Diagnosis and Correction: Vibration Analysis and Troubleshooting for Process Industries. (2002).
- [3] British Standards Institute. (BSI) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte I, ISBN: 978-0-9563934-0-1.
- [4] British Standards Institute (BSI) PAS 55:2008, Gestión de Activos Parte 2, ISBN: 978-0-9563934-2-5.
- [5] Amendola, L. Diagnóstico de Fallos Basado en la Condición, Revista Mantenimiento, ISSN 0214-4344, Asociación Española de Mantenimiento, España, (2003).
- [6] Medina, N. Monitoreo de la condición de los activos físicos alineados a la PAS 55 – ISO 55000 (Asset Management). XIV Congreso de Confiabilidad, de la Asociación Española para la Calidad (AEC), 2012.
- [7] Beebe, R S, Machine condition monitoring MCM Consultants reprint (1995).
- [8] Emerson Process Management, www.emersonprocess.com, (2012).
- [9] GE-Bently Nevada Condition Monitoring, www.ge-mcs.com/.../bently-nevada-monitoring, (2012).
- [10] RockwellAutomation Condition Monitoring, www.rockwellautomation.com (2012).
- [11] R. Keith Mobley. Vibration Fundamentals (Plant Engineering Maintenance Series). Editor Hardcover (1999).
- [12] R. Keith Mobley. Plant Engineer's Handbook. Editor Hardcover (2001).
- [13] R. Keith Mobley, An Introduction to

Predictive Maintenance. Editor Hardcover (2002).

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

[15] Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Sistemas Digitales de Monitoreo y Control (NRF-105-PEMEX-2005). PEMEX. 2006.

[17] Flores, C. Equipo de Diagnóstico. Mantenimiento Centrado en la Condición. Universidad Rafael Landivar. Facultad de Ingeniería. 2011.

**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

**Nayrih Medina
Ing. Esp.**



Especialista en Asset Management Reliability de la Escuela de Negocios PMM Bussiness School y Universidad de Valencia, España. Ingeniera de Mantenimiento Mecánico egresada de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt, Venezuela, en 1996, con una especialización en Ingeniería de Riesgo y Confiabilidad de Sistemas Industriales, en la Universidad Simón Bolívar, Venezuela, en 2003.

Con más de 16 años de experiencia en la industria petrolera y en la consultoría privada, ha pasado por una variedad de actividades de planificación, programación, mantenimiento de infraestructura, desarrollo de competencias y análisis financiero de proyectos.

e-mail: nayrih@pmmlearning.com

**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: tibaire@pmmlearning.com

Aplicación de técnicas y herramientas del Project Management en la implementación de proyectos de Gestión de Activos: Planta de Refinación - España

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

Resumen.

Dentro del plan estratégico de aumento de la capacidad de refinación de un complejo industrial ubicado en España, se ha desarrollado un proyecto estratégico de ampliación de su capacidad, que implicaba la implementación de estrategias de gestión integral de mantenimiento tanto a nivel de nuevos equipos, así como la evaluación de las estrategias en los equipos existentes. El objetivo es conseguir la estandarización y eficiencia. En este sentido, se exponen todas las herramientas, técnicas y metodologías empleadas en las fases de implementación, seguimiento, evaluación y control, basadas en el Project Management, en un proyecto en fase de construcción y una instalación operativa.

El subproyecto de implementación de la gestión de mantenimiento de activos, se divide en dos partes, la primera enfocada a la nueva instalación (proyecto de ampliación) y la segunda a la instalación ya existente.

Para el desarrollo de este proyecto se definieron etapas de diseño, implementación y prueba de los procedimientos a implementar. Entre la serie de procedimientos implementados en este proyecto, se describen las diferentes formas de tratar, organizar y emplear la información para el diseño e implementación de los programas de mantenimiento.

Finalmente, se comentan los resultados alcanzados y las lecciones aprendidas para proyectos futuros en esta área de conocimiento.

Palabras Claves: Activos; Gestión; Diagnóstico; Criticidad.

I. Introducción.

El desarrollo de un proyecto es una actividad creativa, fundamentada principalmente en el razonamiento, la experiencia y el conocimiento. Tiene la finalidad de lograr soluciones óptimas, mediante aplicación de técnicas eficientes para el diseño y desarrollo de productos o sistemas. En los proyectos de mejora de plantas industriales, donde las exigencias actuales de competitividad y de seguridad, tanto ambiental como del personal son críticas, es determinante, para el eficiente y confiable desarrollo del proceso productivo, la búsqueda de un punto de equilibrio en términos de coste y fiabilidad. La búsqueda de ese punto implica la aplicación de metodologías tendentes a lograr que sea el óptimo, es decir, el mejor para nuestro sistema.

Para la gestión óptima de las tareas de mantenimiento en las organizaciones, es requerido desarrollar todas las funciones dentro de un escenario de confiabilidad operacional (Amendola, 2006). Esto implica la integración de varios elementos, como confiabilidad de los procesos, confiabilidad de los activos, mantenimiento de estos para planificar y controlar los recursos disponibles requeridos. La optimización del mantenimiento representa la implementación de nuevas técnicas de diagnóstico, herramientas y procedimientos para la mejora continua y segura de los procesos.

En este trabajo se propone una metodología para implementar un programa de mantenimiento de forma óptima en una refinería ubicada en España. La necesidad del proyecto radica en que, por razones de costes, no es posible implementar las acciones de mantenimiento de la misma forma a todos los equipos presentes en la refinería. Y más aun si se van a implementar técnicas de

Amendola, L. Ph.D; Chairman y CEO de PMM Institute for Learning
Depool, T. Ph.D; Directora de PMM Institute for Learning
Aplicación de técnicas y herramientas del Project Management en la implementación de proyectos de Gestión de Activos

diagnóstico, que por sus costes no es posible implementarlas a todos los equipos. Por las razones expuestas se requiere por lo tanto realizar una lista jerarquizada de los equipos. Para realizar esta lista es requerido desarrollar e implementar una metodología para el análisis de criticidad. Dada la naturaleza de la información en ambos casos, se requirió realizar el estudio de criticidad en dos partes (actual y ampliación).

Una vez implementado el análisis de criticidad para ambos casos, se procedió a mejorar los planes de mantenimiento de la refinería actual y crear, en base a documentos de los equipos, los programas de mantenimiento a implementar en la ampliación. Posteriormente estos programas fueron dados de alta en un EAM (Enterprise Asset Management).

La refinería de estudio procesa 110.000 barriles al día y con la ampliación se alcanzarán los 220.000 barriles al día.

2. Marco Teórico.

Para la implementación y mejora de los programas de mantenimiento fue requerida la información de los históricos de los equipos. La finalidad de emplear esta información es determinar la lista

jerarquizada de equipos para ambos casos. En virtud de la ausencia de información referida a los MTBF (tiempo medio entre fallos) históricos de la ampliación de la refinería para la estimación de la confiabilidad de los equipos, se realizó una consulta bibliográfica de la documentación y normas referidas al MTBF de equipos dinámicos de refinación.

En la figura 1 se muestran los tiempos promedios entre fallos estimados para bombas en refinerías y considerando tanto la ubicación geográfica como la cultura del mantenimiento.

En la figura 2 se describen los valores objetivos recomendados que se estiman como un 50% o 60% superior a los actuales y alcanzable, donde es posible estimar los MTBF de bombas centrífugas (con sello mecánico), de membrana y rotativas de engranajes para refinerías.

Según la norma ANSI B73.1 (Heinz et al., 1985), se puede estimar el MTBF de una bomba centrífuga en función del MTBF de cada componente de ésta (ver expresión matemática 1), como la suma de tasas de fallos individuales (el inverso del MTBF). Se considera que el componente con menor MTBF lo representa el sello mecánico, seguido del rodamiento, impulsor y eje de rotación respectivamente.

ANSI pumps, average, USA:	2.5 years
ANSI/ISO pumps average, Scandinavian P&P plants:	3.5 years
API pumps, average, USA:	5.5 years
API pumps, average, Western Europe:	6.1 years
API pumps, repair-focused refinery, developing country:	1.6 years
API pumps, Caribbean region:	3.9 years
API pumps, best-of-class, U.S. Refinery, California:	9.2 years
All pumps, best-of-class petrochemical plant, USA (Texas):	10.1 years
All pumps, major petrochemical company, USA (Texas):	7.5 years

Figura 1. MTBF de bombas en refinerías considerando la ubicación geográfica y la cultura del mantenimiento (Heinz et al., 1985).

(Note that "target" is less than "best actually achieved")					
Refineries			Chemical and other plants		
SEALS	Excellent	90 months	55 months	45 months	
	Average	70 months			
COUPLINGS	All plants	Membrane type	120 months	> 60 months	
		Gear type			
BEARINGS	All plants	Continuous operation:	60 months	120 months	
		spared operation			
PUMPS	Based on series system calculation		48 months		

Figura 2. MTBF recomendados como objetivos (Heinz et al., 1985).

ANSI Pump Upgrade Measure	Seal MTBF (yrs)	Bearing MTBF (yrs)	Coupling MTBF (yrs)	Shaft MTBF (yrs)	Composite Pump MTBF (yrs)
None, i.e. "Standard"	1.2	3.0	4.0	15.0	1.07
Seal and Bearings	2.4	6.0	4.0	15.0	1.93
Seal Housing Only	2.4	3.0	4.0	15.0	1.69
Bearing Environment	1.2	6.0	4.0	15.0	1.13

Figura 3. MTBF por componente para una bomba centrífuga (Heinz et al., 1985).

