

PREDICTIVA 21

Año 2, N° 7, Diciembre 2014



Fórmula SAE UDO presente en COLAGA 2014

2014: Un año clave en la difusión del facility management en el ámbito hispanohablante

Green maintenance o mantenimiento sustentable en empresas de oil & gas

ISO 55000, ISO 31000 y API RP 581 Aliados Fundamentales Para La Generación De Valor En La Gestión Del Riesgo De Los Activos Físicos.

Metodología propuesta para toma de decisión de inspección de líneas de flujo de crudo basado en modelos estadísticos de criticidad

FMHOUSE Consolida su expansión internacional en consultoría de facility management con la incorporación de Lorena García-Espada

Experiencias En El Desarrollo De Análisis De Confiabilidad, Disponibilidad Y Mantenibilidad (Análisis RAM)

Del manejo del cambio a la gestión de activos con Pass 55



E&M Solutions, C.A.
www.eymsolutions.com

@eymsolutions

E&M Solutions, C.A.

+58 291-643-7055



Soluciones Efectivas para la Gestión de Activos

Ofrecemos soluciones especializadas en ingeniería y gestión de activos para el área petrolera, gasífera, petroquímica, siderúrgica y generación de energía.

Nuestras líneas de negocios:

- Ingeniería y Construcción
- Mantenimiento y Confiabilidad
- Servicios Profesionales

Contacta a E&M Solutions, C.A.

Respaldo Profesional para la Confiabilidad Industrial

UNO

Uno es el número de años que cumple este mes Predictiva21. Nuestro primer aniversario. Cuando concebimos este proyecto, no nos imaginábamos que habríamos de llegar a tantas personas, y sobre todo, tan rápido. Nuestros mayores agradecimientos a cada uno de ustedes, que nos han acompañado a lo largo de este aventura editorial en la que todos participamos, bajo el nombre de Predictiva21.

En este primer año hemos tenido el inmenso honor de entrevistar a las más brillantes figuras de la gestión de activos a nivel mundial, cuyas experiencias y enfoques han enriquecido las páginas de nuestra revista. También hemos tenido articulistas de excepción, cuyas publicaciones han hecho de Predictiva21 un medio de referencia. Asimismo, servir como media partner a numerosos congresos y eventos mundiales del asset management o del facility management, ha representado para nosotros una hermosa responsabilidad, impulsados siempre por nuestra pasión de difundir y educar acerca de la gestión de activos y su veloz evolución en el tiempo. A través de nuestro trabajo, hemos procurado dar a conocer las mejores prácticas, las nuevas normas internacionales, el alcance de nuevas tecnologías, los eventos de mayor envergadura, así como a los artífices detrás de estas innovaciones, los hombres y mujeres que, literal y figurativamente, mueven la maquinaria.

Para este próximo año, que asumimos con mayor entusiasmo y vigor, seguiremos llevando las más importantes noticias, tendencias y propuestas en gestión de activos y facility management; así como una nueva imagen y nuevas secciones en nuestra página web. Sepan que son ustedes, nuestros lectores y colaboradores, el motor de impulso de esta publicación. Y, por supuesto, aprovechamos estas páginas para desearles, como no, una muy feliz Navidad y un próspero Año Nuevo. Esperamos que disfruten de esta Edición Especial, un regalo preparado para ustedes, a la altura de la ocasión.

Mil felicidades a todos, y muchas gracias.

Enrique González
Director



JUNTA DIRECTIVA

Publisher / Editor:

Enrique González

Director de Mercadeo:

Miguel Guzmán

Directora Editorial:

Alimey Díaz

Diseño y Diagramación:

María Sophia Méndez

Digitalización y Web Master:

Edgar Guzmán
Crisnar Rivero

Community Manager:

Daniela Angulo

Colaboradores:

Roberto Trujillo Corona
Gerardo Trujillo
Brau Clemenza
David Martínez
Eduardo Cote
Luis Amendola
Rhys Davies
Santiago Sotuyo
Luis Barreto Acuña
Alexis suárez
Carlos Jiménez
Luis Rattia
Henry Marcano
Mónica Pino
Romero Barrios, Maria
Teresa
Agüero López, Miguel
Ángel
Rojas Monsalve, Elimar
Anauro
Arquimedes Ferrera
Víctor D. Manríquez
Mónica Pino Alfonso
Erich Salazar
Dudney Bolívar
Díaz B., Osberto J.



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

- 06** | Educación formal para el mantenimiento
Artículo
- 10** | RHYS DAVIES:
Assets management is in expansion
Interview
- 14** | 2014: Un año clave en la difusión del facility management en el ámbito hispanohablante
Nota de prensa
- 16** | SANTIAGO SOTUYO:
The long road to reliability
Interview
- 21** | Fórmula SAE UDO presente en COLAGA 2014
Nota de prensa
- 22** | Analysis of failure in high speed blower blades
Artículo técnico
- 30** | El indicador de efectividad en mantenimiento
Artículo
- 32** | FMHOUSE Consolida su expansión internacional en consultoría de facility management con la incorporación de Lorena García-Espada
Nota de prensa
- 34** | Del manejo del cambio a la gestión de activos con Pass 55
Artículo técnico
- 42** | La serie de normas ISO 55000, herramienta para la gestión de activos
Artículo técnico
- 46** | Metodología propuesta para toma de decisión de inspección de líneas de flujo de crudo basado en modelos estadísticos de criticidad
Artículo técnico
- 58** | Modelación de sistemas productivos complejos a través del análisis RAM
Artículo técnico
- 66** | Green maintenance o mantenimiento sustentable en empresas de oil & gas
Artículo técnico
- 70** | ISO 55000, ISO 31000 y API RP 581 Aliados Fundamentales Para La Generación De Valor En La Gestión Del Riesgo De Los Activos Físicos.
Artículo técnico



Educación Formal Para El Mantenimiento

“Falla por falta de mantenimiento” es una de las causas que escuchamos frecuentemente cuando se trata de algún accidente o falla que afecta a la población. Es en ese momento en el que la prensa y la población nos damos cuenta de que existe una función que debe proporcionar el servicio de conservación o reemplazo de partes cuando estas llegan al final de su vida en algún bien o maquinaria.

Un análisis más profundo del término “Falta de mantenimiento” nos lleva a dividirlo en las siguientes causas posibles :

1. La máquina fue mal diseñada/comprada para la función
2. La máquina trabaja fuera del contexto operacional de diseño y tiene pobre mantenibilidad
3. No existe un programa de conservación
4. El programa de conservación de la máquina no consideraba una tarea para ese modo de falla

5. La tarea no fue incluida en el programa de conservación
6. El programa de conservación no fue efectuado
7. La tarea fue efectuada fuera del tiempo ideal
8. La máquina no fue entregada por el usuario para efectuar la tarea
9. La máquina entró en un modo de falla que no fue detectado
10. La persona que efectuó la tarea no tenía las habilidades técnicas para hacerlo
11. La tarea fue mal efectuada
12. El modo de falla fue ocasionado al intervenir la máquina para otra tarea
13. La máquina fue sabotada.

Con excepción del último punto, esta lista condensada tiene un denominador común. La probabilidad de su ocurrencia puede ser disminuida mediante conocimiento, educación y entrenamiento.

Mantenimiento es un área de especialidades (casi como la medicina). Ninguno de nosotros pondría su salud en manos de un médico sin la preparación profesional y por lo general, preferimos a quienes se actualizan constantemente. Hasta hace unos cuantos años, no existía una carrera en la que se enseñara desde las aulas la importancia del mantenimiento. La especialidad de mantenimiento se adquiría mediante la mentoría y la experiencia. Una persona experimentada sirve como guía y maestro a los aspirantes que fungen como ayudantes hasta que la transmisión de conocimiento y la experiencia los convierte en maestros a su vez. Este es un proceso lento y lleno de inconvenientes que crea paradigmas y transmite tanto buenas como malas prácticas basadas en experiencias y ensayo y error.

El número de especialidades y conocimientos específicos requeridos para las funciones de mantenimiento es grande y depende del área y riesgos en los que se trabaja. La industria del petróleo, la aeronáutica, la de la energía nuclear y otras en las que el riesgo es grande, han debido establecer requerimientos mínimos para realizar tareas y certificaciones que acrediten las competencias técnicas para ciertas tareas. De lo se desprenden normas como las de la industria de la aviación, instrumentos médicos, las del American Petroleum Institute (API), etc.

En todos los niveles, el personal de mantenimiento debe pasar por un proceso de educación y actualización que permita desempeñar las tareas de manera correcta y de esa manera lograr los objetivos de una maquinaria confiable y segura. Desde el director de mantenimiento que diseña la estrategia y selecciona las tecnologías, herramientas, software y metodologías para conservar la operación del activo, define la organización del grupo de trabajo y la coordinación de las actividades con otras áreas. Los mandos medios que cumplen funciones de gestión, planeación, programación y supervisión y el personal de piso de planta que directamente interactúa con

las máquinas y las herramientas.

Para satisfacer la demanda de educación y habilidades técnicas en el área de mantenimiento tradicionalmente se ha dependido de cursos específicos impartidos por empresa de consultoría y algunas organizaciones del estado que capacitan en los principios básicos. En lo relacionado a carreras universitarias relacionadas directamente mantenimiento, las Universidades Tecnológicas en México han lanzado además de la carrera de Técnico en Mantenimiento la de Ingeniería de Mantenimiento. En el resto de América, esta carrera tiene muchos años de ser impartida en el resto de América. Tradicionalmente las carreras de Ingeniería mecánica, eléctrica, mecatrónica, electrónica e industrial han sido abastecedoras de personal con educación básica desde la que se comienza una especialización a base de cursos complementarios en el área de mantenimiento.

Hay muchas razones por las que las certificaciones profesionales son importantes y necesarias en nuestra industria, y en particular, aquellas que se relacionan con las habilidades técnicas. Demostrar que se cuenta con los conocimientos y las habilidades para desempeñar una posición que tiene bajo su responsabilidad la toma de decisiones basadas en el conocimiento y la experiencia, resulta ser de vital importancia para la maquinaria, las personas que trabajan con ella, el ambiente, y por supuesto para el negocio.

Mientras más arriba se está en la estructura de mantenimiento, es necesario prepararse en estrategia y gestión. Cursos especializados en las herramientas de confiabilidad, mantenimiento centrado en confiabilidad, análisis de causa raíz, análisis de modo de falla y muchos más que hacen una colección de conocimientos que se van obteniendo con el paso de los años y sin un programa estructurado. El tipo y grado de educación dependen mucho de la cultura de la organización en la que se trabaja, del plan de

carrera y los deseos de superación del individuo. Quienes optan por este tipo de educación, tienen la opción de certificarse internacionalmente con la Society for Maintenance and Reliability Professionals (SMRP) como Certified Maintenance and Reliability Professional (CMRP), la cual ha ganado gran aceptación en la industria como una garantía de conocimiento y habilidades técnicas para la industria. Muchas organizaciones colocan como requisito esta certificación para ciertas posiciones en el área de mantenimiento.

Una opción más estructurada es la de los diplomados y maestrías en estrategias de mantenimiento y confiabilidad que están disponibles en algunas instituciones en América latina y España. Esta maestrías cuentan con el respaldo de instituciones privadas y públicas y en ocasiones pueden ser revalidadas localmente por los organismos oficiales correspondientes.

Para el área técnica relacionada con las estrategias de monitoreo de condiciones de las máquinas, casi toda la educación es impartida por empresas especializadas y expertos que cuentan con la preparación y experiencia para desarrollar las competencias técnicas de diagnóstico.

Muchas de las especialidades del monitoreo de condición de la maquinaria han sido consideradas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Técnico ISO/TC108/SC5 quienes han desarrollado la norma ISO 18436 "Monitoreo de Condición y Diagnóstico de Máquinas" que ayuda a identificar los conocimientos que deben tener los aspirantes a estas certificaciones, de tal manera que demuestren poseer y saber aplicar sus habilidades técnicas para tomar decisiones respecto a la salud de la maquinaria y su posibilidad de seguir operando, así como todo lo relacionado con los organismos de entrenamiento y certificación.

El trabajo de ISO en el sentido de las certificaciones internacionales de habilidades técnicas para el monitoreo de condición se desarrolla en tres áreas que deben ser consideradas por quienes desean una certificación, quienes educan para certificaciones y quienes aplican los exámenes de certificación. Sin embargo, al ser poco conocida la manera en que han sido desarrolladas las normas ISO para certificación de habilidades técnicas y cómo aplican a los diferentes elementos de la certificación, se da pie a que organizaciones faltas de ética, que sólo buscan obtener beneficios económicos, hagan uso inadecuado de los conceptos de la normalización en sus promociones y actividades comerciales, creando sus propias certificaciones e incluso siendo organismos de entrenamiento y certificación a la vez (jugando a ser "Juez y parte").

No es mi intención hacer un estudio extenso de las normas ISO, sino proporcionar a la comunidad del mantenimiento y la confiabilidad una guía para que tome decisiones adecuadas al hacer sus planes de entrenamiento, certificación y contratación de profesionales, que ostenten certificaciones internacionales de habilidades técnicas en monitoreo de condición. A la vez, pretendo que nuestra comunidad se encargue de regular las actividades de quienes usan la falta de conocimiento para lucrar con engaños a quienes desean la superación profesional.

La norma ISO 18436 cubre 8 aspectos, según se describen a continuación:

18436-1	Requerimientos para los organismos certificadores (Certification Bodies – CB) y el proceso de certificación.
18436-2	Análisis de Vibración (VA).
18436-3	Requerimientos para los organismos de entrenamiento (Training Bodies – TB) y el proceso de entrenamiento.
18436-4	Analista de lubricantes en campo (MLA).
18436-5	Analista de lubricantes en laboratorio (LLA).
18436-6	Emisiones Acústicas (AE).
18436-7	Termografía Infrarroja (IRT).
18436-8	Ultrasonido (US).

e acuerdo con las ocho partes del estándar, podemos identificar que ISO ha establecido los lineamientos de los organismos certificadores y del proceso de certificación. Siga estas sencillas reglas cuando solicite entrenamiento para certificación o cuando evalúe los certificados de competencias del personal:

1. Cuando usted desee certificarse en alguna de estas tecnologías del monitoreo de condiciones de maquinaria, asegúrese que el Organismo que emite la certificación demuestre estar en cumplimiento con la norma ISO 18436-1.

2. Cuando reciba entrenamiento para alguna de las certificaciones, verifique que el contenido del temario del curso esté conforme al cuerpo de conocimientos de la especialidad, de acuerdo con ISO 18436-X (siendo X la parte correspondiente a la especialidad, por ejemplo "4" en caso de análisis de lubricante).

3. Cuando seleccione una organización de entrenamiento, pida que acredite que cumple con la norma ISO18436-3 que garantiza que la organización cuenta con los instructores, los métodos y todo lo necesario para proporcionar el conocimiento dirigido a la certificación.

4. No crea a aquellos que dicen tener una "licencia de ISO para dar entrenamiento y certificación" (y hasta inventan un número para tratar de hacer más creíble el engaño). ISO no otorga licencias. Las acreditaciones podrían estar bajo la norma ISO 17024 que define claramente la separación entre entrenamiento y certificación para eliminar el conflicto de intereses.

5. No acepte que la misma empresa que le ofrece el entrenamiento sea quien le

entregue el certificado de competencias.

La educación y el entrenamiento deben ser parte fundamental para el buen desempeño de los equipos, la rentabilidad de la empresa y una operación segura. La educación y estandarización de proceso seguirá siendo fundamental en el entorno actual y futuro en el que la alta rotación de personal será una constante con la que debemos seguir trabajando. La combinación del trabajo de educación de las universidades las empresas especializadas y los organismos certificadores es por ahora la receta a seguir si deseamos que la industria opere de manera segura, amigable con el medio ambiente y de manera responsable a la vez que genera riqueza a sus accionistas. Este es mi punto de vista y estoy muy interesado en escuchar el de ustedes.

AUTOR:

Gerardo Trujillo C.

Director General

Noria Latín América

www.noria.mx



A man with short dark hair, wearing a dark suit jacket over a dark shirt, is seated and looking slightly to his left. Behind him is a banner for Predictiva21. The banner features the logo 'PREDICTIVA21' in large, bold, dark letters, with the '21' in a lighter blue color. Below the logo, there is some faint, illegible text in Spanish.

PREDICTIVA21

RHYS DAVIES:

ASSETS MANAGEMENT IS IN EXPANSION

President of the ISO (PC251) Committee talked to Predictiva21 about the importance of spreading ISO55000 standard, which meant being part of the board of directors which developed the now expired PAS55 standard, and the significance of having organizations get involved with stakeholders in the issue of quality standards. At the end, in Rhys's words, "assets management is about deciding where to invest our limited finances, thanks to the well-articulated mechanism that allow the alignment of technical information with financial information."

The International Maintenance Conference (IMC) Daytona 2014 was the perfect scenario to make agreements and meet concerns among the key representatives of Asset Management in the world. One of the most important issues in the event was the approval and application of ISO 55000 standard for asset management. Rhys Davies, President of the ISO Committee (PC251), Vice President of the Chair Group for PAS 55: 2008 and President of eAsset Management Inc., had an exclusive conversation with Predictiva21 about the challenges implied in the application of the new standard, whose application made PAS 55 due, formerly used before ISO 55000 to standardize asset management in the world. Davies, whose brilliant career as specialist in AM includes a variety of industries, among them the air and space, defense, railway, telecommunications, public services and oil industries, considers the expansion of Asset Management culture through information and education a fundamental issue worldwide.

PREDICTIVA21: My first question is: What impact is the ISO55000 standard having on Assets Management worldwide? Has it fulfilled its expectations?

RHYS DAVIES: Definitely, I think there are a number of objectives coming from ISO to the AM world. The first one is that wanted to engage more widely and get greater input into the standard. Historically, 15 countries have been involved in writing ISO55000. We also have Australians and New Zealanders writing their own very credible information guides. The second objective involves two things: gather good practice, generate consensus on what good practice is, and the second part is to disseminate that good practice. It's a good mechanism to have management recognized and respected around the world. What we are seeing with ISO55000 is that markets that weren't previously engaged in the process now are, like USA and Canada, much stronger engaged. Latin America was already strongly engaged, but again, this is expanding. And also we are seeing new markets like Russia, China, France and other Mediterranean countries are recognizing its use and contributing to it. So, did we achieved the objectives? Yes. Definitely.

P21: As a professional in the area, what has it meant to you to take part of writing the standards and details of applicability?

RD: That's easy to answer. As a professional in any discipline, you want to learn and engage with the best minds in your discipline, and you want to share and discuss practices, and I think we were blessed to be with the ISO55000 community, the best AM minds in the world, and I've said it many times before: if you wanted me to write a list of people to help write those standards, we pretty much had everyone on that list. We got new people who were just as enthusiastic and brought new things to the story.

P21: Nowadays, enterprises use the PAS55 evaluation methodology for Assets Management. How is it going to be from now on, with ISO55000? What kind of changes should be applied in measuring these analyses without putting the Asset management as we know it at risk?

RD: The question relates historically to those parts of the world that have used PAS55 and what is going to change with ISO55000. The most of it will remain very similar. I always argue that there were 4 key things in PAS55: having aligned objectives, having transparent and consistent rules for making decisions, taking a long term view, and making those decisions on a risk basis from a position of knowledge. That was all embedded in PAS55. All of those four things remain in ISO55000. So, some of the structure changes, some of the language changes, and other aspects that the organizations were used to are still there on ISO55000. You have nothing to fear. In terms of differences, we have a few

things which I think have taken the discipline forward. We now have a much stronger requirement to have the organizations engage with stakeholders, what their expectations are, how they want you to make decisions. I think this is important. We also have a much better definition of life cycle and what constitutes an Asset. And I think what we attempted to do with the application in organizations is that the applications have helped us engage in outsource situations. More and more organizations outsource key activities, and changing those definitions have helped people to share good Asset management with a supply chain. A final thing that has gained a really positive addition to ISO55000 is much stronger financial requirements. So we have requirements to understand what kind of reports we need to do, and we have much stronger requirement on how to align technical information with financial information. Assets management is about deciding where we spend our limited finances, and if we can get technical areas aligned with our financial areas so we are speaking the same language, making decisions based on the same data, that's hugely beneficial to the discipline, and we are already seeing big improvements on what organizations do.

P21: What differences are there between the PAM and SAM tools? Do you believe that the Assets Management Community can make that transition step between one tool and the other without traumatic consequences?

RD: First of all, we must say that both of those tools are very good. PAM tool was designed to be an assessment methodology against PRO55. The SAM tool is a similar methodology against ISO55000. So the transition from PAM to SAM shouldn't be so traumatic. I'd like to think in terms of not worrying about the assessment methodology so much as worrying about the contents and the requirements of what constitutes good AM. I see no issue there. The issue is to be sure you chose your assessors carefully, chose the methodology for assessment which derives value to your organization the way you want, and chose the company of assessors. There are a lot of schemes around the IMS, and you have to be careful to choose the right tool.

P21: Finally, ISO5501 explicitly requires demonstration of real practices. How does it impact enterprises that apply AM? What difference is there with the other international standards?

RD: First, all management systems require the same thing. It's not sufficient to simply have a manual of processes on the shelf. They should be actively used and applied. This is why the schemes in PAM and SAM look in the maturity of application of those processes. I would probably add a third line there, which is existence of processes, application of processes, and then deriving value from those processes, and the reason I add this is because of how organizations apply processes blindly without making sure they derive value from those processes. One of the advantages of AM and ISO55000 over the other standards is that forces focus of attention in organizational objectives to achieve and the value that constitutes those organizational objectives. And then that focus challenges us about what values does this process add to us: how can we make it derive value for our customers and stakeholders and shareholders.

P21: What other elements do wish they had been included in ISO55000?

RD: Other elements about discipline that I think are really good and I wish we could communicate more? Yes. But I don't believe they should be in ISO 55000 because what's important in this standard

is that we are able to go out to the worldwide community, that the best minds of this community think it's a common sense line, we have consensus that this is a really good place to start, on what good assets management looks like. I think that if we try to put in everybody's personal wish list, you end up with something too consultancy-led, it's not consensus-driven, and that's not what the standard is about. It's about going out and saying: This is the common view of what is good, and that would drive in communities and industries and countries. And then, in five year's time, when we review ISO55000, we will see how those interventions have formed the consensus, and then we can incorporate next time out. That consensus will grow over time, and in five year's time I think we will have new things that will come in, and I thoroughly expect that there will be things I never thought of, and that's the exciting thing about consensus-driven approaches.

A man with short brown hair, wearing a dark blue or black button-down shirt, is seated in a black office chair. He is looking directly at the camera with a neutral expression. Behind him is a light-colored wall with the 'Predictiva21' logo in large, dark letters. The '21' is in a lighter blue color. There is also some faint, illegible text on the wall behind him.

PREDICTIVA21

“ISO 55000 summarizes a common vision of what is good and what really works for Assets Management in any part of the world”

*Text: Alimey Díaz
Photography and press correspondent: Miguel Guzmán
Transcription: Richard J. Skinner*



CIFMers
Congreso Iberoamericano
de Facility Managers



FMHOUSE

LA
SEMANA
DEL
FACILITY
MANAGEMENT



2014

UN AÑO CLAVE EN LA DIFUSIÓN DEL FACILITY MANAGEMENT EN EL ÁMBITO HISPANOHABLANTE

El año que está a punto de acabar ha supuesto un importante paso adelante en la tarea de hacer visible el papel del Facility Management en la gestión de las empresas de la Península Ibérica y Latinoamérica.

2014 ha sido un año lleno de eventos orientados a dar a conocer la disciplina del Facility Management. Tres ediciones de La Semana del Facility Management y la celebración del I Congreso Iberoamericano de Facility Managers, CIFMers, han reunido a multitud de profesionales del sector y han logrado repercusión en los medios de comunicación, lo que acerca a todo el mundo empresarial los conceptos básicos del Facility Management.

En marzo comenzó esta tarea de difusión de la disciplina con La Semana del Facility Management en Bogotá, Colombia, que contó con cerca de 80 asistentes. Era la segunda vez que tenía lugar La Semana del Facility Management en Colombia, ya que la primera se celebró en Medellín en 2013. En Medellín se mostró interés por crear la

asociación colombiana de Facility Management, pero no fue hasta la celebración de La Semana en Bogotá cuando este interés se concretó en un grupo de trabajo que ya ha formalizado esta asociación profesional.

Poco después, en mayo, más de 280 personas se reunieron en Madrid en el I Congreso Iberoamericano de Facility Managers, CIFMers. A estos asistentes presenciales hay que sumarles los más de 600 que se conectaron vía streaming el primer día del congreso y los más de 900 que lo hicieron el segundo día, conexiones provenientes de 26 países. Estas cifras, junto con la presencia de representantes de las asociaciones más importantes de Facility Management y Real Estate a nivel mundial, IFMA, EuroFM, Corenet y RICS, muestra la relevancia que este congreso tiene para el sector de manera global.

En septiembre, Panamá acogió su primera edición de La Semana del Facility Management. Cerca de 100 profesionales

participaron en el primer evento especializado en Facility Management en Panamá, donde pudieron compartir experiencias y mejores prácticas. La presencia de responsables de inmuebles del sector público, del sector hotelero, de la banca, de bienes raíces, de telecomunicaciones, entre otros sectores, demostró la importancia de la disciplina de forma transversal. Al igual que ocurrió en Colombia, este evento supuso el impulso que necesitaban los profesionales para crear la asociación local de Facility Management, tarea para la cual se presentaron más de veinte voluntarios.

Y, finalmente, en noviembre se celebró La Semana del Facility Management en Lima, Perú, donde fue necesario cerrar las inscripciones una semana antes ya que se completó el aforo. Casi 200 profesionales participaron de las actividades de La Semana, que cubrieron la práctica totalidad de las áreas de la disciplina, abordando temas de energía, espacios, modelos de gestión, etc. Así, este evento pudo dar a conocer el alcance y las posibilidades que tiene la disciplina en el mercado. También, como ocurrió en las ediciones de Colombia

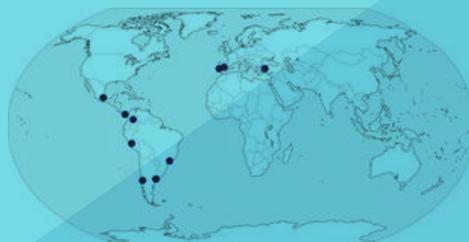
y Panamá, el evento plantó la semilla para la creación de la asociación de Facility Management del Perú.

La visibilidad del Facility Management ha aumentado en el ámbito hispanohablantes no solo por estos eventos, sino por las consecuencias de los mismos. La creación de grupos de trabajo nacionales para el desarrollo de las normas ISO relativas al FM y la fundación de las asociaciones nacionales de profesionales del sector son herramientas que reforzarán el Facility Management en estos países, creando redes de profesionales que podrán, así, compartir experiencias y mejores prácticas de manera habitual.

2015 no se prevé menos activo que este año que termina. La Semana del Facility Management visitará Chile, Ecuador y México y Madrid volverá a acoger el Congreso Iberoamericano de Facility Managers, CIFMers. Estos eventos seguirán aumentando la visibilidad de la disciplina y reforzando las redes de profesionales que podrán potenciar la profesionalización de su actividad y ganar reconocimiento.

