

Igor Marinelli

Obsesión por el cliente, transparencia y
revolución tecnológica.

**7 KPIS
INDISPENSABLES**

Andrés Arocha Díaz

**EL CAMINO DE UNA
PARADA DE PLANTA**

Laura Quintero Gallegos

**AUDITORÍA DE
LUBRICACIÓN**

Arturo Cabañas

PREDICTIVA 21

TRACTIAN

Índice

- 3** **Editorial**
- 6** **Entrevista a Igor Marinelli**
por Montserrat Souza
- 12** **Gestión de Mantenimiento: 7 KPIs imprescindibles**
Andrés Arocha Díaz
- 16** **Daño en rodamiento - Frecuencias de falla en rodamientos**
José Daniel Acosta Robles
- 19** **El Mantenimiento 5.0 y la era del mantenimiento inteligente**
Fracttal
- 27** **Auditoría de Lubricación**
Arturo Cabañas Munguía
- 31** **Conociendo las hojas técnicas de productos y las hojas de seguridad de productos**
Diego Cabrera Vanegas
- 41** **Gestión de Integridad de Activos para Infraestructuras basado en Fiabilidad y Inteligencia Artificial**
Eduardo Calixto
- 51** **Investigación de la aplicación de notación BPMN en Paradas de Planta de industria petroquímica de la Zona Libre de Manaus**
Rafael Carlos Barata de Souza y Manoel Coelho de Segadas Vianna
- 63** **Cómo calcular asentamiento diferencial de tanques de acuerdo con API 653; Anexo B haciendo uso de una hoja de cálculo**
Ángel R. Rodríguez
- 71** **Gracias a Dios trabajamos en Mantenimiento y Confiabilidad, una de las áreas del conocimiento técnico mejor documentadas a nivel Mundial.**
Robinson José Medina Nuñez
- 77** **Mejores prácticas energéticas: cómo proteger su presupuesto, reputación y clientes**
Bruno Ortiz
- 82** **Diseño y aplicación de un Análisis de Criticidad, interpretación de resultados y planes de acción sugeridos**
Maria Teresa Romero
- 90** **El camino de una parada de planta**
Laura Quintero Gallegos
- 94** **El impacto de la contaminación sólida del lubricante, en los costos y confiabilidad de maquinaria.**
Marcela Rodríguez Montán
- 101** **Inteligencia Artificial en la Gestión de Activos**
Ali Khalil Zebib
- 106** **¿Es negociable la Seguridad los Centros de Distribución?**
Richard Zamora

Editorial



Andrés González

Editor y CEO de Predictiva21

David vs Goliat

En esta edición hemos reflexionado acerca de los cambios tecnológicos, estructurales y humanos por los que pasa el mundo. La industria no es ninguna excepción, y curiosamente, son las generaciones jóvenes las que impulsan los cambios disruptivos.

Hemos entrevistado a uno de los líderes de la nueva generación, un **David contra Goliat**: Igor Marinelli, Fundador y CEO de Tractian, uno de los Startups de Mantenimiento con mayor éxito en LATAM.

La determinación de estas mentes atrevidas es digno de estudio. Debemos perder el miedo a lograr cosas que otros dijeron que serían imposibles.

En esta edición podrán encontrar artículos muy variados, temas como Indicadores de Mantenimiento, Auditorías de lubricación, Paradas de Planta, gestión de Activos, Análisis de Falla y muchos más.

Hagamos que las cosas pasen.

Un abrazo grande.

DIRECTORIO

Andrés Enrique
González Giraldo
Editor y CEO de Predictiva21
andres.gonzalez@predictiva21.com

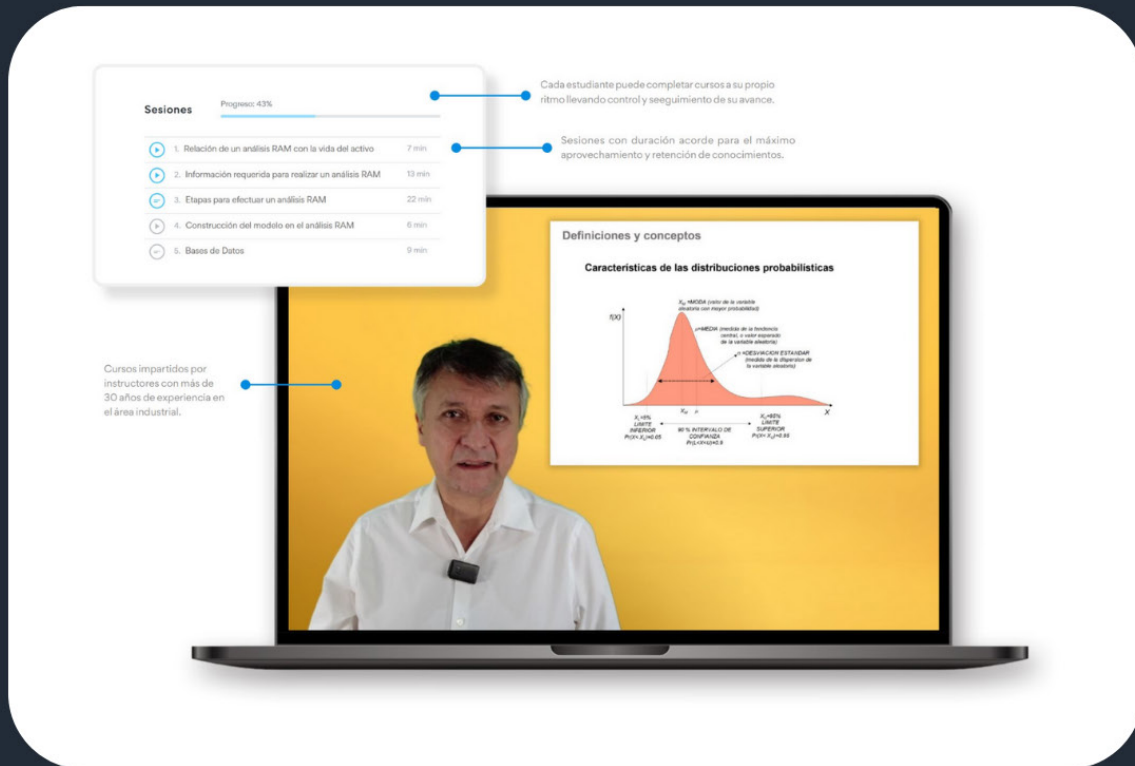
Enrique Javier
González Hernández
Fundador y Chairman de Predictiva21
enrique.gonzalez@predictiva21.com

Montserrat Souza
Moreno
Dirección Editorial
Coordinadora de Marketing
montserrat.souza@predictiva21.com

Alejandro José
Godoy Rodríguez
Director de Marketing
alejandro.godoy@predictiva21.com

Israel Granados
Antonio
Diseño Editorial
Creador de Contenidos
israel.granados@predictiva21.com

¡Acceso a más de 30 cursos!



Sesiones Progreso: 43%

1. Relación de un análisis RAM con la vida del activo 7 min
2. Información requerida para realizar un análisis RAM 13 min
3. Etapas para efectuar un análisis RAM 22 min
4. Construcción del modelo en el análisis RAM 6 min
5. Bases de Datos 9 min

Cada estudiante puede completar cursos a su propio ritmo llevando control y seguimiento de su avance.

Sesiones con duración acorde para el máximo aprovechamiento y retención de conocimientos.

Cursos impartidos por instructores con más de 30 años de experiencia en el área industrial.

Definiciones y conceptos

Características de las distribuciones probabilísticas

μ : MEDIA (valor de la variable aleatoria con mayor probabilidad)
 σ : MEDIDA (medida de la dispersión central, es el coeficiente de la variable aleatoria)
 σ : DESVIACIÓN ESTÁNDAR (medida de la dispersión de la variable aleatoria)

Aprende a tu ritmo

Cursos 100% grabados e-learning

Suscribirse



Diplomado en Mantenimiento

PREDICTIVA²¹

Inicia 15 octubre

34 semanas 140 horas 24 Módulos

1. **Introducción al mantenimiento**
2. **Proceso de Gestión de Mantenimiento**
3. **Estrategias de mantenimiento**
4. **Planificación, Programación de Mantenimiento**
5. **Análisis de seguridad/riesgo en el trabajo**
6. **Gestión del dato con base a ISO 14224**
7. **Mantenimiento Productivo Total TPM**
8. **Fundamentos de Gestión e Indicadores para Mantenimiento**
9. **Mantenimiento basado en condición - Técnicas predictivas**
10. **Gestión normalizada de mantenimiento basado en la condición según ISO 17359**
11. **Análisis Causa Raíz ACR**
12. **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM**
13. **Introducción a RAMS (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad)**
14. **Confiabilidad humana**
15. **Introducción a fundamentos del negocio**
16. **Gestión de Costos para Mantenimiento**
17. **Evaluaciones económicas y LCC para Mantenimiento**
18. **Venta de Valor y Beneficios (Aporte de Valor)**
19. **Gestión de talento y equipos de excelencia**
20. **Gestión de paradas de planta de Mantenimiento**
21. **Gestión y optimización de inventarios para Mantenimiento**
22. **Gestión del Riesgo**
23. **Auditoria del Gestión de Mantenimiento**
24. **Mantenimiento y Gestión de Activos**





TRACTIAN

Fundador y Co-CEO de

TRACTIAN

¿Quién es Igor Marinelli?

Who is Igor Marinelli?

Entrevista por Montserrat Souza

Cuéntanos de ti

Fundador y Co-CEO de Traction, soy Ingeniero en Computación graduado en la Universidad de California, Berkeley, con beca del 100%. Antes de fundar Traction, trabajé desarrollando algoritmos para la detección de enfermedades crónicas. Siempre he sido autodidacta en cuanto al aprendizaje de lenguajes de programación y desarrollo de circuitos electrónicos. Honestamente, es un gran pasatiempo para mí, ¡me encanta programar! Y a medida que la empresa crecía, tuve que aprender mucho sobre ventas, marketing y éxito del cliente.

2. ¿Cuál es tu background profesional?

Trabajé durante años como ingeniero de software de mantenimiento para industrias de pulpa y papel. Fue allí donde descubrí cómo los fabricantes de máquinas (OEM) dominan la industria tecnológica, con soluciones obsoletas y precios exorbitantes. Tratar mal a sus clientes, porque en realidad es un gran monopolio, y no tienen la mejor tecnología para solucionar los problemas.

Tell us about yourself

Founder and Co-CEO of Traction, I'm a Computer Engineer graduated at University of California, Berkeley, with 100% scholarship. Before founding Traction, I worked developing algorithms for detecting chronic diseases. I have always been self-taught in terms of learning programming languages and developing electronic circuits. It's honestly a huge hobby for me, I love coding! And as the company grew, I had to learn a lot about Sales, Marketing and Customer Success.

2. What is your professional background?

I worked for years as a Maintenance Software Engineer for pulp and paper industries. It was there that I discovered how machine manufacturers (OEM) dominate the tech industry, with outdated solutions and exorbitant prices. Treating their customers badly, because it's actually a big monopoly, and they don't have the best technology to solve the problems.



3. Tienes 25 años y eres fundador de una de las empresas líderes tecnológicas en la industria latinoamericana, ¿cómo te sientes con ello?

Ciertamente, a la edad que tengo, muchos Ingenieros de Mantenimiento tienen la misma cantidad de años en su carrera de fábrica. Creo que esto es una ventaja, ya que es posible ofrecer soluciones de primer nivel con la colaboración y la experiencia y quien realmente entiende lo que necesita la industria.

4. ¿Cómo terminaste en la industria de mantenimiento?

Mi padre trabajó en mantenimiento toda su vida. Cuando era niño, recuerdo que se perdió mi cumpleaños debido a un mal funcionamiento de la máquina en la planta. Estaba en mi cabeza, desde una edad temprana, que tenía que hacer algo para resolver este problema.

5. ¿Cómo nace Traction?, ¿de dónde surge la idea?

Traction se creó en septiembre de 2019, con el objetivo de resolver los dolores de mantenimiento de la industria, comenzando con el monitoreo en línea y la advertencia cuando las máquinas se van a averiar. Como una curita industrial, y hemos evolucionado con el tiempo, hasta el punto de ofrecer monitoreo de energía y gestión de OTs.

3. You are 25 years old and you are the founder of one of the leading technology companies in the Latin American industry. How do you feel about it?

Certainly, what I am of age, many Maintenance Engineers have the same amount of years in their factory career. I believe this is an advantage, as it is possible to offer top-of-the-notch solutions with the collaboration and experience and who truly understands what the industry needs.

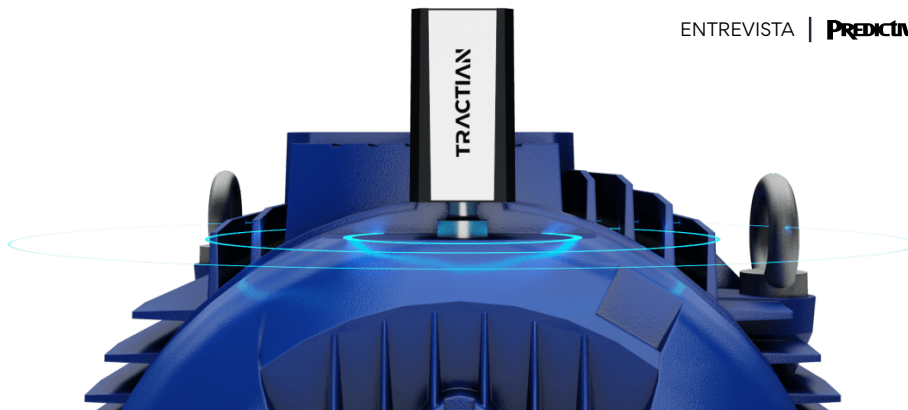
4. How did you end up in the maintenance industry?

My father worked in maintenance his whole life. As a kid, I remember him missing my birthday because of a machine malfunction at the plant. It was in my head, from an early age, that I had to do something to solve this problem.

5. How was Traction born? Where did the idea come from?

Traction was created in September 2019, with the aim of solving the maintenance pains of the industry, starting with online monitoring and warning when machines are going to break down. Like an industrial band-aid, and we've evolved over time, to the point of offering energy monitoring and asset management.





6 ¿Por qué te iniciaste en el emprendimiento en un entorno tradicional, dominado por grandes fabricantes donde solo se ven unas pocas startups?

Precisamente porque este es un entorno sin presencia de startups. A día de hoy, somos la startup mejor capitalizada del sector industrial, que más rondas de inversión ha conseguido levantar. Esto no es casualidad, mucha gente solo piensa en hacer fintech, mientras que, en realidad, hay muchos otros sectores de la economía inexplorados, que necesitan soluciones antes de tiempo.

7. Define a Traction en 3 palabras y explica por qué eliges esos términos

Obsesión por el cliente, transparencia y revolución tecnológica.

8. Cuéntanos acerca de tu equipo

Hoy contamos con un equipo de 150 personas, repartidas entre Estados Unidos, México y Brasil. ¡Muchos son ingenieros de hardware, ingenieros eléctricos y mecánicos, así como ingenieros de aplicaciones y vendedores!

9. ¿Cómo es desarrollar una solución que tenga software y hardware para el segmento de mantenimiento? (sabemos que por lo general las startups se enfocan solo en uno de estos)

No hay forma de resolver el problema real de la industria si la solución de hardware (IoT) no está directamente relacionada con el software. Mucho de lo que sucede hoy con los competidores, algunos solo hacen hardware, otros solo hacen software, te venden eso y quieren que te las arregles. Que extraiga los datos a sus servidores, comience a ensamblar PowerBI, eso realmente no resuelve el problema. El gerente de mantenimiento quiere saber qué es lo que se va a estropear y cómo.

6. Why did you start into entrepreneurship in a traditional environment, dominated by large manufacturers where only a few startups look?

Precisely because this is an environment without the presence of startups. Today, we are the most well-capitalized startup in the industrial sector, which has managed to raise the most investment rounds. This is no coincidence, many people only think about doing fintech, while, in reality, there are many other unexplored sectors of the economy, in need of solutions ahead of time.

7. Define Traction in 3 terms

Customer obsession, transparency and technological revolution.

8. Tell us about your team

Today we have a team of 150 people, spread across the United States, Mexico and Brazil. Many are hardware engineers, electrical and mechanical engineers, as well as application engineers and salespeople!

9. What is it like to develop a solution that has both software and hardware to the maintenance segment? (we know that usually startups focus on only one of these)

There is no way to solve the real problem of the industry if the hardware solution (IoT) is not directly linked to software. A lot of what happens today with competitors, some just make hardware, some just make software, they sell you that and they want you to make do with it. That you pull the data to your servers, start assembling PowerBI, that doesn't really solve the problem. The maintenance manager wants to know what is going to break and how.

10. Traction cuenta con clientes en diferentes países, ¿por qué decidieron abrir nuevas oficinas en México?

Siempre hemos tenido clientes en México y mucha conexión con este país, tanto que nuestro co-fundador Leonardo Vieira vivió aquí mucho tiempo. Entonces, podemos decir que somos una empresa mexicana.

11. ¿Qué te gustaría aprender inmediatamente, ahora mismo, si tuvieras la oportunidad?

Desearía haber aprendido ciencia de datos mucho antes, a la edad de 10 años comencé a programar PHP y a aprender sobre circuitos electrónicos, ¡lástima que Python no era popular en ese momento. ¡Educa a tus hijos para que aprendan esto!

12. ¿Cuál es tu deporte preferido?

Me gusta mucho jugar básquetbol, pero últimamente en México he estado practicando Pádel, muy divertido.

10. Traction has clients in different countries, why did you decide to open new offices in Mexico?

We have always had clients in Mexico and a lot of connection with this country, so much so that our co-founder Leonardo Vieira lived here for a long time. So, we can say that we are a Mexican company.

11. What would you like to learn immediately, right now, if you had the opportunity?

I wish I had learned data science much earlier, at the age of 10 I started programming PHP and learning about electronic circuits, too bad Python wasn't popular at the time. Educate your children to learn this!

12. What is your favorite sport?

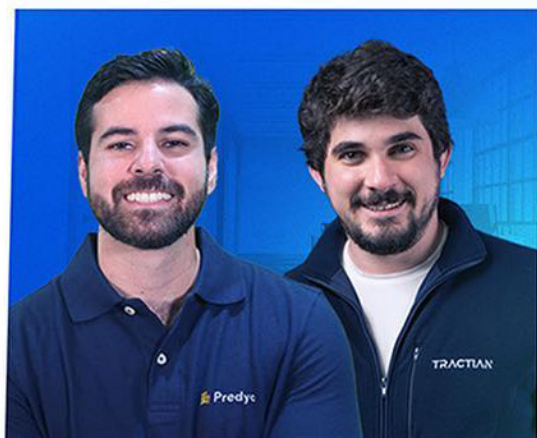
I really like to play basketball, but lately in Mexico, I've been practicing Padel, a lot of fun.



#TRACTIAN en los medios

Forbes

Portada / Emprendedores



Tractian invierte en Predyc; ya posee el mayor conglomerado de educación industrial

“Entendemos que la formación continua de los profesionales de mantenimiento es extremadamente importante para el crecimiento de su carrera dentro de su área de actividad y para una estrategia de trabajo más asertiva.”

PREDICTIVA 21



Predyc

TRACTIAN

INTENSIVO **MX**

Mantenimiento Predictivo

PREDICTIVA21 |  Predyc | TRACTIAN

Gracias al apoyo de Predictiva21, Predyc y Tractian, se organizó INTENSIVO MX, el mayor evento del área de mantenimiento de México y América Latina.