El cálculo del MTBF de una bomba centrífuga se muestra en la siguiente expresión matemática (Heinz et al., 1985):

$$\frac{1}{MTBF} = \left[\left(\frac{1}{MTBF_s} \right)^2 + \left(\frac{1}{MTBF_r} \right)^2 + \left(\frac{1}{MTBF_f} \right)^2 + \left(\frac{1}{MTBF_e} \right)^2 \right]^{0.5}$$

Donde $\frac{1}{MTBF}$ corresponde a la tasa de fallo total de la bomba centrífuga, $\frac{1}{MTBF_s}$ la tasa de fallo del sello mecánico, $\frac{1}{MTBF_r}$ la tasa de fallo del rodamiento, $\frac{1}{MTBF_f}$ al acoplamiento y $\frac{1}{MTBF_e}$ al rotor.

Mannan y Lees (2005) sugieren que el MTBF de las bombas oscila entre 12 y 18 meses. En ese mismo orden, Heinz y colaboradores describen que el MTBF de las bombas centrífugas oscilará entre 12 y 13 meses, considerando como

componente crítico los sellos mecánicos de estanqueidad, aunque puede mejorarse hasta 25 meses con las buenas prácticas de mantenimiento de clase mundial (Heinz et al., 1985). El informe de fiabilidad de la revista del grupo ABB estima el MTBF de bombas centrífugas para empresas petroleras en 8.518 horas (Fernando et al., 2009).

Con respecto a los compresores de tornillo, se sugiere que el MTBF de un compresor de esta naturaleza oscila alrededor de 3.270 horas, considerando como componentes críticos los elementos flexibles como mangos y correas (Pascual et al., 2006). Adicionalmente, se consideran los componentes rotativos tornillo compresor y rodamientos con un MTBF de

25.000 horas (Pascual et al., 2006). El informe de fiabilidad de ABB sugiere que el MTBF de un compresor de tornillo para la industria petrolera, puede oscilar en función de la calidad del mantenimiento entre 3.042 y 5.000 horas (Fernando et al., 2009).

Para los compresores centrífugos, como resultado del estudio de la evaluación y propuesta de mejora del sistema de reinyección de gases a muy alta presión, se ha sugerido que el MTBF de un tren de compresores de inyección de gases ácidos es de dos años. Los elementos críticos son los sellos mecánicos y los cojinetes del rotor. (Brito, 2010).

En lo referido a los compresores alternativos, el MTBF fue aportado por el personal de refinería en proyecto que tiene experiencia de estos equipos. El personal de fiabilidad sugirió que el elemento crítico de este tipo de equipo son las válvulas con un MTBF anual.

El MTBF de los rodamientos diseñados para ventiladores de refinación, como mínimo deberá estar entre 18 meses y como máximo 54 meses, si se emplean rodamientos de mejor calidad y de forma adecuada (SKF, 2010).

En lo referido a las turbinas de vapor, se estima que el MTBF es 5 años, considerando como el primer elemento crítico el sello de carbón, seguido de los cojinetes. Para mantener ese valor se considera crítico el sistema de lubricación. Igualmente para el grupo turbo compresor (con turbina a gas), se estima que el MTBF del grupo es 66,7 meses considerando igualmente como críticos a los sellos y cojinetes (EIMECUN, 2011).

En base a esta información aportada por las diferentes normas y estudios a nivel mundial, y tomando los valores teóricos más pesimistas de los analizados, se confecciona una tabla (ver

figura 4) donde se especifican los MTBF de los diferentes tipos de bombas (centrífugas, rotativas, de membrana, alternativas), compresores, turbinas y ventiladores.

BOMBAS	MTBF
Bomba Centrífuga	8518 horas
Bomba de Membrana	87600 horas
Bomba de Engrane	87600 horas
Bomba Alternativa	43800 horas
Bomba Vertical	8518 horas
COMPRESORES	MTBF
Compresor Centrífugo	17520 horas
Compresor Alternativo	8760 horas
Compresor de Tornillo	3042 horas
TURBINAS	MTBF
Turbina de vapor	24000 horas
Grupo turbo	
Compresor axial (Gas)	48024 horas
VENTILADORES.	MTBF
Ventiladores	12969 horas

Figura 4. MTBF seleccionados considerando los más conservadores de los analizados (más pesimistas).

Con respecto al fluido empleado, no se considera que éste tenga una influencia alta en el MTBF ya que los equipos se diseñan en función del fluido de trabajo. No obstante variaciones de la composición, temperatura y presión por anomalías sí pueden originar aceleramiento del desgaste de los componentes (Salvadó, 2009).

Los equipos sometidos a condiciones más desfavorables de los procesos de refinación se localizan para compresores en las unidades hidrodesulfuradora de gasóleo, estabilizadora de naftas, hidrocraquer, coque y recuperación de gases de antorcha dulce y ácida. Para bombas unidad de hidrocraquer y coque.

WOLO1	LOCATION	WONUM	WORKTYPE	WO.JP1	WO.FQ1	+ACTL/ABCOST	ACTSTART	ACTFINISH	STATUS
PSA	415 K 1B G 1B	543605	3R	TME	GCEN	0,62	06 sep 06	06 sep 06	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	612943	3R	TME	KGAS	1816,27	10-dic-08	12-dic-08	OPERATIVO
PSA	415-KI-2	611237	3R	IML	KGAS	1929,55	27-nov-08	27-nov-08	OPLRATIVO
PSA	415-KT-2	613322	3R	TME	KGAS	1766,98	12-dic-08	16-dic-08	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	642364	3R	TMF	KGAS	831,16	02-dic-09	11-dic-09	OPERATIVO
PSA	415 KT 2	643173	3R	TME	KGAS	25475,57	16 dic 09	16 dic 09	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	624891	3R	TME	KGAS	743,14	27-abr-09	28-abr-09	OPERATIVO
PSA	415-KI-2	594065	3R	TME	KGAS	1420,68	06-may-08	08-may-08	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	651337	3R	TME	KGAS	270,86	31-mar-10	05-abr-10	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	659292	3R	TMF	KGAS	451,63	22-jul-10	22-jul-10	OPERATIVO
PSA	415 KT 2	518399	3R	TMF	KGAS	19,78	07 nov 05	07 nov 05	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	519132	3R	TME	KGAS	19,78	31-oct-05	07-nov-05	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	518745	3R	TME	KGAS	10795,36	28-may-08	28-may-08	OPERATIVO
PSA	415-KI-2	513965	3R	IML	KGAS	3340,55	31-ago-05	01-sep-05	OPLRATIVO
PSA	415-KT-2	522533	3R	TME	KGAS	64266,62	28-may-08	27-may-08	OPERATIVO
PSA	415-KT-2	534073	3R	TMF	KGAS	0,62	18-jul-06	18-jul-06	OPERATIVO
PSA	415 KT 2	535318	3R	TME	KGAS	0,6	25 abr 07	24 abr 07	OPERATIVO
PSA	415-F1-K-1B	617959	4R	TME	KAER	1693,36	05-feb-09	12-feb-09	OPERATIVO
PSA	415-F1-K-1B	617143	4R	TME	KAER	52	02-feb-09	04-feb-09	OPERATIVO
PSA	415-F1-K-1B	637803	4R	TME	KAER	65,18	29-sep-09	02-oct-09	OPERATIVO
PSA	415-F1-K-1B	576109	4R	TMF	KAER	524,93	09-oct-07	10-oct-07	OPERATIVO
PSA	415 F1 1B	674757	4R	TME	KAER	271,24	04 ago 10	05 ago 10	OPERATIVO
PSA	415-F1-K-1B	539256	4R	TME	KAER	73,88	21-jul-06	21-jul-06	OPERATIVO

Figura 5. Lista parcial del EAM aportado con la información referida al coste de reparación, tiempo de inicio del fallo y tiempo de inicio de operación de las reparaciones registradas.

Con respecto a los equipos presentes en la refinería en operaciones se emplearon todos los datos históricos presentes en el EAM (ver figura 5).

Esta información también sirvió de referencia para apoyar de forma de analogía el análisis de criticidad y programas de mantenimiento de la ampliación.

3. Metodología.

La metodología sigue el siguiente esquema:

- Análisis de Criticidad (refinería operativa y ampliación).
- Gamas de mantenimiento.
- Planes de Mantenimiento (rutas, oficio y horas) en formato Batch Input para ser cargado en el EAM por modalidad carga masiva.

3.1. Análisis de Criticidad.

Para iniciar la mejora y optimización de los planes de mantenimiento e implementación del predictivo, se ha realizado como primer paso un análisis de criticidad (Norzok Standard Z-008, 2001; Conoco Phillips, 2002). En la figura 6 se representa como se ha realizado el análisis de criticidad para la refinería operativa y la ampliación.

La metodología de análisis de la criticidad para este estudio parte de la definición de las variables (criterios) ponderados de acuerdo al contexto operacional y criterios de aceptación y tolerancia del Complejo de Refino.