FMHOUSE es una empresa independiente, especializada en consultoría y formación de Facility Management, con prestigio y reconocimiento nacional e internacional. FMHOUSE apuesta e invierte para hacer que esta disciplina ocupe el lugar que se merece en el mercado y en las organizaciones proporcionando para ello las mejores soluciones y los mejores profesionales.

ARGENTINA – BRASIL – CHILE – COLOMBIA – ESPAÑA – MÉXICO – PANAMÁ – PERÚ – PORTUGAL – TURQUÍA



Este documento forma parte del catálogo de actividades del área de Eventos de FMHOUSE como parte de su labor de difusión y promoción del Facility Management.

Para leer más artículos, visite www.fm-house.com

©FMHOUSE 2014



SANTIAGO SOTUYO

The long road to reliability

URUMAN's Alma Mater, Engineering Manager for ARMS Reliability – Latin America, consultant and Maintenance Engineering and Management professor, Santiago Sotuyo has written an important passage of Assets Management in Latin America. Passionate defender of knowledge, he has consecrated his life to this engineering field, driven by a solid belief that everybody can walk along the development road and create world-class enterprises and services.

*“Reliability is not a destination;
it’s a way to walk.
Reliability IS in the road,
and in the road we find the reward”.*

With this phrase, Santiago Sotuyo, president of URUMAN, starts the interview granted to Predictiva21. Sotuyo, a man of heights in the assets management area, unveils part of his long trajectory in which his total commitment with reliability has led him like a compass rose. With over 30 years of work experience and 26 years of professional experience in the field of Maintenance, Assets Management, and Reliability, Santiago Sotuyo defines himself as a pro who is always learning, moving forward. This long journey to Reliability has undoubtedly given good results, and this knowledge and priceless experience is shared by him in this conversation.

Predictiva21: How was your beginning in the engineering world?

Santiago Sotuyo B: I started my engineering studies in 1980, in the Faculty of Engineering at the Universidad de la República Oriental del Uruguay. In September 1988, I graduated as Industrial Mechanical Engineer, and the next year I took a course on Maintenance Management and Engineering, organized by UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas), with professors coming from Sweden, and Thomas Ålund leading them. Through the BITS Cooperation Agency, I won a scholarship in 1990 and in Sweden, I took my first specialization course in Maintenance Management and Engineering. I returned in 1993 to take a seminary in Maintenance Management and Engineering for Top Managers, also granted by the Sweden government. By that time, I was already a staff member of the Faculty of Engineering in the Industrial Engineering career, on topics like Safety and Work Hygiene, and when I went back to Sweden, I was assigned the Maintenance Management subject which I taught for 15 years until 2004. After that, I had other positions. As a professor of Maintenance Management and Engineering at the Faculty of Engineering, I made a survey along with the students about the maintenance situation in the Uruguayan industry. The results, published later on International Congresses in 1955, showed that there was a lot to do. In the enterprises, a 100% corrective maintenance had been applied, without any maintenance management software, predictive was the exception and the NDT appeared only to diagnose fractures. It was clearly a great opportunity. In 1994, being part of the Board of Directors of AIU (Asociación de Ingenieros de Uruguay), I was designated delegate by Uruguay for the COPIMAN or Panamerican Committee of Maintenance Engineering, which had been presided by Prof. Engineer Lourival Augusto Tavares since 1993. Thanks to the agreement between AIU and CEGETEC (Centro de Gestión Tecnológica), and the CIU (Cámara de Industrias de Uruguay), we organized in 1995 the first course in Uruguay with Prof. Tavares, who has uninterruptedly continued giving courses and conferences in conferences every year until today, for over 20 years. At the end of 2000, I joined Ellman, Sueiro and Associates as a Consultant in Maintenance Management and Engineering. In December 2004, I receive my certification in USA as CMPR (Certified Maintenance and Reliability Professional). Also, in 2004, we were honored with the designation as Presidents of COPIMAN, so the main operations moved from Brazil to Uruguay. In that same moment we came up with the idea of creating URUMAN, the

Uruguayan Society for Maintenance, Assets Management and Reliability, organizing the First Seminary of Reliability in October 2004, and the First Congress in April 2005 (we have already had the 10th edition of this Congress, which took place in October this year). In 2008, while working in Spain as a consultant for energy enterprises, I received the invitation from the Government of Uruguay to join the Board of Directors of ANP (Administración Nacional de Puertos, Port Authority of Uruguay). I was there for one year as Director and the second year as Vice President. My main responsibilities were the development of a Strategic Plan, Assets Management and Project Management. Many of the projects developed in that phase are now a reality or will be soon inaugurated (terminals, new docks, dredging, new and reconditioned cranes, etc.) In this period, I also joined the Direction of the BCU (Central Bank of Uruguay).

P21: How do you get to the management line of ARMS Reliability?

SSB: In June 2010 I joined the exploration project for iron in the area of Valentines, developed by Minera Aratirí, as Operations and Logistics Manager, responsible for all the support to the Geological Exploration ongoing. Finally, in May 2012, a new change leads me to integrating ARMS Reliability as Engineering Manager for Latin America, where I am now developing the business and consulting within the Latin American market for a world leader enterprise in Reliability engineering. In ARMS we incorporate today's most advanced tools, among them the possibility of performing reliability analysis with statistic simulation modelling capacity which allows having analysis with a higher predictive degree, budget prognosis and systems behavior. Other techniques, like RCM analysis, RBD analysis (Reliability Block Diagram), Weibull Analysis, LCC analysis (Life Cycle Cost), RCA analysis (Root Cause Analysis), are also highlighted.

P21: What has been your role within URUMAN?

SSB: I have been Alma Mater of URUMAN. I had the idea, promoted it from the beginning, pushed hard throughout its development and have been its President since the foundation. I have tried to preach with good example by sharing to the max our knowledge in the maintenance area, assets management and reliability, leading the process of bringing knowledge and best practices to the Uruguayan community of professionals and technicians in the field, with the purpose of delivering productivity, quality, energy efficiency, safety and environment care, all in a sustainable way and well supported by reliability, to all the Uruguayan enterprises and organizations.

Luckily, through this process I have been accompanied by an extraordinary team which trusted in the idea, assumed it, pushed forward as hard or more, and have made possible that URUMAN is heading to its 11th Congress in 2015, growing year by year in recognition, public participation and sponsors. It's like a father who sees his son grow and feels proud of him, but must also be grateful to all his family, friends, doctors and teachers who have supported all this process of education, health and growth. URUMAN is one great family today, including areas like energy, industry, logistics and facilities.

P21: In the specific case of Uruguay, how is the advance in predictive maintenance and assets management going?

SSB: Compared to the results from the last survey we had in 1993, the situation in Uruguay today has improved very much. We can say, without being mistaken, that the majority of enterprises and organizations count with professionals and technicians dedicated to maintenance, assets management and reliability, maintenance management software and, among the more advanced, assets management software. The programmed maintenance plan is a reality in a wide majority, with

different degrees of predictive development, maybe not as integrated as we would like to regarding the assets management concepts, and with the opportunity of widening the applicability of reliability concepts, but heading on the right direction. Participation in all the activities, courses and congresses organized by URUMAN confirm this.

P21: How do you generally perceive the development and expansion of Assets Management in the Southern Region of Latin America?

SSB: Professor Lourival Tavares has been one of the greatest responsible for the important development that Latin America has seen, not only in the Southern Region. All these years, since the Presidency of COPIMAN in 1993, Lourival has been a restless preacher of the maintenance ideas, assets management and reliability, training dozens of Latin American professionals and technicians up to this day, either in Portuguese or Spanish. Luckily, he hasn't been the only one, and we can also mention Enrique Ellmann from Argentina, Gerardo Trujillo from Mexico, Julio Carvajal from Costa Rica, Marco Chen from Panama, Yasuo Imae from Brasil, and many more. The maintenance associations (with ABRAMAN in Brazil as one of the pioneers) have also been a fundamental support for this development. Nowadays, practically all the countries count with their Maintenance, Assets Management and Reliability Association.

This offer of knowledge, in addition to the work from the products and service supply companies and the needs of development and competition from the client enterprises, has brought as a consequence that Latin America is reaching today a good level of development in maintenance, assets management and reliability. The problem is the difference in the levels of development: there are enterprises already on the fourth generation of reliability, applying reliability analysis with simulation capacities, and others that are still on the first generation, barely trying to come out of the corrective. The biggest challenge that we have towards the near future is trying to reduce the gap between the most advanced and those who haven't taken off yet.

We must know how to distinguish when to apply the advanced tools and when to "go back to the basics" to help each organization to walk their appropriate and necessary road to development, their own path to the pilgrimage to reliability.

P21: According to your experience, what should we do in our region to be more competitive in terms of assets management?

SSB: As we mentioned in our last answer, walking the road to development from the basics until reaching the more advanced tools in maintenance, assets management and reliability, but respecting the steps that must be taken along the process of maturity in organizations, because if we go too fast, we can stumble and we should give everyone what they need and demand from them according to their capacities.

In each country and organization, those of us responsible for sharing knowledge and experience must first know how to assess the situation and the differences with an outstanding world class performance. Once identified, it's necessary to figure out the action plan or route to be taken towards development. Finally, we must assume the responsibility of leadership, which gives sense to everything mentioned before. Improvement and change processes occur when there is leadership and commitment, besides knowledge and experience. For this to be effective, it must be achieved at

INTERVIEW

every work center, every enterprise, and every organization. There are no magic or general recipes, the tools are available, the knowledge is accessible; we must assume our responsibility and lead the process, make our good technical ideas a case of profitable business, and apply systematically the improvements until getting results, and once achieved, the key is not to stop and keep applying the process to the next improvement. This is the secret of the pilgrim: to give one step at a time and never stop. Improvement must be continuous.

P21: The EN 16646 standard for Assets Management has already been officially approved, in accordance with ISO 55000, which defines the collaboration from maintenance management to assets management. What impact do you think this will have?

SSB: ISO 55000 standard as well as EN 16646 will hopefully be launching platforms of a new phase in maintenance, assets management and reliability development.

Along my career as engineer, consultant and professor, I have insisted on very much based myself on technical standards as a basis for professional development. They are the support for collective knowledge on a topic. The key is to understand that they are not a ceiling but a floor.

The problem is that, in some cases, there are organizations below the minimum, which we should help in their development.

When they started to talk about assets management, many colleagues misunderstood this with a simple change of name in old maintenance. And this was a mistake. Assets Management is not just Maintenance Management, but something much bigger, including all the Asset's Life Cycle. Maintenance is just a part of Assets Management. Reliability is the soul that gives life to all this. We must ensure reliability throughout the whole life cycle of the asset. ISO 55000 explains which requirements have an Assets Management system and the responsibilities implied so we can develop it completely, including all its phases, from Concept through Pre-Fact, Fact, Detail Engineering, Construction, Mounting, Commissioning, Operation and Maintenance, to the final Disposition of the Asset.

EN 16646 explains what should be done from the point of view of Maintenance Management to give to the objectives in ISO 55000. That is, it actualizes the concepts from Maintenance Management under the light of Assets Management.

The same way that the modern concepts of Quality helped us walk along the concept of Quality Control, Total Quality and Quality Assurance, these standards will help us come from the old concept of Corrective and Failure Repair to the modern concept of Total Reliability and Reliability Assurance.

Text: Alimey Díaz
Translation: Richard J. Skinner
Photo: Courtesy of Santiago Sotuyo

Fórmula SAE UDO Presente En COLAGA 2014

Jóvenes estudiantes de ingeniería diseñan auto de carreras en el marco del FSAE. COLAGA 2014 se hizo eco de esta iniciativa.

Un grupo de brillantes futuros ingenieros han dejado en alto el estandarte de la Universidad de Oriente, UDO, al conformar el equipo Fórmula SAE y competir en el exterior junto a otras prestigiosas universidades del mundo.

Para mostrar sus logros, además de atraer la atención de empresas patrocinantes, Arístides Sevilla, Jesús Carico, José Febres y Edison Medina acudieron como invitados al Congreso Latinoamericano de Gerencia de Activos, COLAGA 2014, en donde conversaron con Predictiva21 acerca de sus logros y sus expectativas. Estos jóvenes diseñaron, construyeron y ensamblaron un prototipo de auto de carreras, con el cual representaron a la Universidad de Oriente y a Venezuela, en la competencia internacional Fórmula SAE. La Fórmula SAE es una competencia creada en Estados Unidos en el año 1982, bajo el patrocinio de la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE). Su objetivo fundamental es impulsar y motivar a jóvenes estudiantes e ingenieros a participar en el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de un vehículo tipo fórmula. El ámbito de la competición se extiende desde la evaluación del diseño, habilidades de marketing, costes y rendimiento. La carrera de la competencia es de 22 kilómetros, en un circuito de máxima exigencia. En la Fórmula SAE participan aproximadamente 200 equipos de las más prestigiosas universidades de todo el mundo. La competición y sus carreras tienen lugar todos los años en EEUU, Inglaterra y Australia.



FSAE UDO en el stad de Predictiva21

La naturaleza de este proyecto exige creatividad e innovación, y para los jóvenes futuros ingenieros representa la ocasión idónea para poner en práctica todos los conocimientos que se aprenden en el aula de clases. Según FSAE UDO, el 80% de las piezas son fabricadas en la universidad, el resto son compradas porque no tienen maquinarias para hacerlas. Desde el 2006 este team ha cosechado importantes éxitos, al quedar en el puesto 40 del ranking mundial, entre cientos de universidades en el mundo. La página web www.fsaeudo.com contiene más información acerca de estos pioneros de la Fórmula SAE en Venezuela.

Analysis Of Failure In High Speed Blower Blades

SUMMARY

An analysis of failure in high speed blower blade is presented, which took place a few weeks of operations after its installation in a flare system. Evidences obtained from the fractographic studies and dynamic audit of the moto-blower show that the failure was produced due to the combination of two causes: flaws in the material generated during the blade smelting process and resonance operation of the first lateral vibration mode. The combination of causes lead to the fracture by high cycle fatigue in one of the blades, and this loose portion later impacted and fractured the other blades. These findings allowed, with the participation of the blower's manufacturer, the auditing of the design and manufacturing of the blades to establish necessary corrections.

INTRODUCTION

The blower is mounted on a 36 inch. diameter air admission pipe (Figure 1). It has a total of 6 rotational blades manufactured in aluminum smelting and 9 static blades placed at a certain distance from the rotational, which appropriately guide the air. This is run by a 100 HP electric motor capable of operating at 900 and 1800 r.p.m., depending on the volume of gas circulating by the flare.

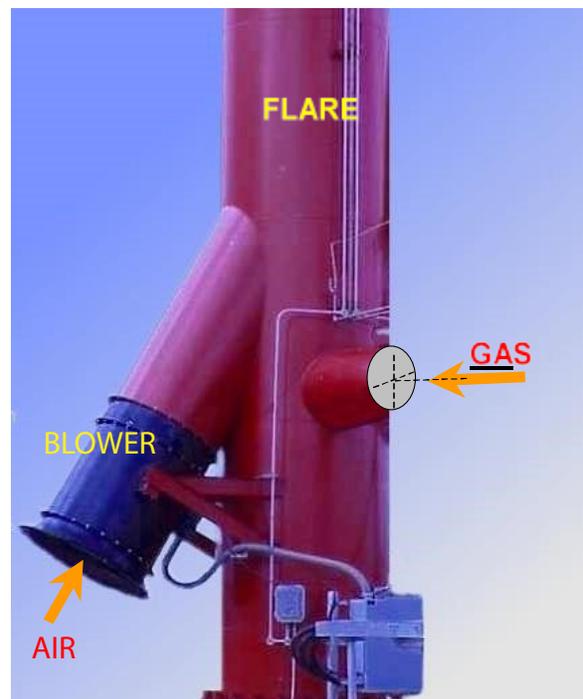


Figure 1.- Blower mounted on Flare

With only a few weeks of operation in apparent intermittent fatigue regime; the blower blades failed catastrophically. Then, a formal process of failure analysis was initiated to determine its causes and define the preventive/corrective actions.

VISUAL INSPECTION OF DAMAGES ON SITE

During the inspection, the following was found:

- Fracture at root level in six rotational blades
- Damage due to breaking of protection grid
- Damage due to impact in static blades
- Fragments of the rotational blades were found at a distance of 60 meters around the flare.

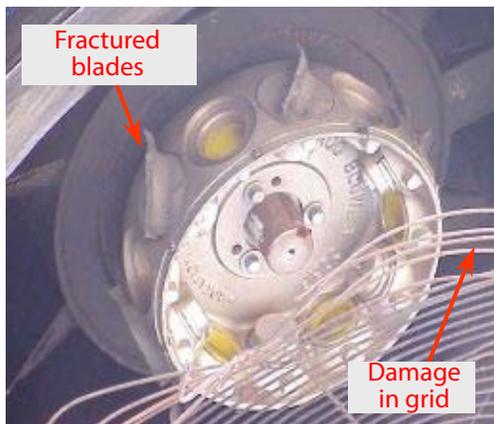


Figure 2.- Fracture of Rotational Blades

ANALYSIS PERFORMED

As part of the failure analysis, inspections and tests were performed, which are described in detail in the following sections.

Metallurgic Analysis through Electronic Sweep Microcopy (MEB)

Faces of the fractures from the six samples at the base of the blades were assessed through electronic sweep microscopy.

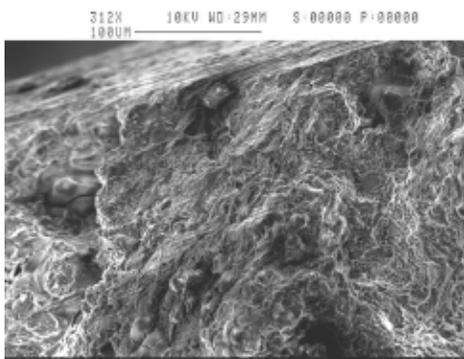


Figure 3.- Microfractography of the blade base

In Figure 3, a microfractographic register of the simple from the blade is observed showing the fracture surface with the lowest irregularity (major flatness). An area with microstructural flaws associated with an apparent fatigue zone is shown, which was located in the external border of the fracture's surface. The microstructural defects are shown as porosities resulting from the contraction or shrinking of the microstructure (shrinkage porosities), which contain dendritic packages and secondary micro-cracks, characteristic of an incomplete fusion by sudden cooling during the manufacture of the blades. This kind of flaws can work as concentrating stress points which originate micro-cracking in the structure, and could represent the starting point of the failure.

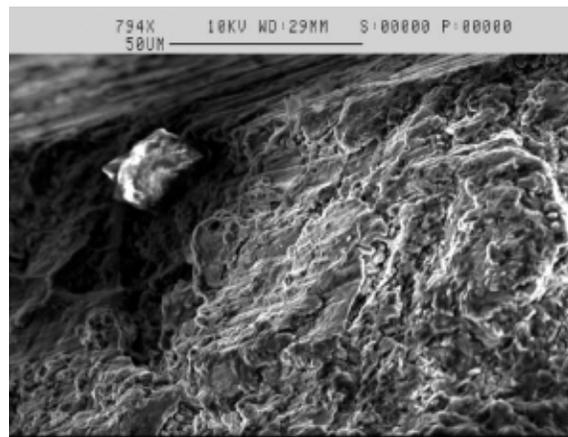


Figure 4.- Magnification of the Fatigue Region.

In Figure 4, an amplified image of the fatigue zone is shown in which high cycle fatigue striations initiated in the external border of the surface are observed, precisely where the cracks originate due to the microstructural flaws. The striations are seen regularly spaced with similar characteristics to those produced by load service variations. According to these evidences and the results from the vibration studies, it is confirmed that the failure occurred due to cracking resulting by a high cycle fatigue mechanism.

Audit on the Blower’s Dynamic Response

The fracture pattern and striations found in the fractographic analysis suggest the possibility that the failure might have been produced by fatigue induced by mechanical resonance. The resonance is produced when the alternative forces acting on a system do so at a frequency that coincides with some of the natural frequencies within a range. To determine if the blower operated in resonance it’s necessary to build an Interference Diagram or Campbell Diagram, with the natural frequencies, the excitation forces or sources and the bandwidth for coincidence. Moto-blower natural frequencies were requested from the manufacturer who notified not having them.

Natural Frequencies of moto-blower

Among their practices, the execution of impact tests to determine the static natural frequencies of the blades is inexistent, even less the dynamic. The natural static frequencies were obtained through impact tests on site, taking advantage of the existence of dynamic blades in another blower operating at a lower speed. Measuring of the dynamic natural frequencies was out of reach from this analysis due to a lack of sophisticated instrumentation (strain gages, data transmission system by telemetry and independent air source to produce a high speed jet disturbing the blades as they rotate). However, it is known that the dynamic natural frequencies are slightly higher than the static, due to the stiffing effect produced by the centrifugal forces during rotation. Figure 5 shows the arrangement of equipment used for the test, among them:

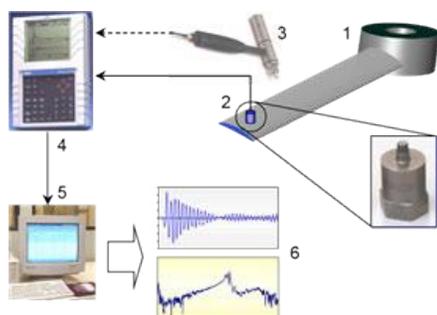


Figure 5.- Scheme of Equipment Arrangement

1. Blower blade.
2. Accelerometer.
3. Instrumented Hammer.
4. SKF Microlog Vibration Data Collector (Channel 1).
5. Computer with Excel and MathCad to process information.
6. Information processed.

The accelerometer was attached to the tip of the blades with bee wax since they are made of aluminum smelting and they are not magnetic. Its output was saved in the data collector and the time-based response was recorded. Preliminary tests helped determine the optimal adjustments of simple frequency, activation of pre-trigger, and saturation scale of the collector so that the response (vibration) could be completely captured without distortion, as shown in Figure 6. The axis of abscises is the time in seconds and the one for the ordinates is the response of the accelerometer in volts.

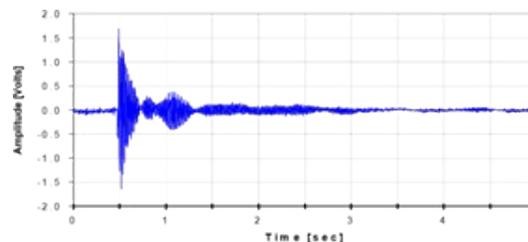


Fig. 6.- Response (Vibration) at a time of impact

With the instrumented hammer – the tip of the blade was impacted, near the accelerometer. The hammer is provided with a charge cell measuring the impact force, but it couldn’t be connected to the SKF collector due to having just one channel. It must be said that, with the simultaneous register of the accelerometer and the hammer, not only the natural frequencies or eigenvalues but also the vibration form or eigenvectors and the dynamic parameters K (stiffness), M (mass) and C (buffering) associated to each present mode in the frequency range of interest were obtained. However, with only one channel, the natural frequencies (response peaks) were obtained, and the decay rate σ of the response, buffering rate ζ (eq. 1), the

logarithmic decrease δ δ δ (eq. 2) and the amplification Q of the peak (eq.3), as well.

$$\zeta = \frac{\sigma}{2\pi f} \quad (\text{ec. 1})$$

$$\delta = \zeta^2 + \frac{\sqrt{\zeta^4 + (4\pi\zeta)^2}}{2} \quad (\text{ec. 2})$$

$$Q = \frac{\pi}{\delta} \quad (\text{ec. 3})$$

An Excel program connected to MathCad processed the data from the collector. The time-based response from the accelerometer was read from the Excel sheet and transferred to a MathCad sheet, in which the Fourier (FFT) and Hilbert Transforms were applied to generate the spectrum and surround function, respectively. Results returned to the Excel sheet helped identify and calculate the f_n σ σ σ , ζ ζ ζ , δ δ δ and Q . The taking and the data processing described before were repeated several times on three of the six blades of the blower.

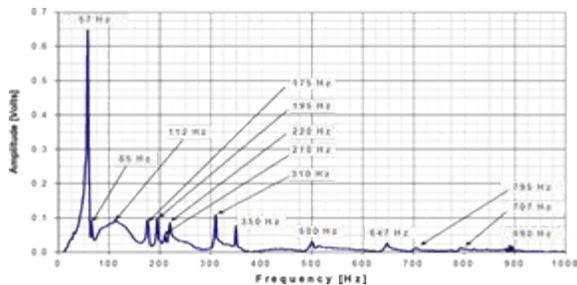


Figure 7.- Spectrum up to 1,000 Hz of an impact.

Figure 7 shows the spectrum of response to an impact up to a range of 1,000 Hz. The axis of the abscissae is the frequency in Hz, and the one from the ordinates is the response of the accelerometer in volts. In it, the peaks corresponding to the natural frequencies are observed, with one outstanding at 57 Hz. Another spectrum up to 100 Hz, Figure 8, reveals that there are really two natural frequencies close to 56.5 and 58.0 Hz.

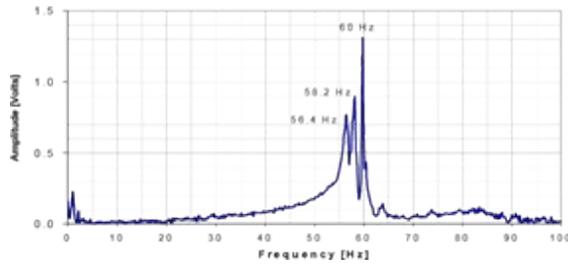


Figure 8.- Spectrum up to 100 Hz from an impact.

Although eigenvectors are required to identify the mode (lateral, torsional, angular, mixed, etc.) associated to each peak, it is believed that one of them is the first lateral mode and the other is the first angular, as seen on Figure 9.

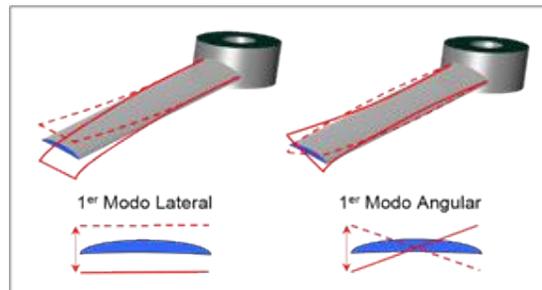


Figure 9.- First Lateral Mode and First Angular Mode of Blade.

The predominant height, in comparison with the string and thickness of the blade, make it very flexible in lateral and angular directions, and little energy is required to excite both modes with a blow in the tip. The peak at 60 Hz seen on Figure 8 is of electromagnetic origin and should not be associated to the mechanic characteristic of the system. As we mentioned before, with the time-based response, σ σ σ , ζ ζ ζ , δ δ δ and Q were obtained. Calculating σ σ σ , single when it comes to one natural frequency, got complicated due to the existence of surrounding natural frequencies (56.5 and 58.0 Hz) and the peak at 60 Hz. Figure 6 shows the modulation source that produces this fact on the transitory response and the surrounding. Despite of this, little modulation was observed between 1.5 and 2.25 sec and the adjustment of σ σ σ by minimum squares was limited to this segment of the surrounding, Figure 10.