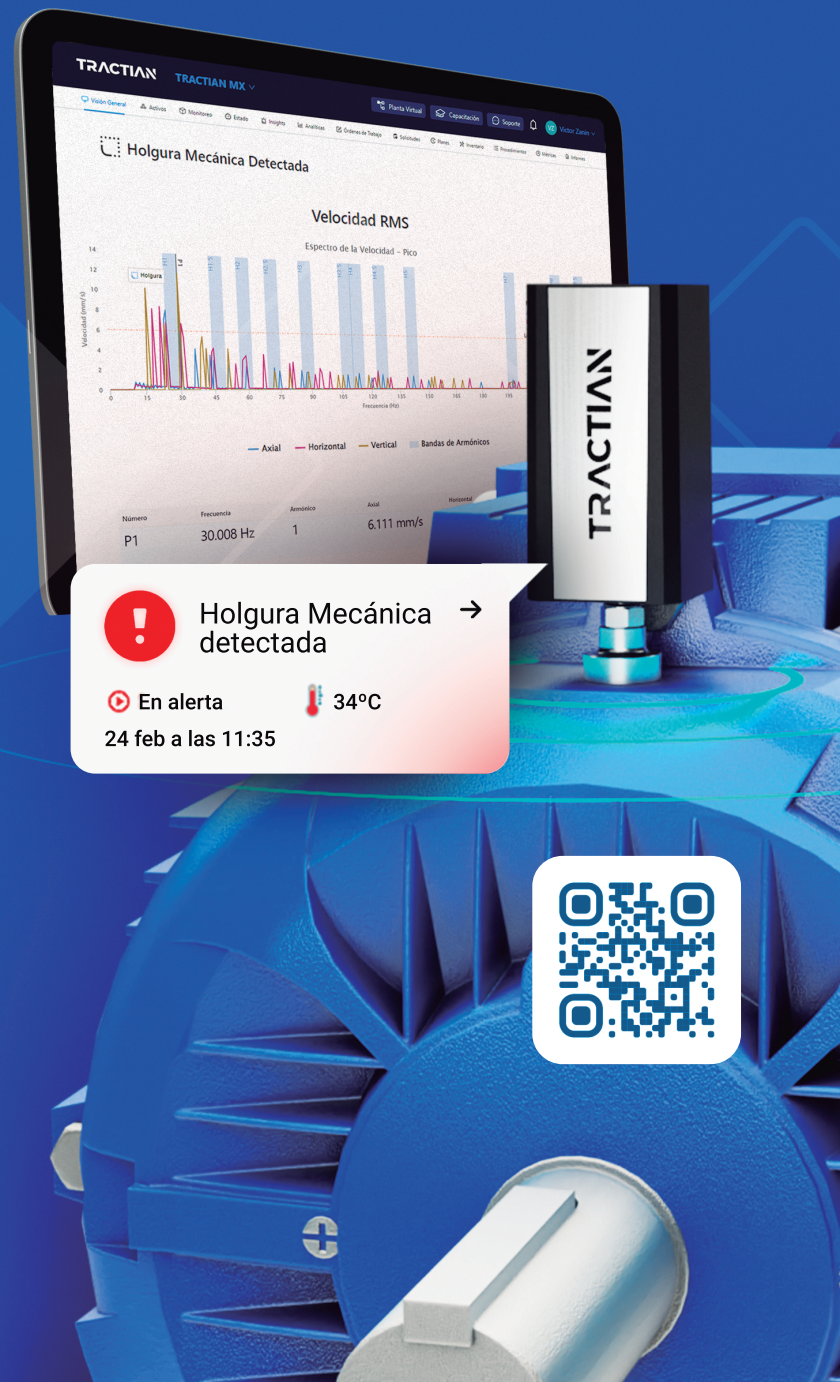
TRACTIAN

Anticipa fallas inesperadas en tus máquinas

Durante los 4 días del evento, contamos con la presencia de 5 expertos en el área de gestión, monitoreo de condición y operación. Ellos nos estuvieron hablando acerca de los diferentes tipos de tecnología para gestionar activos, la importancia del mantenimiento predictivo, los indicadores de mantenimiento y el monitoreo online de equipos rotativos.

El evento se realizó del 29 de agosto al 1ero de septiembre de 2022 con más de 21.000 inscritos, dejándonos algo muy positivo: una gran comunidad de mantenimiento. Bluecap, es el símbolo de los ingenieros de mantenimiento, promueve un espacio para intercambiar experiencias, conocimientos y aciertos a través de canales totalmente gratuitos, con completo acceso a contenido de calidad para dar un impulso a su carrera.

Al finalizar el evento, los participantes obtuvieron un certificado de asistencia, premios por su participación y una serie de ebooks, planillas y blogs como material complementario que les ayudará a reforzar sus conocimientos y a ponerlos en práctica.



Gestión de Mantenimiento: 7 KPIs imprescindibles



Andrés Arocha Díaz
Especialista en SAP PM® o de IBM Maximo®



Los KPIs de mantenimiento deben definirse en función de los objetivos de la organización, por lo que estos deben reflejar lo que la empresa valora y hacia dónde quiere llegar.

Las métricas pueden establecerse en función de objetivos establecidos por el departamento, estándares de la empresa e incluso las mejores prácticas.

¿Por qué son importantes los KPIs basados en objetivos? Porque brindan retroalimentación crítica e inmediata sobre el progreso, o la falta del mismo, realizado hacia la mejora de los procesos.

Se puede realizar un seguimiento de tantos KPIs como se desee, sin embargo, no hace falta un KPI para todo. Lo importante es centrarse en los factores clave para el negocio. Es esencial que lo que se está monitoreando sea fundamental para el éxito de la organización.

Los KPIs no deben ser estáticos, deben irse adaptando a medida que se van cumpliendo y modificando los objetivos del negocio.

¿Nuevos desafíos? ¡Nuevos KPI!

¿Qué KPIs utilizar? La respuesta a esta pregunta es única para cada organización de mantenimiento, sin embargo, considero que existen métricas que toda organización debe incluir. Si bien son muchos los KPIs utilizados, a continuación expongo 7 de ellos que son relevantes sin que el orden implique prioridad.

Las prioridades de cada organización definirán cuál es más importante.

1.- Tiempo de inactividad por paradas inesperadas, expresado como porcentaje del tiempo total de producción planificado

El tiempo de inactividad no planificado debe medirse al menos una vez al mes, e incluso semanalmente. Solo este KPI resume los resultados de todos los esfuerzos de mantenimiento. Si esta métrica no mejora, o empeora, otros KPIs deberían indicar las causas.

2.- Cumplimiento de la Programación del Mantenimiento Preventivo

Definido como el porcentaje de las órdenes de trabajo preventivas programadas y completadas en un período de tiempo específico. Por ejemplo, si tenemos 100 órdenes de trabajo planificadas, pero solo 50 se completan en un período de un mes, el cumplimiento de la programación es del 50%. Simple, ¿verdad?

Sin embargo, hay mucha información que este cálculo no ofrece. Por ejemplo, no dice nada sobre la finalización en tiempo

de las 50 órdenes de trabajo individuales según el cronograma.

Una fecha de programación del 1 de mayo con una fecha de finalización del 30 de mayo cumple con el programa "técnicamente". Pero, ¿qué pasa si ocurre una falla que podría haberse evitado si el mantenimiento se hubiera realizado según lo programado?

Esta es la razón por la que los KPIs y sus reglas de medición subyacentes deben ser muy claros y ser comunicados con honestidad. No se deben ocultar los problemas con KPIs "amigables". Es mejor ser honesto y mostrar el cumplimiento real de la programación, aunque no sea muy halagador, que ocultar problemas operativos.

3.- Tiempo medio entre fallos (MTBF, por sus siglas en inglés)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías. El MTBF es un indicador de la confiabilidad general del activo y puede usarse, en algunos aspectos, como indicador la calidad de los activos y sus componentes. El MTBF es la medida del tiempo previsto entre averías durante el funcionamiento normal y se calcula dividiendo el tiempo operativo total por el número de averías.

El MTBF proporciona estadísticas sobre la vida útil promedio esperada de un equipo

o componente específico. Un MTBF más alto significa que el componente o equipo funcionará más tiempo antes de fallar. Si se conoce cuánto durará una pieza o equipo específico, se puede planificar y programar el mantenimiento para evaluar su condición e intervenir el equipo antes de que ocurra la falla.

4.- Relación entre trabajo planificado y no planificado

Muchos profesionales del mantenimiento consideran que el trabajo no planificado es de tres a cinco veces más costoso que el trabajo planificado.

La mayoría de los trabajos no planificados son por naturaleza correctivos, aunque también pueden incorporar actividades de mantenimiento.

El trabajo correctivo generalmente no tiene un plan de trabajo y, en cambio, requiere diagnosticar la causa de la falla y aplicar un remedio para que el activo vuelva a funcionar lo antes posible.

Los costes del trabajo no planificado son generalmente más altos porque la mano de obra, las herramientas, las piezas y el equipo especial no han sido previstos, además debido a la falta de planificación se incrementan las posibilidades de accidentes laborales.

Medir y aumentar regularmente la relación de trabajo planificado reduce los costes, mejora la seguridad, reduce el tiempo de inactividad y aumenta la utilización de recursos.

5.- Tiempo medio de reparación (MTTR, por sus siglas en inglés)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo

considerando el tiempo medio hasta su solución.

El MTTR generalmente comienza cuando comienza la actividad de reparación y continúa hasta que se restauran las operaciones de producción. El MTTR incluye el tiempo de diagnóstico, el tiempo de reparación y los ciclos de prueba de la máquina. Básicamente, incluye todas las etapas del proceso hasta que el activo vuelve a su estado operativo normal.

Disminuir el tiempo medio de reparación es vital para minimizar las pérdidas de producción debido al tiempo de inactividad, especialmente el tiempo de inactividad asociado con los activos críticos.

6.- KPIs de almacenes y compras

Conocer el funcionamiento del stock de repuestos necesarios para el mantenimiento de una planta es indispensable para poder hacer las reparaciones en un tiempo óptimo.

La condición ideal sería disponer de los materiales que se usarán en un año sin hacer compras excesivas que luego no serán necesarias. Sabemos que es imposible, sin embargo, sí se puede estimar cantidad de materiales o repuestos de uso frecuente y de aquellos de costo medio o bajo que son vitales desde el punto de vista operacional. A continuación menciono algunos de los KPIs que nos ayudan a optimizar nuestro almacén:

6.1.- Rotación de almacén: es el resultado de dividir el valor total de los repuestos consumidos entre el valor total de los materiales que se mantienen en stock. Alguna veces también resulta útil conocer la proporción entre los movimientos de las entradas y salidas de materiales del almacén. Saber que un determinado material tiene escaso movimiento nos ayuda a disponer de este.

6.2.- Eficiencia en la cumplimentación de pedidos: ocurre con frecuencia en grandes empresas que algunas compras no se completan en lapsos razonables, para estos casos se suele dividir la cantidad de pedidos inconclusos entre el total de pedidos.

6.3.- Tiempo medio de recepción de pedidos: es la media de demora desde que se efectúa un pedido hasta que se recibe.

7.- Presupuesto de mantenimiento vs gasto real

Este KPI mide el rendimiento financiero de todos los gastos de mantenimiento en relación con las cifras del presupuesto proyectado.

Esta es claramente una preocupación para los gerentes por lo que este KPI debe ser monitoreado continuamente para asegurar que todas las operaciones de mantenimiento en curso tengan la financiación adecuada.

Eventos tales como fallas imprevistas pueden causar estragos en el presupuesto de mantenimiento y probablemente requerirán asignaciones adicionales, aplazamientos o recortes en otras categorías presupuestarias.

Conclusión

Elegir los KPIs adecuados requiere una comprensión clara de los mayores desafíos, la creación de métricas honestas y el uso de los resultados para mejorar los procesos. El uso de cuadros de mando puede ayudar a crear un sentido de propiedad y mantener al equipo motivado hacia los objetivos que se han establecido. Los KPIs solo son efectivos si se mantienen actualizados y son relevantes para el estado actual del negocio. La planificación y programación del trabajo de mantenimiento es esencial para cumplir con los KPIs, sin importar cómo se establezcan.



**SOFTWARE
EN GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO
Y ACTIVOS**
CMMS - EAM

+57 601 616 80 33

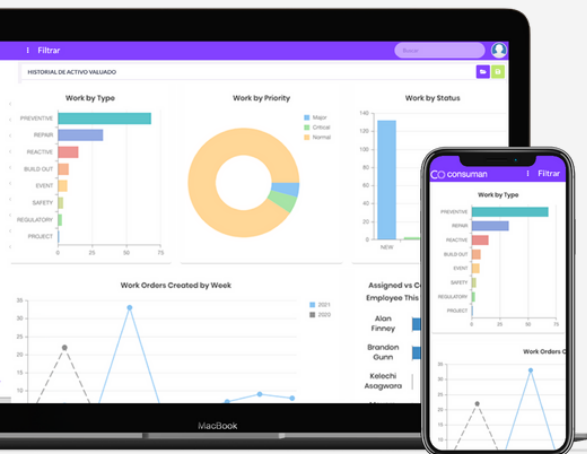
+57 320 838 65 33

www.ctnglobal.com

colombia@ctnglobal.com



Controla, prevé y planifica con una sola plataforma:



- + Visibilidad
- + Trazabilidad y control
- + Pronóstico y predicción
- + Conocimiento y mejor toma de decisiones
- + Reducción de tareas manuales y repetitivas
- + Mayor productividad

VAMOS A CONECTAR

Síguenos en nuestras redes sociales

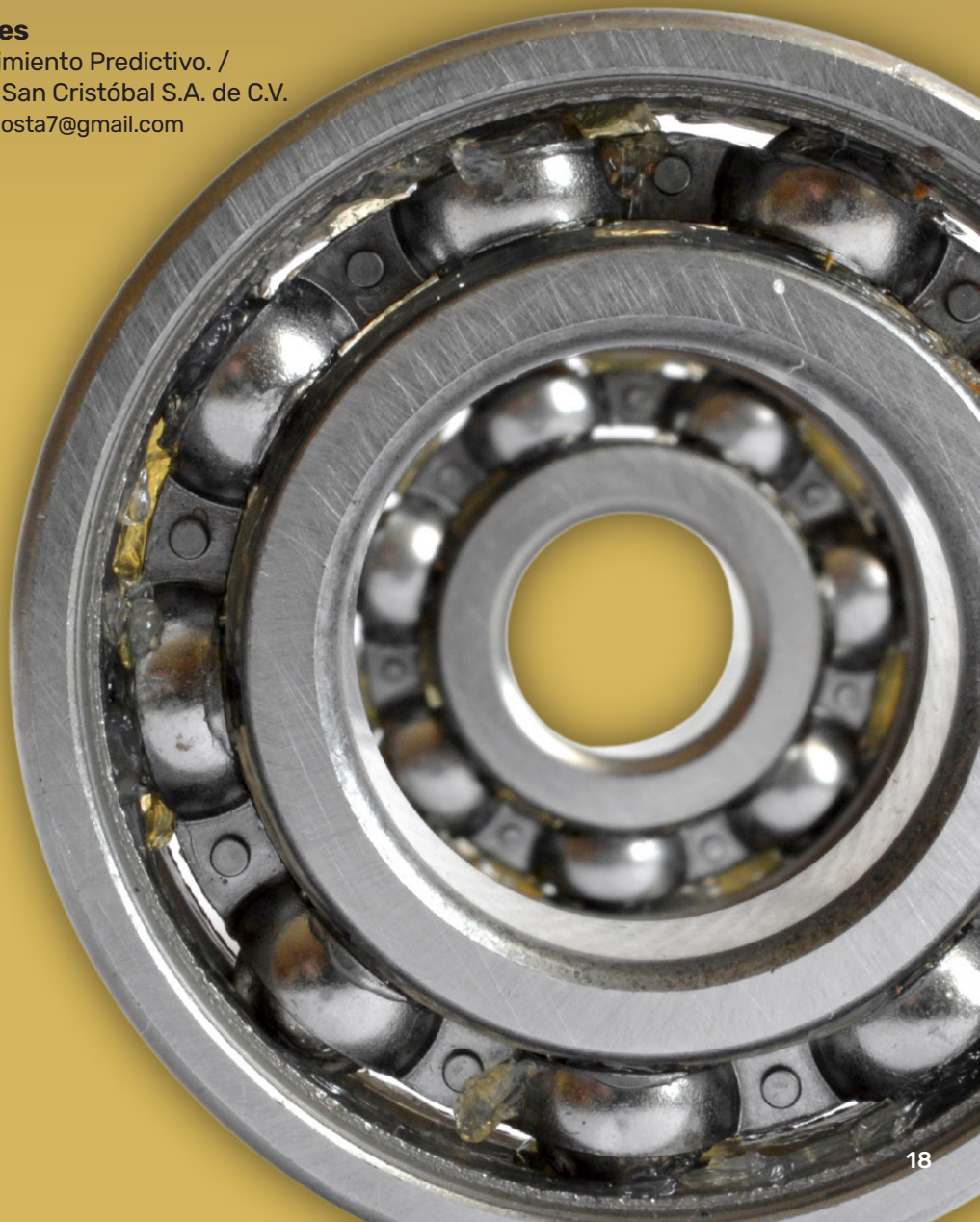
DAÑO EN RODAMIENTO

FRECUENCIAS DE FALLA DE RODAMIENTOS



José Daniel Acosta Robles

Superintendente de Mantenimiento Predictivo. /
Industrial Azucarera Ingenio San Cristóbal S.A. de C.V.
dacosta@zucarmex.com - ppacosta7@gmail.com

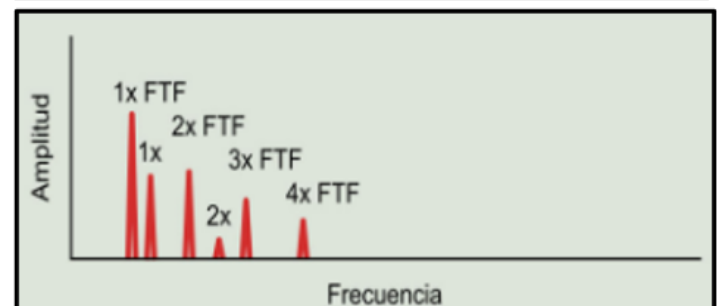
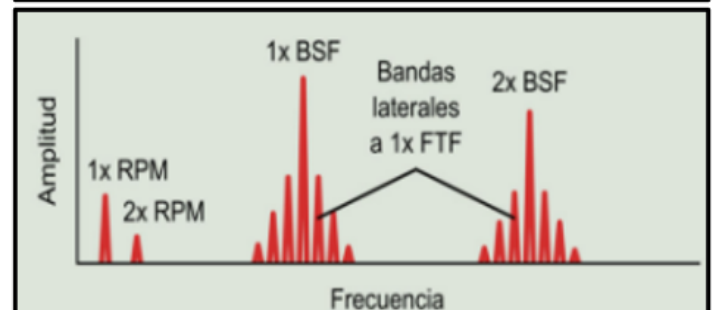
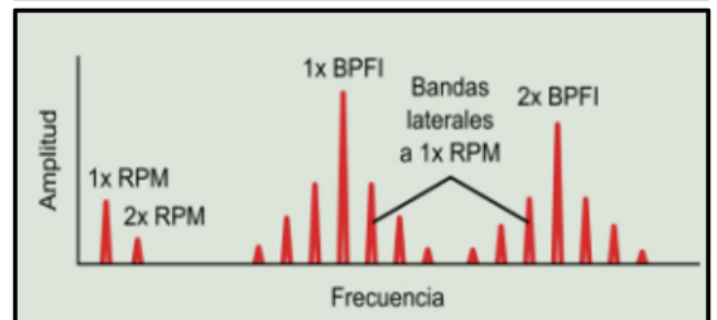
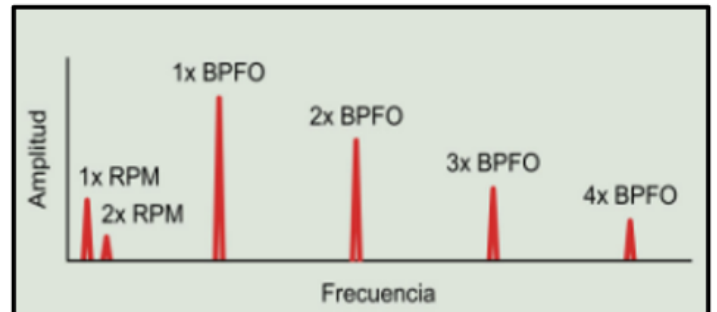