Un paso importante y que se realizó de forma paralela a la definición de variables y ponderación, es recolectar, organizar y analizar la información del complejo. Esta información está presente como históricos y datos derivados de la experiencia operativa (refinería operativa) y fuentes documentales (ampliación) para

WORKSHOP INTERNACIONAL

global'13
2º Workshop Internacional
ASSET MANAGEMENT & RELIABILITY

Fecha: 22 y 23 Agosto de 2013

Lugar: Lima, Perú

global'13
3º Workshop Internacional
ASSET MANAGEMENT & RELIABILITY

Fecha: 22 y 23 Octubre de 2013

Lugar: Bogotá, Colombia

**ASSET
MANAGEMENT
& RELIABILITY**

Mantenimiento y Tecnología en la Gestión de Activos Físicos

determinar los valores de las variables a emplear en los factores de criticidad.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de una refinería, está asociado con cinco factores fundamentales (Amendola et al., 1998; Amendola, 2006, 2007; PMM Institute for Learning, 2007)

- a. Flexibilidad Operacional.
- b. Efecto del Fallo.
- c. Costes de Reparación.
- d. Impacto en la Seguridad, Higiene y Ambiente.
- e. Frecuencia de fallos (no confiabilidad).

A continuación se muestra la función matemática empleada para el análisis de la criticidad:

$$\text{Criticidad Total} = \frac{\text{Frecuencia de fallos} \times [(\text{Flexibilidad Operacional} \times \text{Efecto del Fallo}) + \text{Coste de Reparación} + \text{Impacto SHA}]}{}$$

3.2. Gamas de Mantenimiento.

Paso previo para la realización de un plan de mantenimiento a tiempo fijo para el complejo de refinación, es la elaboración de las gamas referidas al mantenimiento de equipos que formarán el plan. A continuación se muestra un esquema de la metodología de trabajo seguida para desarrollar las gamas (figura 7).

Se procedió en principio a organizar, identificar (gamas por equipos, gamas genéricas y gamas específicas) y clasificar la información dada por el personal del complejo que consistía en las gamas de mantenimiento definidas para la refinería en operaciones y extraída del EAM. Una vez identificadas las gamas se procedió a su evaluación, bien sea para su reestructuración/mejora y/o completado.

El tratamiento de la información suministrada permitió evaluar qué equipos estaban cubiertos por las gamas suministradas de EAM. Esto

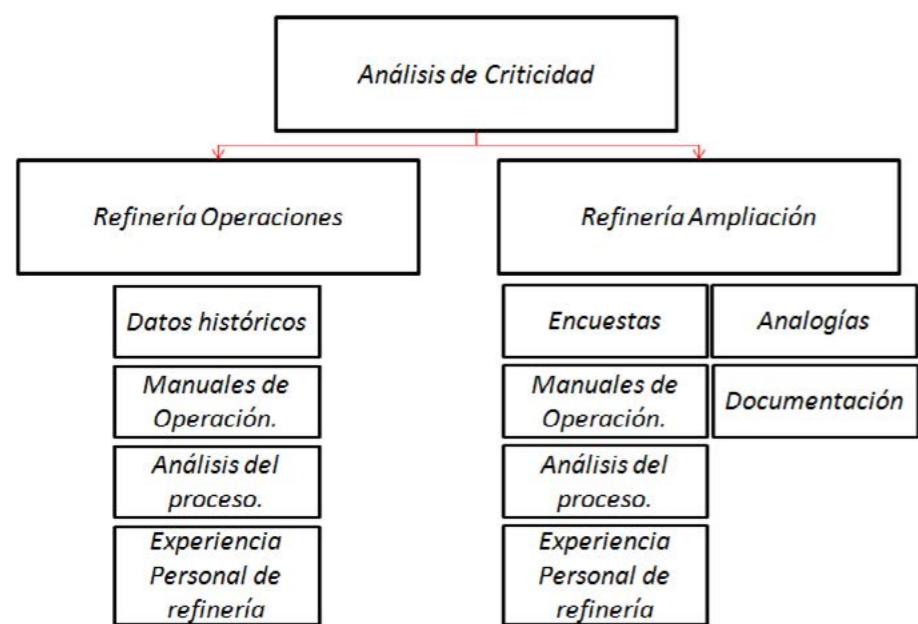


Figura 6. Esquema de cómo se ha implementado el análisis de la criticidad.

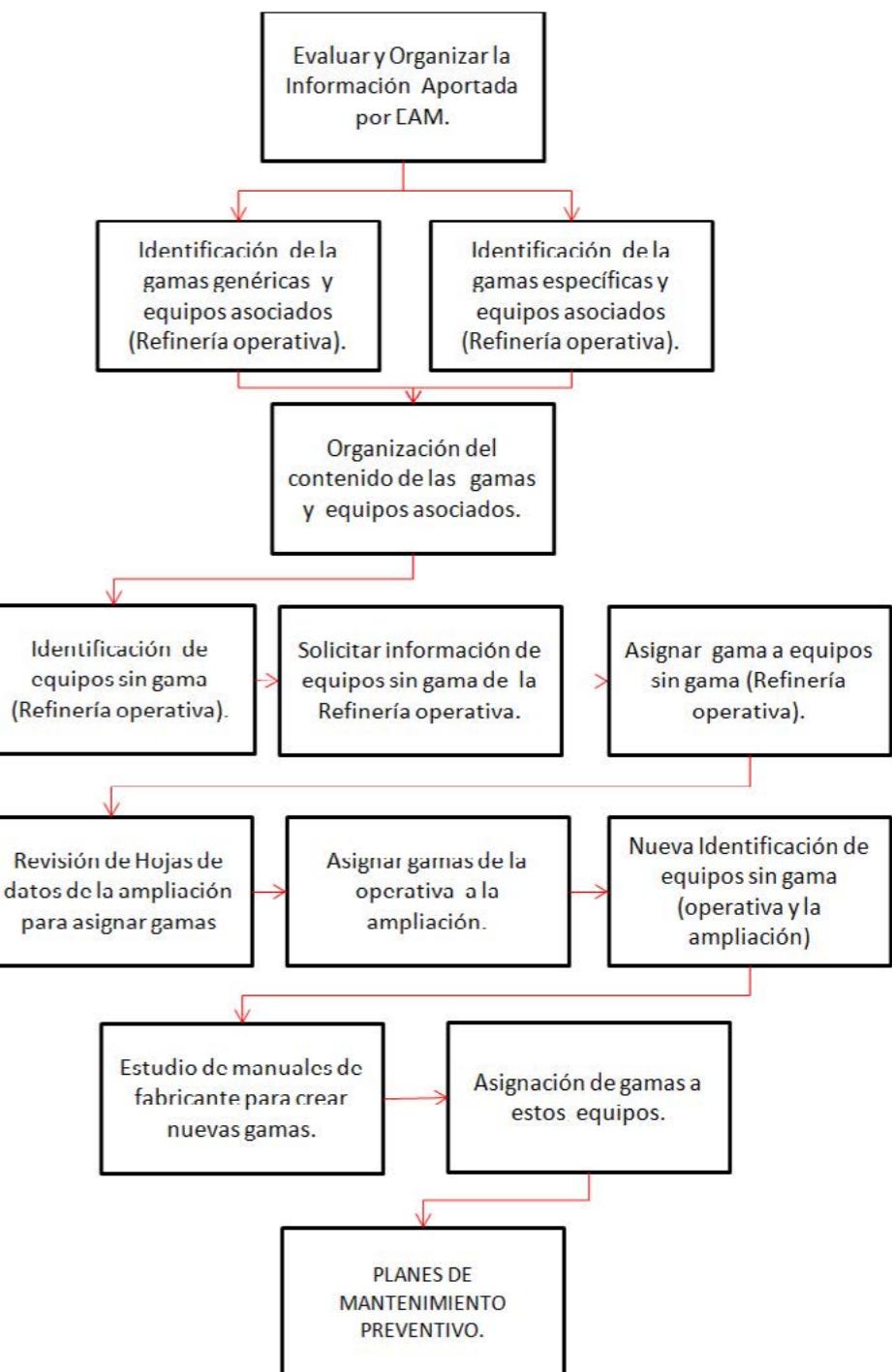


Figura 7. Esquema de trabajo para las Gamas Refinería de Cartagena (adaptado de PMM Institute for Learning).

posibilitó en principio elaborar listados referentes a: gamas identificadas para bombas, gamas para el resto de equipos, lista de gamas y los equipos asociados.

Dado que no todos los equipos del complejo de refinación tenían gama (50% aproximadamente), en principio fue necesario para la refinería en operación información de los equipos faltantes. Fue requerida por parte del personal del complejo la información pendiente para poder asignar el mayor número de equipos a sus respectivas gamas.

Para asignar gamas de la operativa a los equipos de la ampliación se estudiaron todas las hojas de datos disponibles de los equipos. No obstante, después de este estudio, no todos los equipos tenían gamas asignadas. En este paso se procedió a estudiar todos los manuales disponibles referentes a estos equipos para proceder a elaborar la gama al resto de equipos.

Este procedimiento se implementó en compresores alternativos como centrífugos, compresores de anillo líquido, compresores auxiliares, máquinas de vapor y bombas alternativas, turbinas de vapor, soplantes de émbolo rotativo y centrífugos del complejo de refinación. Adicionalmente, para equipos cuyas gamas estaban incompletas, fue requerido también la implementación de los manuales para completarlas. Este procedimiento permitió asignar gama y completar más del 70% de los equipos no pertenecientes al conjunto de bombas de la ampliación.