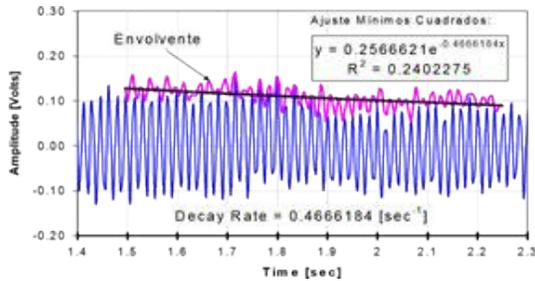


Figure 10.- Decay Rate σ .

Tables 1 and 2 summarize the static natural frequencies and the results from the impact tests. The σ , ζ and δ values are expected to increase and the Q values to decrease in the rotating blower due to the increase of the drag forces in the blade-cube joint and the addition of buffering from the air circulating between the blades.

Frecuencias Naturales [Hz]														
1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a
56.5	58.8	57.5	11.2	17.5	19.5	21.0	22.0	31.0	35.0	50.7	64.5	79.5	70.7	89.0

Table 1.- Identified Static Natural Frequencies

Aspa No.	Prueba Impacto No.	Frecuencia Natural		Taza Decaim	Razón Amortiguam	Decremento Logarítmico	Factor Amplificación
		1ra [Hz]	2da [Hz]	σ (1) [sec ⁻¹]			
1	1	56.2	57.8	0.692032	0.0019	0.0121	259
	2	56.4	57.6	0.664145	0.0019	0.0117	270
	3	56.4	57.6	0.555124	0.0016	0.0097	323
	4	56.4	57.8	0.615116	0.0017	0.0108	292
2	1	56.4	57.8	0.736961	0.0021	0.0129	243
	2	56.4	58.2	0.502743	0.0014	0.0088	358
	3	56.4	58.2	0.552218	0.0015	0.0096	326
	4	56.4	58.2	0.701186	0.0019	0.0122	257
	5	56.4	58.2	0.466612	0.0013	0.0081	386
3	1	56.4	58.0	1.235571	0.0034	0.0216	145
	2	56.4	58.2	1.187069	0.0033	0.0207	152
	3	56.8	58.2	1.102564	0.0031	0.0192	164
	4	56.6	58.2	1.074222	0.0030	0.0187	168
	5	56.8	58.2	0.980096	0.0027	0.0170	184

Table 2.- Impact Tests Results (0 - 100 Hz)

Excitation Sources and Bandwidth.

Table 3 summarizes the excitation sources, bandwidth and vibration modes normally considered by manufacturers, standards and independent consultants. In this case, the four first orders of the rotation speed of the rotor (1X, 2X, 3X y 4X) were considered, and the two first orders of vane pass frequency (1VPF y 2VPF) and blade pass frequency (1BPF y 2BPF) as well. Not all the sources cited consider the blade pass frequency relevant in the effort of the rotor blades. The fan from this analysis has six (6) blades in its rotor. And nine (9) static blades that straighten the flow. The vane pass frequency and blades correspond to 6X, 9X, 12X and 18X the rotation speed of the rotor. The interference band, typically selected between $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$ around the operating speed range of the rotor was fixed in $\pm 10\%$. In this particular case, the fan rotates at 900 or 1,800 RPM, depending on the gas flow going through the flare.

Fuente de Información (1)	Fuentes de Excitación		Ancho Banda Coincid.	Modos de Vibración a Considerar			
	Bajo Orden	Alto Orden		Lateral	Torsional	Axial	Acoplado
Brown Boveri - Sulzer	1X @ 4X	1xVPF		1ro y 2do	1ro	NO	NO
GHH	1X @ 4X	1xVPF		1ro y 2do	1ro	NO	NO
Ingersoll Rand	1X @ 4X	1xVPF		1ro y 2do	1ro	NO	NO
Mitsubishi	1X @ 3X	1xVPF		1ro @ 3ro	NO	NO	NO
Exxon Research & Engineering	1X @ 4X	1xVPF	10 (2)	1ro y 2do	1ro	1ro	SI
Heinz Block (Consultor)	1X y múltiplos	1xVPF	20				
API - 612 (Turbinas a Vapor)	1X @ 4X	1xVPF		1ro y 2do	1ro	1ro	SI

(1) Knudson, S. and Provenzale, G.- "Axial Blading Vibration Analysis Methodology Review". ER&E Report EE.1ER.71, 1971. Block, Heinz.- "Improving Machinery Reliability".
 API - 612.- "Special Popuse Steam Turbines for Refinery Services". 1995
 (2) Considera cada frecuencia natural como una banda de 5% de ancho

Table 3.- Excitation Sources Normally used by manufacturers, Standards and Independent Consultants.

Diagram of Campbell or Interference

Shown in Figure 11. The axis of the abscises show the speed of the motor rotation in Hz, the ordinates, natural frequency of the blades in Hz; horizontal lines corresponding to the natural frequencies of the blades identified in the impact tests; the diagonals from the origin represent the excitation sources and the zones between the vertical intermittent lines correspond to the interference bands surrounding the operation speeds from the fan-motor set.

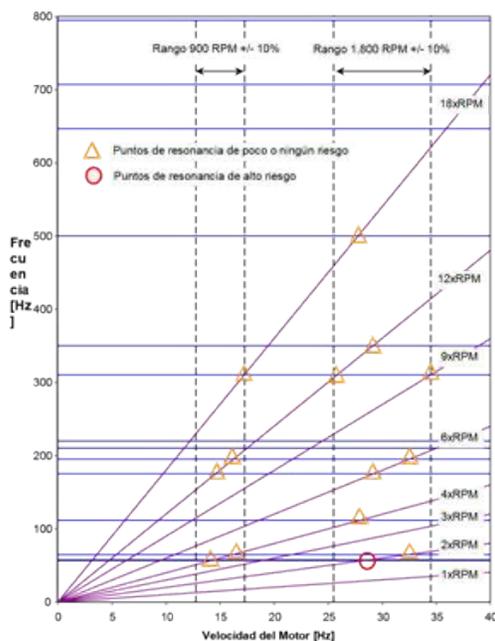


Figure 11.- Diagram of Campbell or Interference

It can be seen that, for both operation speeds, there are potential resonance points (inside circles and triangles). Those that involve natural frequencies and low excitation orders require special attention since they are easy to excite and their vibration modes amplify efforts considerably. According to this, none of the interferences with triangle was considered of high risk, except the one in red circle, which involves the first lateral vibration mode and the 2X harmonic from the rotor speed rotation. This mode, similar to a rod in a cantilever (Figure 9), provokes major efforts in the base of the blade,

right where the fracture was produced. The amplification factors from Table 2 also tell us that this mode, under resonance, increases the efforts from 150 to 350 times.

CONCLUSIONS

1. According to the evidences and results presented, it can be concluded that the failure on the first blade was produced by the high cycle fatigue mechanism. The high efforts originated from the operation in resonance of the first lateral vibration mode, together with smelting flaws that worked as effort concentrators. The first blade, fractured by fatigue, impacted and finally fractured the rest of the blades.

2. Blower blades showed micro-structural flaws as porosities with dendritic packages and secondary micro-cracks (shrinkage porosities), produced by the contraction or shrinking of the micro-structure due to incomplete fusion and sudden cooling during its manufacture. This kind of flaws act as concentrating points of efforts, somehow representing the failure's starting point.

RECOMMENDATIONS

1. Notify the manufacturer about the results of the analysis so the process of smelting can be improved. Also, request the information necessary to audit the current blade design and determine if any modification is necessary. The information typically required is included to perform a design audit.

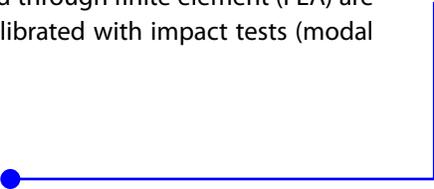
2. If any change is required, audit the new design proposed by the manufacturer in order to guarantee that it will be free of new resonances.

3. Perform impact tests to the new blades after their manufacturing to guarantee that the tolerances in their making and assembling haven't changed the natural frequencies of design significantly.

ANNEX – INFORMATION DESIGN AUDIT

The information typically requested from the manufacturers for auditing the blades design includes:

1. Natural Frequencies (theory and measures) of blades for the first lateral, axial, torsional and combined modes. The values measured should be with the blades ensembled on the fan, to consider the effects on structure, support cube-blade joint, etc.
2. If the natural frequencies from the last point were measured with the fan without rotation, then the increase in these frequencies by the stiffening effect due to rotation speed should be indicated.
3. Diagram of Campbell or Interference. It must show the natural frequencies curves and the lines of possible excitation. As excitation lines, the following should be included: 1X, 2X, 3X and 4X from the rotation speed of the fan; 1X, 2X, 3X and 4X from the rotation speed of the motor, 1X and 2X from the directional static vane pass frequency 1X and 2X of obstructions or structural supports blocking the free air flow through the fan.
4. In case of interference points within the band of +/- 5% around the operation speed range of the fan, including the effort analysis and diagrams of Soderberg for the estimation of fatigue.
5. Natural frequencies values and effort under resonance obtained through finite element (FEA) are acceptable only if predictions from the FEA model have been calibrated with impact tests (modal analysis) for the static or “non-rotational” condition.



AUTOHRS:
Luis Barreto Acuña
Enrique J. González.



AVEPMCO es la Asociación Venezolana de Profesionales del Mantenimiento y Confiabilidad, que promueve el intercambio científico, técnico y cultural de todas las personas naturales y jurídicas relacionadas con el Mantenimiento y la Confiabilidad que manifiesten interés en mejorar sus técnicas y conocimientos, intercambiar información, difundir conocimientos a la sociedad y colaborar con organizaciones públicas o privadas vinculadas con el tema.

Av. Jorge Rodríguez,
Centro Comercial Colonial,
Piso 1, Oficina 18,
Lechería, Edo. Anzoátegui, Venezuela

info@avepmco.org.ve
+ 58 281 423.70.10
+ 58 281 286.74.06
www.avepmco.org.ve

El Indicador De Efectividad En Mantenimiento

Para muchas personas que incursionan en la Gestión de Activos es muy común toparse con dos indicadores de operación de equipos; me refiero al de Confiabilidad y Disponibilidad, ampliamente conocidos en mantenimiento industrial. El Indicador Confiabilidad particularmente pienso que debemos direccionarlos principalmente a aquellos equipos críticos que de fallar pueden causar un impacto sumamente negativo el cual no podemos medir, por ejemplo la vida de personas. Sencillamente para que podamos entenderlo no podemos decir que la Confiabilidad de una avión es de 80 %, sería catastrófico pensar esto de esta manera porque estos equipos deberían tener una confiabilidad de 99,9999 % hasta con cuatro o mas cifras significativas, porque la inconfiabilidad o probabilidad de falla debe ser infinitesimal, debido a que no podemos permitirnos que el equipo falle, aunque sepamos que son probabilidades y cualquier cosa puede pasar, debemos obligatoriamente tratar de que esta probabilidad falla sea casi nula. Esto no significa que no podamos hacer cálculos de confiabilidad para equipos críticos rotativos como turbinas, compresores o aunque no lo tomen en cuenta para equipos críticos estáticos como tanques, condensadores, intercambiadores o válvulas que de fallar pueden causar un impacto negativo al personal de la planta, ambiente, instalaciones y

producción. Hay software que hacen estos cálculos de confiabilidad, pero podemos hacerlo también de manera manual usando los papeles funcionales. En el blog www.sistemademantenimiento.com pueden encontrar la manera de calcular manualmente a través de papeles funcionales de dos y tres ciclos este indicador. Ahora bien, el Indicador Disponibilidad es más usado en el medio industrial porque es más rápido y sencillo de calcular- Por ejemplo decir "la probabilidad de la línea I del metro de Caracas es de 95 %". Esto significa que de 100 veces que bajan a tomar el tren en la Línea I, 95 % de las veces puede estar disponible. Recordemos siempre que ambos indicadores tanto el de confiabilidad como disponibilidad son probabilidades. "Todo puede pasar". Nuevamente esto no implica que no podamos calcular la Confiabilidad de un tren cualquiera dependiendo de su frecuencia de fallas.

Para el tema que nos ocupa, existe un escenario que tenemos que tomar en cuenta para poder medir con mayor contundencia la operación del equipamiento o instalaciones y con ello la presencia de un tercer indicador al que llamaremos Efectividad (E). Para aclarar el concepto de este nuevo indicador tenemos que recordar cómo calculamos el indicador de Disponibilidad (D). Decimos que éste viene expresado por la relación $D = \text{OPERÓ} / \text{DEBIÓ}$

OPERAR, lo que es igual a decir que la $D = \Sigma T.E.O / \Sigma T.E.O + \Sigma T.F.S$, donde $\Sigma T.E.O$ son la sumatoria de los tiempos de corrida de un equipo, esto es, arrancó y paró por una causa, volvió a arrancar y nuevamente se paró, y así sucesivamente. La expresión $\Sigma T.F.S$ es la sumatoria de los momentos DOWN o fuera de operatividad que tuvo el equipo, ya sea por falla, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, parada administrativa o causas externas. Indudablemente la aparición de una falla por una mala ejecución del mantenimiento no debe ser tomado en cuenta para este cálculo. Ahora bien, este indicador se ajusta a un equipo en la cual el proceso está ajeno de la mano de obra. Me explico, una línea de producción para ensamblar bombillos puede estar operando las ocho horas de trabajo y un día cualquiera se producen 400 cajas de bombillo y cada caja tiene 20 bombillos. Al segundo día se producen 370 cajas en el mismo tiempo de ocho horas de trabajo. Fijense bien, que aunque ambos días la Disponibilidad fue 100%, porque la línea no se detuvo en ningún momento, la producción fue diferente. Es por esta razón que debemos manejarnos con el indicador de Efectividad (ϵ). Éste es mucho más completo para estas situaciones donde aun cuando la línea está disponible en todo momento o la mayor cantidad de tiempo, la producción es diferente. Con este indicador incluimos hasta el desperdicio que no lo contemplamos en el indicador disponibilidad y mucho menos en el de confiabilidad. En consecuencia, podemos definir este indicador de la manera siguiente:

$\epsilon = DG \times FP \times FC$, donde
 DG=Disponibilidad,
 FP= Factor de Producción
 FC: Factor de Calidad

Ahora bien supongamos que la Disponibilidad Global es el resultado de una ΣTEO : 400 y una ΣTFS : 60, la disponibilidad global está dada por:

$DG = \text{OPERO} / \text{DEBIÓ OPERAR}$
 $DG = 400 / (400 + 60) = 0.869$
 Lo que es igual a 86.9 %

El Factor de Producción viene dado por la relación

$$FP = \text{CCPD} \times \text{VTPR} / (\text{TOI} - \text{TFS}) \times (\text{VTPI} / \text{VTPR})$$

Donde

CCPD= Cantidad de Cajas Producidas por Día

VTPR: es el Valor de Tiempo Promedio de Producción Real de una caja por día.

VTPI: es el Valor de Tiempo de Producción Ideal.

Para el caso que nos ocupa, podríamos decir como ejemplo que el tiempo óptimo de producción de una caja es de 0,50 min/caja. Este valor de tiempo puede tomarse por la experiencia de otras plantas similares y posiblemente de diferentes países y culturas. Lo que equivale a decir que para un día cualquiera se consumieron en promedio 0,80 min/cajas y el tiempo ideal es de 0,50 min/caja.

TOR: Tiempo Operativo Ideal

En consecuencia el Factor de Producción viene dado por:

$$FP = \text{CCPD} \times \text{VTPR} / (\text{TOI} - \text{TFS}) \times (\text{VTPI} / \text{VTPR})$$

$$FP = 400 \times 0,80 / (460 - 60) \times 0,5 / 0,8 = 0,50$$

El FC viene dado por la cantidad de cajas defectuosas del total de cajas producidas. Por ejemplo, 2 % de desperdicio, lo que equivale a decir que el $FC = 0,98$, lo que es igual al 98 %.

Para concluir la Efectividad es igual a:

$$\epsilon = 0,87 \times 0,50 \times 0,98 = 0.426 \text{ lo que es igual a:}$$

$$\epsilon = 42.6 \%$$

Como podemos observar, la Disponibilidad en una parte del Indicador Efectividad, tal como lo muestra la ecuación.

AUTOR:
 BRAU CLEMENZA

FMHOUSE Consolida Su Expansión Internacional En Consultoría De Facility Management Con La Incorporación De Lorena García-espada

García-Espada se incorpora como directora de operaciones internacional. Miembro del consejo de dirección, será además responsable de las cuentas de clientes multinacionales

La consultora de Facility Management FMHOUSE incorpora un peso pesado del sector para reforzar sus actividades globales y la gestión de sus clientes con portafolio internacional. Lorena García-Espada, que tiene un Master en Facility Management, es experta en gestión del cambio e implantación de modelos globales y cuenta con más de 15 años de experiencia en mundo del Facility Management, donde ha gestionado los inmuebles de Europa, África y Oriente Medio de empresas como ONO, Infinia Renovables y Oracle hasta su última posición en Vestas.

Lorena deja el puesto de responsable de inmuebles del Sur de Europa de esta firma, donde era responsable de 10 países, con un increíble palmarés de ahorros de más de 3M€ en el último año. Miembro del consejo de IFMA España y responsable entre otros proyectos del Foro de Mujeres de FM, es profesora de los cursos de FM en la UPM, conferenciante habitual y colaboradora en varios proyectos de investigación. Lorena no sólo aporta su vasto conocimiento en la materia, sino también reconocimiento y dedicación al desarrollo de la disciplina a nivel internacional.

"Mi decisión de incorporarme a la consultora FMHOUSE ha sido una de las más satisfactorias y fáciles de mi carrera profesional. Tras años gestionando inmuebles, he decidido cambiar mi trayectoria para estar al otro lado de la mesa, pudiendo aportar toda mi experiencia a una gran variedad de empresas cliente de FMHOUSE, tanto de entono nacional como internacional. Trabajar en FMHOUSE me satisface especialmente ya que, habiéndoles conocido como cliente, he podido comprobar la gran profesionalidad de su equipo además de su crecimiento y reconocimiento en el mercado internacional, lo que es una garantía de proyecto de éxito..."; explica Lorena García-Espada.

En palabras de David Martínez, Global Director de FMHOUSE "ha sido una negociación interesante que ha concluido satisfactoriamente con la incorporación al equipo directivo de una gran profesional de reputación intachable y que va a aportar no sólo su experiencia en cuentas multinacionales y gestión de equipos multidisciplinares, sino también su gran visión estratégica del FM, tan necesaria en el mercado."

FMHOUSE es una compañía independiente especializada en consultoría y formación en el sector del Facility Management. Con prestigio nacional e internacional, FMHOUSE trabaja para promover la disciplina y reforzar su presencia en el mercado y en las organizaciones, ofreciendo los mejores profesionales y las mejores soluciones.

“ *Mi decisión de incorporarme a la consultora FMHOUSE ha sido una de las más satisfactorias y fáciles de mi carrera profesional..* ”

Del Manejo Del Cambio A La Gestión De Activos Con Pass 55

INTRODUCCIÓN

La gestión de activos empieza a cobrar importancia desde los años 90 cuando generó grandes beneficios para la industria petrolera. Cada año importantes cantidades de dinero y tiempo son empleadas para buscar la mejor manera de manejar los activos para alcanzar un resultado deseado y sustentable, las empresas concentran sus esfuerzos en garantizar que se ejecute el mantenimiento programado, considerándolo como una actividad netamente técnica y casi siempre dependiente de las otras áreas de la empresa en lo que tiene que ver con la asignación de recursos. Sin embargo la gestión de activos físicos no consiste únicamente en reparar equipos o instalaciones, va mucho más allá y tiene que ver con la gestión del activo humano, los activos financieros, los activos de la información, los activos intangibles incluye el análisis de las exposiciones al riesgo, el desempeño esperado y la vida económica del activo y su optimización (dependiendo del diseño, operación y uso, mantenimiento, obsolescencia, desincorporación y otros factores asociados al activo).

Esto puede incluir la especificación, diseño y construcción del activo, sus operaciones y su modificación durante el uso, así como su retirada en el momento oportuno, cada uno de estos origina cambios o modificaciones, por lo

que se ha necesario el establecimiento de lineamientos homologados para la administración sistemática de todos los cambios asociados y es allí donde cobra importancia la aplicación del Manejo del Cambio (MDC)

El Manejo del cambio (MDC) es un proceso de evaluación y control de modificaciones al diseño de instalaciones, operación, organización, o actividades, antes de la implementación, con la finalidad de asegurarse de que no se introducirán nuevos elementos que incremente el riesgo y los peligros existentes para los empleados, la comunidad o el medio ambiente.

MDC es uno de los elementos más importantes para el sistema de Gestión de Seguridad en los Procesos (GSP). Los cambios se producen cuando se realizan modificaciones en la operación o cuando el equipo de reemplazo no cumple con las especificaciones de diseño. Otros cambios más sutiles pueden ocurrir cuando los nuevos proveedores de productos químicos se seleccionan, modificación de procedimientos, personal clave dentro de la organización e incluso revisión de estructuras organizativas dentro de la empresa. Tales cambios, si no son cuidadosamente controlados, pueden aumentar el riesgo de la operación del proceso y dar lugar a incidentes.

MDC es uno de los componentes para lograr una efectiva y eficiente Gestión de Activos y ha sido llamado el control de la evaluación de riesgos minuto a minuto en sistema y plantas a empresas.

1 Gestión del cambio elemento descripción general

Los MDC se llevan a cabo en las áreas operacionales o en las oficinas corporativas de la compañía que están involucrados en el diseño de proyectos de capital y planificación. Los MDC se centran en los cambios que de buena fe, no aplica para reemplazos uno por uno. Cualquier empleado puede iniciar la solicitud del cambio. Luego un personal calificado, normalmente diferente del solicitante del MDC, revisa la solicitud para identificar cualquier impacto potencialmente adverso. Sobre la base de esta revisión, y después de solicitar cualquier requisito adicional. La parte responsable puede aprobar o rechazar la ejecución del cambio. Si se aprueba el cambio, puede ser implementado.

Antes de la puesta en marcha del cambio, el personal potencialmente afectado debe estar bien informado del cambio o de ser necesario, recibir una formación más detallada. La Información de seguridad afectada en el proceso, debe ser modificada para reflejar el cambio. La mayoría de las veces, estas actividades se completan antes de la puesta en marcha del cambio.

2 Motivaciones para aplicar los MDC

Los cambios inapropiados pueden afectar a los empleados y/o la seguridad pública, dañar el medio ambiente, o como resultado en significativas interrupciones del negocio. También puede reducir la calidad del producto o aumentar los costos de producción. El deseo de disminuir la ocurrencia de incidentes producidos por el cambio y reducir el costo de hacer negocios motiva a las empresas a crear sistemas MDC eficaces que les permitan seguir

siendo competitivos, crecer y prosperar.

La experiencia ha demostrado que los cambios que pasan inadvertidos, no intencional, erróneos o mal realizados (cambios cuyo riesgo no se entiende correctamente) puede dar lugar a incendios catastróficos, explosiones o emisiones tóxicas.

El objetivo del MDC es evitar o prevenir cambios en los procesos químicos y tecnológicos, en las operaciones del activo y mantenimiento de riesgos inaceptables. Las revisiones inadecuadas de solicitudes de cambios pueden dar lugar a la posibilidad de que ciertos cambios violen la ingeniería básica de los sistemas cuidadosamente diseñados o incremento del riesgo en los procesos que han venido operando, durante años, de manera segura.

3 Algunas tipos de Cambios

- Cambios en el equipo de proceso, tales como materiales de construcción, los parámetros de diseño y configuración de los equipos
- Cambios de control de procesos, tales como la instrumentación, controles, enclavamientos y sistemas informáticos, incluidos solucionadores lógicos y software
- Cambios en el sistema de seguridad que permiten la operación del proceso "bypaseandolo", mientras que ciertos sistemas de seguridad están fuera de servicio.
- Cambios en la infraestructura de instalaciones, tales como la protección contra incendios, los construcciones permanentes y temporales, caminos y sistemas de servicio.
- Cambios tecnológicos y operacionales, como las condiciones del proceso, trayectorias de flujo de procesos, materias primas y especificaciones de productos, introducción de nuevos productos químicos en el lugar, y los cambios en los envases.
- Los cambios en la inspección, prueba y mantenimiento preventivo, o requerimientos de reparación, tales como el alargamiento de un intervalo de inspección o cambiar el tipo de lubricante utilizado en un compresor.

- Cambios en los procedimientos, como los procedimientos de operación normal, prácticas de trabajo seguras, procedimientos de emergencia, procedimientos administrativos y de mantenimiento así como procedimientos de inspección.
- Los cambios de política, como cambiar la cantidad de horas permitidas de sobretiempo.
- Otros cambios de elementos del sistema GSP, como modificar el procedimiento MDC con la finalidad de incluir una disposición en el caso de cambios de emergencia.
- Otros cambios, incluyendo todo lo que "siente" como un cambio, pero no encaja en una categoría de tipo de cambio que se ha establecido para su instalación; este "otro tipo" debe estar en todos los sistemas de MDC

En la Figura 1 y 2 se citan algunos ejemplos de cómo engranar los cambios según su naturaleza.



Figura 1 Cambio de tipo operacional



Figura 2. Cambios en Control de procesos y sistemas de seguridad

4. Compromiso requerido para la implantación de un sistema eficaz de MDC

A pesar de que el concepto y los beneficios de la

gestión del cambio no son nuevos, la maduración de los programas del MDC dentro de la industria ha sido lenta, y muchas empresas siguen luchando con la implantación de sistemas eficaces de MDC.

Esto se debe en parte a los importantes niveles de recursos y compromiso de la administración que se requieren para implementar y mejorar dichos programas. MDC puede representar el mayor desafío para el cambio de cultura que se enfrenta una empresa. Por ejemplo, los ingenieros experimentados pueden sentir como si un proceso de MDC hiciera cambiar de opinión a su propio juicio, o gerentes de operaciones les pueden incomodar tener que "pedir permiso" de los demás para hacer un cambio, a pesar de que ellos son los "expertos".