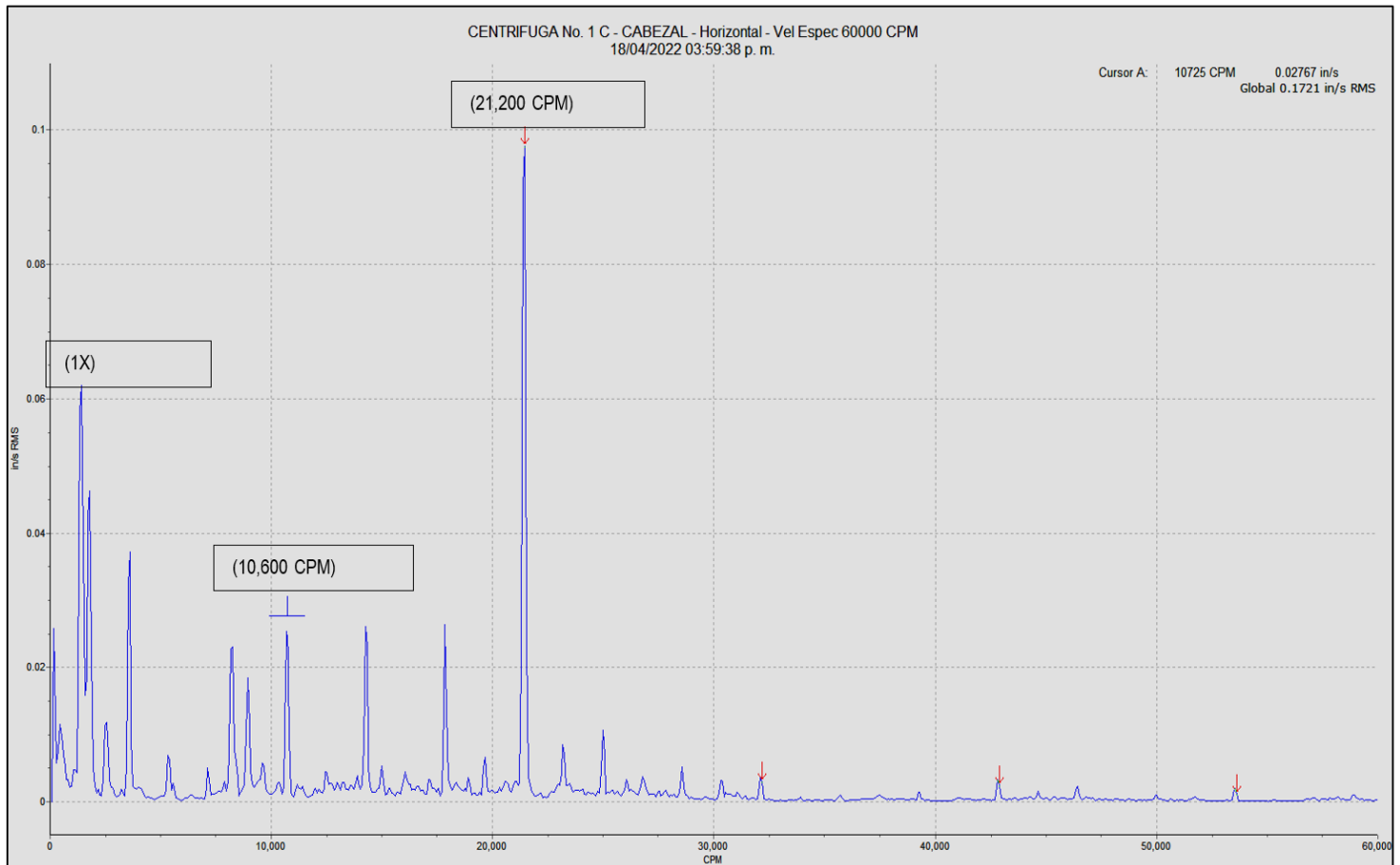
A continuación se presenta un artículo mostrando como se pueden encontrar en los espectros de vibraciones diferentes frecuencias pertenecientes a un rodamiento, en la cual podemos detectar averías en sus elementos conociendo la frecuencia de cada uno de los componentes, cuando ocurre un fallo, o a medida que la avería aumenta aumentara la amplitud de la vibración.

El sistema a analizar consta de un motor de inducción de 150 HP y una velocidad asíncrona de 1745 CPM, que mueve a un cabezal de centrifuga continua, que trabaja con masa de C, el motor transmite a la centrifuga por medio de poleas con relación 1:1 y un juego de bandas, la polea de la centrifuga cuenta con un acoplamiento con 3 rodamientos 7411-B, el cabezal de la centrifuga cuenta 1 rodamiento 7314-B en la parte superior y 1 rodamiento 6316 en la parte inferior, su velocidad de operación es de 1745 CPM.

Datos de campo: Se percibe ruido en centrifuga continua, los valores de vibración y demodulación son bajos aun, pero en el espectro se pueden observar picos de frecuencias altas en envolvente de centrifuga. se verificaran frecuencias de falla de los rodamientos para determinar la causa del ruido que se percibe en el área.



En el espectro de vibración se aprecia valor global aceptable, pero se pueden observar armónicos síncronos y asíncronos, debido al ruido emitido por el cabezal se evaluarán las frecuencias de falla de los rodamientos para determinar el origen de la frecuencia (21,200 CPM) que predomina en el espectro.



El deterioro de cada uno de los elementos en un rodamiento generará una o varias frecuencias características en los espectros de frecuencia que nos permitirán una rápida y fácil identificación. Las cuatro posibles frecuencias de deterioro de un rodamiento son:

BPFO (BALL PASS FREQUENCY OUTER) O frecuencia de deterioro de la pista exterior. Se corresponde físicamente con el número de bolas o rodillos que pasan por un punto de la pista exterior cada vez que el eje realiza un giro completo.

BPFI (BALL PASS FREQUENCY INNER) O frecuencia de deterioro de la pista interior. Se corresponde físicamente con el número de bolas o rodillos que pasan por un punto de la pista interior cada vez que el eje realiza un giro completo.

BSF (BALL SPIN FREQUENCY) O frecuencia de deterioro de los elementos rodantes. Se corresponde físicamente con el número de giros que realiza una bola o rodillo del rodamiento cada vez que el eje realiza un giro completo.

FTF (FUNDAMENTAL TRAIN FREQUENCY) O frecuencia de deterioro de la jaula. Se corresponde físicamente con el número de giros que realiza la jaula del rodamiento cada vez que el eje realiza

un giro completo.

Cuando alguno de los componentes del rodamiento está dañado, distinguiremos en el espectro de frecuencias fundamentales correspondiente al elemento dañado, acompañada siempre de armónicos. En aquellos casos en que se desconozcan los parámetros físicos del rodamiento, hay unas fórmulas empíricas bastante aproximadas que nos permiten determinar las frecuencias de deterioro de las pistas y de jaula de un rodamiento en función del número de elementos rodantes y de la velocidad de giro.

BPFO = 0.4 X NÚMERO DE BOLAS X VELOCIDAD DE GIRO.

BPFI = 0.6 X NÚMERO DE BOLAS X VELOCIDAD DE GIRO.

FTF = 0.4 X VELOCIDAD DE GIRO.

Cada rodamiento tiene unas características geométricas propias a partir de las cuales podemos determinar su frecuencia de deterioro. Estas frecuencias aparecerán en las formas espectrales cuando el rodamiento está deteriorado, cuando exista un defecto de alguno de los componentes del rodamiento, será no asíncrona (no coincidente con armónicos de la frecuencia de giro del eje (1747 CPM)).

LA POLEA CUENTA CON (3) RODAMIENTOS 7411-B.

RODAMIENTO 7411 -B	FRECUENCIA DE FALLA (Hz)	FRECUENCIA DE FALLA (CPM)	ARMÓNICO FRECUENCIA DE FALLA (2X)
BPFO	114.92	6,895	13,790
BPFI	176.75	10,605	21,210
FTF	11.38	682.8	1,365.6
BSF	51.315	3,018.9	6,037.8

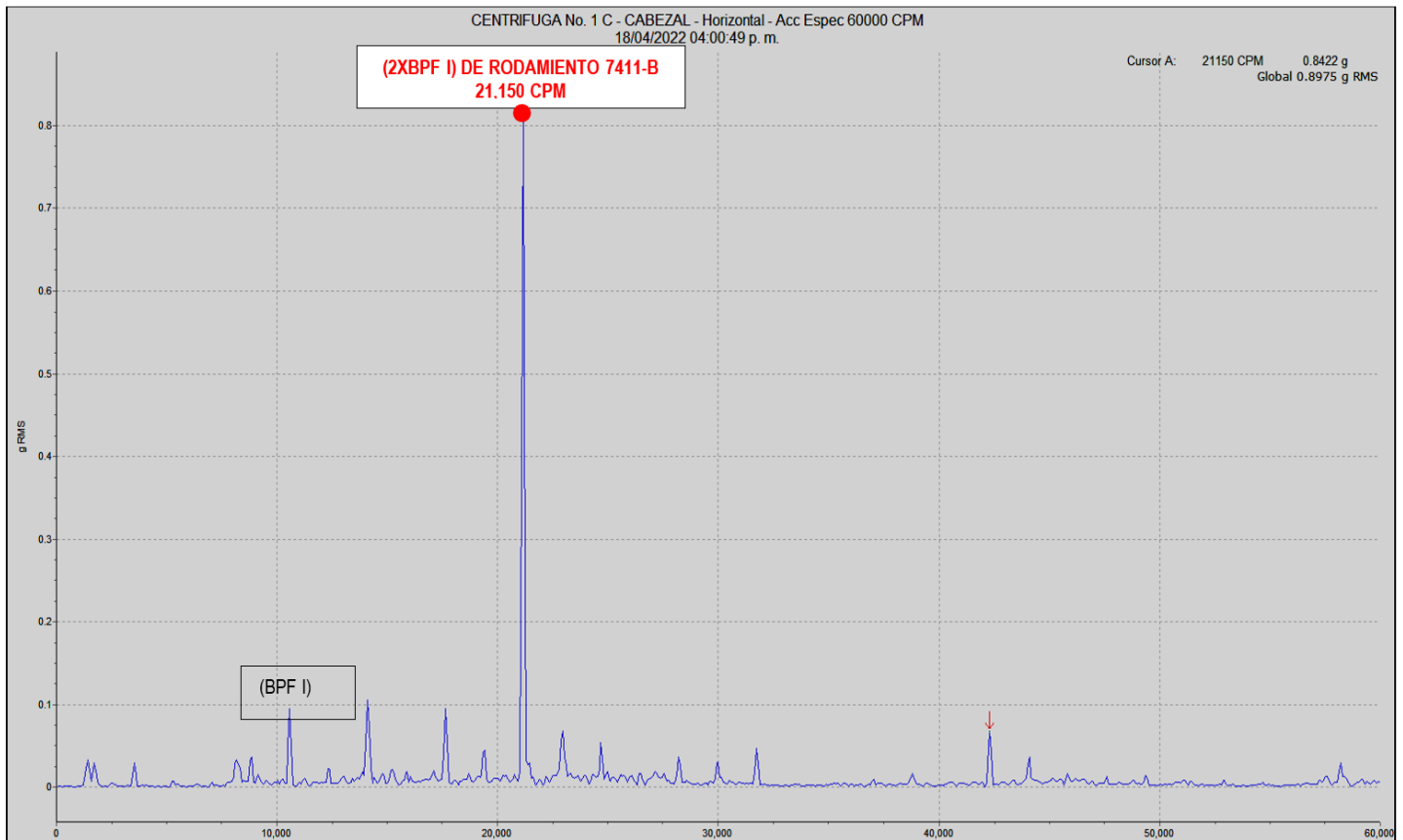
EL CABEZAL CUENTA CON (1) RODAMIENTO 7314-B EN LA PARTE SUPERIOR.

RODAMIENTO 7314 -B	FRECUENCIA DE FALLA (Hz)	FRECUENCIA DE FALLA (CPM)	ARMÓNICO FRECUENCIA DE FALLA (2X)
BPFO	144.08	8,644.8	17,289.6
BPFI	205.92	12,355.2	24,710.4
FTF	11.96	717.6	1,435.2
BSF	61.25	3,675	7,350

EL CABEZAL CUENTA CON (1) RODAMIENTO 6316 EN LA PARTE INFERIOR.

RODAMIENTO 6316	FRECUENCIA DE FALLA (Hz)	FRECUENCIA DE FALLA (CPM)	ARMÓNICO FRECUENCIA DE FALLA (2X)
BPFO	90.13	5,507.8	10,815.6
BPFI	143.21	8,592.6	17,185.2
FTF	11.38	682.8	1,365.6
BSF	60.52	3,601.2	7,202.4

Después de evaluar las frecuencias de falla en los rodamientos, se determina que la frecuencia que predomina en este caso el espectro de aceleración es de 21,150 CPM, corresponde a la (2XBPF1) del rodamiento 7411-B. es decir que el ruido proviene de marcas o fallo en la pista interna del rodamiento 7411-B perteneciente a la polea de la centrifuga. se solicita desmontaje de polea para revisar condiciones de los rodamientos. el valor global del espectro de aceleración es de 0.89 g RMS.



COMPONENTE: Anillo interno de un rodamiento de contacto angular.

SÍNTOMAS: El desprendimiento ocurre alrededor de la mitad de la circunferencia de la superficie de la pista de carrera.

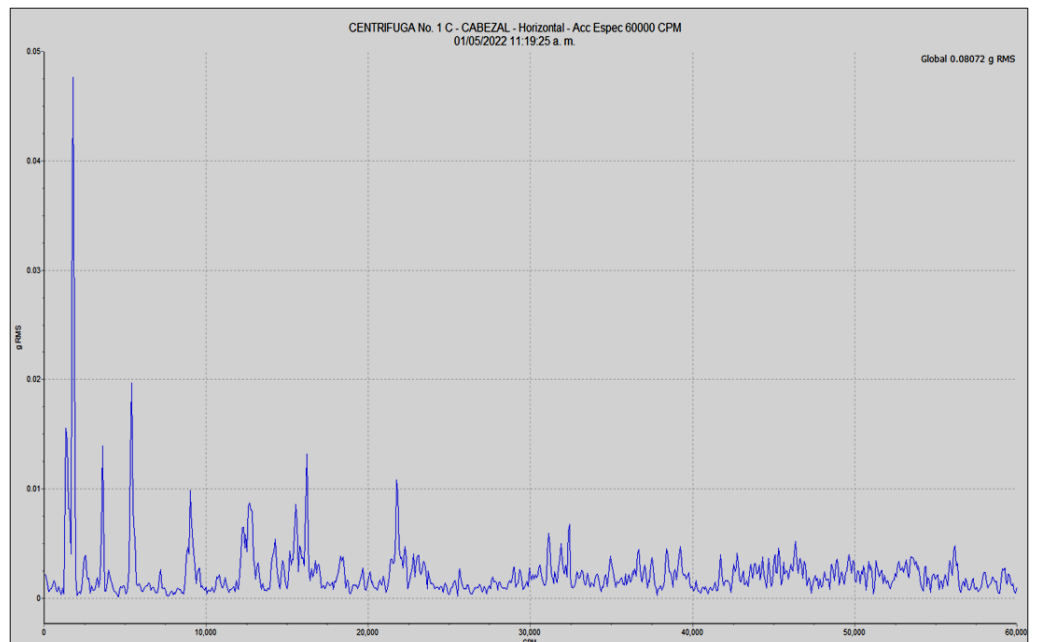
CAUSA: Pobre lubricación debido a la entrada de refrigerante de corte en el rodamiento.

El desprendimiento ocurre cuando pequeñas piezas de material del rodamiento se separan de la superficie lisa de las pistas de carrera o los elementos rodantes debido a la fatiga de los rodillos, así creando regiones que tiene texturas rugosas o ásperas. Las posibles causas pueden ser: carga excesiva, pobre montaje (desalineación), carga del momento, entradas de escombros extraños, penetración del agua, pobre lubricación o lubricante inapropiado, holgura del rodamiento inapropiada, precisión impropia para la caja del rodamiento y progresión a partir de la oxidación.

Se muestra espectro de aceleración, después de realizar cambio de rodamiento dañada en pista interna 7411-B, en polea de centrifuga, se observa disminución de valor global (de 0.89 g RMS a 0.08 g RMS), nótese que el pico a la frecuencia 21,150 CPM Ya no se observa en el espectro.



EN LA IMAGEN SE MUESTRA EL DAÑO ENCONTRADO EN LA PISTA INTERNA DEL RODAMIENTO 7414-B, DESPUÉS DE DESMONTAR LA POLEA.



Bibliografía :

Daño En Rodamiento De Centrifuga Continua De Masa De C (Frecuencias De Falla En Rodamientos).

MANUAL DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES POWER-MI.

Se tomaron imágenes y literatura para explicar los tópicos y frecuencias de falla de los elemento de un rodamiento, MANUAL DE VIBRACIONES POWER-MI, suministrado de la página:

[https://power-mi.com/es/content/formaci%C3%B3n-en-an%C3%A1lisis-de-vibraciones.](https://power-mi.com/es/content/formaci%C3%B3n-en-an%C3%A1lisis-de-vibraciones)

BEARING DEFENDER, ACOEM.

Se tomaron los valores de frecuencias de los rodamientos mencionados y se compararon con valores que trae pre-cargados el software de commtest, Analizador de vibraciones bv7 utilizado en la recolección de datos de la empresa.

La información y los espectros de vibraciones fueron recolectados durante las rutas que realizan dentro de la planta en la Zafra 21-22, este caso , se presentan con el fin de estudiar los problemas más comunes basándose en los tópicos para el diagnóstico de el análisis de los espectros de vibración.




1^{er} Congreso

Héroes



es

DEL MANTENIMIENTO

 **18,19 y 20 de octubre**
19:00 h CL-AR | 17:00 h CO-MX

Inscripción gratuita en:

heroesdelmantenimiento.fractal.com

Colaboran

GoHub 

 **NORIA**

 **PABELON**
ACADEMY

barbara

MANUFACTURA
LATAM.COM

Wisely 



El Mantenimiento 5.0 y la era del mantenimiento inteligente

A medida que avanzamos desde la era de la Industria 4.0, centrada en los ordenadores, hacia la era de la Industria 5.0, centrada en el ser humano, comenzaremos a ver una relación más armoniosa de la fuerza laboral humana con las máquinas y el trabajo robótico.

Si hacemos el mejor uso posible de los avances en tecnología, aumentarán las oportunidades de ir más allá de la simple automatización y crearemos procesos industriales ágiles, innovadores y capaces de adaptarse para ofrecer un mayor nivel de personalización a los clientes.

Evidentemente, cualquier cambio industrial siempre tiene un impacto en la gestión de mantenimiento, por lo que no sorprende que a medida que avanzamos hacia la Industria 5.0, también lo hacemos hacia el Mantenimiento 5.0.

¿Qué es el Mantenimiento 5.0?

La clave del Mantenimiento 5.0 es la simbiosis entre software, robots y humanos. Esta colaboración permite que el mundo del mantenimiento sea más seguro y más proactivo. Va más allá de la era del mantenimiento preventivo para alcanzar el mantenimiento predictivo.

Con los modernos avances tecnológicos y la tecnología IoT, ahora es posible recoger datos que pueden eliminar las conjeturas de las predicciones sobre problemas de mantenimiento y permitir a sistemas inteligentes hacer predicciones precisas en las que se puede confiar más que nunca. Esto está configurado para transformar la forma en que concebimos el mantenimiento. Ya no esperaremos a que algo se rompa para arreglarlo.

Nuestros algoritmos determinarán cuándo y cómo es más probable que se rompa, por lo que podemos implementar medidas preventivas para adelantarnos a los fallos y reemplazar las piezas antes de que se desgasten.

¿Qué es el mantenimiento inteligente?

El mantenimiento inteligente es, esencialmente, el proceso de estar un paso por delante de tus problemas de mantenimiento y usar la tecnología para alcanzar este objetivo. Con la combinación del análisis de datos y su recogida por sensores IoT, pueden hacerse ciertas predicciones.

Un sensor de temperatura en una pieza de maquinaria puede avisar al sistema de mantenimiento inteligente de qué está sucediendo algo fuera de lo normal y que la maquinaria se está calentando demasiado. Los datos recogidos de incidentes similares previos pueden sugerir que el problema probablemente se deba a una pieza que hace que la temperatura aumente cuando se desgasta.

Así, puede comprobarse la antigüedad de la pieza para obtener

una confirmación de que esta puede ser la causa. Después, el sistema asigna el trabajo de reemplazar la pieza y programa la reparación para un momento oportuno que reduzca al mínimo el tiempo de inactividad y las interrupciones. Esta es la forma «inteligente» de hacerlo. En vez de esperar simplemente a que la máquina se averíe para repararla, este proceso preventivo ahorra tiempo y dinero y mantiene a las personas seguras.

El universo del Mantenimiento 5.0

El mantenimiento inteligente va a ser inmenso. Es un concepto que tendrá un gran impacto en la industria, pero también se filtrará a la vida cotidiana a través de los dispositivos que tenemos en nuestros hogares. Cuando se rompe tu congelador, lo primero que sueles pensar es que la comida ya no está fría.