Con el objeto de lograr una mejor organización y administración de las gamas se desarrolló un catálogo de gamas. Para asignarle un código único se consideró como premisa que el código de la gama fuese comprensible a nivel de acción de mantenimiento asociado y a equipo(s) sobre

la cual se ejecuta. En este sentido, previo a la codificación de las gamas, se definió un estándar a seguir (parámetros) para que pudiesen ser codificadas tanto a nivel de nomenclatura a usar como a nivel de estructura.

Se consideraron los aspectos relacionados a la acción de mantenimiento, clasificación del equipo y su tipificación. Para gamas específicas se emplearía el TAG del equipo asociado a la gama.

3.3. Planes de Mantenimiento.

Para la definición de las rutas de mantenimiento se empleó la cercanía de equipos dentro de un mismo anexo operativo. Finalmente, todo el plan de mantenimiento para ambos casos fue dado de alta en el EAM.

4. Discusión.

Realizado el estudio correspondiente, el 17,43% de los equipos de la refinería en proyecto se concentran en las zonas de criticidad alta (+, -) y media (+, -). Estos son en total 240 equipos del universo de 1.376 analizados. El resto son equipos de baja criticidad (+, -) que contabilizan 1.136 del total lo que supone 82,57%.

Este estudio representa que los niveles de riesgos se concentran en esta población de 240 equipos, lo que representa menos del 20%, a lo que se le ha prestado especial atención en esfuerzos y recursos. Con respecto a la refinería en operaciones el 23,81% de los equipos se concentran en las zonas de criticidad alta y media (+, -). Estos representan 305 equipos del universo de 1.281 analizados. El resto son equipos de baja criticidad que representa 977

del total.

Un aspecto a resaltar de este análisis de la refinería en proyecto es que, como se han empleado datos teóricos y experiencia de los operarios y no históricos, se introducen errores en la estimación del valor de criticidad por equipo con respecto a lo que debería ser para una refinería operativa.

A pesar de ser un buen enfoque, se recomienda pasado un tiempo de operación realizar un nuevo análisis para comprobar y ajustar decisiones tomadas en cuanto a los esfuerzos y recursos de mantenimiento.

5. Conclusiones.

Con la implementación de este proyecto el complejo de refinación mejorará su confiabilidad operacional. Con el análisis de criticidad, se han logrado determinar los equipos más críticos basándose en la flexibilidad operacional, costes de mantenimiento, pérdidas de producción, seguridad medioambiental y número de fallos. Esto ha permitido implementar mantenimiento basado en la condición al 30% de todos los equipos del complejo.

Mediante el estudio documental y de históricos se ha logrado mejorar los programas (gamas) y planes de mantenimiento (rutas). Con esto el complejo da un primer paso a la excelencia operacional y seguridad en sus procesos.

Con la implementación de esta metodología queda demostrado que a partir de la utilización de documentos que especifiquen parámetros teóricos operacionales de activos y el juicio de expertos en procesos de refinación, es posible realizar un primer análisis de criticidad para la optimización de los programas de

mantenimiento en etapas de diseño y arranque de un complejo industrial.

6. Bibliografía.

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

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

Amendola, Luis. Organización y Gestión del Mantenimiento, “Mantenimiento como Negocio Balanced Scorecard”. Ediciones: PMM Institute for Learning (2007). ISBN: 978-84-935668-1-4.

Bloch, Heinz P.y Don Johnson. El tiempo de inactividad Solicita actualización de las bombas centrífugas, Ingeniería Química, 25 de noviembre de (1985).

Brito Malmore José Lustran. Estudio, Evaluación y Propuestas para Mejorar el Sistema de Reinyección de Gases a Muy Alta Presión del Proyecto Fase III de la Empresa KPO. Tecana American University. Londres (2010).

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

Heinz P. Bloch, Allan R. Budris. Pumps User's handbook: Life extension. (1985).

Fernando Vicente, Hector Kessel, Richard M. Rockwood. Análisis de fiabilidad. Los datos y el software de modelización están ayudando a una planta de producción de GNL a determinar métodos de mantenimiento y a mejorar la fiabilidad. Revista ABB 2 (2009).

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

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

Richard W. Greene. Manual de selección, uso y mantenimiento de compresores. Biblioteca CUCEI (2006).

Rodrigo Pascual J, Pilar Enrique, Pablo Saide, Arturo Searle y Juan Toro. Mantención del compresor de tornillo Fiac V25. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (2006).



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: tibaire@pmmlearning.com



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 editorial de publicaciones en Europa, Iberoamérica, U.S.A, Australia, Asia y África.

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

NUEVO PROGRAMA FORMATIVO



PROJECT MANAGEMENT

28 y 29 mayo

Dirección y Gestión de Proyectos "Project Management" con soporte MS Project.

30 y 31 mayo

Planificación, Ejecución y Seguimiento Físico-Financiero de Proyectos con soporte de MS Project.



ASSET MANAGEMENT

26 y 27 junio

Análisis Causa Raíz (ACR) en Equipos Industriales. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?

28 y 29 junio

Metodología para análisis de confiabilidad operacional (RAM "Reliability, availability, Maintainability"), alineado a la Gestión Integral de Activos Físicos (PASS 55-ISO 5500).



PMM BUSINESS SCHOOL

IAM
Institute of Asset Management
CORPORATE MEMBER

IAM
endorsed
TRAINER ASSESSOR

QAM
qualifications



CONTACTO: **Ing. LUIS ORDÓÑEZ**

Teléfonos: (593) 22471163
(593) 22483749
(593) 994285718
seminarios@funcice.org
lordonez@funcice.org
Francisco Chávez Oe3-310
y Gaspar de la Plaza
Carcelén. QUITO - ECUADOR

E-mail: seminarios@funcice.org

lordonez@funcice.org

Francisco Chávez Oe3-310

y Gaspar de la Plaza

Carcelén. QUITO - ECUADOR

Aplicación de la metodología de Análisis Causa Raíz como sistema de gerencia. Caso: Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica en 34,5kv de un campo petrolero

Díaz, H. Ing.

Resumen.

En el presente trabajo se abordará la aplicación de una de las “buenas prácticas” en el ámbito de la confiabilidad operacional, como lo es la aplicación de la metodología de análisis causa raíz como estrategia de gestión. Se explicarán las fases del sistema “per sec”, así como el alcance y sus funciones, de igual manera se mostrará un caso práctico dentro de la industria del petróleo y gas, desde la aplicación de la técnica de valoración de problemas, se definirán los criterios para la designación de los miembros del equipo natural de trabajo, se desarrollará la aplicación de la metodología de análisis causa raíz (ACR), donde se mostrarán las causas raíces físicas, humanas y organizacionales o latentes; así mismo se describirá el plan de acción tendiente a mitigar o erradicar dichas causas y se presentarán los resultados de la aplicación de dichas iniciativas. En este contexto se describirá cómo intervienen los niveles gerenciales y directivos en la aplicación del sistema.

Palabras Claves: Análisis Causa Raíz, Sistema de Gerencia, Fallas.

I. Introducción.

La utilización de metodologías para el análisis sistemático de los problemas o fallas en un sistema productivo está relacionada principalmente al compromiso de la línea gerencial de dicho negocio, es claro que sin este esfuerzo se hace cuesta arriba la aplicación de cualquier sistema de gestión, debido a que de este nivel se desprenden los recursos necesarios para llevar a término satisfactorio producir los resultados y obtener los beneficios futuros.

En la industria petrolera los eventos de fallas y/o problemas de los sistemas productivos suelen ser impactantes y costosos; los eventos aislados, esporádicos o de frecuencias de ocurrencia muy bajas, suelen ser de un impacto significativamente mayor a los eventos recurrentes o repetitivos. Estos eventos (esporádicos) normalmente son investigados por su propia razón de ser, ello es debido a que suelen estar sujetos al ámbito de la seguridad industrial y/o medioambiental; muy por el contrario los eventos recurrentes habitualmente no son analizados debido principalmente a que su impacto puntual es relativamente menor en comparación al impacto de un evento esporádico. El problema radica en que los eventos recurrentes debido a su alta frecuencia pueden producir a lo largo de la vida útil de un sistema productivo un impacto igual o mayor, ocasionando deterioro de las unidades productivas y afectando el comportamiento de las personas hacia dichos eventos.

2. Contenido.

En adelante se abordará la metodología de análisis causa raíz enmarcada en el ámbito de la solución de problemas como estrategia de gestión. Así mismo se explicará el caso de estudio dentro de la industria petrolera desde su fase inicial hasta la verificación de los resultados.

2.1. Análisis causa raíz (ACR) como sistema de gerencia.

El ACR es una metodología sistemática y organizada, la cual está dirigida a la solución de problemas de diversa índole, está diseñada para ayudar a determinar la secuencia de causas

Díaz, H. Ing.; Ingeniero de Mantenimiento Senior Repsol
Aplicación de la metodología de análisis causa raíz como sistema de gerencia. Caso: Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica en 34,5kv de un campo petrolero

y efectos que conllevan a la ocurrencia de un evento no deseado. El proceso se detiene cuando se consiguen las causas raíces del evento, o sea, las causas que al ser resueltas evitan su recurrencia [1].