Muchas empresas han instalado protocolos para hacer frente a los cambios sin tomar en cuenta el marco normativo porque dichos controles representan buenas prácticas comerciales para lograr los objetivos en materia de seguridad, calidad y ambiente. Sin embargo, muchos de estos protocolos pueden no abordar plenamente el alcance y la profundidad que externo las directrices y los reglamentos exigen ahora. Es decir, los sistemas de MDC en muchas de las empresas, pueden carecer de la estructura formal para ayudar a asegurar que:

- Los diseños de los procesos operacionales se entienden bien y la documentación está al día.
- Las modificaciones propuestas son evaluadas de forma rutinaria para los posibles impactos en la salud y seguridad antes de ser ejecutados.
- El nivel de detalle para cada revisión es apropiado para el peligro potencial que plantea
- El nivel adecuado de gestión de la empresa autoriza los cambios
- Se llevan a cabo actividades relacionadas con la necesidad de poner en práctica los cambios de manera segura (por ejemplo, formación).
- Es necesaria una capacitación eficaz del personal en los cambios planteados
- Se mantenga un registro para documentar los cambios

El desarrollo de un sistema eficaz de MDC no solo requiere la evolución en la cultura de la empresa; sino que también exige un compromiso significativo de las líneas de gestión, las organizaciones de apoyo departamentales y empleados. Además de un fuerte compromiso de la dirección el cual debe incluir la asignación de recursos suficientes para generar sistemas MDC y la voluntad de modificar los sistemas de gestión existentes, cuando sea necesario. Sólo cuando la gerencia demuestra compromiso visiblemente es posible obtener la participación general y apoyo esencial para la implementación del mismo, siendo importante considerar que para obtener el compromiso de los empleados la gerencia debe brindar la cooperación orientación y capacitación para todo el personal (incluido el personal contratado) debe participar en las actividades que pueden resultar de o ser afectados por los cambios. A continuación los diferentes niveles que deben estar involucrados en un proceso de manejo del cambio:



Figura 3. Niveles de una organización

5. Relacion del mdc con la seguridad en los procesos

Seguridad de Procesos y Riesgos

La seguridad de los procesos trata de prevenir fugas catastróficas de químicos o energía de los sistemas que manejan sustancias peligrosas que puedan afectar a los trabajadores, la comunidad, el medio ambiente, o la continuidad del negocio. El riesgo es la incertidumbre cuando se quiere tener la

capacidad de estar libre de accidentes, y es mejor descrito por las siguientes preguntas básicas de riesgo con relación a un proceso u operación:

- ¿Qué puede salir mal?
- ¿Qué tan probable es?
- ¿Cuáles son los impactos?

Para que un sistema de MDC sea confiable en una instalación, una parte fundamental debe ser el entendimiento de los niveles de riesgos. Algunas de las causas de los accidentes de procesos químicos se pueden en una o más de las siguientes categorías:

- Fallas en la tecnología
- Errores Humanos
- Fallas en el sistema de gestión
- Circunstancias exteriores / desastres naturales.

Los procesos físicos tienen ciclos de vida que consta de varias etapas: diseño conceptual, la investigación y el desarrollo, el diseño de ingeniería de detalle, procura, construcción, puesta en marcha, el funcionamiento normal, el mantenimiento y paradas de planta, y la desincorporación. Los nombres, números, y la secuencia de las etapas del ciclo de vida varía entre las diferentes industrias y empresas; no existe ninguna descripción común para todos., sin embargo el MDC es una actividad importante en cada etapa del ciclo de vida.

Una empresa debe abordar los siguientes principios clave MOC:

- Mantener una práctica de confianza para los MDC
- Identificar potenciales situaciones de cambio.
- Evaluar los posibles impactos.
- Decidir si se debe permitir el cambio.
- Completar actividades de seguimiento.

Se debe verificar que toda la información requerida está actualizada y procede a notificar al resto de los departamentos relacionados del área para cerrar el cambio.

Para facilitar el entendimiento y fluidez del proceso es aconsejable que cada organización designa a una persona como administrador o

analista del cambio según la naturaleza del cambio.

ELEMENTOS	RESPONSABLE DE ACTUALIZACIÓN
Procedimiento Operacional	Supervisor de Operaciones
Procedimiento de Mantenimiento	Supervisor de Mantenimiento según la especialidad
Diagrama de tubería e Instrumentación (P&ID)	Ingeniero de Plantas / Ingeniero de Instrumentación y Control/ Proyectos Operacionales / Ingeniero de Proceso
Diagrama de Flujo del Proceso (DFP)	Ingeniero de Procesos
Programas de Inspección	Inspector de Área
Programas de Mantenimiento	Supervisor Mantenimiento del Área / Ingeniería de Instalaciones
Inventario de Partes/Repuestos	Supervisor Mantenimiento de Área / Materiales
Disposición de Equipos en Planta (Plot Plan)	Ingeniero de Plantas / Ingeniero de Instrumentación y Control/ Ingeniero Eléctrico/ Ingeniero de Equipos Rotativos/ Proyectos Operacionales
Sistema de Protección Contra Incendio	Supervisor de Control y Prevención de Emergencias
Hoja de Especificaciones de Seguridad de los Materiales (MSDS)	Ingeniero de Procesos, Analista de Seguridad Industrial o de AHO
Adiestramiento	Supervisor de Operaciones / Mantenimiento / Técnico

Figura 4. Elemento a actualizar en un MDC

6. El proceso de mejora continua y MDC

El proceso de mejora continua es un enfoque sistemático que se puede utilizar con el fin de lograr crecientes e importantes mejoras en procesos que proveen productos y servicios a los clientes. Al utilizar el PMC, se hecha una mirada detallada a los procesos y descubre maneras de mejorarlos. El resultado final es un medio más rápido, mejor y más eficiente para producir un servicio o un producto.

Parte integral del método de mejora continua es conocido por los japoneses como la rueda Deming o el ciclo Deming. Este ciclo o ciclo “planear-hacer-estudiar-actuar” puede tener un sentido intuitivo para muchos, puesto que se deriva del método científico. Podemos definir operativamente el ciclo Deming fijando una serie de ocho pasos de acción

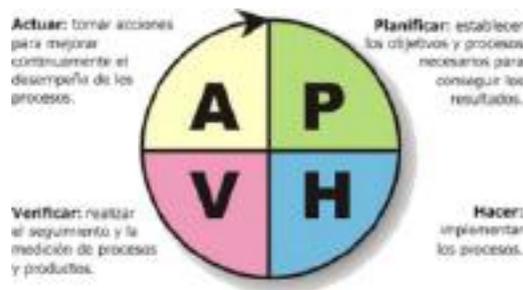


Figura 5. Ciclo de Deming

A través de la mejora continua se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado y hasta llegar a ser líderes y es aquí donde cobra relevancia el MDC ya que es importan dejar documentado de manera estructurado aquellos cambios y/o mejoras que se realicen los cuales incluyen procesos y su gente.

7. El Manejo del cambio y las PAS:55

El manejo de cambio y los procesos de mejora continua van ligados muy de la mano y este último en considerado dentro de los Sistemas de gestión de Activos, tal como lo establece las PAS 55 las cual consiste en “mejorar y garantizar un desarrollo sostenible de los activos (físicos, humanos, financieros, información y social) de forma optimizada a niveles realmente requeridos”, demostrándole así a los reguladores y/o accionistas un manejo de sus activos de forma responsable y sustentable en el tiempo. Todo esto planteado en un plan vivo a lo largo del ciclo de vida de sus activos.

PAS 55 posee la estructura de cualquier norma ISO (basada en los círculos de mejora continua: planificar, hacer, verificar y actuar).



Figura 6. PAS 55:2000

El manejo del cambio se encuentra dentro de los requisitos de las PAS 55 4.49 la cual establece "La organización deberá asegurar que las evaluaciones de riesgos sean llevadas a cabo por cambios significativos en los elementos del sistema de gestión de activos. Esto necesita de procesos adicionales de gestión de riesgos pero asegura que existan arreglos instalados que proporcionen aseguramiento que la evaluación de riesgos se lleve a cabo"

Ahora bien en el transcurso del artículo hemos mencionado la importancia de la aplicación de manejo del cambio y lo difícil que puede resultar su implantación ya que no hay un procedimiento específico y este dependerá de las características de cada proceso productivo, sin embargo puede ser usado como guía los 28 requerimientos de Gestión de activo.

8. A continuación se presenta un caso de estudio

La Empresa petrolera PetroCambio es una planta que tiene varias unidades donde se procesa químicamente crudo de características muy agresivas por su alto contenido de azufre, por lo que sus procesos son deben ser controlados con una alta rigurosidad. De esta manera se busca implementar una gestión del

cambio que sea exitosa y perdurable en el tiempo. Para ello se busca implementar de dos formas, una desde el punto de vista práctico-operativo y otra estratégica y táctica. Aprovechando la falla de un equipo de alto impacto desde el punto de vista ambiental y en la producción, se decidió instalar facilidades temporales en sustitución del tanque siniestrado hasta que se restituyan las condiciones de diseño de la unidad. Para ello se analizaron los riesgos tomando atención en implementación de recomendaciones desprendida

de la metodología usada, se actualizó la documentación en los planos, se diseñaron nuevos procedimientos de operación normal, arranque y parada, así como la Revisión Prearranque y el entrenamiento al personal involucrado en la operación de la unidad. Todo quedó documentado y divulgado al resto de la organización.

Desde el punto de vista Gerencial, se diseñó una planificación para dar respuesta a todos los cambios necesarios en la Empresa Petrolera PetroCambio empleando los lineamientos metodológicos que establece la Pass 55, donde se tomaron en cuenta factores como actualización de todos los documentos necesarios, automatización del MDC, divulgación, cierre de los cambios vencidos, gestión de recursos propios y contratados, entre otros, de manera que todas las gerencias protagonistas estén entrelazadas con la finalidad de que los indicadores estén al día.

De esta forma se garantiza no solo la disminución y control de los riesgos que representa la planta, sino el ahorro en términos financieros en cuanto al respaldo asegurado de los activos en un porcentaje de la prima pagada.

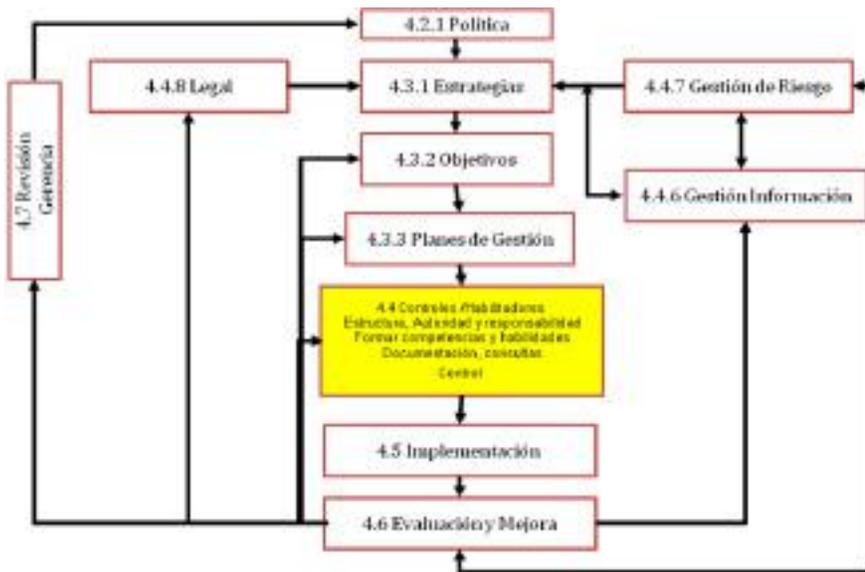


Figura 6: Resumen gráfico de etapas cumplidas

- Se mantiene el registro de las operaciones. Reduciendo el número de "back-outs" necesarios.
- Favorece al proceso de cultura integral
- Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos.
- Permite mantener al corriente los procesos operativos.
- Permiten implantar prácticas de trabajo seguras.
- Permite conocer la integridad de los activos garantizando la confiabilidad de los mismos.
- A través del Manejo del Cambio, se fortalece la preparación de la conducta operacional, manejo de emergencias, auditorías.
- Se evalúan los verdaderos costos asociados al cambio y por lo tanto es más sencillo valorar el retorno real a la inversión.
- Se desarrollan procedimientos de cambio estándar que permiten la rápida actualización de sistemas no críticos.

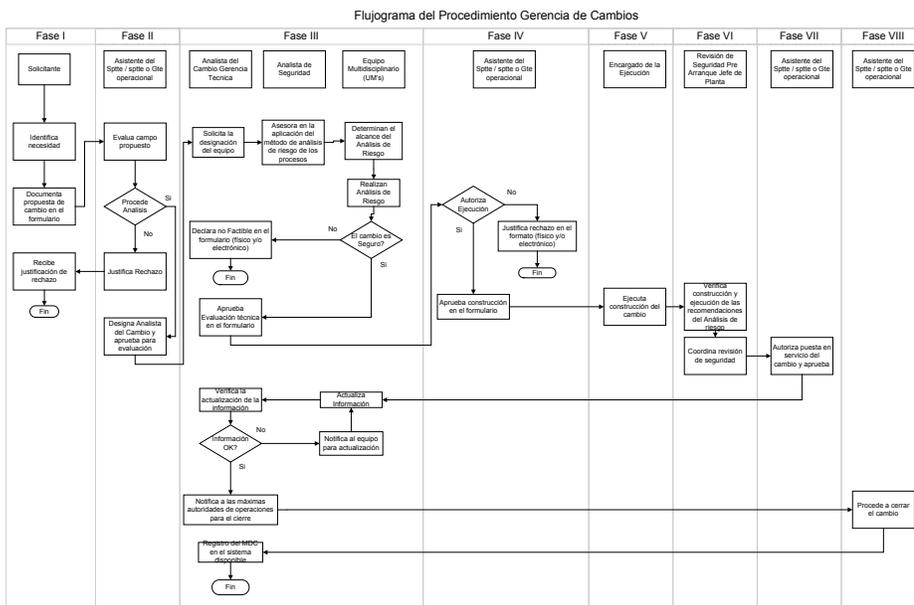


Figura 7: Modelo desarrollado por etapas en el MDC

9. Beneficios del MDC:

- Permite evaluar los posibles impactos de los cambios planteados. Se reduce el número de incidentes y problemas potencialmente asociados a todo cambio.
- Actualización de registros (Datos de operación, mantenimiento, producción, etc)
- Divulgación de los cambios al personal.

AUTORES:
Luis Rattia
Henry Marcano
Mónica Pino

BIBLIOGRAFÍA

1. GSP-GUIA-GDC-004 2012, CRP.
2. Center for Chemical Process Safety. GUIDELINES FOR THE MANAGEMENT OF CHANGE FOR PROCESS SAFETY, From the American Institute of Chemical Engineers (AIChE). New York, New York. 2008.
3. The Institute of Asset Management. Pass 55 1:08, Gestión de Activos, Asset Management. Parte 1.



INGENIERÍA
GESTIÓN DE ACTIVOS
CONFIABILIDAD
MONITOREO DE CONDICIÓN



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

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

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

La Serie De Normas ISO 55000, Herramienta Para La Gestión De Activos

El pasado 15 de enero de 2014 el Comité Técnico TC 251 de ISO concluyó su trabajo y finalmente fue publicado el grupo de normas ISO 55000 para la gestión de activos. El esquema es similar al de las normas de gestión de calidad (ISO 9000, 9001 y 9004), en este caso las tres normas que integran este estándar internacional para la gestión de activos son:

- ISO 55000:2014 Asset management -- Overview, principles and terminology (Gestión de Activos - Visión general, principios y terminología).
- ISO 55001:2014 Asset management -- Management systems -- Requirements (Gestión de Activos - Sistemas de Gestión - Requerimientos).
- ISO 55002:2014 Asset management -- Management systems - Guidelines for the application of ISO 55001. (Gestión de Activos - Sistemas de gestión - Guías para la aplicación de la norma ISO 55001).

Este estándar y todos los otros estándares ISO para sistemas de gestión cumplen con la guía ISO 72:2001 Guía y justificación para el desarrollo de estándares de sistemas de gestión (MSS Management System Standards en inglés). Esta guía delinea los elementos comunes de política, planeamiento, implementación, operación, evaluación del desempeño, mejora y revisión por la

dirección. También establece que los sistemas de gestión deben ser desarrollados bajo la metodología de la mejora continua PHVA: Planear, Hacer, Verificar, Actuar.

La base para el desarrollo de la serie de normas ISO 55000 fue la PAS-55 británica. Este estándar ISO se basa en los 28 elementos incluidos en la PAS-55 partes 1 y 2. La ISO 55001:2014 especifica los requisitos para un sistema de gestión de activos dentro del contexto de la organización. Este estándar tiene el propósito de ser usado para gestionar activos físicos pero puede ser aplicado a otro tipo de activos.

La ISO 55000:2014 es la norma que define la terminología que se empleará en esta serie de normas. Incluye el siguiente gráfico que muestra la relación entre los términos claves:

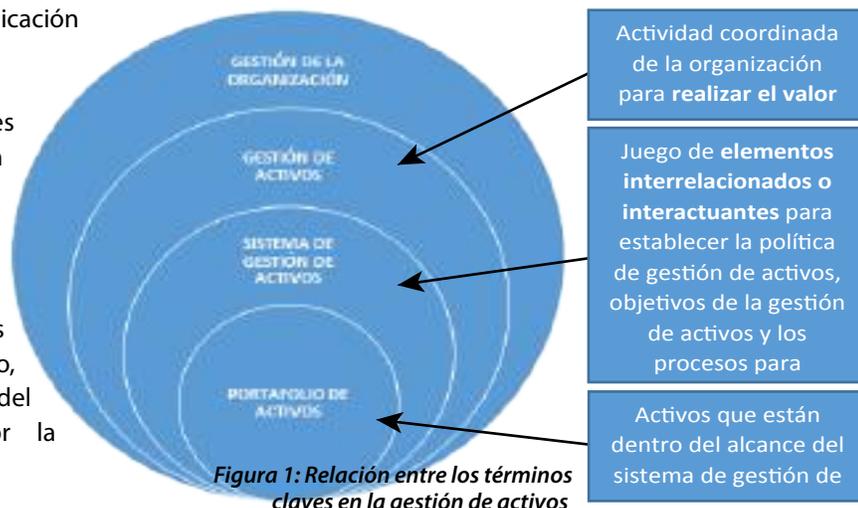


Figura 1: Relación entre los términos claves en la gestión de activos

La serie de normas ISO 55000 destaca que la realización del valor de los activos de la organización considera la gestión del riesgo. La norma ISO 31000:2009 Risk management — Principles and guidelines (Gestión del riesgo – Principios y Guías) proporciona principios y guías genéricas para la gestión del riesgo. Esta norma se complementa con la ISO Guide 73:2009 Risk management — Vocabulary (Gestión del riesgo – Vocabulario).

El riesgo es definido como “Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos” y en la NOTA 1 precisa “Un efecto es una desviación de lo esperado - positivo y/o negativo”

El desarrollo de la norma ISO 55001:2014 sigue la siguiente estructura:

- Organización (Cláusula 4)
- Liderazgo (Cláusula 5)
- Planeamiento (Cláusula 6)
- Soporte (Cláusula 7)
- Operación (Cláusula 8)
- Evaluación del desempeño (Cláusula 9)
- Mejora (Cláusula 10)

Esto lo grafica la siguiente figura:



Figura 2: Estructura del desarrollo de la Norma

Es importante señalar que la ISO 55001:2014 no es un estándar sobre gestión de mantenimiento

y confiabilidad, pero ello no significa que el mantenimiento y la confiabilidad cumplan un importante rol dentro de ella. El anexo A (informativo) de la norma lista actividades de gestión de activos entre las cuales encontramos muchas con las cuales estamos familiarizados los profesionales de mantenimiento y confiabilidad. Por ejemplo están incluidas: el monitoreo por condición, el costo del ciclo de vida, ensayos no destructivos, etc.

La gestión de activos cubre el ciclo de vida de los activos el cual comprende:

- Concepto
- Diseño
- Procura
- Construcción/Instalación
- Comisionado
- Operación
- Mantenimiento
- Decomisionado
- Disposición final

Lo cual representamos en la siguiente figura:

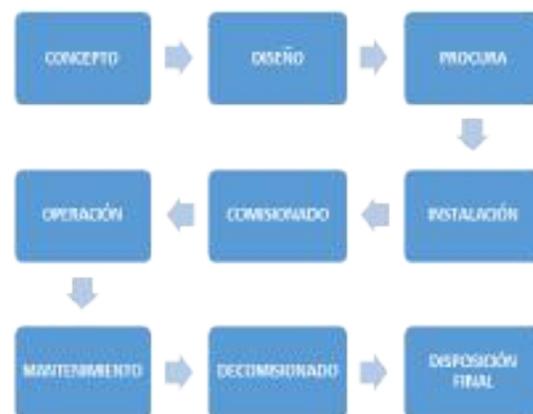


Figura 3: Ciclo de vida de los activos

Se estima que cuando el comisionado de los activos se ha completado, el 95% del costo del ciclo de vida del activo ya ha sido predeterminado. Esta es una de las razones que apoyan el contar con un sistema de gestión.

Como apreciamos también el mantenimiento de los equipos se presenta luego de seis etapas precedentes en el ciclo de vida. Por ello también

cobra importancia la inclusión del análisis de confiabilidad desde el inicio del proyecto. Aquellos aspectos que no sean considerados en la etapa del diseño repercutirán en la reducción de la confiabilidad de los activos. Así mismo las dificultades que encontramos en la operación y mantenimiento serán consecuencia de un proyecto que en las etapas iniciales del ciclo de vida del activo no tomó en cuenta la confiabilidad y mantenibilidad.

La siguiente figura traducida del Anexo B de la Norma ISO 50000:2014 muestra cómo se relacionan los elementos claves de un sistema de gestión de activos:

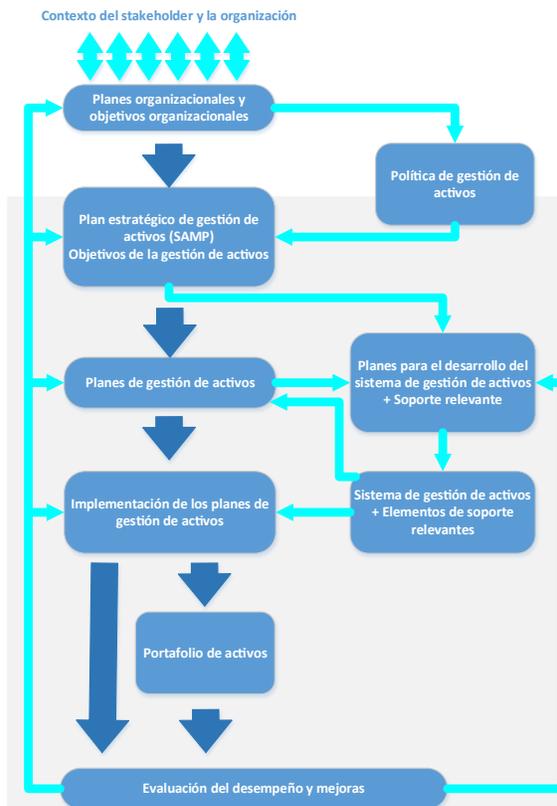


Figura 4: Relación entre los elementos claves de un sistema de gestión de activos.

La gestión del cambio será una herramienta importante para las organizaciones que emprendan el camino de implementar un sistema de gestión de activos acorde con el plan estratégico y una cultura que optimice la gestión de activos durante su ciclo de vida

desde el concepto hasta la disposición final.

Para concluir queremos referir que existen diferentes organizaciones que ya han certificado su sistema de gestión de activos bajo los requisitos de la norma ISO 55001:2014. La primera afirma ser Reliance Infrastructure Ltd. (RInfra), compañía líder de la India en infraestructura, utilidades y energía, para la gestión de los activos de la red de distribución en Mumbai. Luego encontramos a Pacific Gas and Electric Company (PG&E) en Estados Unidos, Babcock Group y Scottish Water en el Reino Unido y The Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operations, ADCO de los Emiratos Árabes Unidos.

AUTOR:
Víctor D. Manríquez
 Ingeniero Mecánico, CMRP
 MSc Energías Renovables
 Ingeniero de Confiabilidad –
 Stork Perú SAC
 Docente IPEMAN
 vmanriquez62@yahoo.es
 Lima, Perú

CENTRAL Soluciones Globales, es una empresa internacional especializada en el desarrollo y ejecución de proyectos de inversión en el campo de la ingeniería, procura y construcción de sistemas de compresión, transmisión y tratamiento de gas natural; así como facilidades en superficie de producción de petróleo y energía ecológica.

Además de prestar servicios de consultoría técnica especializada para el mantenimiento y operación de estas instalaciones.

*Creamos para Servir
y Servimos para Crear*



885 SW 149th Court,
Miami, USA, FL 33194
Phone: +1(786) 228.97.98

Av. Fernando Peñalver Nro. 120 El Tigre
Estado Anzoátegui Venezuela 6050
Teléfono: +58 (424) 830.93.07

www.centralgs.com

Av. Alirio Ugarte Pelayo
C.C. PETRORIENTE Nivel 02, Oficinas 52-05
Maturín Estado Monagas Venezuela 6001
Teléfono: +58 (424) 830.93.12

Av. Stadium C.C. NOVOCENTRO II Nivel 3, Oficina 3-3
Puerto la Cruz Estado Anzoátegui Venezuela 6023
Teléfono: +58 (281) 267.04.02 Fax: +58 (281) 267.57.10

Rif: J-31396255-24

Metodología Propuesta Para Toma De Decisión De Inspección De Líneas De Flujo De Crudo Basado En Modelos Estadísticos De Criticidad

INTRODUCCIÓN

En todas las instalaciones industriales donde existen equipos y sistemas para producción, se hace necesario efectuar inspecciones para mantenerlos en correcto estado de operación y servicio; garantizando con ello, la seguridad y confiabilidad de los mismos. Sin embargo, surge el tema de optimización de recursos para una efectiva labor de mantenimiento e inspección.

Tal es el caso de líneas de manejo de crudo en instalaciones de superficie, que por el gran número de activos no pueden ser inspeccionadas todas al mismo tiempo y es entonces cuando surgen las interrogantes como: Cuales debo inspeccionar primero?, Que pasa si intervengo solo a un grupo y no a las que requieren más rápida atención?, Que técnica es la más efectiva y económica para inspección? De esta manera se hace necesaria una gestión de mantenimiento adecuada a las necesidades de cada activo, la cual debe contemplar un plan adecuado y una correcta aplicación de los recursos económicos, técnicos y humanos, que tendrán como resultado un negocio altamente competitivo y líder en su sector.

Por tal motivo, es conveniente el empleo de una metodología que apalanque a la toma de decisiones con respecto a la inspección de las líneas de flujo, especialmente aquellos donde se

presenta un mayor índice de probabilidad de falla, que en caso de ocurrencia de falla generan diferimientos y pérdidas de producción significativos, así como daños al ambiente.

Dentro de las metodologías de Confiabilidad esta el análisis de criticidad el cual es una técnica semi-cuantitativa de cuantificación del riesgo; que permite "jerarquizar componentes o equipos de un sistema, en base a un indicador llamado "criticidad" que es proporcional al riesgo, la cual es la base fundamental para la aplicación de esta metodología.

MARCO CONCEPTUAL

Líneas de Flujo: Se denomina a la tubería que se conecta desde el cabezal de un pozo hasta el múltiple de producción de su correspondiente estación de flujo. Las líneas de flujo son aquellos sistemas que transportan el flujo en forma bifásica, desde los pozos hasta un punto de convergencia denominado múltiple.



Figura N°1.- Esquemático de Pozo y Línea de Flujo Asociada.

Análisis de Criticidad: Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, de acuerdo a una figura de mérito llamado "criticidad", creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionado el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional basado en la realidad actual.

Metodología de los factores ponderados (puntos): Método semicuantitativo, que busca jerarquizar activos. Se fundamenta en el principio de que la criticidad de un activo dentro de su contexto operacional está definida por el riesgo asociado al mismo. Tiene como principal característica que se debe formular un modelo matemático, partiendo de la expresión de criticidad como el producto de frecuencia de falla por su respectiva consecuencia. Tanto los factores como su ponderación son establecidos por consenso en el Equipo Natural de Trabajo.