Sin embargo, imagínate que tu congelador automáticamente envía un mensaje a tu teléfono móvil para avisarte de que el termostato no funciona o que el ventilador del condensador se ha averiado. Esta información puede enviarse automáticamente a los fabricantes, brindándoles una descripción general de los fallos de productos por todo el mundo. Estos datos pueden ser invaluable para crear productos más confiables en el futuro.

Dentro del sector industrial, este enfoque preventivo permitirá un mayor control del mantenimiento y la programación de las medidas de inspección y del mantenimiento preventivo. Además, permitirá que los robots realicen los trabajos de alto riesgo para asegurar altos niveles de seguridad. El mantenimiento inteligente es principalmente un sistema basado en datos masivos, que supervisa los activos de la industria y analiza los datos históricos para ahorrar tiempo y dinero, y aumentar la productividad.

¿Cómo adoptar el mantenimiento inteligente?

La tecnología se mueve rápidamente, al igual que el mundo de los negocios. Si no estás preparado, ahora es el momento de pensar en el futuro de tu empresa y en cómo puedes incorporar sistemas y procesos para avanzar con éxito y sin problemas hacia la era de la Industria 5.0 y del Mantenimiento 5.0.

Tu sistema de mantenimiento inteligente es muy importante, por lo que es fundamental que te asegures de que sea sólido y pueda integrarse con otros sistemas y dispositivos IoT. Además, la recogida de datos IoT es increíblemente beneficiosa, por lo que implementar más sensores de este tipo puede ser particularmente útil para mejorar tus procesos de mantenimiento.

Sin duda, esta es una excelente opción para actualizar tu equipo, pero adaptar dicha tecnología a la maquinaria existente también puede ser una buena opción.

Los beneficios del Mantenimiento 5.0 y del mantenimiento inteligente

Los beneficios del Mantenimiento 5.0 son de gran alcance. Cuando estás un paso por delante del mantenimiento y utilizas sistemas inteligentes para tener una imagen más clara de tus requisitos de mantenimiento, reduces el riesgo de fallos inesperados.

Si implementas un sistema proactivo de actualizaciones en el tiempo oportuno, realizarás el mantenimiento y el reemplazo de piezas antes de que se produzca un fallo, por lo que mantendrás los procesos funcionando y, tal vez, evitarás reparaciones más caras en el futuro. Además, mantendrás a los trabajadores seguros, ya que evitarás que las máquinas se rompan mientras se usan y se vuelvan potencialmente peligrosas.

Si mantienes todo funcionando y programas el mantenimiento fuera de los momentos de mayor actividad, aumentarás los niveles de productividad y el rendimiento se mantendrá al máximo nivel. Evitar retrasos en la producción garantiza que se cumplan los plazos y que los clientes estén contentos.

Además, a medida que el futuro de nuestro planeta se convierta en una preocupación mundial, si avanzas hacia un negocio basado en la Industria 5.0 y el Mantenimiento 5.0, podrás centrarte en la reparación y el reciclaje, en vez de en los recambios y el desperdicio. Cuando todas las industrias implementen métodos más ecológicos y sostenibles se producirá, con toda seguridad, un impacto positivo en nuestro planeta.

La base fundamental de toda gestión de mantenimiento debe ser una plataforma de mantenimiento inteligente y de alta calidad. Es importante saber lo que quieres de esta plataforma antes de proceder a su implementación. No todos los productos en este ámbito son iguales, por lo que necesitas asegurarte de que tu sistema cumple con todos tus requisitos, es fácil de instalar, se integra sin problemas y de forma eficaz con los sistemas existentes y es intuitivo de usar.

¿Quieres un sistema que utilice el aprendizaje automatizado para hacer predicciones precisas sobre tus procesos de mantenimiento? ¿Deseas un sistema al que puedas acceder fácilmente de forma remota a través de dispositivos móviles? ¿Necesitas incorporar dispositivos habilitados para el IoT y ofrecer informes detallados basados en todos los datos acumulados?

Si has respondido afirmativamente a todas estas preguntas, es el momento de descubrir Fracttal una solución de gestión de mantenimiento de activos todo en uno. Fracttal cubre todos los aspectos de la gestión y el mantenimiento de activos, incluyendo el IoT, el Big Data y la movilidad.

La plataforma se integra a la perfección con todos los sistemas de gestión empresarial, utiliza técnicas avanzadas de IA y aprendizaje automatizado para ofrecer predicciones precisas que permiten prevenir fallos en los activos y se conecta a **Fracttal X**, una innovadora solución de monitoreo IoT.



www.nifersa.com.mx



Permite que el mejor software de gestión de activos **HxGN EAM** te permita alcanzar la excelencia operativa

Conoce las ventajas de HxGN EAM con nosotros

nifersa.com.mx/HxGN-EAM/landing/nit-servicios

contacto@nifersa.com.mx



Auditoría de Lubricación

Reporte de Auditoría de lubricación realizado por una empresa en Puebla cuyas actividades son la distribución de aceites y lubricantes para sectores como el automotriz y el industrial principalmente, también realizan trabajos profesionales de lubricación especializada y auditorías técnicas en la materia. La auditoría se realizó para una empresa líder en Latinoamérica fabricante de películas calandradas de PVC, estructuras plásticas laminadas y coextruidas de alta calidad, LINEA: CALANDRA No. 6 en el año 2006 Naucalpan, Estado de México.

Arturo Cabañas Munguía

Ingeniero Químico - Lubrimex de Puebla

julian.fndzcb@gmail.com

Colaboradores:

I.Q. Gilberto Andrade Viascan

Ing. Mariflor de la Cruz

Ing. Alfredo Vélez Ochoa

En el año 2006

la dirección general y operativa de una empresa líder en Latinoamérica fabricante de películas calandradas de PVC, estructuras plásticas laminadas y coextruidas de alta calidad, de acuerdo con sus objetivos de optimización de las operaciones productivas, planeó en conjunción con el personal de producción y mantenimiento la realización de actividades que permitieran establecer un criterio técnico para evaluar la eficiencia de las operaciones de mantenimiento y producción, dando énfasis al mantenimiento y lubricación de los equipos.

En el sentido planeado se consultó a la empresa especializada en la materia y se decidió de acuerdo con una evaluación de las áreas productivas la realización de una auditoria de lubricación profesional.

De común acuerdo se estableció un plan de trabajo para la línea No. 6, el cual fue realizado siguiendo la metodología y recomendaciones de técnicos profesionales, miembros de la Sociedad de Tribólogos e Ingenieros de Lubricación de los Estados Unidos y México.

Con base en lo anterior, se procedió a realizar el presente trabajo, mencionando que se analizaron datos e información de las áreas respectivas y estas se compararon con lo establecido por manuales profesionales y sugerencias de los siguientes manuales de organismos internacionales:

Manuales de la STLE - Society of Tribologists and Lubrication Engineers.

Manual de la AISE - Association of Iron and Steel Engineers.

Guía de estándares ISO - Método D 445 (Viscosity Guide).

Guía de estándares ANSVAGMA - 9005-D94 y AGMA 6011/D92 (Lubricant Selection for Gears).

Tribology Handbook 2ª Ed.- Lubrication Maintenance Planning and Failures Patterns and Failure analysis.

Manual de Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz. M Albarracín - Tomo 1, 2ª Ed. 2002. Colombia

Manuales profesionales de las empresas: Castrol, Shell, Exxon-Mobil, Lincon Industrial (sistemas centralizados), selección de lubricantes y planeación de la lubricación en planta.

En el reporte todas las sugerencias que se propusieron se basaron en lo recomendado por los organismos descritos, así como en la experiencia profesional de más de 20 años de los técnicos y laboratorios consultados para tal fin.

El objetivo fundamental de la auditoria de lubricación en la línea 6, fue señalar desviaciones contra estándares internacionales, con un criterio técnico y de costo-beneficio para la empresa.

Se analizaron parámetros básicos que afectan el rendimiento y la lubricación productiva en un equipo rotativo, así como

sus consecuencias con relación a costos de producción y mantenimiento.

Los principales objetivos de la auditoria comprendieron:

a) Establecer desviaciones técnicas en materia de lubricación vs Estándares DIN - ISO - ASTM STLE; b) Establecer un manual profesional de lubricación, indicando límites y procedimientos preventivos; c) Establecer áreas o puntos de oportunidad para la mejora en lubricación, con un criterio de beneficio económico para la empresa; d) Finalmente obtener la información técnica básica de consulta y actividades que permitan optimizar las labores de mantenimiento y lubricación en la línea 6.

Fue importante aclarar que, con los resultados de la auditoria, no se pretendió emitir juicios de tipo personal o sobre la organización del mantenimiento y/o producción internos, sino la oportunidad de generar estrategias que incrementaran la productividad del personal de mantenimiento, la optimización de sus labores y la proyección de oportunidades para reducir los costos de operación, a través de la mejora y optimización de los procesos de lubricación.

Para el desarrollo del trabajo se realizaron varias actividades en la planta, a través de una precisa metodología de trabajo: Se reunieron los técnicos responsables de mantenimiento y lubricación de la línea 6 para la planeación estratégica, se identificaron y revisaron físicamente los equipos, se tomó

temperatura y verificaron datos de operación de los equipos activos, se identificaron fugas y posibilidades de contaminación en los equipos, se revisó completamente el almacén, así como el acomodo, la señalización y los equipos de lubricación. Se tomaron fotografías de los principales equipos y partes lubricadas, además de realizar la verificación con el personal de los datos de operación y actividad de lubricación desempeñadas en ese momento. También se verificaron los datos reportados de la lubricación de los equipos contra estándares DIN-ISO-ASTM, se analizaron desviaciones y elaboraron propuestas de corrección, además de mejoras en conjunto con el reporte final con los resultados y las conclusiones de la auditoría.

La metodología de la auditoría se realizó con base en lo sugerido por la STLE (Sociedad de Tribólogos e Ingenieros de Lubricación de los Estados Unidos), así como la guía de expertos y fabricantes de Lubricantes. Se determinó una calificación sobre las prácticas de lubricación sugeridas en los parámetros evaluados y se mostraron gráficas con los factores analizados, presentando así una guía detallada de medición sobre los procedimientos realizados por la empresa en comparación con estándares internacionales.

Se revisaron los principales equipos y puntos de lubricación de la línea 6, se verificaron temperaturas de trabajo, lubricante utilizado, frecuencias de lubricación y cantidades aplicadas, así como las labores de supervisión preventiva en los mismos. Los equipos revisados fueron: Tolla de día, Mezclador, Ribbolm Blender, Buss, Molino, Calandrea y Post Calandrea, Drilling, Enfriadores y Rodillos de Corte, Cascada, Rodillo Planchador y Carrusel, por último, la Calefacción y Extractor.

Los parámetros evaluados de acuerdo con la STLE se verificaron a través de factores establecidos como esenciales para tener una lubricación confiable, entre dichos parámetros se analizó el seguimiento de estándares ISO – ASTM – DIN 5102 en Lubricación, selección de lubricante y su viscosidad, dosificación de lubricante y labores en programa de lubricación; El

almacenamiento y manejo seguro de la distribución de productos, señalamientos, hojas de control, equipo y seguridad, limpieza y derrames; Para las técnicas y tomas de muestreo se seleccionaron los puertos adecuados en conjunto de equipos y accesorios de muestreo; El control de contaminación se basó en la limpieza de equipos y lugar de trabajo, inspección de sellos y fugas, selección de filtros y revisión de códigos de limpieza, así como accesorios y envases de trasvase de lubricante; En el análisis y monitoreo de lubricante se realizó la selección de equipos críticos, programa de monitoreo, análisis de tendencias, establecimiento de estándares de control, medidas preventivas y correctivas, así como el análisis de fallas (causa – efecto); En el ámbito operativo para la estrategia gerencial de mantenimiento los parámetros tomados en cuenta fueron el equipo de trabajo y organización de lubricación, establecimiento de plan de trabajo, medición de resultados, actividades, además de los reportes de beneficios y logros; Para el entrenamiento y capacitación en lubricación se contemplaron el programa de capacitación en lubricación, cursos de lubricación básica y cursos de buenas practicas de lubricación; Sobre la medición en resultados en costos de producción y rentabilidad se tomaron en cuenta el establecimiento de estándares de medición de costos de lubricación, medición y análisis de resultados, del impacto a la producción y rentabilidad; Finalmente para la Ecología y seguridad en lubricación fueron el almacenamiento, manejo y prácticas de lubricación, también el manejo de lubricantes usados, desperdicios de lubricación y disposición de aceites usados.

En los criterios de evaluación se analizaron cada uno de los factores anteriores y se aplicó una calificación. Si la actividad o factor a evaluar se realiza como práctica y actividad formal en la planta por parte del personal de mantenimiento, se comparó contra el estándar y se estableció un rango de 0 a 10, indicando si uno de estos parámetros se sigue o no. Se evaluó que tanto se desviaban del estándar considerados como “buenas prácticas de lubricación”.

Es importante mencionar que, para cada tipo de proceso, equipo y condiciones de operación, cada uno de los factores evaluados se calificaron con diversos criterios. Siempre se tomó como base la referencia del manual de mantenimiento del equipo, las sugerencias de los estándares y especialistas, experiencia del evaluador en el área y resultados de los análisis de laboratorio que se efectuaron. En cada evaluación se sugirieron actividades u acciones correctivas para que se apegaran a una buena práctica de lubricación estándar.

Después de realizar la detallada inspección, análisis, estudio y calificación de los equipos se encontraron diversas áreas de oportunidad para la empresa: Para los Reductores Corona Sinfin se encontró que se utilizaba el lubricante inadecuado y viscosidad incorrecta, por lo que la solución propuesta fue aplicar un lubricante AGMA Compound N° 7(ISO 460), efectuar el drenado del Meropa 320 de cada reductor corona sinfin, para así realizar la limpieza interna y cargar el aceite nuevo. Registrar el evento en el manual (fecha-volumen-tipo aceite), recabando la información de temperatura periódica del reductor con tomas en el mismo sitio y condiciones de operación. Se observó que es primordial el nivel de aceite en los reductores y el volumen preciso es tan vital como su misma selección.

Otra área con oportunidad de mejora fue la lubricación con grasa y racionalización con el seguimiento de estándares para la dosificación del lubricante. En general se aplicaba un exceso de grasa en cantidad y frecuencia lo que provocaba un escurrimiento continuo de grasa en mecanismos. La solución propuesta fue aplicar las grasas utilizadas basado en las cantidades y frecuencias del programa de lubricación para la dosificación de grasas, para que así se redujera un 25% en cantidad de uso. Efectuar la limpieza exterior en mecanismos a grasa-lubricar eficientemente aplicando la grasa mediante cubeta lubricadora o inyector manual, observando con atención el primer indicio de grasa que comenzara a aparecer en el entrono inmediato del mecanismo, así definir si la grasa presentaba condiciones

anormales como podían ser el producto degradado con menor consistencia aparente, producto con apariencia lechosa por la emulsión de agua, producto reseco, opaco, oscuro con grumos o partículas solidas y con mayor consistencia aparente que la grasa original y cualquier otra desviación notable como color, consistencia, textura contra la original. En los casos que se presentara alguna de las condiciones la indicación sería inyectar grasa hasta que aparezca la misma sin desviación para determinar la causa de la degradación, mantener y registrar las condiciones anormales en el manual de mantenimiento.

En la Lubricación de Chumaceras – Calandria y Molino también se detectó que no se utilizaba el fluido adecuado según el seguimiento de estándares para la selección del lubricante y su viscosidad, el fluido no era el correcto para las elevadas temperaturas de operación del equipo, por lo que se oxidaba prematuramente el aceite y se requería un constante cambio. La solución propuesta fue aplicar un aceite sintético que soportara las altas temperaturas de operación, con una duración mínima de un año sin deterioro de sus propiedades físicas (Viscosidad; TAN, Nivel de aditivos) y que mantuviera un valor de viscosidad suficiente a la temperatura máxima de operación para la adecuada protección de las superficies de fricción. Las acciones correctivas serían adquirir el fluido apropiado suficiente para hacer el cambio programado del aceite en circulación y así efectuar a limpieza interna del sistema para remover los subproductos derivados de la degradación del aceite mineral (carbón, lodos, lacas, barnices), drenar en forma total el aceite del sistema y cargar hasta su nivel correcto tomando una muestra representativa del nuevo aceite utilizado para disponer de los resultados del análisis, valores de referencia base para los posteriores resultados obtenidos del muestreo. Lo anterior con el objetivo de lograr tomar las acciones preventivas según los resultados y tendencias de los reportes analíticos. Los lubricantes sintéticos presentan diversas ventajas al trabajar con altas temperaturas y disminuyen los riesgos de fallas en el

equipo, el cambio se debe realizar siempre y cuando el sistema estuviera limpio antes de cargarse, no se debe mezclar con ningún otro lubricante ni tener el riesgo de contaminarse con agua.

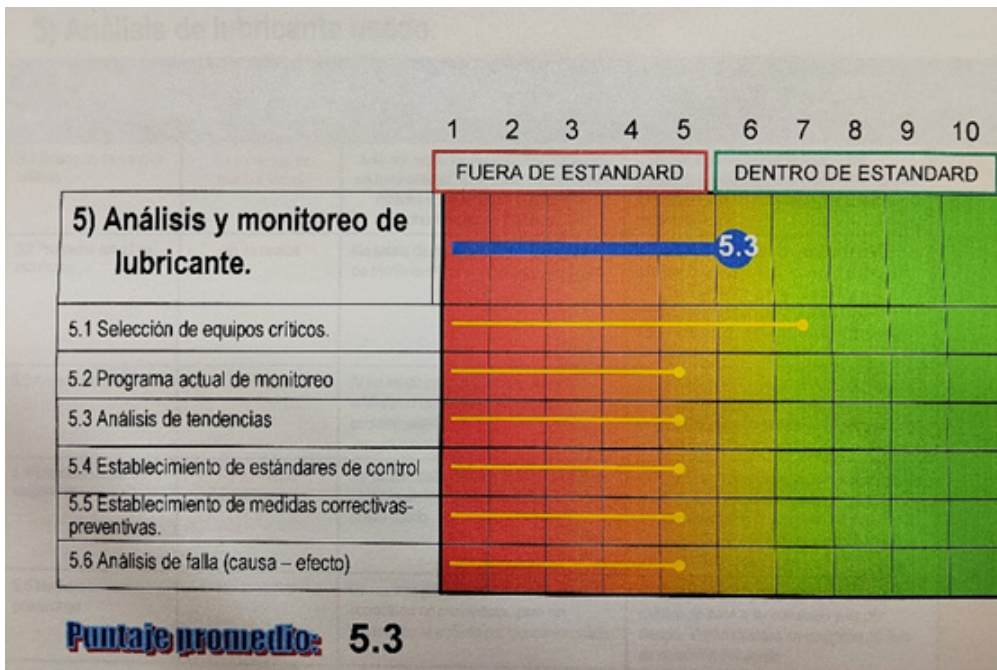
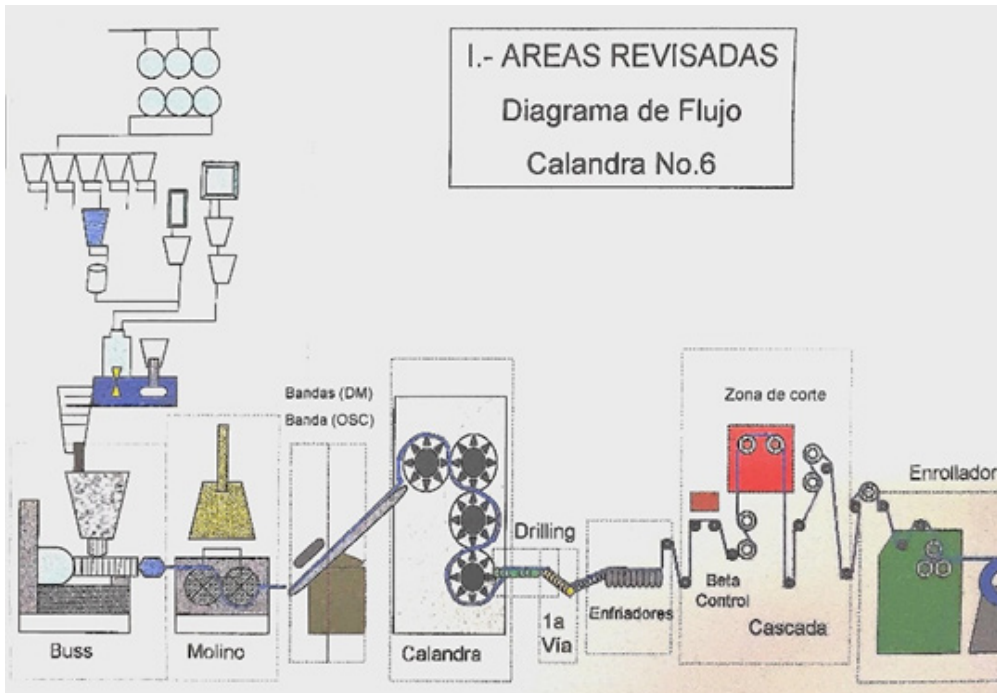
Para el Molino Engranés Descubiertos se encontró que la desviación era por un fluido que no era de línea y no era posible conocer las propiedades físico-químicas ni de metales de composición (aditivos), era difícil evaluar sus condiciones en un momento dado y era posible causa de desgaste prematuro, la solución propuesta a través del buen conocimiento de las características del mecanismo y sus condiciones de operación sería aplicar un producto como TRIBOL 800 ISO 1500 o Molub Alloy 882 EP seleccionando el que mejor cubra y rebasa los requerimientos. Programando así el cambio de grasa y efectuando una limpieza exhaustiva del mecanismo completo al aplicar el producto elegido hasta el nivel correcto actual, no se recomendaba efectuar mezclas de lubricantes ya que podían ser incompatibles y alterar las buenas propiedades del lubricante original.