El sistema de gestión basado en ACR se encuentra enmarcado dentro de los principios del proceso administrativo (planificación, organización, dirección y control) [2]. Este sistema de gestión se encuentra estructurado en cuatro bloques funcionales como se indica en la figura I. El bloque número 1 es el más importante y de mayor peso del sistema debido a que está atado al compromiso de la línea gerencial y de donde se autorizarán los recursos necesarios para la

puesta en funcionamiento del sistema. Dentro de sus responsabilidades se encuentran:

- a. seguimiento de metas y resultados,
- b. suministrar los recursos necesarios,
- c. comunicar a todo el personal las prioridades,
- d. designar los facilitadores de la metodología,
- e. designar los equipos naturales de trabajo (ENT),
- f. garantizar la capacitación continua en la materia
- g. autorizar la ejecución del plan de acción.



Figura I. Sistema de Gestión basado en la Metodología de Análisis Causa Raíz.

El bloque número 2 tiene la función de valorar y jerarquizar los problemas aplicando las estrategias previamente definidas; el bloque número 3 tiene la función de ejecutar propiamente la metodología de análisis causa raíz (ACR) para determinar la causas raíces física, humanas y organizacionales o latentes, así mismo tiene la responsabilidad de elaborar el plan de acción tendiente a mitigar o erradicar las causas del problema; el bloque número 4 tiene la función de justificar a través de la utilización de análisis técnicos y económicos las acciones propuestas en el plan de acción, a fin de gestionar su autorización [3].

2.2. Valoración de los problemas.

El sistema productivo objeto de análisis en este trabajo, al igual que cualquier otro sistema productivo, posee una variedad de problemas e inconvenientes propios, por ende es necesario comparar dichos problemas entre sí para ofrecer a la línea gerencial herramientas para la toma de decisiones efectivas.

En este sentido se utilizó la definición de Riesgo (R) como el producto entre la Frecuencia (F) y la Consecuencia (C), ello se hace para valorar cada una de las fallas o problemas, aplicando la ecuación:

$$R = F \times C$$

Donde, la Frecuencia (F) está definida como la cantidad de eventos por año para cada uno de los problemas o fallas, y la Consecuencia (C) se cuantifica como la sumatoria de los impactos generados por la ocurrencia de un evento utilizando como unidad el dólar (US\$) y ésta a su vez se puede desglosar en tantos elementos como puedan ser descritos para cada

problema y/o falla. Típicamente los elementos contribuyentes a la consecuencia se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Producción**, se refiere a la producción perdida o diferida.
- **Mantenimiento**, se refiere a los costos de mantenimiento, en este se incluyen: materiales, partes, repuestos, equipos, mano de obra y/o servicios.
- **Seguridad Industrial**, se refiere a los costos de materiales consumibles de seguridad, sistemas de señalización, equipos de protección personal, mano de obra y/o servicios.
- **Medio ambiente**, se refiere a los costos de equipos de control contra derrame, productos químicos, disposición final, entre otros.
- **Operativos**, se refiere a los costos derivados de las acciones operacionales que involucra la ocurrencia de este evento, en este elemento se incluye: mano de obra y/o servicios requeridos para mitigar la ocurrencia.
- **Otros**, se refiere a los costos de: reconocimiento e indemnización de afectaciones a propietarios, gastos de tipo legal, administrativo y/o financiero, entre otros.

La tabla I muestra una matriz de valoración del Riesgo (R) ordenada en función del valor del riesgo, es decir, el "Problema 1" es de mayor impacto que el "Problema 2" y así sucesivamente hasta el "Problema n".

2.2.1. Aplicación del sistema de valoración.

La aplicación del sistema de valoración debe ejecutarse por un equipo multidisciplinario de profesionales dentro del departamento

Item	Enunciado/Problema	Frecuencia (eventos/año)	Consecuencia (US\$)	Riesgo (\$/año)
1	"Problema 1"	F1	C1	R1
2	"Problema 2"	F2	C2	R2
5	"Problema n"	Fn	Cn	Rn

Tabla I. Matriz de valoración del Riesgo (R).

responsible del sistema productivo. Típicamente se le asigna esta responsabilidad a los supervisores y líderes de proyecto, estos se apoyarán en los departamentos de soporte para capturar los datos que estén fuera de su ámbito de responsabilidad. Para la aplicación del sistema de valoración es necesario disponer de información actualizada, tales como: los registros, reportes, informes, bases de datos, entre otros, a fin de que los datos puedan ser auditables y se dispongan de las evidencias suficientes para cada caso.

Queda en evidencia que a pesar de que el ítem 1 posee una consecuencia (C) menor a los ítems 2, 3, 5 y 6, su impacto (R) es relativamente mayor debido a que su frecuencia de ocurrencia estimada es superior a todas las evaluadas. Es decir, que el problema (ítem 1) es el que "destruye" más valor en el sistema productivo. Una vez obtenidos estos resultados el Comité de Gerencia autorizó la ejecución de un análisis causa raíz.

2.3. El equipo natural de trabajo (ENT).

El ENT se orienta a establecer una estrategia de trabajo en equipo que se basa fundamentalmente en aprovechar las capacidades y conocimientos propios de la organización con el fin de solucionar algún problema. Es una forma

Item	Enunciado/Problema	Frecuencia (eventos/año)	Consecuencia (US\$)	Riesgo (\$/año)
1	Falla del sistema de distribución eléctrica de 34.5KV	25,0	14.316,28	357.906,98
2	Problemas de disposición de agua producida	12,0	21.000,00	252.000,00
3	Acarreo de fluidos hacia el flare	1,0	35.209,30	35.209,30
4	Falla servicio de telemetría de las estaciones de flujo	10,0	2.834,74	28.347,44
5	Pérdidas en tuberías de producción, pozos y múltiples	0,3	54.279,07	17.912,09
6	Falla del tratador térmico I	0,5	27.395,35	13.697,67
7	Pérdida de eficiencia de la fosa de recuperación	0,5	11.441,86	5.720,93

Tabla 2. Aplicación de la matriz de valoración del Riesgo (R).

económica de enfrentar las dificultades dentro de la organización debido a que tiene un bajo costo si es comparada con las contrataciones externas de especialistas o expertos en alguna materia de interés.

Huerta, R. (2004) los define como “el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común” [4].

La conformación del ENT debe contar al menos con:

- Facilitador y/o Líder (puede haber ambas figuras o ejercerlas una sola persona).
- Supervisor de mantenimiento.
- Supervisor de operaciones.
- Técnico de operaciones de producción.
- Técnico de mantenimiento.
- Especialista/Experto (Itinerante).

Las personas que conforman el ENT deben tener experiencia y amplio conocimiento sobre el activo o sistema objeto del caso de estudio y sobre los procesos que lo conforman.

Para asegurar que se tienen en cuenta distintos puntos de vista, el ENT debe incluir una referencia cruzada de usuario y de mantenedores, así como del personal que efectúa las tareas de dirección o supervisión. De manera general, el ENT deberá estar conformado de no menos de cuatro y no más de siete personas, siendo ideal cinco o seis.

2.4. Aplicación de la metodología ACR para el caso de estudio.

En el siguiente apartado se describe la aplicación “per sec” de la metodología de análisis causa raíz, hasta la determinación de las causas raíces.

2.4.1. Conformación del ENT.

El comité de gerencia designó al equipo natural de trabajo (ENT) para llevar adelante el análisis de la siguiente manera:

- Facilitador de la metodología y líder de equipo.
- Supervisor de operaciones.
- Supervisor de mantenimiento.
- Técnico de mantenimiento eléctrico.
- Técnico de operaciones de producción.
- Ing. Planificador de mantenimiento.

2.4.2. Contexto operacional y planeamiento del problema.

El sistema productivo de referencia tiene un nivel de producción superior a los 10.000 barriles por día de crudo extraídos de tres yacimientos petrolíferos, un par de ellos producen en un sistema de flujo natural y el tercero en un sistema de levantamiento artificial. El sistema productivo está provisto de un sistema de distribución eléctrica en el nivel de 34.5KV de carácter propio, tipo aéreo y este a su vez se surte de la red eléctrica nacional.

La topografía del campo petrolero es accidentada y de difícil acceso, involucra a un numero de comunidades considerable dentro de su área de influencia. La vegetación de la zona es de tipo

SEMANA DE LA CONFIABILIDAD DE ACTIVOS

17-22 de junio Lima, Perú

17 y 18 de junio

Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)
Duración: 16 horas

19 y 20 de junio

Inspección basada en Riesgo. El Plan de Inspección técnico y económico más conveniente.
Duración: 16 horas

3 CURSO
21 y 22 de junio

Análisis causa raíz ACR en equipos industriales. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales en equipos rotativos, estáticos e instrumentales?
Duración: 16 horas

Ponentes

Luis Amendola, Ph.D.
CEO PMM Institute for Learning



Nayrih Medina, Ing. Esp.
Consultora Asset Management Reliability



Titulado en Estados Unidos y Europa, consultor industrial e investigador de PMM Institute for Learning y la Universidad Politécnica de Valencia, España, IPMBAB-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 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: Gestión Integral de Activos Industrial (TMA, RCM, EAM). Luis Amendola, Ph.D.
Apuntes "Métodos de Análisis Causa Raíz y procedimiento para realizar RCA" e "Inspección basado en Riesgo".
USB con material electrónico de soporte (documentación, diapositivas, revistas y libros electrónicos).
Software para estudios RAM.



bosque seco tropical y otra de bosque húmedo tropical, tiene una temperatura promedio anual de 26,4 °C y precipitaciones de 1.935 mm (promedio anual).