Riesgo: El riesgo es un término de naturaleza probabilística, que se define como "egresos o pérdidas probables consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla. Matemáticamente el riesgo asociado a una decisión o evento viene dado por la expresión universal:

$$R(t) = P(t) \times C(t)$$

Donde:

R(t): Riesgo

P(t): Probabilidad

C(t): Consecuencias

Análisis de Riesgo: es por excelencia la ciencia para tomar decisiones en Ambientes de incertidumbre. Es un análisis de naturaleza probabilística que permite soportar una decisión con base en la cuantificación y ponderación de la probabilidad de éxito con sus beneficios y la probabilidad de fracaso y sus consecuencias.

Métodos de Análisis de Riesgo: Existen diferentes técnicas para dimensionar el riesgo,

todas ellas enmarcadas en tres modalidades: técnicas "cualitativas", "semi cuantitativas" y cuantitativas. A continuación se describen estas técnicas:

Técnicas Cualitativas

Se sustentan en razonamiento de naturaleza cualitativa, en el cual la estimación de la probabilidad de ocurrencia de los eventos (consecuencias) se realiza utilizando una escala relativa donde no se establecen rangos numéricos explícitos.

Técnicas Semi- Cuantitativas:

Son técnicas "blandas", de fácil manejo y comprensión, cuya mayor virtud es la de proveer un valor de criticidad, proporcional al riesgo, que permite jerarquizar opciones para tomar una decisión. Provee un indicador, proporcional al riesgo, que se conoce como "criticidad". El mencionado indicador permite jerarquizar opciones para tomar una decisión, los valores de criticidad no pueden considerarse "valores absolutos" de riesgo y por ende no son los más adecuados para evaluar la tolerabilidad del riesgo.

En los análisis de criticidad se establecen rangos relativos para representar las probabilidades de ocurrencia de eventos y las consecuencias correspondientes, llegándose a establecer una matriz de criticidad o de jerarquización del riesgo.

Técnicas Cuantitativas:

Las técnicas cuantitativas permiten un dimensionamiento más objetivo del Riesgo, para juzgar sobre bases más sólidas su "TOLERABILIDAD" y gerenciarlo de manera óptima.

Estas técnicas son más complejas que las técnicas cualitativas y semi cuantitativas y por ende requieren mayor tiempo para su implementación. Las técnicas cuantitativas de dimensionamiento del riesgo permiten análisis más detallados y normalmente se realizan en aquellas instalaciones o propuestas que se

hayan identificado como de alto riesgo en un análisis cualitativo o semicuantitativo previo.

Consecuencia: Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente.

Consecuencia de una Falla: Se define en función a los aspectos que son de mayor importancia para el operador, como el de seguridad, el ambiental y el económico.

Corrosión por CO₂: Esta ocasiona deterioros severos en los equipos e instalaciones pertenecientes al área de producción, almacenaje y transporte. Una manera de predecir la corrosividad de un gas está basada en la presión parcial del dióxido de carbono, que se calcula como se muestra a continuación:

$$Présion\ parcial\ CO_2 = \frac{\%CO_2 * Présion\ Total}{100} \quad (Ec.1)$$

La norma NACE MR0175 señala que para presiones parciales de CO₂ mayores de 30 psig la corrosión es severa; si éstas oscilan entre 7 y 30 psig se asume corrosión moderada y para presiones parciales de CO₂ menores de 7 psig la corrosión es leve. Este principio no es siempre aplicable cuando hay presencia de agua salada, ya que las sales disueltas causan tasas de corrosión que se incrementan considerablemente.

Corrosión agria o corrosión por sulfuro ácido (H₂S): el gas H₂S disuelto en agua en pequeñas cantidades, puede crear un ambiente sumamente corrosivo. Este tipo de ataque puede ser identificado dada la formación de una capa negra de sulfuro de hierro sobre la superficie metálica, la cual es conocida como corrosión general por H₂S. Además de la corrosión general, se pueden presentar otros dos tipos de corrosión por H₂S. Estos son:

- Corrosión bajo tensión en presencia de sulfuros (SSCC).
- Agrietamiento inducido por hidrógeno (HIC).

Corrosión por CO₂ y H₂S

Es importante el efecto del H₂S en la corrosión por CO₂ y su comportamiento, ya que pueden formarse películas de productos de corrosión en forma competitiva entre sulfuro de hierro (FeS) y carbonato de hierro (FeCO₃), lo que puede, en función de la temperatura, concentración del agente corrosivo y presión, acelerar o disminuir la velocidad de corrosión. Por ello se considera importante definir cuál de los mecanismos de corrosión es el predominante, antes de determinar el comportamiento de la velocidad de corrosión en un sistema determinado.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Kane, la relación entre las presiones parciales de H₂S y CO₂ proporciona un indicativo que permitirá determinar el mecanismo de corrosión predominante en el sistema siendo el siguiente:

$$\text{Corrosión por CO}_2 \quad \frac{PpCO_2}{PpH_2S} > 200$$

$$\text{Corrosión por H}_2\text{S} \quad \frac{PpCO_2}{PpH_2S} < 200$$

Percentil: Es una medida de posición no central que nos dice cómo está posicionado un valor respecto al total de una muestra. Los percentiles son los 99 valores que dividen la serie de datos en 100 partes iguales. Los percentiles dan los valores correspondientes al 1%, al 2%... y al 99% de los datos. Por ejemplo: P50 coincide con la mediana.

Crystal Ball® Profesional: es una herramienta de pronóstico y análisis de riesgo conformado por tres componentes: Crystal Ball, CB Predictor y OptQuest.

Para el caso de Crystal Ball se basa en la simulación Monte Carlo, el cual es un método no determinístico o estadístico numérico usado para aproximar expresiones matemáticas complejas, una técnica que ofrece grandes aportes a la hora de hablar de cualquier tipo de simulación partiendo de un escenario real.

METODOLOGÍA

En la Figura N°2 se muestra esquema general de la metodología propuesta:

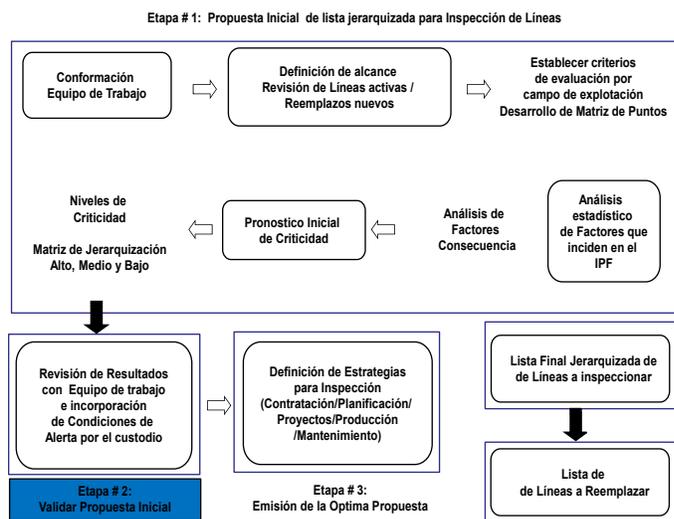


Figura N°2. Metodología para generar lista jerarquizada de líneas a inspeccionar por nivel de riesgo.

A continuación de forma más detallada se procede a definir la secuencia metodológica aplicada para definir lista jerarquizada por nivel de riesgo de las líneas a inspeccionar.

DEFINICIÓN DE ALCANCE Y SISTEMAS A ESTUDIAR

El objetivo de esta fase es definir los límites del sistema a evaluar, al cual se le determinará el Índice de probabilidad de falla y sus consecuencias, aplicándose a cada línea activa (clasificadas como categoría 1) evaluadas desde el bloque de anclaje, válvulas multipuerto, hasta los múltiples de Campo o Estaciones de Flujo pertenecientes a la Unidad de Producción (UP).

RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El objetivo de esta fase es obtener la mayor información histórica de las líneas a las cuales se les hará el estudio. Se requiere contar como mínimo de la siguiente información para realizar el análisis:

-Tipo de Instalación: clasificación de sistemas y

sub-sistemas.

-Ubicación (área geográfica, región, topografía de la línea) y tiempo en servicio.

- Filosofía de operación, condiciones de operación, características del fluido: Producción manejada, tipo de crudo (BNPD),RGP,%AYS, °API, presión y temperatura de línea.

-Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).

-Registros disponibles de eventos no deseados o fallas presentadas.

-Frecuencia de ocurrencia de las fallas y el tiempo fuera de servicio hasta restituir su función, su impacto, mecanismos de deterioro más recurrentes.

-Actividades de inspección, sistemas de mitigación disponibles (sistemas de protección catódica, tipo de revestimiento, sistemas de tratamiento anticorrosivo, condición de resistividad de los suelos, interferencias eléctricas, entre otros).

- Registros de los impactos en producción (% pérdida de producción debido a la falla del elemento, equipo, sistema o instalación en estudio, producción diferida y costos relacionados).

- Registros de los impactos en la seguridad de los procesos y el ambiente.

Cobrando gran valor para esta etapa la previa consolidación de un equipo de trabajo por cada una de las especialidades: operaciones, procesos, corrosión, estáticos, mantenimiento, Seguridad, ambiente y confiabilidad; quienes deben suministrar y/o validar cada uno de los datos.

En cuanto al tratamiento de la información se debe clasificar y estudiar las condiciones principales que afectan la integridad mecánica de cada línea de flujo, para luego de forma global establecer premisas adaptadas a cada realidad de las distintas Unidades de Producción; es decir, se debe identificar las condiciones de mayor incidencia en la integridad mecánica de las cuales existiese información disponible. Se enfatiza que la calidad de la información es de gran

importancia para que los resultados tengan mayor veracidad.

DEFINICIÓN DE MATRIZ PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD USANDO LA METODOLOGÍA DE LOS FACTORES PONDERADOS (PUNTOS)

Esta fase consiste en establecer un sistema de puntos para valorar la condición de riesgo probable de cada línea; la cual dará como resultado una matriz.

Este es un parámetro que permite estimar la condición de riesgo de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos (ISED'S) basado en el cálculo de un índice de probabilidad de falla (IPF) multiplicado por las consecuencias que genera la ocurrencia de un evento no deseado. La fórmula detallada para el cálculo de muestra a continuación

Jerarquización por nivel de Riesgo Referencial (JNRR) = IPF x [(Nivel de Producción x % Impacto Producción x Tiempo Promedio Fuera de Servicio)+Costos Reparación.+ Impacto en Seguridad +Impacto Ambiental

Índice de probabilidad de falla (IPF): es llamado así en sustitución de la variable frecuencia de falla ya que se trabaja sobre la sumatoria de los factores que afectan la condición de integridad mecánica.

Se aplica la técnica de análisis semi-cuantitativo del riesgo, en función de la información recopilada y previamente analizada por el equipo de trabajo, la cual para esta etapa ya se debe conocer las características de cada unidad de producción y los factores que afectan la integridad mecánica de cada línea, lo cual facilita la toma de decisión para la elaboración de la matriz, principalmente en la clasificación y definición de puntajes de las variables consideradas en el cálculo del índice de probabilidad de falla, las cuales serán detalladas más adelante, a continuación los pasos a seguir para definir la matriz:

1) En función de las características y

antecedentes del sistema se define la matriz de puntos por opinión de expertos quienes seleccionan y realizan la ponderación de cada variable. Por ejemplo: las variables de integridad mecánica se revisan con personal de Inspección de Equipos Estáticos y las de corrosión o mecanismos de degradación con el personal de Control de Corrosión y/o Ingeniería de Corrosión y Materiales, asignando en conjunto y como equipo multidisciplinario el peso correspondiente a cada variable evaluada.

2) Con la finalidad de minimizar posibles errores en la toma de decisiones subjetivas de la parte 1, luego de consolidada la información con datos históricos y confiables de por los menos dos años, se realiza análisis estadístico de sensibilidad para identificar los parámetros que afectan más los resultados, principalmente en el índice de probabilidad de falla en una misma línea de flujo, lo que permite validar si los puntajes asignados a cada una de las variables consideradas en el IPF, se corresponden con la influencia sobre el resultado final de IPF y sus consecuencias, prevaleciendo la premisa de dar mayor puntaje a aquellos factores de mayor incidencia para proceder a elaborar matriz de puntos por cada campo de explotación, considerándose tres escenarios: optimista, pesimista y moderado(actual).

Los valores de probabilidad de falla y consecuencia de la falla de cada línea son expresados en una matriz, diseñada con base en el comportamiento estadístico y características de las líneas, estableciéndose los siguientes niveles: el color rojo es el nivel o zona de Alto nivel I de riesgo referencial= A; color amarillo es el nivel o zona de nivel de riesgo medio referencial = M y el color verde es el nivel o zona de Bajo nivel de Riesgo referencial = B. A continuación se muestra dicha matriz:

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	M	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencia	1	2	3	4	5	

Figura N° 3.- Matriz de Jerarquización por Nivel de Riesgo

VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE FALLA

Es importante resaltar que en la metodología propuesta la asignación de puntajes es particular para cada unidad de producción (UP) ya que la puntuación de cada variable dependerá de las características particulares y antecedentes de mecanismos de falla de la UP. A continuación se indican cada una de las variables sugeridas a ser consideradas para el cálculo de IPF y sus premisas:

1.- Falla: Es la terminación de la habilidad de un sistema, equipo o parte, para realizar una función requerida (ISO14224). Se considera dos condiciones: si presentó fallas durante el período evaluado se asigna el puntaje máximo de lo contrario se clasifica cero (o).

2.- Porcentaje de agua y sedimentos (%AyS): El contenido de agua y sedimentos en el crudo es importante porque puede producir corrosión en equipos. (COVENIN 2683-90). Adicionalmente tiene un gran efecto en la temperatura de crudo debido a la capacidad calorífica del agua. Se recomienda que mientras más elevada sea la cantidad de agua mayor sea puntaje asignado.

3.-Tendencia Corrosiva: Se debe realizar estudio de tendencias corrosivas con las ecuaciones de Kane, para estimar de forma cualitativa el mecanismo de corrosión y su severidad, a fin de identificar si la línea es afectada por H₂S o por CO₂. En caso de ser por CO₂, si la tendencia de corrosión interna es leve, moderada o severa. Para H₂S se establece como premisa asignar el mismo puntaje que se le asignará a corrosión severa, en vista de que este tipo de corrosión afecta rápidamente la integridad de la línea (Riesgo por picadura).

4.-Condición de deterioro del Revestimiento: Esta condición es determinada por la edad o tiempo de operación de la línea (fecha de instalación, tomando en cuenta últimos reemplazos) con respecto a la diferencia de temperatura del revestimiento; se asume que, si el revestimiento

es inadecuado y la línea de flujo tiene tiempo operando de esta forma aumenta su probabilidad de falla. Adicional en los casos donde se desconoce el tipo de revestimiento, se considera con mayor incertidumbre y se debe asignar el mayor puntaje.

5.-Temperatura de Revestimiento: Se basa en la diferencia de la temperatura de la línea y la temperatura máxima que soporta el revestimiento que posee la línea. Mientras más negativa es la diferencia de temperaturas se considera que el revestimiento es adecuado y presenta mejores condiciones de operación. Como premisa se sugiere que si no se conoce el tipo de revestimiento se tome la menor temperatura de la tabla de revestimiento evaluados y aprobados por el personal de Corrosión, es decir el caso pesimista.

6.-Sistema de protección catódica: Como el sistema de protección catódica es una medida de control de corrosión externa se fijan tres opciones para esta variable, se considera que si no funciona el sistema de protección catódica la puntuación es máxima, si está activo pero no fueron instaladas las empacaduras aislantes el puntaje es la mitad de aquel definido como el máximo y si está operativo de manera efectiva el puntaje es cero.

7.-Empacaduras Aislante: Estas son colocadas en las líneas para evitar fugas de carga. Igualmente cuando la tubería aflora a la superficie o se interconecta con alguna instalación superficial, se debe colocar empacaduras aislantes para evitar escapes de corriente de protección no necesarias en instalaciones aéreas, es decir si no están instaladas afecta la efectividad del sistema de protección catódica. Se asigna el mayor puntaje en caso de no estar instaladas.

8.-Estudios de Resistividad de Suelo: Es el parámetro más importante para conocer el nivel de corrosividad de un suelo, ya que está directamente relacionado con el contenido total de sales disueltas y la velocidad de corrosión está ligada a la resistividad del

terreno, se sugiere se establezcan puntajes dependiendo del valor en $[\Omega \times \text{cm}]$ y su grado de agresividad y considerar tres condiciones, si presenta evaluaciones de resistividad, su grado de severidad y si no se tienen evaluaciones actualizadas será asignado el mayor puntaje correspondiente a la variable.

9.-Inspección de Equipos Estáticos: Contempla los estudios e inspecciones efectuadas a las líneas con la finalidad de conocer la integridad mecánica de la misma, permitiendo tomar acciones preventivas y así minimizar la ocurrencia de fallas. Asumiendo que si no se dispone del estudio, no se conocen las condiciones de la tubería y el riesgo es mayor, para este caso se asigna una puntuación máxima, ahora, si existen inspección actualizadas dentro del periodo de estudio la puntuación será cero (0).

10.-Edad de la línea: Se considera el tiempo desde que inicio el pozo (tendido original) o desde cuando se realizan reemplazos que superen el 40% del total de la longitud. Este parámetro es con la finalidad de tomar en cuenta la condición de deterioro natural del revestimiento, a mayor tiempo mayor valor asignado.

11.-Combinación de la edad con la presión: Se basa en la relación que existe entre estos factores, mientras más años de servicio tenga la línea y maneje mayores valores de presión se asume que la probabilidad de falla incrementa. Dependiendo de los rangos a considerar en edad y niveles de presión (bajo, medio y alto) a mayor edad y nivel de presión mayor será el puntaje asignado.

12.- Topografía de la línea: para evaluar esta variable es necesario tener los planos de construcción de la línea y se deben evaluar puntos de acumulación de líquido de la línea, comúnmente llamados chinchorros, así como pases de ríos, los cuales incrementan el puntaje máximo.

13.-Puntos de interferencia eléctrica:

Cuando una corriente parásita penetra en una estructura metálica enterrada, (otra tubería o cable eléctrico), ésta circula por ella y en algún punto retorna al terreno, produciendo en dicha estructura lo que se conoce como interferencia eléctrica. El punto de entrada de la corriente recibirá una protección catódica que puede ser parcial o total, pero el punto de salida sufrirá daños localizados por electrólisis del material, como premisa sugerida se fijan dos condiciones, si tiene interferencias la puntuación es mayor y si no tiene la puntuación es cero (0).

14.-pH: En lo que se refiere a la acidez, los suelos muy ácidos ($\text{pH} < 5.5$) pueden motivar una rápida corrosión del metal desnudo, y la agresividad del suelo aumenta con el incremento de la acidez (disminución del pH), se sugiere que cuando sea menor el valor de pH más alto sea el puntaje asignado.

Consecuencias

A continuación se presentan los parámetros usados para el cálculo de consecuencias y sus premisas:

Nivel de producción: Esta directamente asociado con la cantidad de crudo que transporta la línea de transferencia.

Impacto en producción consiste en el porcentaje de producción que se ve afectada cuando ocurren fallas en el sistema estudiado.

Tiempo promedio fuera de servicio (TPFS): Este mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operabilidad una vez que la unidad queda fuera de servicio por una falla, dentro de un tiempo considerado para el estudio.

Costo de reparación: Debe incluir todos los costos que se incurren para corregir las fallas, como labor, materiales y transporte, es importante consultar con personal de planificación y/o en sistemas de gestión para manejar valores actualizados y adecuadas a la UP.

Impacto en la seguridad personal: Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen lesiones, heridas o fatalidades del personal. Este parámetro debe ser indicado por el personal de seguridad que conforme el equipo de trabajo.

Impacto Ambiental: Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen la violación de cualquier regulación ambiental.

CÁLCULO DE JERARQUIZACIÓN POR NIVEL DE RIESGO REFERENCIAL

Este cálculo se realiza para cada línea de flujo, partiendo de que el mayor valor numérico de Consecuencia e IPF, corresponde a un mayor nivel de riesgo. Se determina multiplicando el índice de probabilidad por las consecuencias de la misma, para luego emitir la Matriz por Nivel referencial de Riesgo.

LISTA PROPUESTA DE LÍNEAS A INSPECCIONAR

Luego de definida la Matriz por Nivel de Riesgo referencial se somete a revisión y validación por el equipo de trabajo principalmente custodios del área, para luego proceder en función de los resultados a emitir lista jerarquizada de líneas a inspeccionar, partiendo de aquellas clasificadas en el estudio con Nivel referencial de Riesgo alto y así sucesivamente en forma descendente, donde se considera disponibilidad de contratos, presupuesto, entre otros.

CASO DE APLICACIÓN

A continuación se describe la aplicación de la metodología anteriormente expuesta:

Premisas: Por cada unidad de exploración son evaluadas al menos 50 líneas, sin embargo a modo de ejemplo se mostrará el estudio realizado a 10 líneas de un Campo A, donde se dispone de datos históricos del año 2012-2014.

1.- Recopilación y tratamiento de la

información: Los datos son extraídos del sistema corporativo de información de la empresa, donde se visualiza últimas pruebas de pozo, características del crudo, años de servicio, así como informes de inspección y/o reemplazo los cuales indican el tipo de revestimiento, histórico de reparaciones, longitud, planos, entre otros.

La Plantilla generada para la consolidación, generación de base de datos y aplicación de la metodología se muestra a continuación:

Figura N° 4.- Hoja de cálculo usada para la base de datos

Ahora bien por disponer de datos históricos de tres años, se procede a realizar una base de datos por cada línea evaluada, seleccionando principalmente aquellas líneas que se han mantenido activas y fluyendo el mismo pozo, a fin de identificar a través de simulaciones Montecarlo las variables que en el tiempo han incidido mayormente en el IPF y las consecuencias.

2.- Definición de Matriz para Análisis de Criticidad usando la metodología de los Puntos

Determinación de la Distribución Probabilística de IPF de las líneas de Flujo:

Se usa el programa Crystal Ball por el Test de Kolmogorow-Smirnog, a fin de identificar las distribuciones probabilística del índice de probabilidad de falla, que mejor represente el

conjunto de variables que intervienen en el IPF, los cuales son evaluados de forma conjunta para cada una de las líneas.

Para proceder a la asignación de puntajes fue realizado un análisis de sensibilidad a cada una de las líneas evaluadas, donde se pudo identificar que la variables de mayor impacto en el resultado son: condiciones operacionales, las relaciones de edad + temperatura, edad + revestimiento, Producción y %AyS este último por lo variabilidad del dato.

Distribución probabilística del IPF al realizar simulación se determinó que la distribución que mejor se ajusta para el IPF de las 10 líneas evaluada es Weibull, con una media de 3,87, un valor de forma 2,90 y de escala 3,20.

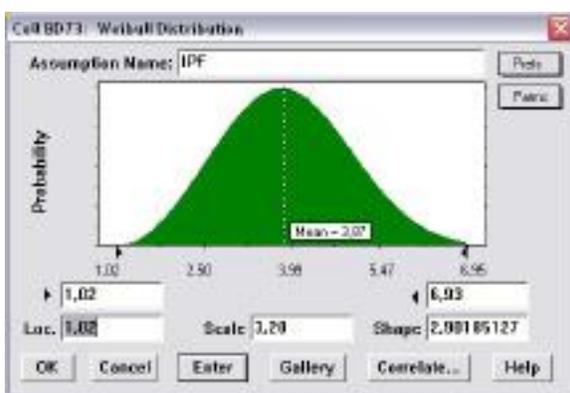


Figura N° 5.- Distribución del IPF de las Líneas del Campo A

Determinación de consecuencias

Las principales consecuencias de falla de las líneas de flujo son: Nivel de producción, impacto de producción, tiempo de reparación, costos de reparación (por reemplazo de tramos que presentan falla), impacto ambiental y seguridad.

Para determinar el porcentaje de pérdidas de producción se identifica en la base de datos consolidada el tiempo promedio fuera de servicio de la línea en caso de fallas, además se debe considerar si dispone flexibilidad operacional, esto partiendo del hecho de que si una línea asociada a un pozo de doble sarta

falla, el mismo pudiera ser manejado momentáneamente por la otra sarta. En aquellas líneas de sarta única la pérdida de producción en caso de falla es total. Sin embargo para el caso de estudio el porcentaje de diferimiento de producción es calculado con la distribución del tiempo promedio fuera de servicio por el nivel de producción y la distribución del costo de crudo en los años 2011,2012 y 2013.

La distribución probabilística para el tiempo promedio fuera de servicio es de tipo lognormal con una media de 13.59 y una desviación estándar 13,15

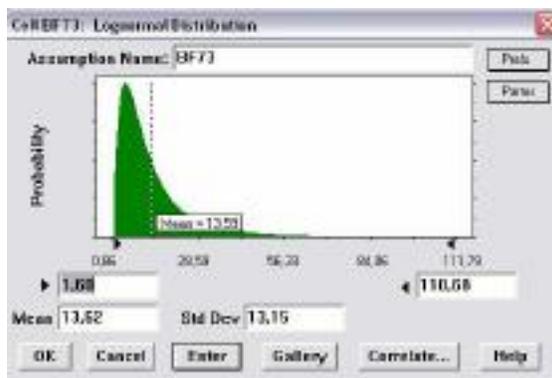


Figura N° 6.- Distribución del TPFS de las Líneas del Campo A

Para el precio de crudo fueron tomados del sistema de la empresa, considerando tres años. El cual resultó en una distribución triangular con un mínimo de 98,86; máximo de 115,94 y una media (μ) 105,4.

Año	\$
2013	105,4
2012	103.42
2011	100.4

Tabla 1 Comportamiento del precio del crudo del año 2011 al 2013

El resto de los valores de consecuencias son tomados a través de la opinión de expertos y su distribución probabilística es de tipo triangular resultando con un valor máximo de 145,44 un

mínimo de 29,63.

Luego de revisado y asignado puntajes la matriz queda definida como se muestra a continuación:

Figura N° 7.- Matriz de punto

Fallas	Severidad	Efecto vs Producción	RIESGO	PUNTO
SI	10	SEVERO - 8 AÑOS	BAJA	2
SI	5	SEVERO - 8 AÑOS	MEDIA	4
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	6
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	BAJA	7
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	8
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	BAJA	9
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	10
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	11
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	12
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	13
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	14
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	15
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	16
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	17
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	18
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	19
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	20
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	21
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	22
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	23
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	24
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	25
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	26
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	27
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	28
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	29
SI	5	SEVERO - 10 AÑOS	ALTA	30

Tabla 2.- Puntaje de variables para el IPF

Cálculo de Jerarquización por Nivel de Riesgo Referencial

Para determinar el valor de Nivel de riesgo referencial se aplica por cada línea la siguiente ecuación:

Jerarquización por nivel de Riesgo Referencial (JNRR) = IPF x [(Nivel de Producción x % Impacto Producción x Tiempo Promedio Fuera de Servicio)+Costos Reparación.+ Impacto en Seguridad +Impacto Ambiental

Este paso ya fue realizado en los puntos 2.1 y 2.2. Para la evaluación de los escenarios fueron tomados por los percentiles: P90 (caso pesimista), media (μ) caso probable, P10 (caso optimista).