Se propuso la realización de un programa de monitoreo en conjunto con un análisis de equipo crítico y lubricantes debido a la carencia de datos periódicos del estado del aceite (características fisicoquímicas, metales de desgaste, aditivos) y la falta de información de tendencias de esos parámetros, esto impide la toma de decisiones acertadas y oportunas para la conservación óptima de los equipos y del mismo aceite. Con objeto de optimizar los paros productivos y reducir los costos de mantenimiento, la solución sería la misma elaboración de la Agenda de Monitoreo de los equipos incluidos en el programa y su efectivo cumplimiento, llevando a cabo los eventos definidos en el Plan de Monitoreo Continuo.

La implementación para el control de contaminantes en la limpieza y filtro se encontró que no se disponía de un plan o programa para asegurar la limpieza exterior continua de los equipos, los contaminantes estaban presentes en los lubricantes y potencialmente en las instalaciones, dichos

contaminantes como humedad, productos por oxidación, partículas de herrumbre, de juntas y empaque, hilos de trapo o estopa, partículas de pintura y de desgaste, polvo y suciedad, solventes de limpieza, por ello el riesgo de falla o bajo rendimiento en lo equipos. La solución propuesta fue elaborar un programa de limpieza exterior de los equipos con base en la experiencia y en los reportes analíticos, programar la limpieza interna de las unidades, previa a cambios de aceites y prever respiraderos en algunos de los equipos, también hermetizar las cajas de líneas de retorno de los aceites de circulación e implementar un control de fugas de aceite en los equipos. Para lo anterior se debía asignar el personal de producción y mantenimiento para las tareas de limpieza externa de las instalaciones productivas definiendo con claridad las responsabilidades y dotándolos de los elementos necesarios para las actividades. Considerar en el programa de limpieza interna los criterios indicados sobre la buena práctica de lubricación. El control de la contaminación debía ser la principal estrategia para la conservación de la maquinaria y de los fluidos lubricantes, la contaminación afecta tanto al aceite como a los equipos.

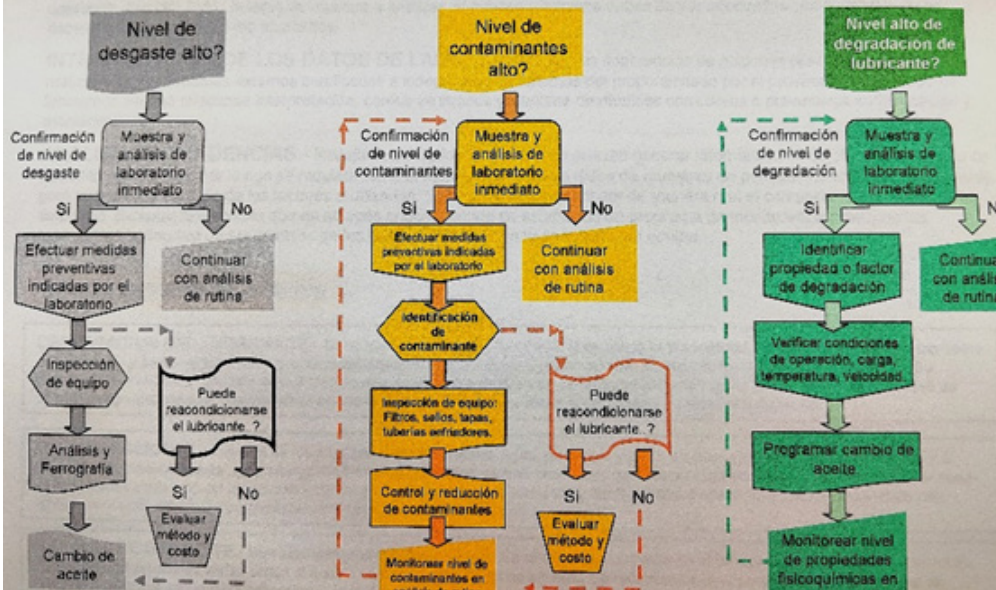
Posterior a todo el análisis realizado en los equipos de la planta los expertos llegaron a la conclusión de que hacía falta una buena organización y esquematización de las estrategias de mantenimiento de los equipos, así como las bases metódicas y de información para llevarlas a cabo eficientemente, por lo que se entregó a la dirección general y operativa de la empresa, de acuerdo con sus objetivos de optimización de las operaciones en el reporte realizado, todos los resultados, hallazgos y sugerencias, las cuales se basaron en lo recomendado por los organismos mencionados y la experiencia profesional de los laboratorios y los técnicos consultados para el mismo reporte.

**Bibliografía:**

- 1) Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz Tomo 1, 2ª. Edición 1993.
Aut: Pedro Albarracín Aguillón
Ingeniero Mecánico – Universidad de Antioquia.
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Colombia
- 2) Principles and Applications of Tribology International Science and Technology – Volume 14 Pergamon Press 1975. First Edition
Aut: Desmond F. More
University Colege, Dublin and Director
- 3) Tribology: Science of Combating Wear Parts 1 – 10 – Back to Basic 1991-STLE-Technical Bulletin
Aut: William A. Glaeser, Richard C. Ericson, Jerrol W. Kannel
STLE-Park Ride, Illinois., E.U.
- 4) Basic Lubrication Course STLE Education Course 1998
Aut: Walter E. Huysman-Charirman
STLE-Park Ride, Illinois., E.U.
- 5) ICI Especiality Products 1985 Tribol Product Manual High Performance Lubricants World Headquarters – ICI Americas INC. California E.U.
- 6) SKF Gama popular de rodamientos Boletín Técnico- Catálogo 4007 Copyright SKF 1996 Dinamarca
- 7) Mobil Oil de México SA de CV Programa Industrial de Capacitación Aut: Pedro Cruz M. México 1990.
- 8) Mobil Synthetic Lubricants Mobil Oil Corporation Marketing adn Refining Division- International Manager 1985 – Mobil Oil Corporation- Technical Bulletin
- 9) Manual de Transmisión de Potencia Power Transmission Distributors Association Comité de recursos Educcionales de la PTDA E.U. Penton Cistom Publishing Group 1998 – 1ª Ed. Cleveland Ohio
- 10) Manual de lubricación Tomo 1 y 2., 2ª Edición 1993 Ing. Guillermo Valencia Andrade Editorial del Toro SA de CV – México DF
- 11) Lubricating Greases Clasification, Selection and Application Kluber Publication Munchen Technical Bulletin – 1990
- 12) Lubes & Greases The Magazine of Industry in Motion LNG Publishing Company INC. 6105G-Arlington Blvd., VA 2204 USA October 1998
- 13) Hart's – Lubricants World Hart's Publications INC. 4545 Post Oak Place, Suite 210 Houston, TX., 77027 USA Vol. 8No.5 – May 1998
- 14) Lubrication Engineering Journal of the Society of Tribologists and Lubrication Engineers STLE-Park Ride, Illinois., E.U. Vol. 54., No.6
- 15) Castrol Industrial North America Performance Lubricants Division General Reference Guide Lubrication Technology 1001 West 31 Street

5) Análisis de lubricante usado.

Acciones a seguir cuando el análisis de laboratorio refleja datos límites o críticos en el sistema.



4) Control de contaminantes

Mala practica de lubricación



Foto G

Recipientes para trasvase de aceite abiertos.



Foto

Desechos lubricantes no señalizados y en área

16) La Tribología, Ciencia y técnica para el mantenimiento
Francisco Martínez Pérez
2ª. Edición, Editorial Limusa
México, 2001

17) The Tribology Handbook
Second edition
Michael J. Neale
Butterworth-Heinemann
England, 1999

18) The Lubrication Engineers Manual.
Second Edition
AISE (Association of Iron and Steel Engineers)
USA - 1999

19) Handbook of Friction Units Machines
I.V. Kragelskii and N.M. Minkin
Second Edition
ASME PRESS, New York, 1988

20) Society and Tribologists and Lubrication Engineers
General Information Bulletin
STLE, Park Ride, Illinois, 2000

21) Interpretación del análisis de aceite
Ing. Gerardo Trujillo
Manual del curso, 1ª ed.
Noria Latinoamericana
2001, México

22) Mantenimiento Productivo
Revista año I, No.3, Jun-Jul., 2002
México

23) Aplicación de la metodología del mantenimiento productivo total TPM
Universidad Iberoamericana, México., 2001
Trabajo sobre ponencia en Ingeniería Mecánica.
Ing. Daniel Vargas Bustamante

24) Grasas Lubricantes.
Clasificación, aplicación y selección
KLUBER LUBRICACION MEXICANA
10ª Edición., México., Kluber Inc.

25) Contamination Control and Filtration Fundamentals
Pall Industrial Hydraulics Company
Glen Cove, New York., 1995
2a ed.

26) Molikote
Rudolf Zechel
Peter Lonsky
Dow Corning Corporation
1991 English Edition, -Dow Corning Pub.
Great Britain

27) Ready Reference for Lubricants and Fuel Performance
Lubrizol Corporation
Lubrizol Edit., 2002
Lakeland Boulevard, Wickliffe, Ohio

28) Desgaste de Metales
A.D. Sarkar - (Trad.-Maria Cristina Saguines Franchini)
Noriega Editores, Editorial Limusa
1a. edición., México 1990.

29) Principles and Applications of Tribology
Bharat Bhushan
Wiley Interscience Pub.
John Wiley and Sons
1999, 1a edit.

30) Lubrication Engineering
Journal of the Society of Tribologists and Lubrication Engineers
STLE-Park Ride, Illinois., E.U.
Vo.54., No.7
Biodegradable Lubricants for Eco-compatible applications.

CONOCIENDO LAS HOJAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS Y LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS



Diego Cabrera Vanegas

Ingeniero Mecánico, egresado de la
Universidad Simón Bolívar – Asesor técnico
especializado en productos de petróleo
dicava160361@gmail.com



Quando se adquieren y manipulan productos y ante cualquier duda sobre el producto que se va a emplear, debemos recurrir a la ficha técnica o a la ficha de seguridad que proporciona el distribuidor o el fabricante.

Las fichas técnicas son DOCUMENTOS DE PRESENTACIÓN COMERCIAL de los productos químicos

Las fichas de seguridad u hojas de seguridad de productos son DOCUMENTOS DE FORMATO Y ESTRUCTURA DEFINIDOS POR LA LEGISLACIÓN LOCAL E INTERNACIONAL, y hacen referencia al registro, la evaluación, la autorización y restricción de sustancias y preparados químicos, donde se informa del grado de peligrosidad del producto y de cómo los profesionales deben protegerse durante su aplicación.

CONOCIENDO LAS HOJAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS

La Hoja técnica de Productos (HTP) también llamada Ficha técnica de productos (FTP) o Technical Data Sheet (TDS) es el documento que emite el fabricante del producto indicando su denominación y usada para su promoción, donde se describe de manera general, las características físicas y químicas del producto, sus grados, aplicaciones donde se puede utilizar, especificaciones y homologaciones, envases, fecha de revisión, beneficios al usarlo y ocasionalmente, los cuidados o restricciones que se deben considerar al seleccionar un lubricante o indicaciones donde ubicar las Hojas de Seguridad de Productos – HDS o Material Safety Data Sheets – MSDS en sus siglas en inglés.

Es el primer acercamiento del personal de mantenimiento con las características técnicas del producto. La información no está regulada por ninguna institución y los fabricantes son libres de colocar la información que ellos creen relevante para sus usuarios.

Ofrecen información técnica necesaria para tomar la decisión si un determinado producto cumple o satisface requerimientos técnicos para que lo utilicen o se requiere más información de parte del proveedor en caso de que el dato más relevante para la toma de decisión no se encuentre dicha ficha técnica.

FICHA DE DATOS TÉCNICOS
ALCOHOL ISOPROPILICO (IPA)





Salud	2
Entorno	3
Reactividad	2
Equipo de Protección Personal	

Composición Información de los Componentes

Componentes	N.º de Servicio de Abstractos Químicos	Porcentaje de peso
Isopropanol	(CAS 67-63-0)	70%

Identificación Sobre El Producto

Alcohol Isopropílico, también llamado propanol, 2-propanol, propan-2-ol, es un alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua.

Propiedades Físicas Y Químicas

Propiedades	Datos
Estado físico:	Líquido.
Color:	Incoloro.
Olor:	característico.
Grado Alcohométrico:	99% Mismo
Solubilidad (20°C):	Miscible en agua, alcohol, éter y cloroformo
Denso relativo:	ND
pH:	ND
Punto de fusión / de congelación:	-89°C (-128°F)
Punto / intervalo de ebullición:	83°C (181,4°F)
Tasa de evaporación:	ND
Inflamabilidad:	El producto es inflamable.



FICHA TÉCNICA ALCOHOL ISOPROPILICO

Ejemplo: [ficha-tecnica-alcohol-isipropil.pdf](#) (empresascarbone.com)

No existe norma homologada para su elaboración y no todos los datos son obligatorios; comprende secciones, cortas u extensas; dependerán del proveedor

- Nombre o denominación comercial.
- Descripción del producto.
- Beneficios de uso del producto.
- Donde y como se debe aplicar.
- Apariencia del producto.
- Presentaciones y tipos de envases.
- Forma o modo de aplicación.
- Propiedades fisicoquímicas.
- Ensayos y métodos aplicados.

No todas las hojas técnicas de productos o fichas técnicas son lo suficientemente extensas o contar con toda la información necesaria para la toma de decisión; en este caso es útil y necesario contactar al proveedor para ampliar la información. Los valores indicados en las hojas técnicas de productos se obtienen con un umbral de tolerancia estándar durante la fabricación y no pueden considerarse especificaciones; son un promedio de los valores de manufactura y no son valores de especificación; pueden variar de acuerdo a rangos de especificación y ajustes de fórmulas y balances costo – beneficio

Dado que los valores en la hoja técnica pueden diferir con el producto en uso, en caso de dudas, se debe analizar una muestra, identificando el lote y compararla con el lote de producción y establecer si se encuentra dentro de especificación.

Pueden producirse algunas variaciones en condiciones normales de producción, pero éstas no deben afectar al rendimiento esperado del producto, independientemente del lugar de fabricación. La información contenida en la ficha técnica está sujeta a cambios sin previo aviso y se puede encontrar la última versión de este documento en la página web del proveedor o solicitarla directamente al mismo. Existen criterios de desempeño, por ejemplo en el área de lubricantes, como capacidad de controlar la fricción, su capacidad de protección contra agua o su capacidad de sellado, que deben ser ampliados por el proveedor, en caso de requerirlo.

CONSIDERACIONES PARTICULARES

- El principal valor a requerir es la viscosidad del aceite base y el índice de viscosidad ya que la viscosidad correcta determinará el rendimiento ideal del lubricante (ASTM D445, D-2422, D-2270).
- En las grasas se debe de considerar la consistencia y su estabilidad mecánica (ASTM D-217).
- Si se requiere un lubricante para engranajes abiertos o cajas de engranajes se debe considerar la prueba FZG para aceites y grasas (ASTM D-5182).
- Si el producto se empleará en condiciones extremas de carga, se debe solicitar valores de la prueba de cuatro bolas extrema presión, desgaste e índice carga-desgaste (ASTM D-2783, D-2596, D-4172, D-2266, D-2596).
- Se debe considerar la temperatura de operación de la grasa o del aceite; para este fin se deben solicitar valores como punto de inflamación y de fluidez (ASTM D-2265, D-97, D92, D-2165).
- Si hay posibilidad de lavado por agua debe requerirse su valor esperado (ASTM D-1264).

Cualquier requerimiento de desempeño no indicado debe ser solicitado al proveedor

INFORMACIÓN ADICIONAL EN LAS HOJAS TÉCNICAS

Ocasionalmente los proveedores advierten en las fichas técnicas o en sus hojas de seguridad de productos sobre la compatibilidad con otras bases, pinturas o sellos. Es por ello que se debe aprovechar al máximo la información que el proveedor comparte.

En caso de requerirlo para la toma de la decisión se debe verificar aplicaciones, certificaciones y presentaciones comerciales y verificar que el producto es para la aplicación donde se va a utilizar.

En caso de dudas, solicitar por escrito al proveedor que puede ser aplicado sin inconveniente y adicionalmente se puede encontrar las presentaciones comerciales que ofrece el fabricante, desde granel hasta presentaciones individuales de bajo volumen o a requerimiento: en grasas se consiguen presentaciones en cartuchos, pailas o cubetas (18 kg) y tambores (180 kg), o en aceites se consiguen en pintas o litros, en pailas o cubetas (19 L) y tambores (208 L)

RESUMEN

Ninguna ficha técnica es igual a otra ya que cada fabricante tiene su manera de representar la información de su producto y resaltar las características más importantes que crean convenientes.

Se debe contactar al proveedor para obtener la mayor información posible y tomar una decisión más acertada. Para interpretar la ficha técnica debemos considerar 3 puntos importantes:

- Identificar información para la selección correcta del producto.
- Consideraciones y qué cuidados a tener a la hora de seleccionar el producto.
- Referencias como aplicaciones, aprobaciones, homologaciones, cumplimientos, certificaciones y presentaciones comerciales.
- Ningún lubricante es malo.
- Si un lubricante no da los resultados esperados, o es porque no es el lubricante que se requiere o fue mal seleccionado.
- Cualquier duda que se tenga respecto a la ficha técnica, deberá ser consultada y avalada por el proveedor y de ser necesaria información adicional, no dudar en solicitarla.
- Cada operación es diferente y por lo tanto se necesita un lubricante especializado.

RECOMENDACIONES FINALES

Se debe contar con todas las fichas técnicas y de seguridad y que estas, estén actualizadas; en el caso de aplicaciones en la industria alimentaria o farmacéutica, debe contar con registros sanitarios locales o internacionales y ser aptos para su uso con alimentos o medicamentos. Por último, se debe estudiar posibles riesgos a la hora de aplicar un químico y la protección necesaria con la ayuda de la ficha de seguridad.

CONOCIENDO LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS

Están diseñados para ayudarle a usted a que entienda como trabajar con seguridad con productos químicos en su área de trabajo; Es importante, antes de usar cualquier producto o sustancia química, leer, comprender y tener a mano las Hojas de Seguridad del Producto o MSDS para trabajar con seguridad en el área de trabajo.