El enunciado del problema se definió como "Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica 34.5 KV del campo petrolero" [5], registrándose interrupción del servicio eléctrico en forma parcial y/o total, incurriendo en la parada no programada de los pozos de levantamiento artificial, estaciones de bombeo y planta deshidratadora No. I.

2.4.3. Desarrollo del ACR.

Se inició la aplicación de la metodología de análisis causa raíz (ACR) aplicando los principios de causa y efecto, y la validación de las hipótesis utilizando las diferentes técnicas disponibles (experiencia del personal, comprobación de registros y entrevistas, entre otras), así mismo se utilizó el principio del "Método Delphi" en una versión modificada para determinar las ponderaciones de cada "causa-efecto" debido a que los registros disponibles no fueron lo suficientemente detallados para tomarlos como referencia.

El Método Delphi se define como la consecución de un consenso basado en la discusión entre expertos; es un proceso reiterativo, su funcionamiento se basa en la interpretación de cada opinión.

En la figura 2, se observa el desarrollo del árbol lógico de falla principal del análisis en cuestión, donde se visualiza el desarrollo del modo de falla de mayor impacto (70%) sobre el problema referido al disparo de las "PROTECCIONES ELÉCTRICAS", así mismo se muestra la determinación de la causa raíz física indicada en

color amarillo (MALEZA-ARBOLES EN POSTES Y LÍNEAS), la causa raíz humana (FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO INADECUADA) y la causa raíz latente u organizacional (FALTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO).

El análisis consta de 12 árboles lógicos adicionales donde se evidencia el desarrollo de toda la metodología.

2.4.4. Resumen de causas raíces.

A continuación se muestra la tabla 3 con las causas raíces latentes (organizacionales) encontradas y las causas raíces físicas determinadas por el ENT.

2.5. El plan de acción, control y seguimiento.

Luego de determinar las causas raíces del problema se procede a la elaboración del plan de acción, paso fundamental para la solución del problema y requisito para lograr la aprobación de las acciones, el control y el seguimiento.

2.5.1. El plan de acción.

Finalizado el análisis causa raíz se procedió a elaborar un plan de acción tendiente a la mitigación del problema.

Las medidas autorizadas por la gerencia de línea fueron las siguientes:

- Incorporar a la estructura las vacantes existentes (Supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Técnico de Mantenimiento Eléctrico).
- Contratar un servicio de pica y poda de la franja de seguridad del tendido eléctrico.

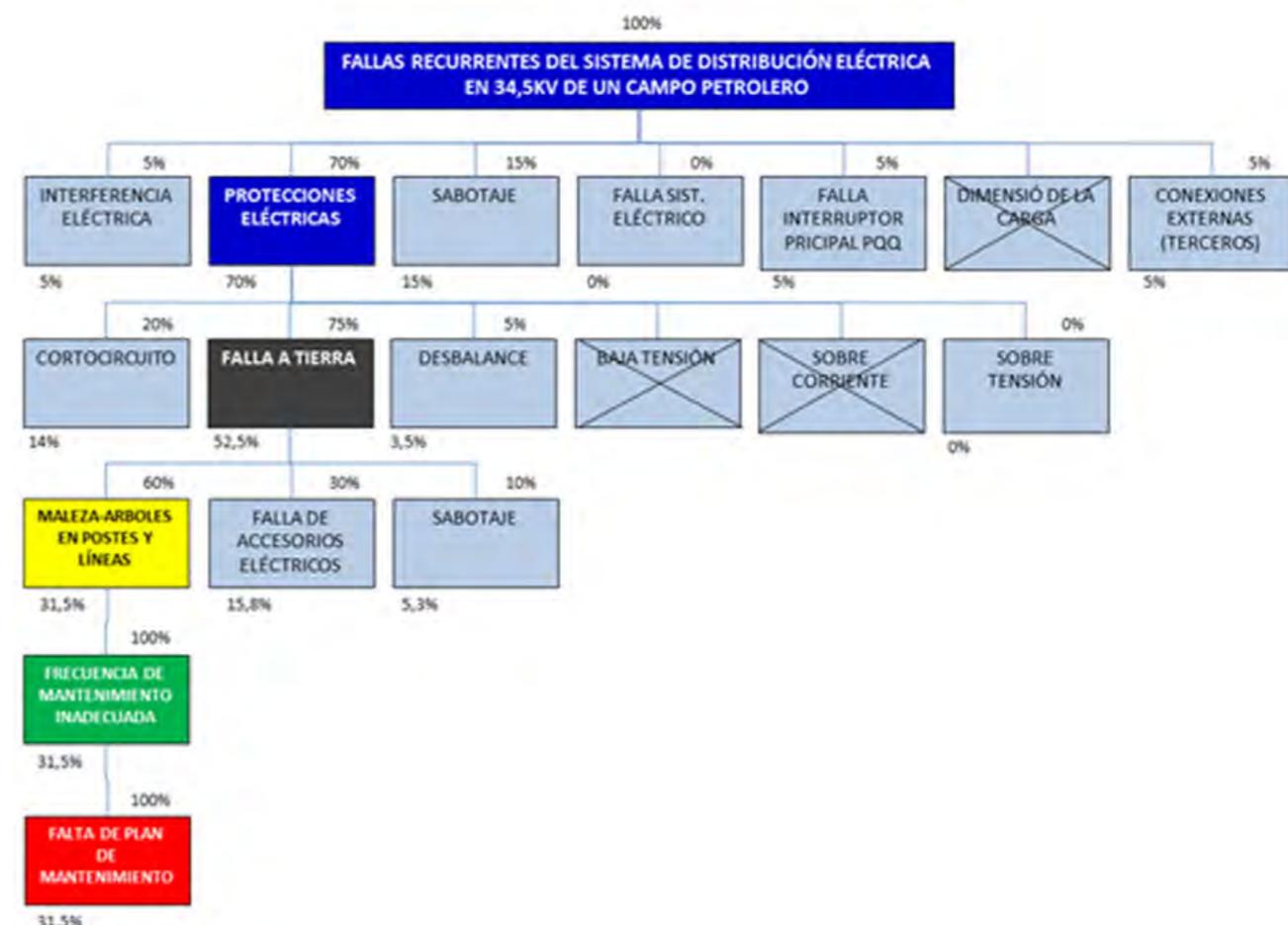


Figura 2. Desarrollo del árbol lógico de fallas principales.

Ítem	Causas Raíces Físicas	Peso (%)	Ítem	Causas Raíces Organizacionales	Peso (%)
1	MALEZA-ARBOLES EN POSTES Y LÍNEAS	42,70%	1	AUSENCIA DE PLAN DE MANTENIMIENTO	55,30%
2	ACTOS DE VANDALISMO	15,00%	2	POCA CONCIENCIA DE LA POBLACIÓN	24,00%
3	SABOTAJE	9,00%	3	DESCONOCIMIENTO PROYECTOS (TERCIEROS)	5,00%
4	FINALIZADA VIDA ÚTIL DE DISPOSITIVOS	8,50%	4	INDISPONIBILIDAD DEL SERVICIO PÚBLICO	3,00%
5	CRUCE LÍNEAS ELÉCTRICAS TERCEROS	5,00%	5	FALTA DE FORMACIÓN	2,40%
6	CONEXIONES CLANDESTINAS Y TERCEROS	5,00%	6	POLÍTICA DE GESTIÓN	2,00%
7	OTRAS	6,40%	7	SIN ANALIZAR	8,30%
8	SIN ANALIZAR	8,30%	8	OTRAS	0,00%

Tabla 3. Resumen de causas raíces físicas determinadas (izquierda) y resumen de causas raíces latentes u organizacionales determinadas (derecha).

- Procurar los materiales, partes y repuestos necesarios para ejecutar los reemplazos por deterioro e incorporar al stock en almacén.
 - Procurar un equipo de elevación de personal para trabajos eléctricos en líneas aéreas, así como las herramientas manuales necesarias para trabajos eléctricos en alta tensión.
 - Ejecutar un plan acelerado de mejoras y adecuaciones desde el punto de vista de disponibilidad de las instalaciones con recurso propios.
 - Contratar un servicio de reparación de transformadores eléctricos de diversas capacidades en el nivel de voltaje de 34.5KV.
- Dentro del plan de acción existieron un grupo de medidas no autorizadas por la gerencia de línea, ello es por diversos motivos (costos, nivel técnico, etc.), o que por su naturaleza

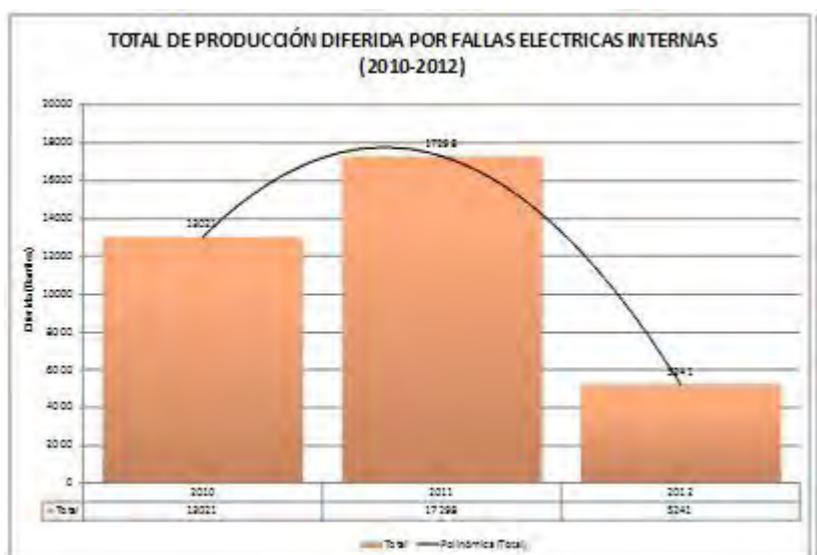


Figura 3. Producción diferida por fallas eléctricas (arriba) y Producción diferida por fallas eléctricas vs cortes eléctricos programados (abajo).

corresponde la aprobación de dichas medidas a otras gerencias de soporte dentro de la organización.