Tramo de Línea	Caso Probable			Caso Optimista			Caso Pesimista		
	IPF	Consecuencias (M\$)	Nivel Referencial de Riesgo	IPF	Consecuencias (M\$)	Nivel Referencial de Riesgo	IPF	Consecuencias (M\$)	Nivel Referencial de Riesgo
POZO1	0,65	135,89	88,33	0,37	135,89	50,28	0,78	135,89	105,99
POZO2	0,48	125,44	60,21	0,35	125,44	43,90	0,62	145,44	90,17
POZO3	0,56	114,01	63,85	0,42	114,01	47,89	0,71	134,15	95,24
POZO4	0,38	110,88	42,13	0,30	110,88	33,26	0,61	120,80	73,69
POZO5	0,48	61,23	29,39	0,40	61,23	24,49	0,55	62,35	34,29
POZO6	0,44	51,53	22,67	0,33	51,53	17,00	0,52	52,29	27,19
POZO7	0,36	48,65	17,52	0,28	48,65	13,62	0,51	48,65	24,81
POZO8	0,43	39,96	17,18	0,28	39,96	11,19	0,51	49,96	25,48
POZO9	0,16	29,63	4,74	0,22	29,63	6,52	0,31	30,34	9,41
POZO10	0,43	33,22	14,28	0,26	33,22	8,64	0,51	33,73	17,20

Tabla 3. Resultados de 10 pozo por Nivel Referencial de Riesgo

Elaboración de la matriz de Criticidad por nivel de riesgo referencial: Se utiliza una matriz de 5x5, en un eje se representa el IPF y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la línea de flujo si ocurre una falla. Los rangos para la elaboración de la matriz son ajustados en función del valor máximo obtenido o en caso de querer medirse en función de objetivos de producción, se puede fijar en base a Plan estratégico de producción definido para cada UP. A continuación se muestra el resultado de la matriz para el caso moderado:

Probabilidad de falla	Consecuencia de la Falla (M\$)				
	Muy Baja 0-30	Baja 31-60	Medio 61-90	Alta 91-121	Muy Alta >122
0-01-1 Muy Alta					
0-01 y 0-8 Alta					
0-01-0-6 Medio					
0-02-0-4 Bajo					
0-02 Muy Baja					

Figura N° 8.- Matriz de Jerarquización por Nivel de Riesgo referencial

Lista propuesta de líneas a inspeccionar

Luego de revisada y validada la matriz con el equipo de trabajo, se procede a la revisión de disponibilidad presupuestaria y contratos para inspección a fin de elaborar el plan a corto, mediano y largo

Corto plazo (menos de 6 meses)	Mediano plazo (6 a 9 meses)	Largo plazo (< 1 año)
Pozo 1	POZO 3	POZO 9
Pozo 2	POZO 4	
Pozo 3	POZO 5	
	POZO 8	
	POZO 10	
	POZO 7	

Tabla 4. Lista jerarquizada de propuesta de líneas a inspeccionar.

CONCLUSIONES

- 1.- La metodología propuesta es una estrategia de trabajo para generar periódicamente propuestas de listas de líneas a inspección en las diferentes Unidades de Producción.
- 2.- Contempla la evaluación de variables críticas en el área de integridad mecánica (tendencias corrosivas, revestimiento, sistemas de protección, entre otros) y operacionales

(presiones, tiempo de instalación, %AyS, Temperatura, %H₂S, %CO₂).

3.- Permite aplicar la ruta de inspección de los planes de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la Criticidad de los activos (Alta, media y baja).

BENEFICIOS

- Dependiendo del contexto operacional la metodología puede ser aplicada en equipos, sistemas administrativos, instalaciones, entre otros.
- Permite obtener una clasificación de los activos por su nivel de criticidad (Alta, Media y Baja).
- Facilita las rutas para la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada permite definir los activos donde hay que centralizar las actividades y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida.
- Permite establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

AUTOR (ES):

Mónica Pino Alfonso

Ing. Químico, Universidad de Oriente (2003)

Erich Salazar

Ing. Químico, Universidad de los Andes (2002)

Dudney Bolívar

Ing. Industrial, Universidad Santiago Mariño (2002)



FUNINDES USB



Vinculando la Universidad con el País

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR



A través de la Fundación de Investigación y Desarrollo, la USB responde a las demandas del sector productivo nacional, aportando la capacidad técnica

En las áreas de

- Mantenimiento centrado en confiabilidad
- Confiabilidad humana
- Aplicaciones de confiabilidad operacional
- Análisis causa raíz
- Inspección basada en riesgo
- Confiabilidad en Subsuelo-Superficie.

Modelación De Sistemas Productivos Complejos A Través Del Análisis RAM

INTRODUCCIÓN

La dinámica empresarial actual, exige que los procesos en la industria sean optimizados desde el punto de vista técnico y económico. Es por esta razón, que surge la necesidad de la adopción de un sistema de gestión de activos tal como lo establece la norma ISO 55000, de manera que las organizaciones logren sus objetivos de manera efectiva, eficiente y sostenible en el tiempo.

En este sentido, uno de los aliados a la gestión de activos es la Ingeniería de Confiabilidad, que se ha convertido en una disciplina para lograr el máximo rendimiento de los activos. La misma, propone diversas metodologías (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Análisis Causa Raíz, Inspección Basada en Riesgo, entre otras) para obtener mejor eficiencia general del activo.

Por otra parte, la modelación de los sistemas productivos, es de gran ayuda para la toma de decisiones, puesto que en la misma reproduce la realidad operacional de los activos, a partir de ecuaciones matemáticas que describen dicha realidad.

Uno de los mayores retos para los ingenieros de confiabilidad de cualquier industria, es la integración de la ingeniería de confiabilidad y la simulación de procesos productivos complejos. Por esta razón, este trabajo se muestra un enfoque combinado en la aplicación de estas dos técnicas, que sirva para pronosticar el

comportamiento de un sistema productivo por cada falla o cambio en la tasa de producción, con el objetivo de establecer acciones y estrategias de operaciones y mantenimiento, que permitan la gestión de activos, disminuyendo sistemáticamente la probabilidad de falla y eventos no deseados en el proceso analizado.

BASES TEÓRICAS

Esta aplicación, se sustenta en la teoría de Análisis RAM, la Estadística aplicada a la Ingeniería de Confiabilidad y las funciones lógicas que se emplean para modelar el proceso productivo. A continuación, se presentan una serie de términos básicos utilizados en el presente trabajo:

Activo: Un activo es algo que tiene un valor actual o potencial para una organización. (ISO 55000, 2014).

Sistema Productivo: Un sistema productivo son dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento. (COVENIN 3049:93).

Confiabilidad: La confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema, equipo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo dado bajo condiciones de operaciones previamente

definidas y constantes (Huerta, 2006).
La confiabilidad, en su forma más simple, se describe con la siguiente ecuación:

$$C t = e^{-\lambda t} \frac{1}{e T P P F}$$

Donde,
t = tiempo de la misión (hrs; días; semanas, meses, años etc.)
λ = tasa de falla
TPPF = 1/ λ = tiempo promedio para fallar o tiempo promedio entre fallas.

Nota: Esta ecuación es válida para tiempos para la falla que sigan la distribución exponencial.

Mantenibilidad: Es la facilidad y la velocidad con la que una actividad de mantenimiento se puede llevar a cabo en un activo. La misma es en función del diseño del equipo y se mide generalmente por el tiempo medio de reparación (O' Hanlon, 2014).

La mantenibilidad se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$M(t) = e^{-\mu t} \frac{1}{e T P P R}$$

Donde,
M: Mantenibilidad
TPPR: Tiempo promedio para reparar
t : tiempo misión

Disponibilidad: Es la probabilidad de que un activo sea capaz de realizar su función de manera satisfactoria, cuando sea necesario, en un entorno determinado. La disponibilidad es una función de la confiabilidad y la mantenibilidad. (O' Hanlon, 2014).

La disponibilidad se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{T P E F}{(T P E F + T P P R)}$$

Donde,
D= Disponibilidad
TPEF= Tiempo medio entre fallas
TPPR= Tiempo promedio para reparar

Bloque: Es el elemento que se utiliza para representar cualquier parte de un sistema

productivo, y posee una tasa de falla, reparación y producción.

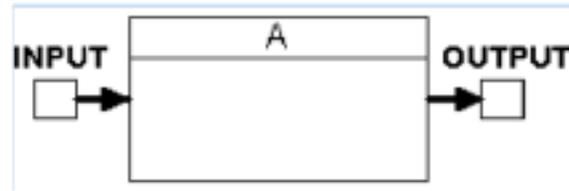


Figura 1. Bloque de Confiabilidad sencillo.

Diagramas de Dependencia de Proceso (DDP): Es un método de diagramación que permite modelar relaciones lógicas complejas entre los bloques de un sistema. Este método analiza los efectos que causan los tiempos de inactividad que ocurren o podría ocurrir en un sistema, bien sea programados no, y establece las relaciones entre la disponibilidad del sistema productivo, la configuración del mismo, la política de mantenimiento y la tasa de producción.

Análisis RAM (Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad):

El análisis RAM es una metodología que diagnostica el estado actual de un sistema productivo, y pronostica su comportamiento en un periodo determinado de tiempo.

Además permite definir cuantitativamente:

- La Disponibilidad y confiabilidad del sistema.
- Las pérdidas de producción por indisponibilidad del proceso productivo.
- El impacto en la disponibilidad del sistema debido a:
 - La política de aprovisionamiento de partes y repuestos.
 - La política de mantenimiento.
 - La logística e Impacto por redundancia.

La aplicación de un análisis RAM permite determinar los activos que tienen mayor influencia en los indicadores de disponibilidad y confiabilidad en un sistema productivo.

Las etapas de implementación del Análisis RAM son las siguientes:

- Análisis de los datos de falla y reparación.
- Modelación del sistema productivo.

- Simulación del modelo
- Jerarquización de criticidad de los activos

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE FALLA Y REPARACIÓN

El análisis RAM, se inicia con el análisis de los datos de tiempo de falla y reparación de cada uno de los activos que forman parte del sistema o proceso estudiado para la estimación probabilística de la tasa de falla y reparación. Los mismos pueden provenir de diferentes fuentes, bien sea específica o genérica. La que da mejor detalle del comportamiento del sistema productivo es el registro de fallas, al mismo se le debe realizar un tratamiento estadístico, con el objetivo de obtener los parámetros de distribución de probabilidad. Dentro de las fuentes genéricas se tienen el OREDA, IEE, PARLOC, EXIDA, WELL MASTER, entre otras.

Otra opción cuando no se tenga historial de falla disponible es definir una función de distribución de probabilidad triangular, rectangular o BETA-PERT para representar los modos de fallas, bajo diferentes escenarios (pesimista, más probable y optimista) para los tiempos de falla y reparación. Esto se debe realizar en conjunto con los especialistas y expertos del activo. (Ver figura 2).

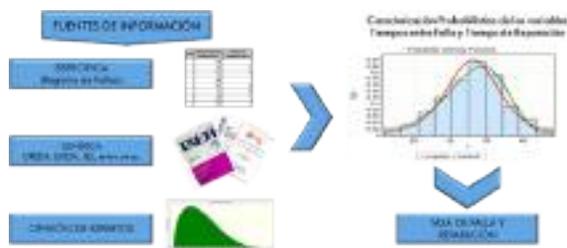


Figura 2. Fuentes de Información para la estimación de tasa de falla y reparación.

Para el caso de activos nuevos, la fuente de información para la tasa de fallas y reparación son las base de datos genéricas y la opinión de expertos, que servirán como una primera aproximación al comportamiento real del activo una vez sea instalada. Dichos tiempos deben ser

actualizados tan pronto se tenga suficiente información del registro de fallas, puesto que si se mantiene dichos datos estaremos simulando el sistema con datos de falla y reparación que no corresponden a la realidad operacional del activo.

Asimismo, en la etapa de transición de uso del historial de falla, y que por lo general se posee pocos datos, se puede emplear el Teorema de Bayes, para combinar los datos genéricos y la evidencia, obteniendo de esta manera una tasa de fallas que represente el comportamiento del activo.

Dicho teorema también puede ser empleado cuando por alguna u otra razón no se tenga suficientes datos para realizar una estimación de las variables tiempos entre falla (TEF) y tiempo para reparar (TPR) o simplemente combinar la experiencia de otros con la experiencia propia.

MODELACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO.

La modelación del proceso productivo inicia con la construcción de los Diagramas de Dependencia de Proceso (DDP) del proceso analizado (ver figura 3). Para ello es necesario definir los límites de cada uno de los sistemas, subsistemas, equipos y componentes que intervienen en el sistema productivo y que tienen impacto en la disponibilidad del mismo causando pérdidas en producción.

Para el caso de la industria petrolera y gasífera, la norma ISO 14224, define los límites de batería y estructura sistemáticamente cada uno de los equipos principales utilizados en esa rama de la industria. Para el caso de otras industrias, se puede tomar como base los criterios del estándar citado anteriormente y adaptarlo a la realidad operacional del sistema productivo analizado.

El sistema de producción debe ser representado en un modelo de diagrama de bloques de dependencia de proceso; esto implica que se debe realizar una revisión exhaustiva de la

información técnica inherente al proceso (Diagrama de tubería e instrumentación, diagrama de flujo de proceso, entre otros).

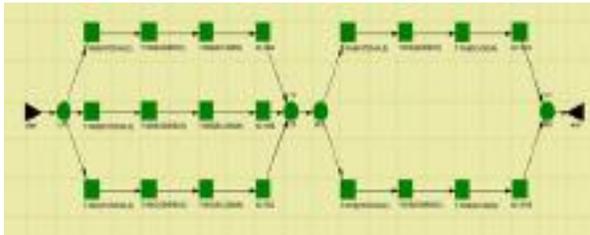


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Dependencia de Procesos (DDP) de una Instalación Industrial.

Es importante destacar que el modelo propuesto se debe representar desde el punto de vista de confiabilidad y que considere los aspectos del proceso, pero el mismo bajo ningún concepto es un diagrama de proceso. Asimismo, el modelo desarrollado debe ser validado por expertos en el área y por personal que interviene diariamente en la operación y mantenimiento del sistema productivo, y debe reproducir el comportamiento real del sistema dentro de su contexto operacional.

Elementos de modelación de los Diagramas de Dependencia de Proceso (DDP)

Parámetro de producción "Q"

Cada bloque del modelo RAM debe tener definido un "valor Q", el cual representa un parámetro de producción del modelo (por ejemplo: capacidad de generación, barriles de crudo, cantidad de producto, entre otros).

Para efectos de la simulación, se debe definir el siguiente criterio: cuando el sistema está operativo entonces el rendimiento de producción es Q; para el caso de que el sistema no esté operativo el rendimiento de producción es 0. En este sentido, existen 4 distintos estados, para que el equipo se encuentre inoperativo o fuera de servicio, los mismos se presentan a continuación:

- Equipo en reparación después de una falla.
- Equipo en mantenimiento preventivo.
- Equipo en falla, pero aún no ha sido detectada (falla latente)

- Equipo disponible pero no requerido para su uso.

Grupos de proceso

Es un conjunto de bloques que poseen alguna característica en común relevante al funcionamiento del sistema.

Grupo de Proceso: Serie.

En este grupo, todos los bloques son configurados en línea (ver figura 4) y una falla de cualquiera de estos, el Q del grupo es cero. El rendimiento de esta configuración está limitada a la mínima entre las capacidades de cada uno de los componentes, es decir:

$$Q_{serie} = \text{MIN} [q_1, q_2, q_3, \dots, q_n]$$

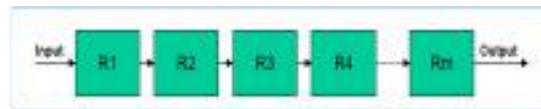


Figura 4. Diagrama de Dependencia de Procesos mínimo.

Grupo de Proceso: Redundancia Activa.

La redundancia activa, permite el modelado de un sistema donde dos o más bloques están en paralelo (ver figura 5) y todos los bloques que lo conforman podrían estar operando, pero si uno de ellos falla, no implica que la producción se detenga. (RAMP 5.0 User Manual, 2008)

Un ejemplo del uso de este grupo serían los siguientes:

- Un sistema de generación eléctrica que está conformado por 3 turbo-generadores, donde cada equipo pueda producir el 50% de la meta de generación.
- Un sistema de bombeo conformado por 3 bombas centrífugas, en el que cada una de estas maneja un tercio del fluido total (la falla sería parcial).

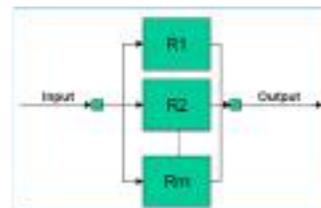


Figura 5. Diagrama de Dependencia de Redundancia.

Para este tipo de configuración el "Q" del grupo es el mínimo valor de la sumatoria de las capacidades de todos los equipos presentes en el grupo a una tasa R, es decir:

$$Q_{\text{activa}} = \text{MIN} [R, Q_1 + \dots + Q_n].$$

Además, se debe definir un nivel de corte "C" de manera que cuando:

$$Q_{\text{activa}} < C \text{ entonces } Q_{\text{activa}} = 0.$$

De lo anterior se tiene que la capacidad máxima de esta configuración, es la tasa asignada y que existe una pérdida de la función del sistema cuando la sumatoria de las capacidades de los equipos es menor que el nivel de corte, entonces se asume que la capacidad del grupo es cero.

Grupo de Proceso: Redundancia en Standby.

La redundancia en standby permite el modelado de sistemas en el cual no todos los bloques son requeridos al mismo tiempo para alcanzar el valor de producción "Q" deseado.

Como premisa para esta configuración se tiene que, si un bloque no es requerido en un momento determinado, el equipo permanecerá en standby o en reposo, y solo es utilizado en caso de que el alguno de los que estaban operativas falle.

Para este tipo de configuración el parámetro de producción Q del grupo, se calcula de forma análoga a la del grupo de redundancia activa, es decir, el parámetro Q es el mínimo valor entre la sumatoria de las capacidades de los equipos presentes en el grupo a una tasa R que es especificada desde el diseño, es decir:

$$Q_{\text{standby}} = \text{MIN} [R, Q_1 + \dots + Q_n].$$

De igual forma que en la anterior, se tiene también un nivel de corte C de manera que cuando $Q_{\text{standby}} < C$ entonces $Q_{\text{standby}} = 0$.

Grupo de Proceso: Almacenamiento.

El grupo almacenamiento puede ser utilizado para modelar tanques (ver figura 6) o elementos de proceso similar, además también puede utilizarse para simular efectos retardados de fallas o para modelar la disponibilidad de la

aceptación de residuos. A continuación se presentan las ecuaciones que rigen este grupo:

$$Q_{\text{Almacenamiento}} = q_2 \text{ si el almacenamiento no está vacío}$$

$$Q_{\text{Almacenamiento}} = \text{MIN} [q_1, q_2] \text{ si está vacío}$$

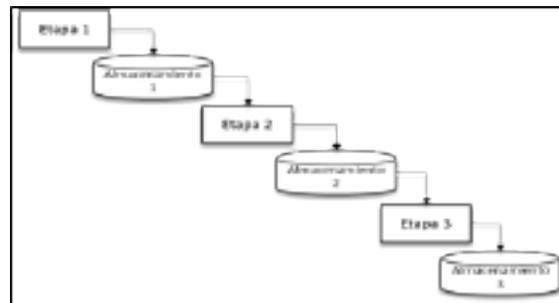


Figura 6. Ejemplo de Almacenamiento de Tanques.

Grupo de Proceso: Tiempo de Retardo.

Este grupo modela un medio de aumento o disminución de la capacidad de un sistema productivo en función del tiempo. El mismo se emplea cuando el sistema debe esperar un tiempo antes de reanudarse por completo y pasar a estar operativo 100% (por ejemplo si un activo ha sido apagado o si sufrió una reparación).

El cálculo del mismo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Si } q_1 = 0 \text{ entonces } Q_t = 0$$

Después de un tiempo de retraso T

$$q_1 > 0. \text{ Entonces } Q_t = q_1$$

De manera análoga, si después de cierto tiempo T

$$q_1 \text{ sigue siendo } > 0. \text{ Entonces } Q_t = q_1 + q_2$$

Así sucesivamente hasta q_n

Donde:

Q_t = Parámetro de Producción modelado bajo la configuración "Tiempo Retardado"

q_1, q_2, q_n = Elementos con capacidad q.

Funciones Lógicas

Función Producto:

La función lógica producto, tal como su nombre lo indica devuelve el producto de la capacidad de los n elementos que conforman dicho grupo.

$Q_{\text{producto}} = q_1 * q_2 * q_3 * \dots * q_n$.

Donde:

$q_1, q_2, q_3 =$ elementos con capacidad q .

Esta función se emplea para modelar el efecto acumulativo de los elementos que restringen el rendimiento a una proporción de la máxima teórica. Asimismo, también se podría emplear para multiplicar la salida del grupo por una constante.

Función Cociente:

Esta función permite dividir por una constante, de manera que el valor de Q de salida del grupo sea el resultado de dicha división.

$$Q_{\text{cociente}} = q_1 / q_2$$

Donde:

$q_1, q_2 =$ elementos con capacidad q .

Un ejemplo de uso de esta función, es la simulación de la disponibilidad de un sistema productivo (por ejemplo la capacidad dividida entre la demanda), con el objetivo de verificar si se cumple con las necesidades para las cuales se utiliza el sistema.

Función Diferencia:

Esta función devuelve la diferencia entre las capacidades de dos bloques, y es comúnmente empleado para monitorear pérdidas en la producción como por ejemplo la demanda menos la capacidad, de manera que:

$$Q_{\text{diferencia}} = \text{MAX} [q_1 - q_2, 0]$$

Un ejemplo práctico del uso de esta función, es cuando se requiere comparar la capacidad de producción con la demanda, para evaluar los tiempos en los que la capacidad del sistema se encuentra por debajo de la demanda.

Función Mayor / Menor Que:

La función "Mayor que y Menor que" son similares, y tal como su nombre lo indica, permite establecer un nivel, bien sea mayor o menor, tal que si no se satisface la condición, el Q de salida del grupo sea 0.

La aplicación de esta función lógica es para equilibrar cargas o compensar fallas de un subsistema incrementando la salida de otro

subsistema.

Sí $q_1 > q_2$ entonces $Q_{\text{mayor}} = q_1$

De lo contrario $Q_{\text{mayor}} = 0$

Sí $q_1 < q_2$ entonces $Q_{\text{menor}} = q_1$

De lo contrario $Q_{\text{menor}} = 0$

Función Igualdad:

Esta función lógica permite al usuario detectar si una capacidad de grupo o elemento es igual a una condición conjunto.

El mismo debe contener exactamente dos elementos y el Q de salida se calcula de la siguiente manera:

$Q_{\text{igualdad}} = q_1$ si q_1 está fuera del rango.

$Q_{\text{igualdad}} = q_2$ si q_1 está dentro del rango.

Rango: {Límite Inferior; Límite Superior} "previamente definido".

Donde:

$q_1, q_2 =$ elementos con capacidad q .

Es decir, la capacidad del grupo es igual a q_1 si este se encuentra fuera del rango previamente establecido, para el caso de que q_1 se encuentre dentro del rango, entonces la capacidad del grupo es igual a q_2 .

SIMULACIÓN DEL MODELO

Una vez modelado el sistema productivo, se procede a realizar la simulación. Para esto es necesario definir el periodo de tiempo en el cual se desea simular el comportamiento del sistema, puesto que las condiciones de operación y mantenimiento dependen de las distribuciones de probabilidad de cada bloque y esta a su vez del variable tiempo.

En este sentido, y para disminuir la incertidumbre en este tipo de estudios, es necesario hacer uso de la Simulación de Montecarlo, para obtener los distintos resultados posibles del modelo RAM. Es por esta razón, que para el modelaje de sistemas complejos se recurre al uso de programas computacionales (tales como: Blocksim, RAPTOR, RAMP, MAROS, entre otros), debido a que es necesario repetir varias veces una

simulación del sistema con el mismo valor de tiempo analizado, para obtener los distintos escenarios de comportamiento posible y dar confianza estadística a los valores calculados (ver figura 7).



Figura 7. Gráfico de Frecuencia de Disponibilidad para determinado periodo de tiempo.

Posteriormente, se debe simular el modelo para distintos periodos de tiempos, con el objetivo de pronosticar el comportamiento del sistema productivo desde el punto de vista de confiabilidad y de producción.

En la figura 8, se muestra un perfil estocástico de los valores de disponibilidad de un sistema productivo para años futuros.

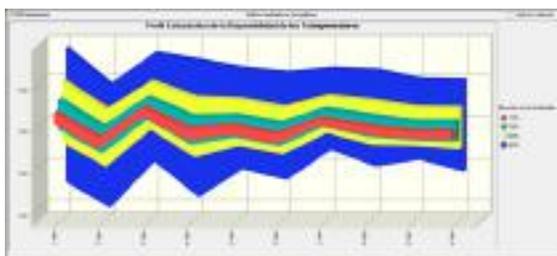


Figura 8. Perfil Estocástico de la Disponibilidad. JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS

Una de las ventajas de realizar un Análisis RAM a sistemas complejos, es que del mismo se puede obtener una lista jerarquizada de los activos que tienen mayor aporte a la indisponibilidad del sistema y su afectación al sistema de producción (ver tabla 2). Esta lista jerarquizada, permite conocer a la organización los activos

críticos del sistema y dirigir en ellos las acciones, estrategias y recursos con el objetivo de obtener un mayor rendimiento del sistema productivo.

Nro.	Criticidad	Equipo	TPEF	Fallas esperadas
1	1,757	Equipo 1	504,08	12
2	1,494	Equipo 2	267,72	24
3	1,39	Equipo 3	823,04	11
4	0,933	Equipo 4	1028,23	83
5	0,867	Equipo 5	780,15	52
6	0,861	Equipo 6	984,67	41
7	0,825	Equipo 7	1053,28	80
8	0,7	Equipo 8	783,56	111
9	0,691	Equipo 9	1160,62	33
10	0,593	Equipo 10	457,7	96
11	0,586	Equipo 11	985,95	5
12	0,531	Equipo 12	496,12	177

Tabla 2. Tabla ejemplo de Lista jerarquizada de activos de un sistema productivo.

Asimismo, el modelo RAM permitirá analizar y verificar el comportamiento de un potencial re-diseño o cambio en la filosofía operacional del sistema productivo en los índices de confiabilidad y de producción antes de su implementación. Esto es de gran valía y ayuda para la toma de decisiones, puesto que permitirá realizar un análisis técnico (desde el punto de vista de confiabilidad y mantenimiento) y económico del sistema productivo y seleccionar la opción más óptima de rediseño o cambio en la filosofía operacional.

BENEFICIOS DEL ANÁLISIS RAM EN SISTEMAS PRODUCTIVOS COMPLEJOS

Los resultados de la simulación del modelo RAM permiten a la Organización lo siguiente:

- Identificar los "cuellos de botella" en el sistema productivo.
- Evaluar los perfiles de demanda del producto.
- Evaluar posibles cambios en los procedimientos de operación y mantenimiento de los activos del sistema productivo.
- Evaluar la distribución de recursos (mano de obra, repuestos, etc.) del mantenimiento.
- Estimar tiempos de falla para el sistema de producción como un todo.
- Verificar si la organización está cumpliendo o

podrá cumplir el volumen de producción.