BUENAS PRÁCTICAS

La información debe proveerse a los trabajadores, ser relevante, simple, ética y efectiva, focalizándose en reducir los riesgos presentes en el lugar de trabajo. Y donde sea posible prevenir la exposición al riesgo en la fuente:

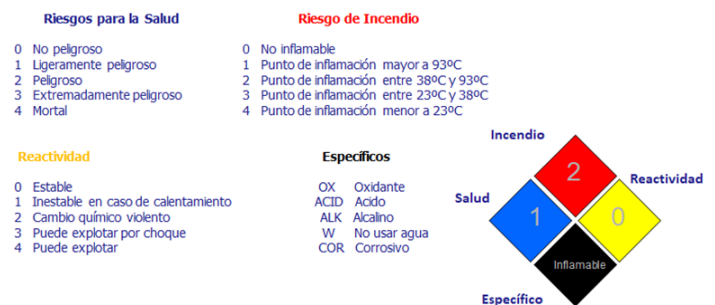
- Considerar cualquier producto químico como riesgoso.
- Leer siempre las etiquetas de los envases.
- No comer, ni beber, ni fumar en el puesto de trabajo.
- Utilizar los elementos de protección personal adecuados.
- No mezclar productos químicos, pues pueden reaccionar violentamente.
- No utilizar productos químicos desconocidos y ante la ausencia de rótulos consultar al Supervisor, al Servicio de Seguridad y Salud Ocupacional o al Laboratorio.
- No utilizar productos inflamables para limpiar máquinas y otras superficies.
- No almacenar productos inflamables en recipientes abiertos y mantener siempre los envases y recipientes bien cerrados.
- Utilizar recipientes adecuados para cada producto químico.
- En caso de requerir almacenar algún producto en un recipiente usado, asegurarse de que el mismo se encuentre limpio, retirar el rótulo viejo y colocar en su lugar uno nuevo con la identificación del producto.



QUÉ SON LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS

Entre más conocemos el material con el que trabajamos, más segura será la actividad – el proveedor debe suministrarla o indicar el sitio web donde puede acceder a la misma; La Hoja de Seguridad de Productos informa al usuario sobre los componentes, peligros y manipulación segura del producto; de allí la importancia de tenerla, comprenderla y aplicarla ya que provee de manera sencilla y amena la información que necesita para manipular con seguridad, cada uno de los productos que emplea cualquier persona en sus operaciones diarias.

COMUNICACIÓN DE RIESGOS NFPA 704 - EL ROTULADO



COMUNICACIÓN DE RIESGOS - EL TRANSPORTE



CÓMO SACAR PROVECHO DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS

Su uso y comprensión por todo el personal nos permite entender los posibles riesgos del producto que se está manipulando, elegir el equipo de protección adecuado para el trabajo, entender los procedimientos de primeros auxilios, aprender a manipular, almacenar y eliminar el producto y entender cómo actuar ante una situación de emergencia.

HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS COMO HERRAMIENTA BÁSICA DE LA GESTIÓN DE RIESGOS

ORGANIZACIÓN DE LAS MSDS

Formato aprobado por ANSI - American National Standards Institute - para proveer información detallada de seguridad de productos, en forma cómoda y lógica, comenzando con información general del producto.

Es importante por tanto saber cómo trabajar con sustancias peligrosas; es pertinente establecer las siguientes definiciones:

- **SUSTANCIAS PELIGROSAS:** Materiales que por sus características físicas y químicas o condiciones, presentan un riesgo potencial para la salud de las personas, los bienes y el ambiente en general.
- **POTENCIALIDAD DE DAÑO:** Los peligros que pueden presentar estos materiales pueden ser físicos (incendios, explosiones, reacciones violentas) y/o para la salud

(irritación, quemaduras, enfermedades) y/o para el ambiente (contaminación de aire, agua y suelo).

- **PROTECCIÓN:** Conocer los productos químicos con que se trabaja es la mejor forma de empezar a proteger la salud, los bienes y al ambiente.

En muchos países se han establecido reglamentaciones sobre evaluación de riesgos, así como también sobre clasificación, embalaje, etiquetado y comercialización con restricciones de sustancias químicas y es un derecho y un deber el conocer la información sobre el producto, su identificación, componentes químicos, propiedades físicas y químicas, peligros de incendio y explosión, reactividad, riesgos para la salud, primeros auxilios, riesgos ambientales, almacenamiento, medidas de control y equipos de protección individual y responsable de la información

hoja de seguridad

MARCA DEL PRODUCTO

HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO ELABORADO

SECCIÓN I – IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

CLORURO FERROSO

SECCIÓN II – COMPONENTES PELIGROSOS

Nombre	%	LD50	LC50	TLV
Cloruro ferroso	25 - 30	NO	NO	NO

SECCIÓN III – PROPIEDADES FÍSICAS

Aspecto:	Líquido transparente a opalescente
Color:	verde, verde coloreado
Peso específico (g/cm ³):	1,28 - 1,32
pH (papel AclR):	≤ 0,5
FeCl ₂ (% pp como FeCl ₂):	25,0 - 28,0

SECCIÓN IV – RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

No inflamable. En caso de incendio utilizar agua, espuma o polvo químico.

SECCIÓN V – RIESGOS PARA LA SALUD

Generalidades

Piel: produce irritación.

Ojos: produce irritación y quemaduras.

Ingestión: produce irritación y daño a los riñones y hígado.

PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos y piel

Lavar con abundante agua durante 15 minutos como mínimo, lavar la piel con agua y jabón, mantener los ojos abiertos durante el lavado. Remueva la ropa contaminada inmediatamente.

Ingestión

No de a beber agua a una persona inconsciente. Suministre grandes cantidades de agua o leche.

hoja de seguridad

MARCA DEL PRODUCTO

CLORURO FERROSO

SECCIÓN VI – REACTIVIDAD

Producto estable. Corrosivo a muchos metales. Evite el contacto con bases fuertes, metales alcalinos y oxidantes fuertes. Puede reaccionar violentamente con óxidos de etileno, potasio y sodio.

Producto corrosivo. No. ONU 1750

SECCIÓN VII – PÉRDIDAS Y DERRAMES

Detenga la fuga y aisle el área.

Contenga el derrame y evite que entre en cursos de agua y alcantarillados.

Use el equipo de protección personal.

Para contener y/o absorber use mangas de absorción para productos químicos, arena o tierra.

Transfiera el contenido a tambores plásticos.

SECCIÓN VIII – PROTECCIÓN PERSONAL

Ojo y cara: usar antiparras para salpicaduras químicas, máscara de protección facial.

Manos: guantes de goma o PVC con palma antideslizante.

Vías respiratorias: usar respirador con filtro para gases ácidos (en caso de calentamiento).

Otros: guardapolvo y botas de goma o PVC.

SECCIÓN IX – ALMACENAJE

Se trata de un producto ácido, no poner en contacto con sustancias alcalinas.

Si entra en contacto con el aire, se oxida a tóxico, guardar en recipientes cerrados.





CONOCIENDO ALGUNAS PROPIEDADES

- **PH:** su valor indica si la sustancia es corrosiva (daña tejidos vivos y/o metales por contacto). Se emplea una escala numérica de 0 a 14 donde del 0 al 6 son ácidos, 7 es neutro y 8 al 14 son alcalinos.
- **PRESIÓN DE VAPOR:** Su valor representa la capacidad de la sustancia para evaporarse. Aumenta con la temperatura.
- **PUNTO DE INFLAMACIÓN:** Temperatura a la que la sustancia emite vapores, a un ritmo tal, que cerca de la superficie libre del líquido, forma una mezcla con el oxígeno del aire, capaz de encenderse solamente ante la presencia de una fuente de calor.
- **LÍMITES DE INFLAMABILIDAD:** Concentraciones mínima y máxima de una sustancia en un ambiente, que mezclada con el oxígeno del aire es capaz de encenderse ante la presencia de una fuente de calor.

Las Hojas de seguridad de Productos dividen la información en 4 GRUPOS GENERALES y por lo general en 16 SECCIONES detalladas, seccionadas para cada grupo sobre Información del producto, situaciones en exposición, prevención de peligro y protección personal y cualquier otra información específica

QUÍMICA UNIVERSAL LTDA.

ALCOHOL ISOPROPILICO

 HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS (HDS)	
Química Universal Fecha de versión : Enero 2019 Versión : 2	
1. Identificación del producto químico y de la empresa	
Nombre del producto	: Alcohol Isopropílico
Usos recomendados	: Usado para síntesis orgánica y como intermedio químico, funciona como disolvente para ceras, aceites vegetales, resinas naturales y sintéticas, ésteres y éteres de celulosa. Usado también en composiciones de pulimento, líquido para frenos, disolventes desengrasantes y antisépticos.
Restricciones de uso	: Se desaconseja cualquier uso distinto al informado en la presente HDS.
Proveedor	: Química Universal Ltda.
Dirección del proveedor	: Lo Zañartu 092, Quilicura.
Número de teléfono de proveedor	: +56 2 27834400
Número de teléfono de emergencias y de información toxicológica de Chile	: CITUC (562) 26353800
E-mail	: Ventas@quimicauniversal.cl
2. Identificación de los peligros	
Clasificación según NCh 382	: Clase 3.
Distintivo según NCh 2190	: 
Clasificación según SGA (GHS)	: Inflamable, Toxicidad alta
Etiqueta SGA	: 
Señal de seguridad NCh1411/4	: 
Salud: 1 Inflamabilidad: 3 Reactividad: 0	
Clasificación específica	: Líquido inflamable
Distintivo específico	: Rombo vertical con 2 vértices opuestos en una línea vertical, con un símbolo de flama y las palabras líquido inflamable 3.

Ejemplo: IPA-ALCOHOL-ISOPROPILICO-2018-min.pdf (quimicauniversal.cl)

GRUPO 1: Corresponde a la información del producto químico; agrupa las secciones 1, 2 y 3; suministra provee información básica sobre el producto, el fabricante, sus ingredientes, las alertas de peligro y los efectos a la salud.

A continuación hablaremos de cada sección del grupo 1:

SECCIÓN 1: PRODUCTO E IDENTIFICACIÓN: provee información sobre nombre comercial del producto, sinónimos, fabricante y ubicación, números de emergencia y la fecha de edición.

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES: señala la composición del producto, sus Ingredientes, en qué porcentaje y el Código CAS (registro que se le adjudica en el Chemical Abstract Service a cada sustancia química o grupos de ellas) del componente.

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS: Lista peligros potenciales de forma general y es una guía rápida al personal de emergencia para entender cualquier situación con el producto en caso de: Entrar en contacto con ojos o piel, es ingerido, si es inhalado o si hay contacto sistemático con el material por largo tiempo.

GRUPO 2: Señala las situaciones en exposición: agrupa las secciones 4, 5 y 6 y provee información básica sobre: primeros auxilios, derrames de producto, fuegos y posibles situaciones de fuga de producto.

A continuación hablaremos de cada sección del grupo 2:

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS: Provee una guía para personal sin entrenamiento especializado en el auxilio de personas, cuando se presenta una situación de exposición como inhalación, contacto con ojos y piel, ingestión, inyección e informar al médico sobre cualquier detalle; No se descuide y familiarícese con los procedimientos de primeros auxilios aquí señalados.

SECCIÓN 5: MEDIDAS CONTRA INCENDIOS: Provee información sobre métodos apropiados para la extinción de un incendio, recomendación de agentes de extinción (agua, espuma, químicos secos u otras sustancias), Información general para los bomberos sobre metodologías aplicables en caso de un incendio o explosión y la protección del personal contra incendios.

SECCIÓN 6: MEDIDAS CONTRA FUGAS ACCIDENTALES: Toda fuga, por pequeña o insignificante que parezca, es un peligro potencial a las personas y al ambiente; Provee de información general sobre medidas a ser tomadas para prevenir el contacto personal, daños al ambiente y como proceder de inmediato si hay fugas.

GRUPO 3: Provee información sobre prevención de peligro y protección personal; agrupa las secciones 7, 8, 9 y 10 y provee información básica sobre: prevención de accidentes, manipulación, almacenamiento seguro, los límites de exposición, sus propiedades físicas y químicas y la estabilidad del producto.

A continuación hablaremos de cada sección del grupo 3:

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Provee información sobre manejo y almacenamiento, las precauciones que se deben considerar, en caso de que exista contacto accidental con materiales incompatibles y señala que materiales deben ser empleados para su almacenamiento, manipulación y precauciones con los envases vacíos.

SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL: Provee información sobre controles de ingeniería como ventilación, equipos necesarios de protección personal, medidas mínimas de higiene, límites de exposición permitidos y si se trabaja en un área donde es posible una sobreexposición, cuáles son los equipos de protección requeridos; En esta sección se establecen límites específicos referentes a Límites de exposición permitidos (Recomendaciones de la ACGIH – Asociación de Higienistas de EEUU), PEL (Exposición Limite Permissible): Valor máximo que no puede ser excedido en 8 hrs. continuas de trabajo sin protección apropiada, STEL (Exposición Limite Corto Plazo): Valor máximo que no puede ser excedido en 15 minutos de exposición continua, CV (Techo Máximo): Limite que nunca deberá ser excedido durante cualquier exposición al producto y TLV (Exposición Limite Umbral): Valor máximo que no puede ser excedido en 8 horas continuas de trabajo sin protección apropiada.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS: Provee información sobre estado físico (sólido, líquido o gas), apariencia, propiedades físicas y químicas, puntos de congelación, ablandamiento e inflamación, presión de vapor, inflamabilidad y rata de evaporación.

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD: Señala aquellos materiales incompatibles que pudiesen dar como resultado fuego, explosión, polimerización, generación de calor o gases tóxicos y señala las condiciones que aceleran la inestabilidad del material, si ese fuese el caso.

GRUPO 4: Ofrece cualquier otra información específica: agrupa las secciones 11 a 16 y suministra información básica sobre peligros ambientales, consideraciones sobre disposición y transporte, regulaciones y requisitos y datos sobre ensayos toxicólogos.

A continuación hablaremos de cada sección del grupo 4:

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA: señala datos toxicólogos obtenidos en laboratorio, provee información sobre vías de entrada y un resumen de los efectos que tendría su contacto en humanos si es inhalado, hay contacto prolongado con la piel, con alimentos o hay condiciones físicas de salud preexistentes que pudiesen acelerar el efecto tóxico del producto en el cuerpo; dada la complejidad de términos es pertinente definir algunos términos sobre toxicología.

- **TOXICIDAD:** Capacidad inherente a una sustancia de producir un daño grave en el organismo. Puede ser aguda, subaguda o crónica.
- **EFEECTO TÓXICO:** Resultado de la acción del tóxico (enfermedad, trastornos funcionales, lesiones, muerte).
- **RIESGO:** Probabilidad de que el efecto tóxico aparezca, según las condiciones de empleo de una sustancia determinada y la sensibilidad del individuo.

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA: señala los efectos en el ambiente en caso de fugas accidentales y ayuda a los técnicos ambientalistas a evaluar los efectos de fugas y como prevenir daños ambientales mayores.

SECCIÓN 13: INFORMACIÓN SOBRE DESECHOS: Da información detallada sobre disposición de material, incluyendo su clasificación e identificación y señala las limitaciones y restricciones que aplican.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE: Señala información sobre métodos de transporte apropiado del material, regulaciones que aplican e información sobre empaques y grado de peligrosidad, placas de información del DOT - Department of Transportation, precauciones específicas y número de identificación de la NFPA - National Fire Protection Association.

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN SOBRE REGULACIONES: Provee de información estatal, federal e internacional en materia de seguridad cuando se manipula y maneja este material (Información de la OSHA - Occupational Safety and Health Administration).

SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN: provee información no cubierta por las secciones anteriores lo cual incluye información general, referencias, restricciones, usos y otros aspectos.

IMPORTANCIA DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS

Las HOJAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS o MSDS son el medio idóneo para obtener información completa y precisa para la manipulación segura, de materiales potencialmente peligrosos; están diseñadas para ayudar a trabajar de formas seguras y redactadas para una lectura de fácil entendimiento.

Debemos tener en cuenta que LA PREVENCIÓN ES LA MEJOR HERRAMIENTA PARA TRABAJAR SEGURO.

Bibliografía

- Agencia Europea de Seguridad y Salud Ocupacional (UE) - EU-OSHA (europa.eu)
- Agencia de Seguridad y Salud Ocupacional (EEUU) www.osha.gov
- Instituto Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo (EEUU) www.niosh.gov
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (ES) www.mtas.es/insht
- Agencia de Seguridad y Salud Ocupacional (RU) www.hse.gov.uk
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo (AR) www.srt.gov.ar
- Consejo Europeo de Impresores-CEPRE (UE) www.cepe.org
- Proveedores de lubricantes y grasas como: www.total.com, www.exxonmobil.com, www.texaco.com
- Otras paginas Web

Diferentes modalidades de capacitación



Cursos en vivo

PREDICTIVA



Cursos grabados

 **Predyc**



**Elige la que más se adecue
a tus necesidades**

Gestion de Integridad de Activos para Infraestructuras basado en Fiabilidad y Inteligencia Artificial



Eduardo Calixto

ECC Founder & CEO - RAMS Expert

ec@eduardocalixto.com



Hoy en día, el mundo invierte alrededor de 2,5 billones de dólares al año en activos físicos de infraestructura, como sistemas de transporte, energía, agua y telecomunicaciones.

Sin embargo, esta cantidad sigue siendo inferior a las necesidades cada vez mayores del mundo, lo que se traduce en crecimiento económico y (Informe de 2013 de la MGI Productividad de la infraestructura). Además de ser un facilitador clave de la inversión, la infraestructura también puede ser un receptor lucrativo de entradas de inversión. Inversión privada en redes de infraestructura, junto o en lugar de operadores estatales, ha ido en aumento en todo el mundo durante varias décadas.

Sin embargo, desde la crisis financiera mundial, este impulso ha flaqueado un poco: en 2010-2012 (OCDE, 2013a). De hecho, la crisis económica de 2008 ya provocó enormes recortes de gastos en todo el mundo. En Europa, la infraestructura de la posguerra, especialmente los puentes, está envejeciendo. A pesar de eso, el mantenimiento trabajo atrasado, es decir, la cantidad de mantenimiento y rehabilitación que debería haberse completado en para mantener las carreteras en buen estado, pero se ha aplazado, está creciendo considerablemente. Este problema podría ser amplificado debido a la pandemia COVID-19, que causan más servicio cancelados, retrasos y consecuentemente recortes de gastos.

La parte esencial de la inversión en activos físicos de infraestructura se refiere a las actividades de mantenimiento. Por lo tanto, el retraso o la falta de mantenimiento resulta en costos más amplios: impide la movilidad en el mercado interior, aumenta el riesgo de accidentes y conduce a mayores emisiones de CO2 sector del transporte. Además, "ahorros" de retrasar o la falta de mantenimiento será falso economía como la infraestructura se degradará hasta el punto en que debe ser reemplazado que es más costoso que el mantenimiento regular y aumentar el riesgo de accidentes graves y graves. (European Federación de la Industria de la Construcción (FIEC) - 2021).

Antes de pensar en el mantenimiento, el primer aspecto a considerar en el logro de alto rendimiento es la fiabilidad. La fiabilidad se define como la probabilidad de éxito que un activo físico tiene para cumplir su función durante un período de tiempo específico bajo condiciones de operación específicas. El mantenimiento es la acción para restaurar la función de activo físico antes o después de que la falla funcional ocurre. De hecho, muchos de los activos físicos de infraestructura como la construcción, puentes, paso elevado, paso subterráneo, encubierto, carretera y equipos estáticos (Buque, torres, tuberías)

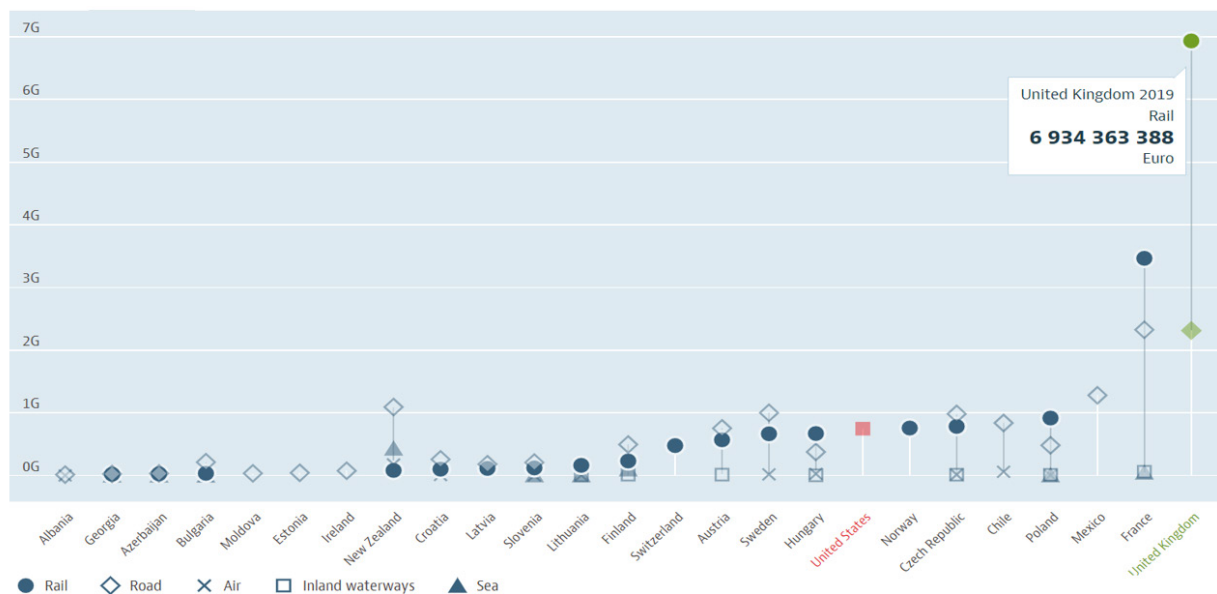


Figura 1: Inversión en mantenimiento de sistemas de infraestructura 2019.

tienen una alta fiabilidad a lo largo de su ciclo de vida, que se basa en la robustez de dicha integridad de los activos físicos. Sin Embargo, factores externos como las condiciones ambientales, el estrés de carga y el uso pueden afectar a la fiabilidad de las infraestructuras.