2.5.2. El control, seguimiento y los resultados.

La gerencia de línea, autorizó los recursos financieros y humanos a fin de ejecutar lo propuesto en el plan de acción dentro de su ámbito de control, implementó un sistema de seguimiento semanal de actividades críticas que produjo la puesta en práctica de dichas iniciativas.

Posterior a la aplicación de dichas medidas durante los años 2011 y 2012, se obtuvo como resultado una reducción de 60% de la producción diferida 7.780 barriles por año lo que equivale a US\$ 780.000,00 (2012), con una tendencia favorable y a la baja, como se muestra en la figura 3.

A la vez se registró una reducción de 57% de la producción diferida por cortes eléctricos programados de 988 barriles por año en 2010 a 424 barriles por año en 2012 lo que equivale a US\$ 56.400,00, y se traduce como un aumento de la calidad de los trabajos eléctricos programados. Ver figura 3.

3. Conclusiones.

Parte del éxito en la implementación de cualquier sistema de gestión viene de la mano del apoyo de la línea gerencial, debido a que involucra la aprobación de los recursos para su desarrollo y permea sobre la estructura organizacional las prioridades de la organización.

Es claro también que la implementación de un

sistema por si mismo involucra un esfuerzo multidisciplinario, el cual debe ser también continuo y sistemático para lograr el objetivo de prevalecer en el tiempo.

La metodología de análisis causa raíz (ACR) es una de las técnicas que generan beneficios inmediatos, de corto y largo plazo a las organizaciones; y permite en muchos casos (sino en todos) visualizar los problemas organizacionales que repercuten en el negocio, y que puede solucionar inclusive problemas que aun no se han analizado, ya que las soluciones de nivel organizacional son comunes a diversos problemas, por ejemplo: la revisión de los planes de mantenimiento repercutirá no solo en el caso de estudio sino también en aquellos equipos y sistemas que tengan debilidad en este particular.

Por otra parte la modalidad de pesos ponderados dentro de la metodología ACR ofrece a la gerencia de línea en términos numéricos herramientas para la toma de decisiones ya que permite observar la distribución de los impactos de acuerdo a las causas encontradas. Esto proveerá a la línea gerencial de opciones para decidir, inclusive la aplicación del plan de acción en forma parcial puede dar resultados importantes.

4. Bibliografía.

[1] Andersen, B., Fagerhaug, T. Root Cause Analysis: Simplified Tools And Techniques. American Society for Quality. United State of America. (2006)

[2] Stoner, J., Freeman, R., Gilbert, D. Administración. Pearson – Prentice Hall. México. (1996)-

[3] Reliability and Risk Management, S.A. Curso

Díaz, H. Ing.; Ingeniero de Mantenimiento Senior Repsol

Aplicación de la metodología de análisis causa raíz como sistema de gerencia. Caso: Fallas recurrentes del sistema de distribución eléctrica en 34,5kv de un campo petrolero

de Análisis Causa Raíz. Puerto La Cruz, Venezuela. (2007).

[4] Huerta, Rosendo (2004). El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. Confiabilidad.Net. Extraído el 15 de marzo de 2012 desde <http://confiabilidad.net/articulos/>.

[5] Método Delphi. Wikipedia.org, la enciclopedia libre. Extraído el 01 de febrero de 2013 desde http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_Delphi.

Ing. Héctor Díaz
Senior Maintenance Engineer



Ingeniero Electrónico Mención Control (1999) de la Universidad Nacional Experimental de Fuerzas Armadas Nacionales (UNEFA) en Venezuela, con 12 años de experiencia en la industria de gas y petróleo. Actualmente culminando estudios de Maestría de Gerencia de Mantenimiento en la Universidad de Oriente en Venezuela. Se ha desempeñado como Superintendente de Mantenimiento y como Gerente de Operaciones y Mantenimiento (Encargado) asignado por Repsol en empresas mixtas, también fue Coordinador del Departamento de Ingeniería de Mantenimiento de Repsol para la Gerencia de Activos de Gas. Lideró los proyectos: "Plan Maestro de Mantenimiento y Confiabilidad 2009-2012", "Análisis CDM (Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad) de activos de gas", "Diagnóstico de la gestión de mantenimiento de activos operados", "Implementación de la metodología de ACR (Análisis Causa Raíz)", "Implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento SAP-PM". Es facilitador de la Metodología de Análisis Causa Raíz (ACR). Auditor interno del Sistema de Gestión Medio Ambiental (SIGMAS) bajo la norma ISO14001. Especialista en automatización, instrumentación y control.

e-mail: hdiaz@repsol.com

nuevoLibro

Luis Amendola Ph.D



EXCELENCIA OPERACIONAL “Operations Integrity Management”

[...] por ello, gestionar el trabajo en equipo, optimizar la comunicación entre diferentes departamentos, gestionar el valor personal y profesional, y sobre todo, hacer un buen uso de las herramientas disponibles dentro de la organización, deben ser los puntos a tratar para poder conectar el “piso de planta” con el “Castillo”.

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



iMM
endorsed
TRAINER

iMM
endorsed
ASSESSOR

IPMA
international
project
management
association



Enfoque no tradicional.



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



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



Flexibilidad, modalidad b-learning.



Experiencia internacional.



Around the WORLD

PMM Institute for Learning

PMM Institute for Learning ha estado en CELEC EP (Ecuador), donde se ha realizado un proyecto de diagnóstico de gestión de activos, en el 7º Encuentro Nacional de Jefes de Mantenimiento organizado por ANDI (Colombia) y en el XV Congreso Internacional de Mantenimiento de ACIEM.



01



02

PMM Institute for Learning

01 Diagnóstico CELEC EP

Fecha: Febrero-Marzo 2013

Integrantes de las gerencias de CELEC EP con el equipo de consultores de PMM realizaron en la corporación eléctrica del Ecuador un diagnóstico en las nueve unidades de negocios y matriz, para definir el nivel de madurez de la empresa en cuanto a la gestión de activos físicos y su alineación a la PAS 55 – ISO 55000.

02 Visita Zona Histórica de Quito, Ecuador

Fecha: Marzo 2013

Durante la visita al Ecuador, la Ing. Msc. Tibaire Depool, realiza una visita turística a la zona histórica de Quito, acompañada del Ing. Msc. Davis Mafla, de la empresa OCP.

Around the WORLD

PMM Institute for Learning



PMM Institute for Learning

03 Visita técnica Transelectric

Fecha: Marzo 2013

Visita de PMM a las instalaciones de la Sub-Estación Eléctrica de Santo Domingo de Transelectric, para realizar diagnóstico de gestión de activos. Nos acompañan el Ing. Jorge Goyes "Coordinador de CELEC EP Matriz De Operaciones y Mantenimiento, Ing. Fabián Calero "Jefe Dpto. Zona Operativa Norte", Ing. Nayrih Medina Consultora PMM y el Dr. Luis Amendola CEO PMM Institute for Learning.



03

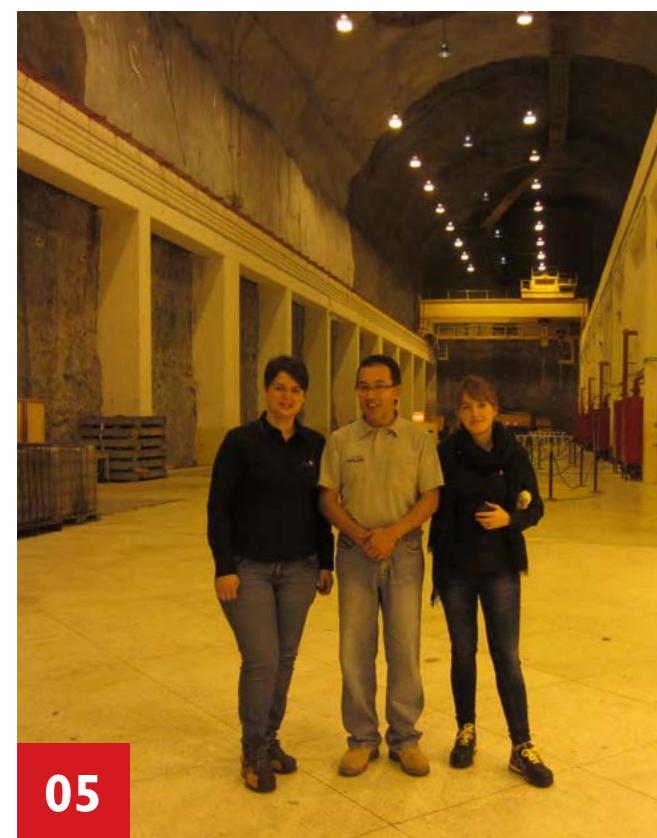


Around the WORLD

PMM Institute for Learning



04



05

PMM Institute for Learning

04 Reunión proyecto CELEC EP

Fecha: Marzo 2013

Reunión inicial de presentación de proyecto en CELEC EP. De izquierda a derecha, Luis Amendola, Ph.D CEO y Director de PMM Institute for Learning, Jorge Goyes Jefe del Departamento de Producción de CELEC EP, el Gerente General de la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP, Ing. Eduardo Barredo y Tibaire Depool, Ing. MSc. socia fundadora de PMM Institute for Learning.