Asimismo, los valores obtenidos permitirán identificar de manera precisa la causa de baja disponibilidad o productividad del sistema productivo. Puesto que los resultados calculados sirven para reconocer los problemas particulares del sistema productivo. Por ejemplo:

- Un equipo/sistema/subsistema posee bajo rendimiento.
- Un activo permanece largos periodos de tiempo en reparación.
- Falta de repuestos para ejecutar una reparación, entre otros.

CONCLUSIONES

- A través de la aplicación de la metodología Análisis RAM a Sistemas Productivos complejos, se logra mitigar de manera significativa el riesgo e incertidumbre asociadas a las variables de producción de los activos de la organización, dando lugar a un proceso de toma de decisiones bajo un esquema de evaluación y comparación de los diferentes escenarios en función del comportamiento de los activos desde el punto de vista de operación y mantenimiento.
- El análisis de los datos de falla y reparación de los activos es una de las fases más importantes del desarrollo del modelo RAM, debido a que del mismo se estimarán las variables estadísticas que serán simuladas, y pronosticarán el comportamiento del activo.
- El modelo RAM del Sistema Productivo, debe representarse desde el punto de vista de confiabilidad y que considere aspectos del proceso.
- El Diagrama de Dependencia de Proceso (DDP) permite modelar relaciones lógicas complejas entre los elementos del modelo con el objetivo de obtener una representación más exacta del proceso productivo analizado.
- Los grupos de proceso, permiten modelar bloques que poseen alguna característica en común y relevante para el funcionamiento del sistema. Por otra parte, las funciones lógicas, son necesarias para realizar un modelaje más

real del contexto operativo del sistema.

- La jerarquización de activos, permite la identificación de los equipos y sistemas críticos de un sistema productivo. Con esto, la asignación de recursos y esfuerzos corporativos será asertiva, y disminuirá la ocurrencia de eventos no deseados que inciden en la productividad de la organización.
- Con la finalidad de definir estrategias que aseguren el cumplimiento de la producción, se debe realizar un análisis a la indisponibilidad operacional del sistema productivo a través de otras metodologías de Ingeniería de Confiabilidad. Este análisis debe incluir un estudio de la política de mantenimiento actual, la política de gestión de partes y repuestos y la gestión del capital humano.

AUTOR:

Díaz B., Osberto J.

Ingeniero de Mantenimiento
Mecánico UNERMB 2008. Magister
Scientiarum en Gerencia de
Mantenimiento LUZ 2014.
Consultor de Ingeniería de
Confiabilidad E&M Solutions, C.A.

Green Maintenance O Mantenimiento Sustentable En Empresas De Oil & Gas

INTRODUCCIÓN

En 1994, durante el Simposium de Oslo sobre Consumo Sustentable, se definió a la producción de empresas sustentables en el mundo como "el uso de servicios y productos, que responden a las necesidades básicas, mejoran la calidad de vida, y a la vez, minimizan el uso de recursos naturales y materiales tóxicos, así como las emisiones de desechos y contaminantes durante el ciclo de vida del servicio o producto, sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras".

El desarrollo sostenible se basa en tres factores: sociedad, economía y medio ambiente. En el informe de Brundtland, se define como sigue: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

Asimismo, el desarrollo y el bienestar social están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente, y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

En resumen, el desarrollo sostenible o sustentable es un concepto desarrollado hacia el fin del siglo XX. Es una alternativa de reestructuración del concepto de desarrollo y procura la reconciliación entre el crecimiento económico, los recursos naturales y la sociedad. Es relativo al interés público en que se permite el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales a nivel mundial, pero

teniendo muy en cuenta los aspectos medioambientales y sociales globales, para que en el largo plazo no se comprometa ni se degrade sustantivamente ni la vida en el planeta, ni la calidad de vida de la especie humana.

Igualmente los calificativos de negocio sostenible o negocio verde se refieren a aquellas empresas que toman medidas para reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Normalmente, estas medidas implican reducir la cantidad de dióxido de carbono generado por las prácticas y procesos de la empresa. Estas prácticas, en estos momentos, deberían ser ya de sentido común, así como la de utilizar menos energía. La adopción de estas prácticas de eficiencia ecológica ofrece numerosos beneficios a los empresarios que buscan controlar los costos, atraer clientes, y llegar a ser socialmente responsables.

Como negocio verde, usted debe practicar lo que predica. Esto significa cumplir con todas las regulaciones ambientales aplicables a su empresa, lo que no sólo protege el medio ambiente, protege su negocio frente a multas y sanciones por parte de las administraciones u organismos gubernamentales dedicados a este fin.

En base a lo expuesto por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones

Unidas en 1983, podemos decir que la gestión de mantenimiento puede y debe apoyar a las empresas que en nuestro caso es el negocio de Oil & Gas, a mantener una producción verde o sustentable en los términos anteriores.

Muchos dirán que el negocio de Oil & Gas, es justamente antítesis o contrario al término verde o sustentable que hemos expuestos, pero igualmente estarán de acuerdo conmigo que este también representa un mundo de oportunidades, para empezar a tomar medidas que impliquen la reducción de consumo de energía y de la cantidad de dióxido de carbono generado por sus procesos.

En algunas empresas de Oil & Gas donde he laborado o asesorado en especial en Latinoamérica, no hay una cultura para tomar medidas para reducir u optimizar el consumo de energía ya sea gas o electricidad principalmente, esto tiene en parte una explicación; ya que precisamente el proceso de “upsteam” parte de lo que se produce especialmente el gas es usado como energía para generación de electricidad o para las turbo o moto maquinaria, la mayoría de los que mantiene operan o gerencian estos procesos a lega o considera que esta energía es prácticamente “gratis”, esto evidencia un desconocimiento de lo que representa la sustentabilidad.

Es por eso que podemos decir que el “Green maintenance” o Mantenimiento sustentable o Mantenimiento verde, en empresas de Oil & Gas es aplicable, aunque en la actualidad la mayoría de las normas, trabajos o publicaciones sobre este tema, está más enfocada al área de mantenimiento de infraestructura como edificios, viviendas, hospitales, etc.

OBJETIVOS

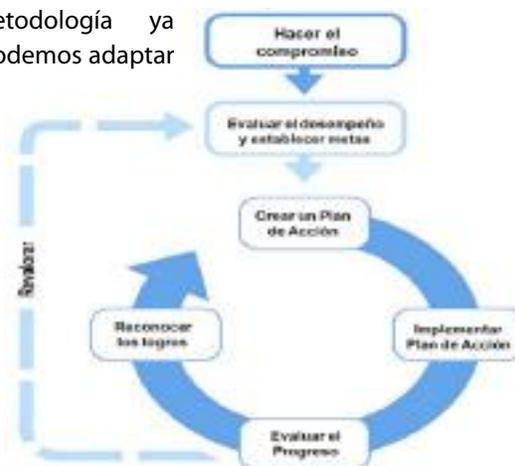
El objetivo de este trabajo no es en ningún momento el desarrollo de una metodología de mantenimiento verde, sino orientar en como aplicando las metodologías y estrategias de mantenimientos y gestión de activo actuales,

desde nuestro ámbito de acción podemos apoyar a la industria el Oil & Gas a utilizar de forma eficiente sus activos a lo largo de todo el ciclo de vida y de esta forma ser un componente clave para una operación eficaz y una referencia importante en el camino hacia la sostenibilidad y para convertirse en una empresa “verde”, para su beneficio, clientes y medio ambiente.

MÉTODO

Como lo indique anteriormente el objetivo de esta publicación no es mostrar una nueva metodología de trabajo ya que en la actualidad hay una gran variedad de estándares, programas o productos “Green”, por lo que para nuestro caso realice una consulta a la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA, por sus siglas en inglés), la cual tiene programas y productos dedicados exclusivamente para orientar o apoyar a las empresas, instituciones (públicas o privadas) y personas en general en la conservación del medio ambiente y reducción del consumo de energía entre otros, uno de las metodologías me pareció muy interesante tomar debido a lo sencillo de entender y aplicar es “ENERGY STAR”: el cual es un programa conjunto de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y el Departamento de Energía de Estados Unidos, cuyo propósito es Identificar y promover productos y prácticas de eficiencia energética que nos pueden ayudar a ahorrar dinero y proteger el medio ambiente. ENERGY STAR tiene una metodología ya probada la cual podemos adaptar a nuestro caso.

Las Directrices para la Gestión de la Energía de ENERGY STAR se deben seguir siete pasos principales que se describen a continuación y se ilustran en el gráfico (fig.1)*



*Fuente: ENERGY STAR Guidelines for Energy Management

Los pasos:

PASO 1: Haga el Compromiso

PASO 2: Evaluación de Desempeño

PASO 3: Establezca metas

PASO 4: Crear el Plan de Acción

PASO 5: Implementar el Plan de Acción

PASO 6: Evaluar el Progreso

PASO 7: Reconocer Logros

PASO 1: Comprometerse con la mejora continua

Las Organizaciones viendo los beneficios financieros de la gestión de energía se esfuerzan continuamente para mejorar su rendimiento energético. Su éxito se basa en la evaluación de regular del rendimiento energético y la aplicación de medidas para aumentar la eficiencia energética. No importa el tamaño o el tipo de organización, el elemento común de una gestión de la energía con éxito es el compromiso. Las organizaciones se comprometen a destinar el personal y los recursos financieros para lograr la mejora continua. Para establecer su programa de energía, organizaciones líderes forman un equipo de energía dedicado e han instituido una política energética.

PASO 2: Evaluación de Desempeño

Medir el uso de energía actual y pasado en las organizaciones e identificar las oportunidades para mejorar el rendimiento energético y obtener beneficios financieros. La evaluación del desempeño es el proceso periódico de evaluación de uso de energía para todas las instalaciones principales y funciones de la empresa y establecer una línea de base para medir los futuros resultados de los esfuerzos de eficiencia.

PASO 3: Establezca metas

Las metas de desempeño miden las actividades de gestión de energía y promover la mejora continua. Establecer objetivos claros y alcanzables es fundamental para la comprensión de los resultados previstos, el desarrollo de estrategias eficaces, y cosechar ganancias financieras. Metas bien establecidas, guían la toma de decisiones a diario y son la base para el seguimiento y medir el progreso. La comunicación y la publicación de las metas pueden motivar al personal para apoyar los esfuerzos de gestión de la energía en toda la organización. El Coordinador de la gestión de Energía en conjunto con el equipo son los que

normalmente desarrolla metas.

PASO 4: Crear el Plan de Acción

Con los objetivos en su lugar, las organizaciones se disponen a desarrollar el plan de trabajo para mejorar el rendimiento energético. Las organizaciones exitosas utilizan un plan de acción detallado para asegurar un proceso sistemático para implementar medidas de eficiencia energética. A diferencia de la política energética, el plan de acción se actualiza con regularidad, lo más a usado es sobre una base anual, para reflejar los logros recientes, los cambios en el rendimiento, y los cambios de prioridades. Aunque que el alcance y las actividades en detalle del plan de acción a menudo depende de las organizaciones donde se implantaran, el equipo de energía debe velar porque este plan cumpla con los objetivos y compromiso de la empresa y que contenga todo los elementos de un plan como: a que, con quien, cuando y como.

PASO 5: Implementar el Plan de Acción

Las personas pueden hacer o deshacer un programa de energía. Obtener el apoyo y la cooperación de las personas claves, en los diferentes niveles dentro de las organizaciones es un factor importante para la implementación del plan de acción con éxito en muchas empresas. Además, alcanzar las metas con frecuencia depende de la conciencia, el compromiso y la capacidad de las personas que van a poner en práctica los proyectos.

PASO 6: Evaluar el Progreso

Evaluar el progreso incluye la revisión formal de los datos sobre el uso de energía y las actividades llevadas a cabo como parte del plan de acción, en comparación con sus metas de desempeño. Resultados de las evaluaciones y la información recopilada durante el proceso de revisión formal es utilizada por muchas organizaciones para crear nuevos planes de acción, identificar las mejores prácticas, y establecer nuevas metas de desempeño.

PASO 7: Reconocer los Logros

Ofrecer y buscar el reconocimiento de resultados de la gestión de la energía es un paso comprobado para mantener el impulso y el apoyo a su programa. Brindar reconocimiento a los que ayudaron a la organización a lograr estos resultados motiva al personal y empleados y trae una manifestación positiva al programa de gestión de la energía.

Recibir el reconocimiento de fuentes externas, valida la importancia del programa de gestión de la energía a los interesados internos y externos, y ofrece un reconocimiento positivo para la organización en su conjunto.

CONCLUSIONES

Como pudimos ver en los resúmenes de cada uno de los 7 pasos de la metodología de la Gestión de la Energía de ENERGY STAR, los mismos son fácilmente aplicable a cualquier tipo de empresa u organización, por lo que considero que no debe de haber ningún inconveniente para su adaptación en la gestión de mantenimiento. La definición de estrategias de Gestión de Energía como políticas dentro la gestión de mantenimiento nos permitirán, utilizando la metodología antes indicada u otra, poder orientar nuestros procesos hacia la sostenibilidad o verde.

Como parte de este artículo quiero al igual que metodología de ENERGY STAR, ilustrar 7 practicas, estrategias o metodologías que actualmente usamos y que pueden servir de base para empezar la Gestión de la Energía, como parte del "Green maintenance" o Mantenimiento sustentable. Adicionalmente, en el anexo 1 hay un resumen de algunas iniciativas ya certificadas por ENERGY STAR en el área petrolera especialmente en Refinería:

1. Uso de técnicas de Mantenimiento predictivos o basado en condición, que permitan monitorear y controlar los consumos de energía y eficiencia en especial a los equipos de como turbomaquinaria y motores y generadores eléctricos y motocompresores o motobombas reciprocantes, que el en la empresas de Oil & Gas, este tipo de activo físico lo tenemos instalados en casi todas nuestras instalaciones y son los mayores consumidores de energía.
2. Dar énfasis en los análisis de obsolescencia de equipos, a todo lo referente al consumo de energías y lubricantes, nos permitiría realizar remplazos o "revamping" por equipos más eficientes desde el punto de vista de costo - riesgo - beneficio.
3. Diseñar estrategias o programas de mantenimiento (proactivos) basados en el nivel de energía que se consumen y así poder ir reduciendo en gran medida la utilización de energía de los activos.
4. Diseñar estrategias o programas de mantenimiento (proactivos) para evitar fugas o

escapes, si hacemos un análisis nos podemos impresionar de la gran cantidad de gas, crudo o aceite, que se quema o derrama al medio ambiente por fugas de válvulas principalmente, igualmente los escapes de aire por ranuras bajan el rendimientos de turbinas, enfriadores, calentadores y aires acondicionado requiriendo un mayor consumo de energía y bajando su eficiencia.

5. Realizar análisis o estudios RAM (en las etapas de diseño) que nos permitan a de más de garantizar una disponibilidad y confiabilidad deseada, un consumo de energía optimo, lo que implica evaluar los niveles de redundancia (pasiva o activa) y tecnologías.

6. En el caso Intrínseco de mantenimiento hay que determinar cuánta energía se está consumiendo para la realizar el proceso de mantenimiento (planificación, programación, ejecución e ingeniera), aunque se considere insignificante evaluar el desempeño periódico del uso de energía para todas las instalaciones de mantenimiento (oficinas y almacenes, etc.).

7. Convertirse la gestión de mantenimiento más verde y sostenible, no depende únicamente de control del consumo de energía, así que una buena práctica seria abandonar el uso del papel. El costo del papel, su almacenamiento y archivo después de utilizarlo pueden generar grandes gastos y es a la vez es poco eficiente, mediante la utilización de una plataforma electrónica se mejora enormemente la eficiencia y se tiene un mejor control, además de optimizar los costos.

El paso a ser verde o sustentable es algo más que una moda o palabra de moda, sino que de ahora en adelante es un componente clave de una gestión de mantenimiento eficaz, una ruta trascendental en el camino hacia la sostenibilidad y la supervivencia en el futuro; así que convertirse en "verde" está en la incorporación de esta filosofía como parte del Sistema de Gestión de Gestión de Activos.

AUTOR:
Arquimedes Ferrera
E&M Solutions Group

ISO 55000, ISO 31000 y API RP 581 Aliados Fundamentales Para La Generación De Valor En La Gestión Del Riesgo De Los Activos Físicos.

INTRODUCCIÓN

El análisis del riesgo ha sido utilizado de manera informal a lo largo de la historia de la humanidad, asociado siempre con la toma de decisiones. Estas corresponden a cuestiones tan simples como cruzar una calle o tan complejas como el diseño y operación de instalaciones industriales. En cualquier caso existen múltiples posibilidades, unas mejores y otras peores, cuya elección supone valorar y aceptar el riesgo asociado con la incertidumbre del resultado futuro.

El proceso de análisis del riesgo ha ido evolucionando a lo largo de la historia, aunque siempre ha estado basado en la recolección del mayor volumen de información posible acerca del problema y en la experiencia adquirida en el análisis de problemas similares.

Dicha evolución ha ido acompañada o precedida por la demanda social de mayores niveles de seguridad, en particular en aquellos aspectos de la actividad humana que puedan suponer la pérdida de vidas humanas, graves daños al entorno, o pérdidas comerciales importantes. En ello ha influido, evidentemente, la rápida evolución tecnológica que ha experimentado la industria a lo largo de las últimas décadas, lo que ha llevado a un aumento de la frecuencia de accidentes con impacto importante sobre las personas, el

medio ambiente o la propiedad. Estas circunstancias han favorecido el crecimiento de un sentimiento generalizado sobre la necesidad de controlar de manera más precisa el riesgo asociado con el desarrollo de la actividad industrial.

DEFINICION DE RIESGO

Desde el punto de vista filosófico, el riesgo es un concepto complejo que tiene que ver con la posibilidad de ocurrencia de sucesos en el futuro, y que, por consiguiente, no se encuentra presente. Aquellas situaciones donde el futuro se conoce con total certeza. En cierto sentido, el riesgo se considera como algo irreal, producto de la mente, que se encuentra íntimamente ligado a la percepción individual o colectiva. Podemos decir entonces que el temor que infunde el enfrentar situaciones que encierren incertidumbre y pongan en peligro la integridad física del hombre o su entorno este sentimiento lo identificamos los humanos como riesgo. Sin embargo, el propósito del ingeniero consiste en tratar de establecer su valoración mediante las técnicas y modelos matemáticos a su alcance.

La palabra riesgo es entendida en la mayoría de los casos en términos peyorativos, aunque se encuentre presente, en mayor o menor medida, en gran parte de la actividad humana, hasta el punto que éste no es asumido de manera

voluntaria sin esperar un beneficio a cambio.

No existe una relación lineal entre la reducción del riesgo y la asignación de recursos necesaria para ello. Es más, cuanto menor es el nivel de riesgo deseado mayor es el número de recursos necesarios para su disminución, y en la mayoría de los casos no existe el término riesgo nulo. Por consiguiente, se habla de riesgo aceptado o soportado sobre la base de los recursos asumidos como convenientes para controlarlo.

En el lenguaje cotidiano el riesgo es sinónimo de peligro y, por consiguiente, se considera que ambos son intercambiables. Sin embargo, un tratamiento riguroso por parte del ingeniero que debe llevar a cabo el análisis de riesgos requiere que la terminología sea más precisa. La figura 1 muestra un esquema con los conceptos básicos más importantes, cuyo dominio resulta imprescindible para entender el fundamento para seleccionar y manejar la técnica más adecuada en cada caso dentro de las diferentes etapas que componen el procedimiento de aplicación del Análisis de Riesgo.

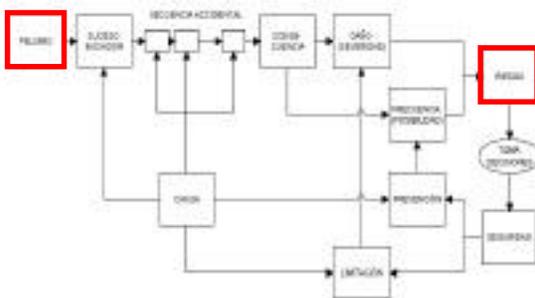


Figura 1. Esquema conceptual del Riesgo

Peligro: El concepto de peligro, en inglés "hazard", se utiliza para designar una condición física o química que puede causar daños a las personas, al medio ambiente y/o a la propiedad. Por consiguiente, el peligro es algo tangible y objetivo. Entre los ejemplos de tipos de peligros se pueden citar las sustancias tóxicas, inflamables y explosivas, la altura.

Riesgo: Por su parte, el riesgo, en inglés "risk", se utiliza para indicar la posibilidad de causar

pérdidas o daños a las personas, al medio ambiente y/o a la propiedad como consecuencia de la ocurrencia de sucesos no deseados. Así, el riesgo puede entenderse como una medida cuantitativa del peligro.

La diferencia entre peligro y riesgo se pone de manifiesto en la figura 1. El peligro se encuentra en el origen de una consecuencia adversa sobre las personas, el medio ambiente y/o la propiedad. Sin embargo para que el peligro existente desemboque en dicha consecuencia adversa se requiere que ocurra una cadena de acontecimientos. El primer eslabón de la cadena corresponde al suceso iniciador. En principio, en el caso de instalaciones, los sucesos iniciadores se dividen en dos grandes grupos:

1) *Sucesos internos, tales como:*

Perdida de la función contención de equipos activos tales como recipientes a presión, tuberías, calderas, bombas, mal funcionamiento en procesos de operación y controles, y errores humanos.

2) *Sucesos externos, tales como:*

Fenómenos naturales (rayos, terremotos, inundaciones), impactos de industrias vecinas, impactos de medios de transporte como por ejemplo aviones, camiones, errores humanos o sabotajes.

El primero de los grupos tiene su origen en la propia actividad industrial mientras que el segundo se sitúa en el entorno de la actividad.

Causas: Como se esquematiza en la figura 1, detrás de cada suceso iniciador o eslabón de la cadena accidental existen diferentes causas que explican el camino concreto seguido en la progresión de un determinado accidente hasta llegar a un determinado tipo de consecuencia, el cual es conocido como secuencia accidental. La identificación de las causas que pueden conducir a las diferentes secuencias accidentales es fundamental, no sólo para cuantificar el riesgo de una secuencia accidental, sino en particular para establecer la

política más adecuada en materia de seguridad para contrarrestarlo.

Componentes del riesgo: frecuencia y daño son los elementos que el ingeniero estableció para valorarlos y frecuentemente cuando se pide una definición es común escuchar esta.

Cada secuencia accidental conduce a un determinado tipo de consecuencia adversa para la seguridad de las personas, medio ambiente y/o propiedad. Además de las causas, dos son los aspectos que caracterizan a una determinada secuencia accidental; el primero referido a la frecuencia con que esta puede ocurrir y en segundo lugar el daño que su ocurrencia puede generar. Por ello, en general se habla de que el riesgo tiene dos componentes, correspondientes a la frecuencia y el daño. Así, una de las maneras más simples y comunes de expresar el riesgo de una secuencia accidental es mediante el siguiente producto:

$$R = F \cdot D$$

Donde F representa la frecuencia prevista de ocurrencia, por ejemplo, expresada como veces por unidad de tiempo, y D corresponde al daño esperado tras dicha ocurrencia, el cual es la medida de la magnitud o severidad de un determinado tipo de consecuencia, por ejemplo, expresada como la cantidad de pérdidas económicas por cada suceso.

SERIE ISO 55000 GESTIÓN DE ACTIVO

Esta Norma Internacional proporciona una visión general de la gestión de activos y Gerencia de Sistemas de gestión.



La aplicación de un sistema de gestión de activos acorde a esta normativa proporciona la seguridad de que los objetivos organizacionales se pueden lograr de

manera consistente y sostenible en el tiempo.

La serie ISO 55000 está conformada por tres documentos específicos:

ISO 55000: Proporcionará una visión global, conceptos y terminología en Gerencia de Activos

ISO 55001: Especificará los requerimientos para las buenas prácticas en Gerencia de Activos.

ISO 55002: Proporciona una guía para la interpretación e implementación para un Sistema de Gerencia de Activos.



FUNDAMENTO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

En el documento ISO 55000 se establece claramente dos aspectos fundamentales en el éxito de una gestión de activos:

Generación de valor: El activo existe para generar valor a la organización y sus accionistas. La Gestión de activos no se centra en el propio activo, sino en el valor que el activo puede proporcionar a la organización. El valor (puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero) incluye:

- Una declaración clara de cómo los objetivos de gestión de activos se alinean con los objetivos de la organización.
- Enfoque de gestión en el ciclo de vida del activo para potenciar la generación de decisiones soportadas en valor.
- Establecimiento de procesos de toma de decisiones alineadas a los intereses del negocio.

Alineación de Objetivos: La Gestión de Activos traduce los objetivos de la organización en objetivos técnicos, financiero, decisiones, planes y actividades.

- Las decisiones basadas en riesgo, en información conjuntamente con la planificación efectiva, serán fundamental para transformar los Planes Estratégicos de la Organización en Planes de Gestión de activos.
- Es necesario lograr que la gestión de activos se convierta en un eje transversal que toque toda la organización (finanzas, recursos humanos, sistemas de información, logística, producción, ingeniería, mantenimiento y operaciones)
- Las especificaciones de diseño como elemento fundamental en el soporte de la Gestión de activos.

los siguientes:

1. Estrategia de Planificación y gestión de Activos
2. Planificación de la Gestión de Activos, toma de decisiones
3. Actividades del Ciclo de Vida
4. Conocimiento de los Activo
5. Organización y personas facilitadoras
6. Revisión y Riesgo

Cada uno de estos seis grupos están conformados por 39 Temas que le dan forma y sustentan conceptualmente el Asset Management, dichos temas se consolidan en la figura 3 que se muestra a continuación.

LA GESTIÓN DE ACTIVOS Y SU INTERCONEXIÓN CON LA GESTIÓN DE RIESGO.

En el modelo conceptual de la Gestión de Activos establecido por el Instituto of Asset Management (IAM) que se muestra en la figura 2, establecido en el documento Asset Management – an anatomy



Figura 3. 39 Temas del Asset management. © Copyright 2014 Institute of Asset Management

Gestión Optimizada Activos Físicos



Figura 2. Modelo Conceptual del Asset Management. © Copyright 2014 Institute of Asset Management

En esta figura se establecen seis grandes grupos que conforman la estrategia de Implementación del Asset Management y son

En este sentido podemos ver claramente como una gestión de riesgo bien establecida puede apoyar cada uno de los 6 grupos que conforma la estrategia de implementación del Asset management.

Estrategia de Planificación y gestión de Activos

En este grupo una estrategia de gestión basada en riesgo permite el establecimiento de una planificación estratégica a corto mediano y largo plazo, estableciendo las prioridades para facilitar el direccionamiento del presupuesto de mantenimiento hacia los equipos que realmente lo requieren así como estableciendo

claramente el alcance de lo que requieren para ser mantenidos bajo los niveles de riesgo tolerables establecidos por la organización. Toda esta planificación estratégica estaría soportada por la generación de los planes de Inspección y/o mantenimiento soportados en riesgo. Es fundamental en esta etapa el insumo de los compromisos de producción a corto mediano y largo plazo para que realmente la planificación aporte valor al negocio.