El principal concepto de mantenimiento, o en otras palabras, mantenimiento preventivo, es detectar tales condiciones y la degradación de los activos físicos antes de que ocurra el fallo, para evitar el impacto en la interrupción del servicio público o incluso desencadenar un accidente grave. De hecho, el principio general de mantenimiento también se aplica a los activos de infraestructuras, que consideran la implementación de diferentes métodos de mantenimiento preventivo en lugar de mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo en las infraestructuras también evitan accidentes graves.

Al aplicar el mantenimiento preventivo, el sistema de infraestructura recuperará gran parte o total de la confiabilidad inicial, acercando el sistema de infraestructura al estado como nuevo, teniendo un efecto positivo en la confiabilidad del sistema de infraestructura.

El mantenimiento preventivo se puede dividir en Programado y Predictivo. El mantenimiento programado se basa en el calendario que se define teniendo en cuenta los datos de fiabilidad, así como una recomendación del proveedor o procedimientos internos. El Mantenimiento predictivo se basa en los valores de facture de estrés medidos por el sensor o incluso mediante la aplicación de pruebas no destructivas como ultrasonidos, infrarrojos, radiografías y otros.

La correcta implementación de las tareas de mantenimiento para renovar la fiabilidad debe definirse desde el concepto de sistema de Infraestructura basado en el Programa de Confiabilidad y Mantenimiento como se discutirá en el próximo ítem.

Programa de Confiabilidad y Mantenimiento para Infraestructura

Las actividades de mantenimiento aplicadas a los activos físicos de infraestructuras deben enmarcarse en un Programa de Mantenimiento, que se implementa a lo largo de las diferentes fases del ciclo de vida, desde el concepto hasta el desmantelamiento.

Durante la fase conceptual, el análisis preliminar de peligros (PHA) es el principal inicial análisis relativo a la seguridad, que tiene como objetivo capturar los diferentes riesgos ocupacionales desencadenados por errores humanos o por la degradación de fallas de activos físicos de infraestructura a lo largo de las fases de ciclos de vida diferentes, como el diseño, la construcción y la operación. De hecho, muchas de esas causas de peligro, como gritea, la corrosión y la fatiga, pueden mitigarse mediante un mantenimiento preventivo definido inicialmente por el método MCR.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCR) es un método aplicado inicialmente durante la fase de diseño, que tiene como objetivo definir las tareas de mantenimiento basadas en el modo y efecto de falla del equipo, así como el riesgo asociado. El MCR se realiza en un taller con diferentes expertos en mantenimiento y operación para discutir sobre la tarea de mantenimiento del equipo, así como el intervalo de la prueba y el mantenimiento preventivo. La información de entrada para realizar el MCR son las infraestructuras de Activos Físicos modos de falla, causas, consecuencias y riesgo. Dicha información se define sobre la base del Análisis de Efectos y Modo de Fallo (FMEA). El MCR se aplica a diferentes activos físicos de infraestructura. En la industria ferroviaria, estos activos físicos representan un importante agujero en términos de seguridad y rendimiento del ferrocarril. Un buen ejemplo es el componente ferroviario que, en caso de fallo, provocará un impacto en la disponibilidad operativa del sistema ferroviario y puede desencadenar un accidente grave, como el descarrilamiento, como muestra la figura 2.

Análisis de Modo de Falha (FMEA)															
FMEA Leader: Dr. Eduardo Calixto		Documento: DE-xxxxxx-001 Rev01			Date: XX-XX-2020										
Sistema: XXXXXXXX			Subsistema: XXXX		Equipo: Ferrocarril					Componente:					
FMEA										RCM					
No	Componente	Modo de Falha	Fase	Causa	O	Consecuencia	S	Riesgo (Pi)	Acción de Mitigación	Tarea de Mantenimiento	Tipo	Intervalo	O	S	Riesgo (Post)
1	Ferrocarril	desgaste abrasivo	Op	Contacto de tensión entre los labros del carril brida de una rueda y la cara de gallo del carril	D	descarrilamiento de tren	I	DI	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch	1 Mes	E	I	EI
2		Deformación	Op	Eje pesado presión de carga sobre el carril	D			DI	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch	1 Mes	E		EI
3		Gritea	Op	sobrecarga	E			EI	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección de vehículos de carretera (prueba PdT)	1 Mes	D	FI		
4			Ma	Soldadura inferior	E			EI	Para controlar la calidad del proceso de fabricación	Inspección Visual	Sch	D	FI		
5		Fatiga	Op	sobrecarga	E			EI	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección de vehículos de carretera (prueba ultrasónica)	1 Mes	D	FI		
6			Ma	Soldadura inferior	E			EI	Para controlar la calidad del proceso de fabricación	Inspección Visual	Sch	D	DI		
7		fluencia	Ma	Movimiento longitudinal del carril	E			EI	Para controlar la calidad del proceso de fabricación	Inspección Visual	Sch	1 Mes	D		DI
	Op		Fijaciones debidas a las fuerzas de tracción y frenado	D	DI	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch	D	DI					

Figura 2: Rail FMEA/RCM ECC Database. Fuente: Eduardo Calixto 2021.

En la figura 2 se describen los modos de fallo, las causas y las consecuencias del ferrocarril, así como el riesgo que se considera intolerable sobre la base de la combinación de las frecuencias de causa y la gravedad de las consecuencias. Sobre la base de dicha evaluación, se definen diferentes tipos de tareas de mantenimiento y sus frecuencias para mitigar el riesgo, como la inspección visual y la inspección de vehículos de carretera (prueba ultrasónica). Los métodos similares en comparación con el enfoque de MCR es el RBI.

La inspección basada en el riesgo (RBI) se aplica inicialmente en la fase de diseño y más tarde durante la fase de operación. El RBI tiene un concepto similar del MCR, sin embargo el alcance del análisis es un activo físico, que en caso de fallo puede desencadenar un accidente grave. Los métodos RBI se implementan en base a procedimientos y estándares específicos como: API 580, API 581 y

EN 1691, que pueden ser cualitativos o semicuantitativos basados en los niveles de aplicación de RBI. El RBI cualitativo (nivel 0) se basa en la simple evaluación del riesgo que considera la probabilidad de fracaso y la categoría de gravedad. Tal RBI se aplica en alto nivel y durante el diseño. El RBI Semi-Quantitative (Nivel 1 y 2) considera el factor de degradación (DF), al calcular la probabilidad de fallo basado en el sistema de infraestructura. El DF considera el espesor de degradación de grietas o corrosión u otros modos de falla medidos durante el funcionamiento por la prueba no destructiva aplicada para diferentes modos de falla, como la corrosión, la erosión y el crack.

La figura 3 muestra un ejemplo de RBI aplicado para un puente, que puede ser un puente ferroviario, un puente de carretera, un paso elevado que depende de su integridad y la correcta inspección y aplicación de tareas de mantenimiento preventivo en una frecuencia adecuada para evitar accidentes graves.

Inspección Basada en Riesgo (RBI) - Nivel 0															
RBI Leader:		Documento:		Data: XX-XX-2020											
Dr. Eduardo Calixto		DE-xxxxx-001 Rev01													
Sistema: Puente		Subsistema: N/A		Equipo: N/A				Componente: N/A							
FMEA						RBI									
NI	Sistema	Modo de falla	fase	Causa	O	Consecuencia	S	Riesgo (PI)	Mitigación Acción	Tareas de Mantenimiento	Tipo	Intervalo	O	S	Riesgo (Post)
1	Puente	desgaste abrasivo	Op	Arena y limo en el agua	F3	colapso del puente	S1	R1	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch	3 meses	E	S1	R3
2				Deformación	Op			Mal estado del suelo.	F6	R3	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch		3 meses
		Terremoto.	F6					R3							
		Inducir el movimiento de los muelles debido a la sobrecarga.	F3					R1							
		Expansión y contracción térmica.	F3					R1							
			Contracción de los elementos de hormigón.	F3					R1						
3		Grietas			Op			Movimiento de la Fundación.	F3	R1	Inspección y mantenimiento preventivo	prueba ultrasónica	PdT		
4			Man.Cors	Op				sobrecarga.	F3	R1	Inspección y mantenimiento preventivo	monitoreo en línea			12 meses
5	Soldadura inferior					F6	R3	Inspección y mantenimiento preventivo	Inspección Visual	Sch		D	R3		
6	Corrosión	Op	Expuestos a cloruros en forma de sales.	F4	R2	Inspección y mantenimiento preventivo	prueba ultrasónica	PdT		6 meses		D	R3		
7			Exposición a la lluvia ácida.	F4	R2	Inspección y mantenimiento preventivo					D	R3			
8	Roturas por cizallamiento	Op	Fuerzas de tracción excesivas	F3	R1	Inspección y mantenimiento preventivo	prueba ultrasónica	Sch		6 meses		D	R3		
			Fuerzas de tracción diagonales excesivas	F3	R1	Inspección y mantenimiento preventivo	prueba ultrasónica	Sch		6 meses		D	D1		

Figure 3: Rail FMEA/RCM ECC Database. Fuente: Eduardo Calixto 2021.

Además de los métodos cualitativos, es importante contar con un análisis cuantitativo para predecir los activos físicos de la infraestructura, como el análisis de datos de vida útil, también conocido como análisis de Weibull, que tiene como objetivo definir la función de densidad de probabilidad de equipos/ componentes para definir las curvas de fiabilidad y el patrón de tasa de fallo del equipo basada en el principio de la curva de la bañera, que representan diferentes tipos de formas de tasa de fracaso, como la vida temprana, la vida útil y el desgaste. Depende del tipo de patrón de tasa de fallo, se llevan a cabo diferentes estrategias de mantenimiento, así como la predicción del tiempo de intervención.

En el caso de los Activos Físicos de Infraestructuras, el Análisis de Degradación Probabilística (PDA) es más apropiado para predecir dicha fiabilidad física de los activos y la probabilidad de fallo. El PDA tiene como objetivo definir la fiabilidad del activo físico basado en los datos de fallas de degradación de integridad relacionados con el espesor de grietas, corrosión, erosión medida por métodos no destructivos. Mediante la aplicación de este método, es posible predecir cuándo se logrará el fallo funcional sobre la base de la tendencia del espesor de evolución en el tiempo y el límite de espesor o profundidad (grieta o corrosión) logro como muestra la figura 4. Además, mediante la recopilación de diferentes puntos de degradación en diferentes momentos, la fiabilidad o probabilidad de fallo de la función de degradación también se puede definir como muestra la figura 4.

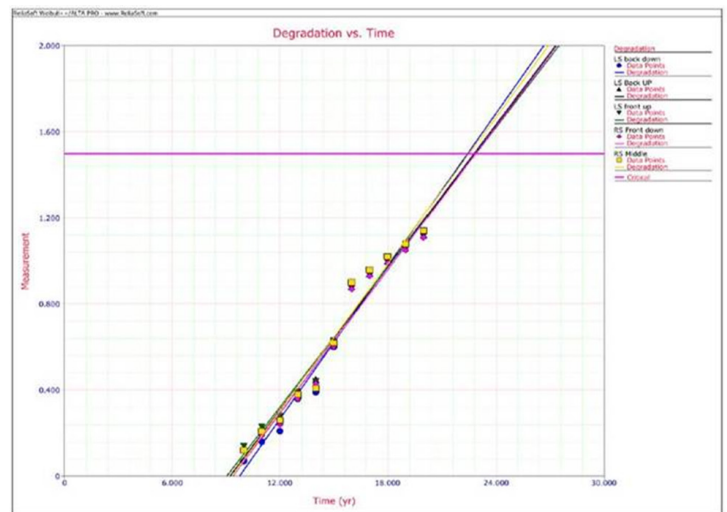


Figure 4: Predicción probabilística de la degradación. Fuente: Calixto E, 2021 - Software Weibull++ HBK.

La línea rosa de 1,5 mm es el límite de corrosión, donde se espera que ocurra el fallo funcional. Las otras líneas son diferentes mediciones que proyectan la evolución de la corrosión en puntos de diferente a lo largo del tiempo. Por lo tanto, si proyectamos la intercepción de cada una de estas líneas con la línea recta (1,5 en axis Y) en x axis, habrá diferentes tiempos de fallas funcionales. Tenga en cuenta que este perfil puede cambiar a lo largo del tiempo y, en consecuencia, la frecuencia de inspección también cambiará. Estos tiempos se utilizan para predecir la confiabilidad, aumentar la tasa de fallas y, en base a dicha información, definimos cuándo debe realizarse la inspección, como muestra la figura 5.

Sobre la base de la cifra anterior, después de 20.983 años, la fiabilidad disminuirá. Por lo tanto, en este caso, 20.983 años es un tiempo de referencia para realizar un overhall en esta infraestructura debido a que la corrosión está alcanzando un valor cercano al fallo funcional (1.5mm). Sin embargo, la primera corrosión se detectó después de 10 años. (como se define en el primer gráfico). Por lo tanto, este tipo de información ayuda a definir el intervalo inicial de inspección cuando estos datos están disponibles para proyectos anteriores en

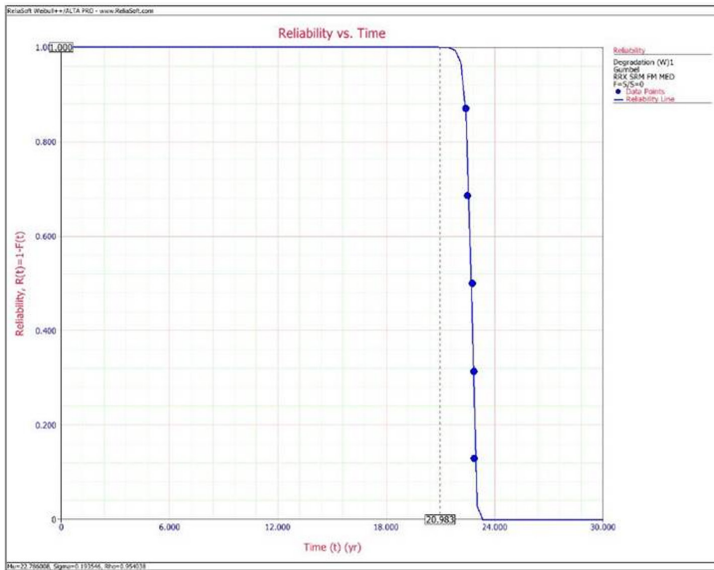


Figure 5: Probabilistic Degradation Prediction. Source: Calixto E, 2021 - Software Weibull++ HBK.

condiciones similares, así como durante la operación.

Basado en la primera cifra, el intervalo de inspección (no - prueba destructiva para detectar la corrosión tickness) se puede definir como cada 5 años y después del 10° año, para realizar la inspección anualmente.

Tenga en cuenta que inicialmente, el intervalo de inspección general se definió para cada 5 años (basado en la recomendación RCM/ RBI), pero después del 10° año, comienzan a realizar la inspección (no - prueba destructiva) cada año.

La línea rosa de 1,5 mm es el límite de corrosión, donde se espera que ocurra el fallo funcional. Las otras líneas son diferentes mediciones que proyectan la evolución de la corrosión en puntos de diferente a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, si proyectamos la intercepción de cada una de estas líneas con la línea recta (1,5 en axis Y) en x axis, habrá diferentes tiempos de fallas funcionales. Tenga en cuenta que este perfil puede cambiar a lo largo del tiempo y, en consecuencia, la frecuencia de inspección también cambiará.

Estos tiempos se utilizan para predecir la confiabilidad, aumentar la tasa de fallas y, en base a dicha información, definimos cuándo debe realizarse la inspección, como muestra la figura 4.

El Análisis RAM es también un método importante que permite abarcar diferentes equipos que forman parte de un Sistema de Infraestructura como el Sistema de Agua o el Sistema de Distribución de Energía o incluso estructuras Civiles específicas como una carretera o un puente. Con el fin de representar la combinación de la falla del equipo y su impacto en la disponibilidad operativa de infraestructura de alto nivel

El Análisis de Crecimiento de Confiabilidad (RGA, por sus siglas en inglés), como muestra la figura 6, tiene como objetivo verificar

el efecto de las condiciones de mantenimiento y operación en el rendimiento del equipo al observar la tendencia del MTBF y la intensidad del gráfico de fallas. Cada vez que el MTBF disminuye a lo largo del tiempo hay una degradación de la confiabilidad. Cada vez que el MTBF aumenta a lo largo del tiempo, hay un crecimiento de confiabilidad. Y cada vez que el MTBF es constante a lo largo del tiempo, no hay degradación o crecimiento de confiabilidad. Por lo general, el crecimiento de la fiabilidad del equipo se lleva a cabo solo si se produce un rediseño, pero la sustitución de un equipo específico por otro mediante el uso de diferentes proveedores con mejores equipos también puede producir el aumento de MTBF que también se interpreta como crecimiento de la fiabilidad por los expertos en mantenimiento. Tenga en cuenta que el modelo de crecimiento de la fiabilidad aplica el concepto correcto de MTBF porque no es un valor absoluto, sino una función que demuestra la disminución (constante o aumento) de mantenimiento, inspección o intervalo de falla a lo largo del tiempo. Los métodos de crecimiento de la confiabilidad se aplican muy bien al sistema de infraestructura para permitir la predicción de la próxima vez a la inspección basada en la reducción de la tendencia de MTBI (tiempo entre inspecciones). Tal método se llama inspección basada en el crecimiento de la confiabilidad basado en la inspección (RGI), Calixto E, 2016.

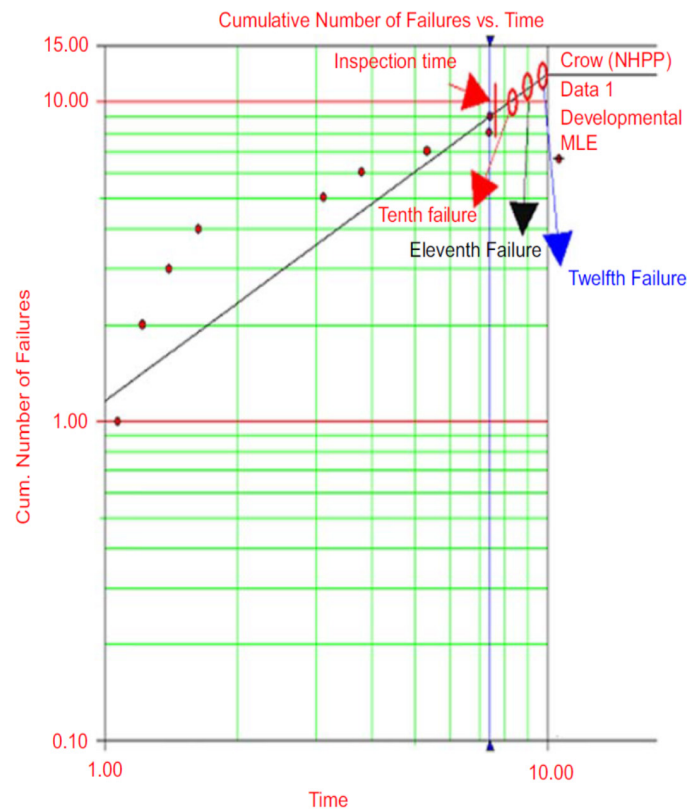


Figure 6: RGI. Source: Calixto E, 216 - Software RGA++ HBK.