05 Visita técnica Hidropaute

Fecha: Marzo 2013

Visita técnica de la Unidad de Negocio de Hidropaute, con Tibaire Depool , Ing. socia fundadora de PMM Institute for Learning, Carlos Urgilés, Ing. Coordinador del Departamento De Producción y Miriam Martin, Ing. Consultora Junior de PMM Institute for Learning.



Around the WORLD

PMM Institute for Learning



06

PMM Institute for Learning

06 Visita técnica Gensur

Fecha: Marzo 2013

Visita técnica a la Unidad de Negocio de Gensur, de izquierda a derecha, Tibaire Depool, Ing. socia fundadora de PMM Institute for Learning, Carlos Urgilés, Ing. Coordinador del Departamento De Producción y Juan Diego, Ing. responsable de sistemas Scada.

07 Visita técnica Hidropaute

Fecha: Marzo 2013

Visita técnica de la Unidad de negocio de Hidropaute, Tibaire Depool , Ing. Socia fundadora de PMM Institute for Learning y Miriam Martin, Ing. Consultora Junior de PMM Institute for Learning.



07



Around the WORLD

PMM Institute for Learning



08

PMM Institute for Learning

08 7º Encuentro Nacional de Jefes de Mantenimiento

Fecha: 14 y 15 de marzo 2013

ANDI seccional Tolima - Ibagué, bajo una alianza con PMM, recibió a las empresas de Colombia durante el 7º Encuentro Nacional de Jefes de Mantenimiento que contó con la participación de cinco conferencistas de talla internacional, donde desarrollaron los temas de gestión de activos, producción, lubricación, confiabilidad y tecnología de la información.



Durante su intervención Ph.D Luis Amendola, Ing. MSc. Tibaire Depool, Ing. MSc. Luis Eduardo Benítez, Ing. Esp. Nayrih Medina e Ing. MSc. Yamina Palma plantearon que el mantenimiento es manejado como un centro de coste y sus procesos asociados no están suficientemente maduros como para implementar realmente estrategias de confiabilidad (no como una moda más o como una simple implementación de un software de confiabilidad). Esto hace que la industria, en cuanto a la clasificación de su gestión del mantenimiento de activos, se encuentre en el "Pasado", lo que indica que registran altos índices de mantenimiento correctivos (RM) frente al mantenimiento planificado (PM) y al mantenimiento predictivo (PdM).

En el encuentro se presentó el nuevo libro de Ph.D Luis Amendola, "Excelencia Operacional", ISBN: 978-84-940628-2-7, Editorial PMM Institute for Learning, publicado en febrero de 2013.

Around the WORLD

PMM Institute for Learning



09



PMM Institute for Learning

09 Conferencia y Taller ANDI

Fecha: Marzo 2013

El Dr. Luis Amendola, CEO de PMM Institute for Learning, impartió una conferencia y taller sobre la excelencia operacional en la industria y sus buenas prácticas. Toda su intervención fue centrada en su nuevo libro Excelencia Operacional.



10



11



PMM Institute for Learning & PMM Business School

11 Programa de Postgrado en gestión de activos físicos y proyectos CHEC

Ing. Arcadio Rendiles y Ricardo Franco Alarcón, Ing. Mantenimiento Generación, durante las visitas a las plantas hidroeléctricas de Chec, como parte del desarrollo de un programa de postgrado en gestión de activos físicos y proyectos que se imparte en Chec “Central Hidroeléctrica de Caldas”.

12 Visita Plantas Hidroeléctricas CHEC

Fecha: Marzo 2013

Como intercambio de tecnología para mejorar los procesos de gestión de activos físicos y confiabilidad, la consultora Senior en Asset Management Reliability Ing. Esp. Nayrih Medina, de PMM Institute for Learning, y el Ing. Arcadio Rendiles colaborador externo de PMM Institute for Learning, visitan las plantas hidroeléctricas de Chec, como parte del desarrollo un programa de postgrado en gestión de activos físicos y proyectos que se imparte en Chec “Central Hidroeléctrica de Caldas”.



12



PREMIO ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento



Asociación Colombiana
de Ingenieros
Cundinamarca

13

PMM Institute for Learning

13 Tibaire Depool, 1er Premio a la Mejor Ponencia

Fecha: Abril 2013

Tibaire Depool, Ing. Ph.D © Executive Manager de PMM Institute for Learning fue premiada con el 1º Premio del Congreso por su ponencia “Estudio Internacional acerca del framework de competencias de la gestión de activos físicos alineado a la PAS 55 y desarrollo de competencias de los Asset Managers”. El premio, además del galardón, supone un reconocimiento por el trabajo realizado con respecto a su dilatada experiencia en la gestión de activos físicos.

14 Ponencia Premiada ACIEM

Fecha: Abril 2013

Más de 100 personas acudieron a la ponencia el jueves 18 de abril a las 8:00 am para escuchar a Tibaire Depool acerca del Estudio Internacional sobre las competencias de la gestión de activos físicos. La ponencia fue todo un éxito y fue premiada con el primer premio, que se entregaría el día siguiente en la clausura oficial del evento.



XV Congreso Internacional de Mantenimiento



14



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 "¿Cómo reducir las perdidas en mantenimiento? Mantenimiento productivo total (TPM), Cálculo de Manpower e Indicadores de gestión del mantenimiento." [+INFO](#)



Curso: "Dirección y Gestión de Proyectos "Project Management" con soporte de MS Project." [+INFO](#)



Curso "Planificación, Ejecución y Seguimiento Físico-Financiero de Proyectos con soporte de MS Project." [+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](#)



Curso "Análisis Causa-Raíz "RCA" en Equipos Dinámicos ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?" [+INFO](#)



Curso "Metodología para análisis de confiabilidad operacional (RAM "Reliability, availability, Maintainability"), alineado a la Gestión Integral de Activos Físicos (PAS 55-ISO 55000)" [+INFO](#)



Nuestro *Calendario 2013*

JULIO

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: "Análisis Causa Raíz (ACR) en equipos industriales. ¿Cómo resolver problemas críticos operacionales?" [+INFO](#)



Postgrado: Gestión Integral de Activos Físicos Alineado con la PAS 55-ISO 55.000 (Colombia) [+INFO](#)



Curso: "Estrategias para la optimización de Paradas de Planta & Overhaul" [+INFO](#)



Curso "Planificación y programación de mantenimiento e Indicadores de gestión de activos físicos" [+INFO](#)



Curso "Análisis del Costo de Ciclo de Vida en la gestión de activos físicos" [+INFO](#)



Curso "Estrategias para la Optimización del Mantenimiento "PMO" Planned Maintenance Optimisation" [+INFO](#)



Postgrado: Gestión Integral de Activos Físicos Alineado con la PAS 55 - ISO 55.000 (Chile) [+INFO](#)



Curso "Gestión Integral de Mantenimiento de Activos Físicos Alineado a PAS 55-ISO 55000" [+INFO](#)



Curso "Visión Financiera para la Gestión Integral del Mantenimiento de Activos" [+INFO](#)



2º Workshop Internacional Asset Management & Reliability [+INFO](#)



AGOSTO

L	M	X	J	V	S	D
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	

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

Club AAA

Nuestros servicios



Consultoría - ACREDITADOS POR EL IAM.



PMM Institute for Learning ofrece un servicio integral enfocado a impulsar el proceso de transformación de las empresas 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 sistemática 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:

Beneficios de la Gestión de Activos

"The Benefits of Asset Management"

A1

Políticas de la Gestión de Activos

"Introduction to Asset Management Policy"

A2

Sistema de Gestión de Activos

"The Asset Management System"

B1

Implementación de Planes de Gestión de Activos

"Implementing Asset Management Plans"

B5



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

SUSTAINABILITY

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

Crecimiento y Mejora Continua
Fortalecimiento de las competencias
Tecnología y Sociedad

IMPLEMENTATION

¿Cuándo y cómo optimizar sus Activos?

Overhaul
Shutdown "Paradas de Planta"
LCC

ASSESSMENT

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

Assessment
Diagnóstico de la Gestión
de Activos Físicos

PMM por el
MUNDO 

CONTACTO

CHILE

Alcántara 200, piso 6
Oficina 601
Las Condes
Santiago, Chile
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
Región Andina
regionandina@pmmlearning.com

ESPAÑA

PMM Institute for Learning
C/Lepanto, 27, 1º piso, puerta 4.
Alboraya 46120
Valencia, España
0034 961864337
formacion@pmmlearning.com