Planificación de la Gestión de Activos, toma de decisiones

En este grupo una estrategia de gestión basada en riesgo comparada con una tradicional basada en condición, la estrategia basada en riesgo reduce simultáneamente tanto el riesgo asociado a la operación de equipos como los costos asociados al esfuerzo de la inspección. Ver figura 4.



Figura 4. Curva Comparativa entre costos de programas de Mantenimiento entre estrategias basada en riesgo y basadas en condición. Tomada del API RP 580.

La experiencia indica que en una planta de proceso en funcionamiento, un porcentaje relativamente alto del riesgo se asocia a un pequeño porcentaje de los equipos.

Las decisiones basadas en riesgo buscan concentrar o direccionar los recursos disponibles hacia los equipos con mayor nivel de riesgo, asignando a cada equipo el nivel de mantenimiento que individualmente cada una amerita.

Existen varias maneras de alcanzar reducciones importantes de costos en la inspección y mantenimiento de un activo, el más significativo es afectando el alcance de las paradas de plantas programadas, permitiendo tomar decisiones que aportan alto valor al negocio disminuyendo considerablemente la duración de las mismas, como aporte importante hablamos de:

- 1 Reducción del número de equipos que serán aperturados para inspección interna en la futura parada.
- 2 Extensión de los intervalos entre paradas.
- 3 Reducción de la duración de la parada.
- 4 Reducción de costos por disminución del alcance de las inspecciones de monitoreo de espesores en tuberías y recipientes.
- 5 Disminuir la cantidad de Dispositivos de Alivio de Presión a mantenimiento por año.

Actividades del Ciclo de Vida

En este grupo una estrategia de gestión basada en riesgo permite potenciar claramente las actividades que aportan mayor valor sobre el ciclo de vida del activo determinando claramente su condición, estableciendo estrategias de mantenimiento acordes a la necesidad de cada equipo, tomando en cuenta las consecuencias de falla de cada uno, esto como elemento fundamental para la definición del riesgo asociado y determinando al mismo tiempo de manera proactiva estrategias de mitigación de las posibles consecuencias de falla de cada equipo. En este sentido el cálculo de consecuencias de falla deberá permitir el establecimiento de diferentes escenarios de ocurrencia y con ellos establecer el cálculo financiero del impacto de falla de cada equipo, reflejando su potencialidad sobre la seguridad de la gente, el impacto sobre ambiente y el negocio mismo.

Conocimiento de los Activo

El desconocimiento o incertidumbre sobre la condición de los activos es un elemento potenciador del riesgo y al mismo tiempo es una de las causas de mayor destrucción de valor en una organización, En este grupo una

estrategia de gestión basada en riesgo permite en primera instancia sentar las bases para la organización de la información, es muy común escuchar de la existencia de plantas con más de 30 años de operación y no se tienen información de sus equipos, esto obedece a una cultura donde se le ha dado muy poca importancia a la información. En este sentido el mejor día para iniciar un proceso de mejora en una organización sobre la información de los activos es hoy y olvidarse de los milagros, la información hay que construirla y para construirla hay que invertir tiempo y dedicación. Una estrategia de mantenimiento basada en riesgo permite construir dicha información y erradicar la incertidumbre sobre la condición de los equipos, basando dicha estrategia en el cierre de ciclos y esto solo se puede lograr mediante el cumplimiento de los programas de mantenimiento e inspección, ya que en la medida que intervenimos o inspeccionamos nuestros equipos en esa medida nos va generando información de su comportamiento y con ellos poder predecir eficientemente su comportamiento futuro, esto solo se logrará si contamos con un sistema informático que nos permitan conservar eficientemente esa historia la cual permitirá construir la certeza e cuanto a la condición de cada uno de nuestros equipos a lo largo del ciclo de vida.

El cierre de ciclos es la piedra angular del éxito de una gestión de mantenimiento basada en riesgo, como todos sabemos el riesgo es una función del tiempo y de la incertidumbre en la medida que ambos componentes se incrementan necesariamente va a cambiar la probabilidad de falla del equipo bien sea por incertidumbre o porque en realidad los mecanismos de daño están actuando físicamente sobre la integridad del componente, la única manera de poder tener control sobre estos dos parámetros es cumpliendo el ciclo de retroalimentación requerido para el recalcu de riesgo y con ello definir eficientemente cual es la necesidad de mantenimiento real que el equipo necesita. En

la figura 5 podemos visualizar algunos componentes del ciclo.

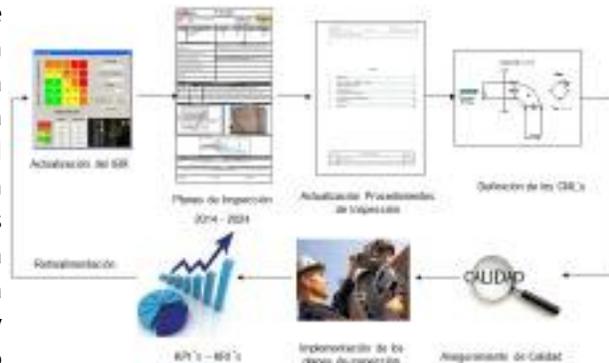


Figura 5. Ciclo de implementación de una gestión basada en riesgo.

Organización y personas facilitadoras

Reglas y procedimientos organizacionales no actualizados es una de las primeras debilidades que una empresa debe fortalecer para asegurar el éxito de un proceso de implementación de riesgo, sobre todo en aquellas empresas donde la tercerización es muy común, esto va a permitir que todos los entes externos efectúen las actividades acorde a los requerimiento de la empresa, en este sentido es fundamental que las especificaciones técnicas de los diferentes contratos estén alineadas a los procedimientos internos, esto asegurará que las actividades se hagan como internamente queremos que se haga.

En este grupo una estrategia de gestión basada en riesgo requiere de una organización alineada a cuatro roles fundamentales de una organización de mantenimiento Diagnóstico, Planificación, Programación y Ejecución, la inexistencia de algunos de estos roles en una organización de mantenimiento convierte en un ente disfuncional a la organización, haciendo un símil con el cuerpo Humano la ausencia de los sentidos, del cerebro o de las manos nos hace discapacitados como seres humanos para desarrollarnos integralmente igual ocurre en las organizaciones tal como se muestra en la figura 6 que se muestra a continuación.



Figura 6. Símil entre el cuerpo humano y los roles de una organización de mantenimiento.

Revisión y Riesgo

Dentro de los 39 temas establecidos por el Institute Of Asset Management (IAM) como integrantes del Asset management específicamente se encuentra la evaluación de riesgo y su gestión, para ellos es fundamental el establecimiento de estrategias que aseguren claramente el éxito de este importante tema, es tan así de importante que dentro de los estándares ISO, se estableció en el año 2009 el estándar ISO 31000 tomando en cuenta que todas las actividades de una organización implican riesgos. Es por ellos que esta norma se considera complemento del ISO 55000.

ISO 31000 Y API RP 581 EN LA GESTIÓN DEL RIESGO

Mientras todas las organizaciones gestionan el riesgo a diferentes niveles, la ISO 31000 establece una serie de principios que se deben satisfacer para que la gestión del riesgo sea eficaz. Esta norma internacional recomienda que las organizaciones desarrollen, implementen y mejoren de manera continua un marco de trabajo cuyo objetivo sea integral el proceso de gestión del riesgo en los procesos de gobierno, de estrategia y de planificación, así como en los valores y en la cultura de toda la organización.



Fig 7. Estándar ISO 31000

Aunque la práctica de la gestión del riesgo se ha desarrollado a lo largo del tiempo y en numerosos sectores con el objeto de satisfacer diversas necesidades, la adopción de procesos coherentes dentro de un marco de trabajo exhaustivo puede contribuir a asegurar que el riesgo se gestione de una manera eficaz, eficiente y coherente en el seno de la organización. El enfoque genérico que se describe en esta norma internacional Proporciona los principios y las directrices para gestionar cualquier forma de riesgo de una manera sistemática, transparente y confiable, dentro de cualquier alcance y de cualquier contexto. En este sentido es aquí donde entra a jugar un papel fundamental la necesidad de definir las estrategias que complementen a esta normativa para la definición de riesgo de un equipo estático, la cual podrá ser desarrollada mediante el uso conjunto de la normativa API RP 581 Risk-Based Inspection Technology.



Figura 8. Documento API RP 581



De acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 31000 para que la gestión del riesgo sea eficaz, las organizaciones deben cumplir los siguientes principios:

- (a) La gestión del Riesgo crea y Protege Valor: La gestión del riesgo contribuye de manera tangible al logro de los objetivos y a la mejora del desempeño.
- (b) La gestión de riesgo debe ser parte integral de los procesos de la organización: La Gestión de riesgo es una parte integral de todos los procesos de la organización, incluyendo la planificación estratégica y todos los procesos de gestión de cambios.
- (c) La gestión del riesgo debe ser parte de la toma de decisiones: La gestión de riesgo debe ayudar a las personas a tomar las mejores decisiones desde el punto de vista económico y de seguridad, así como ayuda a definir

prioridades.

(d) La gestión de riesgo trata explícitamente la incertidumbre: La gestión de riesgo toma en cuenta explícitamente la incertidumbre, la naturaleza de la misma y la manera como debe ser tratada para fortalecer la toma de decisiones.

(e) La gestión de riesgo es sistemática, estructurada y oportuna: Un enfoque sistemático, oportuno y estructurado de la gestión de riesgo contribuye a la eficacia y a resultados coherentes, comparables y confiables.

(f) La gestión de riesgo se basa en la mejor información disponible: Los elementos de entrada del proceso de gestión de riesgo se basan en fuentes de información tales como datos históricos, experiencia, observación, juicios de expertos.

(g) La gestión del riesgo es dinámica, iterativa y responde a los cambios: La gestión de riesgo es sensible a los cambios y debe responder a ellos

(h) La gestión de riesgo facilita la mejora continua de la organización: Se pone énfasis en la mejora continua de la gestión del riesgo mediante el establecimiento de metas de desempeño organizacional, medición, revisión y la modificación posterior de los procesos. Los indicadores de riesgo deben permitir mediar el desempeño individual y de la organización en cuanto al desempeño en la gestión.

MARCO DE IMPLEMENTACIÓN DEL RIESGO BASADO EN ISO 31000 Y SU IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE API RP 581

El estándar ISO 31000 establece el “que se debe hacer” para asegurar el éxito en un proceso de implementación de estrategias de mantenimiento basadas en riesgo, es en este momento cuando se requiere el “cómo hacer” dependiendo de la naturaleza del riesgo que se vaya a analizar se debe enlazar el estándar con otras normativas que permita definir el paso a paso y cumplir con los diferentes requisitos que el estándar ISO 31000 establece, en este sentido para la implementación de una estrategia de

mantenimiento basada en riesgo para los equipos estáticos juega un papel fundamental la Normativa API RP 581 quien permitirá definir paso a paso el cumplimiento de cada uno de los elementos necesarios. Seguidamente veamos entonces cómo interactúan cada una de las dos normativas asociando el “que” debe hacerse con el “cómo” hacerlo.

El éxito de la gestión del riesgo dependerá de la eficacia del marco de trabajo de gestión que proporcione las bases y las disposiciones que permitirán su integración a todos los niveles de la organización. El marco de trabajo facilita una gestión eficaz del riesgo mediante la aplicación del proceso de gestión del riesgo diferentes niveles y dentro de contextos específicos de la organización. En este sentido un marco de trabajo debe claramente establecer los siguientes aspectos:

- La política de Gestión de Riesgo: La cual deberá indicar claramente los objetivos y el compromiso de la organización en materia de riesgo.
- Establecimiento de los mecanismos internos y externos de comunicación.
- Niveles de tolerancia al riesgo, esto es un elemento fundamental en todo proceso de gestión del riesgo porque es el elemento que permitirá tomar decisiones en cuanto al tratamiento del riesgo, sin la definición de este parámetro no es posible efectuar una implementación real de una gestión basada en riesgo. En este sentido no existe ninguna normativa que establezca valores referenciales de tolerancia al riesgo, debido a que la naturaleza de la tolerancia al riesgo es algo intrínseco a cada ser humano o a cada organización, en este sentido se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos para definir ese nivel de tolerancia mencionado anteriormente:
 - o Impactos aceptables por pérdidas de Producción, Seguridad y Ambiente.
 - o Historial de Fallas pasadas y condiciones generales de la instalación.
 - o Lineamientos propios y/o Niveles de tolerancia al Riesgo de la Empresa o sus filiales.

o Valores utilizados como “Riesgo Tolerable” por empresas del mismo sector utilizados como referencia. Estos valores pueden oscilar entre 5.000 USD/año para los más conservadores y 100.000 USD/año para los de mayor aversión al riesgo.

GESTION DE RIESGO SEGÚN ISO 31000

De acuerdo a lo establecido por esta normativa el proceso de gestión del riesgo debería ser una parte integrante de la gestión del negocio, debe integrarse en la cultura y en las prácticas del quehacer diario y adaptarse a los procesos de negocio de la organización.

Una gestión de riesgo deberá cumplir con los siguientes requisitos según lo establecido en el estándar ISO 31000 , dichos requisitos pueden apreciarse claramente en la figura 9 .

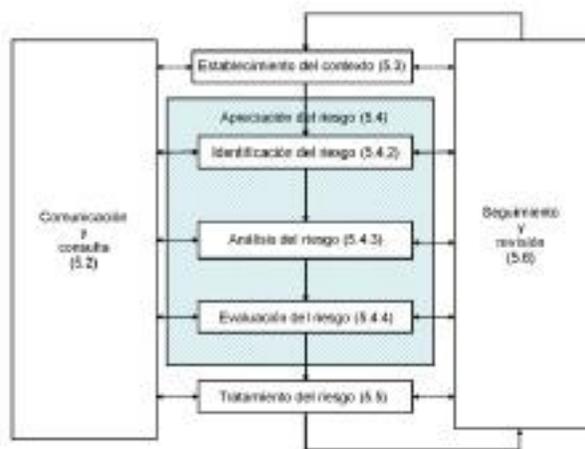


Figura 9. Requisitos de un sistema de Gestión de Riesgo.

Comunicación y consulta

Las comunicaciones y las consultas con las partes interesadas externas e internas se deberían realizar en todas las etapas del proceso de gestión del riesgo. Por ello, en una de las primeras etapas se deberían desarrollar los planes de comunicación y consulta. Estos planes deberían tratar los siguientes temas:

- Niveles de Tolerancia al riesgo de la organización.
- Elementos que influyen en la probabilidad de

falla de los equipos.

- Niveles de Consecuencias de falla de los equipos
 - Políticas de mantenimiento de los equipos.
- Esto permitirá asegurarse de que las personas responsables de la implementación del proceso de gestión del riesgo y las partes interesadas comprenden las bases que han servido para tomar decisiones y las razones por las que son necesarias determinadas acciones.

ESTABLECIMIENTO DEL CONTEXTO OPERACIONAL.

El contexto operacional es el entorno en que la organización busca conseguir sus objetivos. La comprensión del contexto es importante para asegurarse de que los objetivos e inquietudes de las partes interesadas externas se tienen en cuenta para definir un elemento tan importante como lo es el nivel de tolerancia al riesgo, el cual puede estar limitado por regulaciones legales externas o internas a la organización. En este sentido La organización debería definir los criterios que se aplican para evaluar la importancia de la gestión del riesgo. Entre ellos podemos nombrar los siguientes:

- Valores, objetivos y recursos de la organización.
- Requisitos legales o reglamentarios, requisitos suscritos por la organización.
- Naturaleza y los tipos de las causas y de las consecuencias que se pueden producir, y cómo se deben medir.
- Método de definición de la probabilidad de falla de los componentes.
- Método para determinar el nivel de riesgo
- Alineación a los niveles de tolerancia

APRECIACIÓN DEL RIESGO

El estándar ISO 31000 establece que la apreciación del riesgo es el proceso global de identificación, de análisis y de evaluación, esto puede apreciarse en la figura 9 donde estos tres elementos se observan resaltados en color azul. Este proceso de apreciación del riesgo requiere del entendimiento correcto de cada una de esta definiciones para poder profundizar en un proceso de implementación ya que la el Estándar ISO 31000 solo establece la directrices

para su implementación, en este sentido para el establecimiento de una gestión basada en riesgo para el equipo estático es necesario el apoyo de Experiencias y Normativa externa a la ISO 31000 que establezca claramente el “como” del proceso de implementación de una gestión basada en riesgo.

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

El proceso de identificación del riesgo es el primer paso que debe darse para una buena apreciación, Podemos definir entonces la identificación del riesgo como el proceso para localizar, listar y caracterizar los elementos del riesgo (Probabilidad y Consecuencias de falla). El estándar ISO 31000 establece que La organización debería identificar los orígenes del riesgo, las áreas de impactos, así como sus causas y sus consecuencias potenciales. El objetivo de esta etapa consiste en generar una lista de riesgos exhaustiva basada en aquellos sucesos que podrían crear, mejorar, prevenir, degradar, acelerar o retrasar el logro de los objetivos. El proceso de Identificación es el paso más importante en un proceso de gestión de riesgo ya que de no existir una buena identificación disminuimos drásticamente la probabilidad de éxito de las actividades de tratamiento del riesgo.

El proceso de identificación de riesgo en los equipos estáticos requiere el establecimiento de dos análisis, uno asociado a los elementos que originan la pérdida de la función contención y que están directamente relacionados con los mecanismos de deterioro a los cuales son susceptibles los equipos y que dependen del tipo de material de construcción, del diseño y del proceso, aquí hablamos entonces de la necesidad de identificar cada uno de los mecanismos de deterioro a los cuales son susceptibles los equipos, hablamos entonces de Adelgazamiento o pérdida de espesor interno o externo, agrietamiento, ataque por hidrogeno a alta temperatura, fatiga mecánica y fragilización.



Figura 10. Visualización de algunos Mecanismos de deterioro

La susceptibilidad a cada mecanismo de deterioro debe ser claramente definida para asegurar la eficacia de los planes de inspección ya que las técnicas de ensayos no destructivo que apliquen en el futuro al plan de mitigación del riesgo necesariamente están ligadas a la búsqueda de un mecanismo de deterioro específico, para ello es necesario soportarse en la normativa internacional vigente que exista hasta el día de hoy, En la figura 10 puede apreciarse algunas normas que sirven de soporte en esta importante etapa del proceso de apreciación de riesgo.



Figura 11. Normativa API RP 581 / API RP 571 / ASME PCC3 / DNV RPG 101 soporte para la determinación de la susceptibilidad a mecanismos de deterioro.

El segundo análisis que debemos emprender para una eficiente identificación del riesgo es el estudio y valoración de las consecuencias de falla asociadas a la pérdida de la función contención, las cuales dependerán del tipo de fluido de trabajo del equipo el cual puede ser inflamable y generar una explosión o un incendio, puede ser toxico y generar consecuencia a las personas por toxicidad o ni toxico ni inflamable tales como ácidos o vapores calientes. El impacto de las consecuencia deberá ser valorado como riesgo financiero , en este sentido es fundamental contar con una metodología que permita tomar en cuenta aspectos fundamentales para poder valorar las consecuencias de falla tales como el costo asociado al impacto en producción debido a la falla, impacto ambiental, impacto a las personas, daños a otros equipos.

ANALISIS DEL RIESGO

El proceso de análisis del riesgo es el segundo paso que debe darse para una buena apreciación, Podemos definir entonces el análisis del riesgo como el proceso usado para asignar valores de probabilidad y consecuencias de falla a los componentes del riesgo. El estándar ISO 31000 establece que el análisis del riesgo implica la consideración de las causas y las fuentes del riesgo, sus consecuencias positivas y negativas y la probabilidad de que estas consecuencias puedan ocurrir. Se deberían identificar los factores que afectan a las consecuencias y a la probabilidad de falla. El riesgo se analiza determinando las consecuencias y su probabilidad, La forma de expresarlas bien sea de manera cualitativa, semi cuantitativa o cuantitativamente, debería corresponder al tipo de riesgo, a la información disponible y al objetivo para el que se utiliza el análisis de riesgo.

La Práctica recomendada API RP 581 establece todos los pormenores requeridos para desarrollar eficientemente un análisis cuantitativo de riesgo para definir la mejor estrategia de mantenimiento de un equipo

estático, en función de esto los cálculos de probabilidad de falla y consecuencias se deben desarrollar de la siguiente manera:

• Probabilidad de falla

La probabilidad de falla debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{API581}$$

- $P_f(t)$: Probabilidad de falla
- gff : Frecuencia de falla genérica
- $D_f(t)$: Factor de Daño
- F_{API581} : Factor de Sistemas de Detección

Donde los detalles de cálculo de esta ecuación están claramente establecidos en la normativa API RP 581.

• Consecuencias de Falla

Las consecuencias de falla representan el segundo elemento integrante del riesgo que debe ser debidamente calculado para efectuar eficientemente un análisis de riesgo. Para efectos de un análisis cuantitativo de riesgo la noma API 581 tiene establecido un procedimiento completo que toma en cuenta todos los posibles escenarios una vez ocurrida la pérdida de la función contención. En el flujograma mostrado en la figura 12 pueden apreciarse de manera detallada cada uno de los pasos que deben registrarse para poder obtener las consecuencias de falla de un equipo estáticos en unidades monetarias.



Figura 12. Pasos establecidos en el API RP 581 para el cálculo de consecuencias de falla

Bajo las premisas anteriormente señaladas el análisis del riesgo resultará completo cuando se defina la ecuación que interrelacionará la probabilidad de falla y las consecuencias de falla, la misma esta establecida de la siguiente manera:

$$R(t) = P_f(t) \cdot C(t)$$

R (t): Riesgo
P (t): Probabilidad de Falla
C (t): Consecuencia de Falla

En base a lo anteriormente explicado podemos concluir entonces que de un análisis de riesgo soportado por la normativa API RP 581 obtendremos en unidades monetarias el nivel de riesgo que encierra cada uno de los equipos analizados, permitiendo esto efectuar a futuro evaluaciones financieras que permitan tomar decisiones claras en cuanto al aporte de valor de las diferentes estrategias de mantenimiento que un equipo pueda requerir.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

El proceso de evaluación del riesgo es el tercer paso que debe darse para una buena apreciación, la finalidad de la evaluación del riesgo es ayudar a la toma de decisiones, determinando los riesgos a tratar y la prioridad para implementar el tratamiento. La evaluación del riesgo implica comparar el nivel de riesgo encontrado durante el proceso de análisis con los criterios de riesgo establecidos cuando se consideró el marco y contexto operacional. En la figura 13 puede apreciarse lo importante del establecimiento del nivel de riesgo tolerable donde en base a esta comparación, se puede considerar la necesidad del tratamiento del

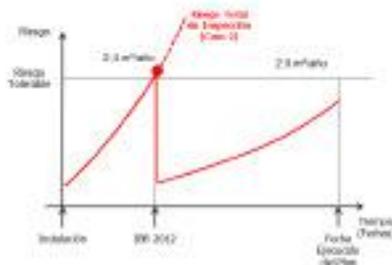


Figura 13. Establecimiento del nivel de riesgo tolerable.

destructivas y las fechas de próxima inspección.

TRATAMIENTO DEL RIESGO

El estándar ISO 31000 establece que el tratamiento del riesgo implica la selección y la implementación de una o varias opciones para modificar los riesgos.

Las opciones de tratamiento del riesgo son las siguientes:

- Evitar el riesgo decidiendo no iniciar o continuar con la actividad que causa el riesgo.
- Aceptar o aumentar el riesgo a fin de perseguir una oportunidad.
- Eliminar la fuente del riesgo.
- Modificar la probabilidad de falla.
- Modificar las consecuencias de falla.
- Compartir el riesgo con otras partes

Para efectos de la gestión de riesgo de un equipo estáticos el tratamiento del riesgo consiste en el desarrollo de un plan de inspección que permita modificar la probabilidad de falla, en primera instancia soportada en la eliminación de la incertidumbre en cuanto al conocimiento de la condición real del equipo y segundo determinando en función de la inspección la condición real de deterioro del equipo. En este sentido el tratamiento del riesgo asociado a un equipo estático es por medio de la conformación de un plan de inspección que debe claramente dar respuestas a cuatro preguntas fundamentales:

- ¿Qué tipos de daños se producen?
- ¿Dónde deben detectarse?
- ¿Cómo pueden detectarse?
- ¿Cuándo se debe inspeccionar?

Otros aspectos importantes dentro del proceso de mitigación de riesgo que la metodología puede efectuar son los siguientes:

- Modificaciones del proceso para eliminar condiciones que impulsan el crecimiento del riesgo.
- Tratamiento químico para reducir tasas de deterioro y/o susceptibilidades.
- Cambios en la metalurgia para reducir la Probabilidad de Falla.

- Remover aislamiento innecesario para reducir la probabilidad de Corrosión bajo aislamiento.
- Reducir niveles de inventario para reducir Consecuencias de Falla.
- Mejorar los sistemas de Detección, Aislamiento y Mitigación.
- Cambio en los fluidos de proceso por otros menos inflamables o menos tóxicos.

BENEFICIOS DE UNA GESTIÓN BASADA EN RIESGO

A lo largo de la lectura de este documento pudimos darnos cuenta la potencialidad del establecimiento de una gestión de riesgo soportada bajo estas tres normativas (ISO 55000, ISO 31000 y API RP 581) las cuales en conjunto permiten soportar una gestión de integridad alineada a los objetivos establecidos por la alta gerencia y con ellos potenciar la cultura de generar valor y mejorar la rentabilidad del negocio. En este sentido los beneficios más importantes que una gestión basada en riesgo puede aportar son los siguientes:

- El mayor beneficio que puede aportar una gestión basada en riesgo es evitar la falla catastrófica de un equipo crítico.
- Una gestión basada en riesgo permite la toma decisiones en cuanto a las necesidades de Inspecciones y Mantenimientos de equipos soportadas en un método de análisis técnicamente consistente.
- Un aspecto importante de una gestión basada en riesgo es la capacidad para modelar el comportamiento futuro del deterioro de los equipos.
- Una gestión basada en riesgo permite direccionar los recursos hacia los equipos que mayor necesidad de mantenimiento y consecuencias puedan generar en caso de una falla, definiendo la actividad de mantenimiento más adecuada desde el punto de vista costo riesgo beneficio.

- Mediante una gestión basada en riesgo se obtiene una reducción apreciable de los puntos de monitoreo de condición de los equipos, esto conlleva a mejorar el proceso de planeación de las campañas de inspección y perceptiblemente reducir el costo de inspecciones a lo largo de la vida del activo.

- Existen varias maneras de alcanzar reducciones importantes de costos en la inspección y mantenimiento de un activo, el más significativo es afectando el alcance de las paradas de planta programadas, en este sentido una gestión de mantenimiento basada en riesgo permite una reducción del número de recipientes a presión que serán abiertos para inspección interna en la futura parada, extensión de los intervalos entre paradas, reducción de la duración de la parada, disminuir la cantidad de Dispositivos de Alivio de Presión a mantenimiento por año.

AUTOR:

Medina N. Robinson J. MSc. CMRP

PREDICTIVA 21



PREDICTIVA21

www.predictiva21.com

● ANUNCIA CON NOSOTROS