La Figura 6 muestra el siguiente tiempo de inspección considerando el tiempo de inspección anterior que se reduce basado en el efecto de envejecimiento y degradación sobre la confiabilidad de los activos físicos de la estructura. Este métodos junto con el PDA son los dos métodos de ingeniería de confiabilidad cuantitativa más importantes aplicados a los sistemas de infraestructura para apoyar el mejor momento para realizar una inspección o mantenimiento preventivo.

Finalmente, el Total Productive Maintenance (TPM) es una filosofía para tener una tarea de mantenimiento muy productiva al reducir el tiempo de reparación/reemplazo eliminando los errores y manteniendo el servicio de mantenimiento de alta calidad. Este enfoque se aplica en todo el mundo y también se puede aplicar durante el Sistema de Infraestructura durante el servicio de mantenimiento para reducir el tiempo de inactividad del servicio y que afecta la falta de disponibilidad de servicios cruciales para el público como el transporte, la energía y las telecomunicaciones.

Mantenimiento 4.0 aplicado para infraestructuras.

La Inteligencia Artificial (A.I) tiene como objetivo permitir a la máquina pensar y tomar su propia decisión sobre la base de los datos recogidos y evaluados automáticamente sin ninguna intervención humana. La principal diferencia de la aplicación de aprendizaje automático A.I y los métodos anteriores, en eso. en lugar de la interfaz humana constante con nuevos datos de entrada, el aprendizaje automático A.I dará nuevas salidas basadas en nuevos datos que vienen sin y la interfaz humana. La A.I se ha aplicado a diferentes campos como estudios de biología, medicina, finanzas e ingeniería con casos exitosos de uso de datos numéricos y categóricos, texto e imágenes.

Basado en el EFNMS - Comité Europeo de Mantenimiento 4.0 (ECM4.0) 2021, la Industria 4.0 es un nuevo paradigma y la última revolución industrial, que se ha implementado en todo el mundo intensivamente en los últimos cinco años y está respaldado por la utilización de Habilidad de Tecnologías Digitales llamado 4.0.

El Maintenance 4.0 es el uso de dicha tecnología digital aplicada a los activos físicos para el mejor uso de los datos, transformados en información para permitir una decisión estratégica de Mantenimiento rápida, automática y en algunos casos independiente.

El uso de diferentes tecnologías de habilitación 4.0 basado en la figura 7, facilita la función de mantenimiento para realizar diferentes actividades y apoyar el activo físico para lograr un alto rendimiento.

La mayoría de estos permite especialmente el Análisis de Big Data, Machine Learning, Deep Learning y Cloud Computing se puede aplicar para monitorear la degradación del Sistema de

Infraestructura, clasificar y alertar la degradación y predecir la Vida Útil Restante (RUL) y el estado de salud (SoH). Dado que el objetivo principal del trabajo es discutir los métodos que permiten definir el intervalo de inspección y el mantenimiento preventivo para un mayor rendimiento en la disponibilidad operativa y la seguridad, nos centraremos en los métodos de aprendizaje automático.

La aplicación de machine learning se aplica para la clasificación de criticidad de equipos, predicciones de regresión de fallas y la aplicación automática de la Gestión de Salud Pronóstica (PHM). El PHM tiene como objetivo definir los equipos de vida útil restante (RUL) y el estado de salud (SoH) sobre la base de datos de monitoreo en línea o prueba no destructiva mediante la medición de los factores estresantes. En el caso del sistema de infraestructura, el factor de tensión son la vibración, el voltaje, la temperatura, la humedad, el espesor de grietas, la profundidad de corrosión y otros parámetros físicos que conducen al equipo se degradan a un fallo funcional.

El concepto detrás de Machine Learning es utilizar el conjunto de datos (con diferentes variables de datos) para agrupar, clasificar o predecir la respuesta de las variables futuras automáticamente sin intervención humana. El aprendizaje automático aplicado a los clústeres se denomina aprendizaje automático sin supervisión. Por otro lado, el Aprendizaje Automático Supervisado puede ser clasificado y Clasificación y regresión. La Supervise Machine Learning Classification tiene como objetivo definir una nueva clasificación de datos (etiqueta) basada en el conocimiento predefinido de la clasificación de un conjunto de datos anterior.

La regresión de la Clasificación de Aprendizaje Automático No Supervisado tiene como objetivo predecir la variable de respuesta basada en predictores considerando el conjunto de datos conocidos predefinidos. El proceso de UML se aplica para organizar y agrupar diferentes infraestructuras físicas basadas en sus variables de datos.

En el caso de SMLC o SMLR, para clasificar y predecir la respuesta de datos, el modelo de aprendizaje automático divide el conjunto de datos en los datos de entrenamiento (~70% del conjunto de datos) y los datos de prueba (~30% del conjunto de datos). El paso siguiente

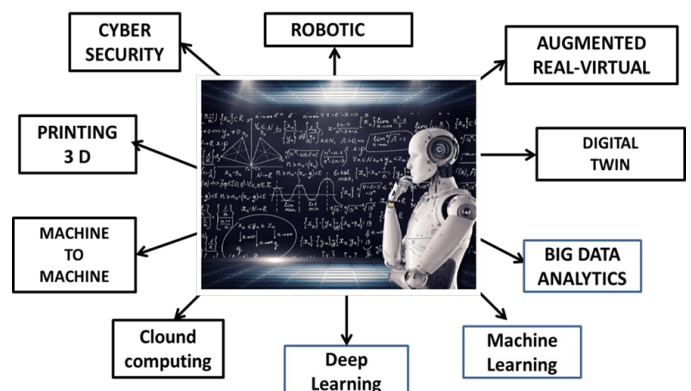


Figure 7: El 10 Mantenimiento 4.0 Tecnologías de apoyo. Fuente: EFNMS - ECM4.0 2022.

es aplicar un algoritmo a los datos de entrenamiento para el proceso de aprendizaje y luego elaborar un modelo. El modelo se aplicará a los datos de la prueba y se verificará el resultado. Si el resultado es satisfactorio, el nuevo conjunto de datos puede utilizar el mismo modelo definido sobre la base del conjunto de datos anterior para hacer predicciones y si el resultado es satisfactorio, se valida el modelo.

Además de SML y UML, los métodos de aprendizaje profundo también se pueden aplicar para apoyar el mantenimiento preventivo del sistema de infraestructura. El DL es un método de aprendizaje automático más sofisticado que aplica una red neuronal profunda que abarca varias capas ocultas como muestra la figura 8. Los principios de la red neuronal profunda consideran diferentes capas como capa de convolución, capa de agrupación, ReLu, completamente conectado, Softmax y la clasificación de la imagen de salida.

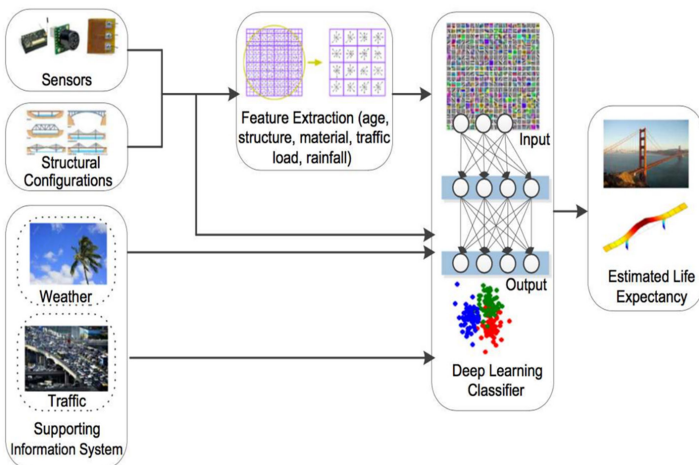


Figure 8: Diagrama de flujo de A.I Deep Learning aplicado para Bridge. Source: Mohammad Noori, 2021.

A pesar de la A.I Deep Machine Learning y otros métodos, así como los métodos de ingeniería de fiabilidad, es necesario integrar tales soluciones en un Sistema de Gestión de Activos para permitir la gestión de las tareas de mantenimiento preventivo definidas para todos estos métodos y asegurarse de que los recursos adecuados se asignan en el momento adecuado para mitigar la Infraestructura Riesgo de Activo Físico de indisponibilidad a lo largo del tiempo y accidentes mayores. El siguiente punto discutirá la Gestión de Integridad de Activos como parte de la Gestión de Activos.

Gestión de la integridad de los activos de Infraestructura

Por lo tanto, los elementos críticos de seguridad (SCE, por sus siglas en inglés) son los activos físicos, que en caso de fallo, pueden

conducir a un accidente grave, como un incendio de avión, liberación de nubes tóxicas, explosión, incendio, derrame de productos tóxicos, accidente aéreo, colisión de trenes o descarrilamiento. De hecho, el accidente mayor puede ser provocado por un fallo de integridad de la infraestructura, software, hardware o error humano o una combinación de factores tales como muestra la figura 9.

Para mitigar tal riesgo de accidente grave es necesario en el primer paso la implementación del Programa de Confiabilidad y Mantenimiento (R&M) en la primera etapa del concepto de ciclo de vida del activo físico e implementar todas las recomendaciones de tales métodos de R&M. Después de eso, es necesario implementar el programa de gestión de riesgos e inspección y prueba durante la fase de operación.

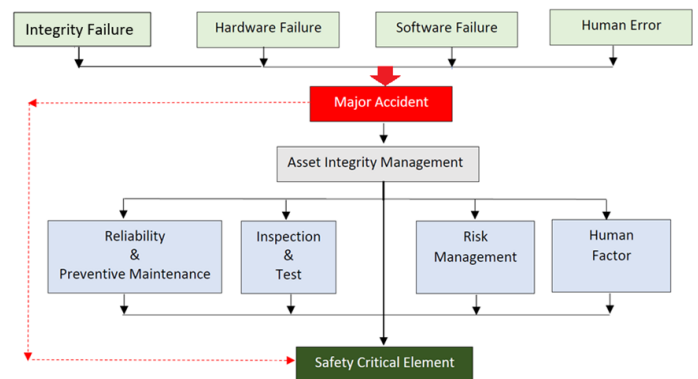


Figure 9: Safety Critical Element Definition. Source: Calixto, E. 2018.

El Programa de Integridad de Activos puede aplicar los mismos elementos de la AM definidos en la norma ISO 55000, como el contexto de la organización, el liderazgo, la planificación, el apoyo, la operación y la evaluación del desempeño, pero debe centrarse en la gestión de los elementos críticos de seguridad.

Desde 2010, la nueva era de la Industria 4.0 se convierte en realidad para muchas industrias en todo el mundo. En los últimos cinco años se ha aplicado al desarrollo de la nueva tecnología IOT AM en base a diferentes temas como Big Data, Prognostic Health Maintenance y Machine Learning, siendo parte del llamado Maintenance 4.0.

A pesar de todo el desarrollo, que permiten una AM integrada demasiado enfoque se ha dado para el mantenimiento y una falta de esfuerzo para la seguridad en relación con la gestión de los elementos críticos de seguridad.

Sin embargo, es muy importante establecer un proceso que permita un flujo AIM efectivo integrado al proceso AM.

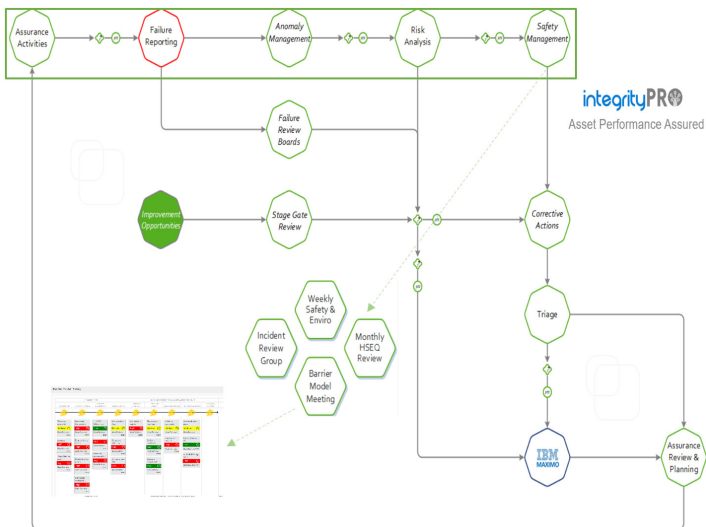


Figure 10: AIM flow into AM Process. Source: Integrity PRO, Enkelt, 2018

Dado que el elemento crítico de seguridad se define sobre la base de un análisis de riesgo previo teniendo en cuenta la gravedad crítica, la gestión de riesgos de dicha SCE se realiza mediante el modelo de barrera se actualiza automáticamente y permite a los gestores de integridad de activos y seguridad gestionar el riesgo de los elementos críticos de seguridad en la base diaria.

El Deep Learning A.I, u otro tipo de aprendizaje automático debe integrarse en el proceso AIM para permitir la detección y predicción de degradación automática. Además, es necesario que todas las predicciones que provienen de los métodos A.I y Fiabilidad se

traduzcan en órdenes de trabajo relacionadas con los servicios de Servicio de Mantenimiento que deben implementarse a lo largo del tiempo, incluidos los KPI de Mantenimiento y Fiabilidad, plan estratégico de gestión de activos y mitigación de riesgos operativos.

Conclusión

La gestión de Integridad de Activos para el sistema de infraestructura debe empezar en la fase de concepto y necesita ser implementada adecuadamente a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura considerando lo siguiente:

- Fase conceptual: análisis preliminar de los peligros para la mitigación de los riesgos internos y la definición de los requisitos de seguridad
- Fase de Deseno: Implementación de métodos cualitativos y cuantitativos como FMEA, RCM, RBI, PDA, RAM para requisitos cualitativos y cuantitativos detallados y definiciones de tareas de mantenimiento
- Fase de Construcción: Análisis preliminar de peligros para la fase de construcción teniendo en cuenta el requisito de seguridad definido durante el diseño
- Fase de verificación y validación: Ti impulsa la prueba de verificación y validación necesaria para garantizar la seguridad.
- Fase de Operacion: Gestion de integridad de Activos físicos de infraestructura basado em ISSO 55001 e cons A.I

Bibliografía

- Calixto.E. "Gas and Oil Reliability Engineering: Modelling and Simulation. Second edition, Elsevier ISBN: 9780123919144, Release in 26 May 2016.
- Calixto.E. "Safety Science: Methods to Prevent Incident and worker Health Damage at Workplace. Bentham Science, Release in December 2014.
- Calixto.E. "RAMS and LCC engineering applied to railway industry: Analysis, Modelling and Optimization". 18-04-2018.Amazon. ISBN-13: 978-1986524704.
- Calixto.E. "Asset Management based on Operational Availability And Life Cycle Cost Optimization Achievement." The Offshore Process Case Study. Euromaintenance 2016 - Greece Atennas.
- Calixto.E. "Asset Management Program implementation as the basis for sustaining asset high performance." The 2nd Indonesia Conference and Exhibition. Oil and Gas Asset Integrity. Maintenance and Inspection Management. Jakarta - Indonesia 2017
- Calixto.E. "Good Practices of RCM and RBI applied to AIM." The 2nd Indonesia Conference and Exhibition. Oil and Gas Asset Integrity. Maintenance and Inspection Management. Jakarta - Indonesia 2017
- Calixto.E. "Asset Integrity Management from Concepts to Operation phase". ARDC 2018, Denmark - Copenhagen.
- Calixto.E. "RAMS Program implementation for Electrics and Electronics in Railways Industry". The Electric and Electronic Engineering Conference 2018. Guangzhou -China 2018.
- Calixto.E. "Asset Integrity Management throughout the Asset Lifecycle". Euromaintenance 2018, Antwerp - Belgium.
- Calixto.E. RAMS Program Implementation for Railways Industry: Lessons Learned with Reliability Engineering Applications throughout the Railways Assets Life Cycle Case ". ARDC 2018, Shanghai, China.
- Calixto.E. Human Reliability analysis applied to reliability and safety analysis. ARDC 2019, Berlin, Germany.
- Calixto.E. "Reliability 4.0: The oil and Gas industry case study". Indonesia Maintenance 4.0 conference, Jakarta, Indonesia 2019.
- Calixto.E. "Artificial Intelligence for Maintenance 4.0". ISBN:9798671514919 28. Released: August 2020.
- Calixto.E. Artificial Intelligence Unsupervised Machine Learning applied for Maintenance plan optimization, OMAINTEC, OMAN.2020
- Calixto.E. "The Adaptative Prognostic Health management as part of Intelligent asset Management. Maintenance Workshop (APM), Portugal.2020
- Calixto.E. "The reliability 4.0 and FRACAS 4.0 as part of Asset Management solution for Water Facilities. Asset Performance 4.0 Conference (BEMAS), Belgium.2020.
- <https://www.fec.eu/priorities/infrastructure-maintenance>



ECC es el socio de pequeñas y medianas empresas (SME) para el logro de rendimiento de RAMS. Ofrecemos a las SME un muy buen descuento para Consultoría, formación y Software para RAMS y Gestión de Activos.



Nosotros ofrecemos un especial descuento para SMS en los siguientes servicios:

- RAM Análisis
- Análisis de datos de vida (Weibul)
- FMEA & RCM
- Implementación del Programa de Confiabilidad y Mantenimiento
- Implementación del programa de apoyo logístico integrado (ILS)
- Proceso de gestión del mantenimiento
- Asset Management Implementation
- Implementación del Programa de Gestión de Riesgos
- Anlysis de seguridad funcional y SIL (Raiwa-Automotive-Aerospace-Process)
- Entrenamiento en RAMS, ILS, AM y Maitenimiento 4.0

Más Información acerca del soporte a las SME el link :

<https://www.eduardocalixto.com/consulting-services/sme-consulting-service/>

Mira también Servicio rápido de Consultoría Online:

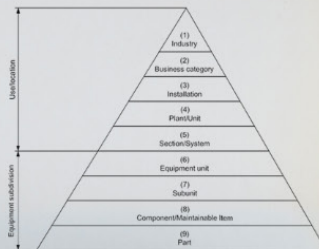
<https://www.eduardocalixto.com/consulting-services/online-consulting-service/>

PUBLICA TU ARTÍCULO TÉCNICO

Envíanos tu artículo no comercial para que sea publicado gratis en la siguiente edición de la revista

ARTICULOS@PREDICTIVA21.COM

Los mecanismos de degradación aplicables, con el propósito de generar planes o programas de inspección que permitan



Investigación de la aplicación de notación BPMN en Paradas de Planta de industria petroquímica de la Zona Libre de Manaus

Rafael Carlos Barata de Souza / Manoel Coelho de Segadas Vianna

rafaelcbds@gmail.com / m.segadas@terra.com.br

Resumen

Delante del actual escenario de competitividad de las organizaciones es importante que las interrupciones, durante o entre las campañas, en industrias de proceso que operan en régimen continuo, ocurran de manera planificada y controlada. Para eso, se hace necesario que las paradas de mantenimiento (TAM) sean ejecutadas visando garantizar la confiabilidad y la seguridad de los equipos y instalaciones. En ese contexto, el objetivo de este trabajo es describir el uso del Business Process Modeling Notation (BPMN) en el proceso crítico de una empresa petroquímica de la zona industrial de Manaus. La metodología aplicada a este trabajo es de naturaleza cualitativa el cual fue basado en investigación-acción con la aplicación de cuestionarios y entrevistas semiestructuradas para la recolección de datos. Entre los principales resultados está la definición de un flujo estándar, la delimitación y definición de responsabilidades, lo que permitió mejorar la ejecución de la fase del proceso analizada y de las siguientes fases, reduciendo los costos de TAM. El estudio muestra su relevancia al aplicar la técnica BPMN en procesos de TAM. De manera que se concluyó que la aplicación del gerenciamento de procesos y negocios en una organización permite comprender los procesos y direccionar los esfuerzos para la aplicación de acciones estratégicas que potencialicen los resultados de la organización.

Palabras clave: Business Process Modeling Notation (BPMN). Modelaje de Proceso. Gestión de Procesos de Negocios. Proyectos de Parada de Planta.

1. Introducción

La producción en industrias de proceso, como son las químicas, las petroquímicas y las refinarias, ocurren generalmente en ciclos de producción continuo (AL-TURKI; DUFFAA; BENDAYA, 2019). En este tipo de proceso, las interrupciones entre o durante las campañas de producción son mínimas y, delante del escenario de competitividad actual de las organizaciones es importante que esas interrupciones ocurran de forma planificada y controlada.

Según Moschim (2015), al largo de la campaña, la capacidad productiva de las unidades que operan en régimen continuo son afectados por el desgaste ocasionado por su normal operación y esto puede perjudicar, además de la producción, la seguridad y confiabilidad en los equipos. De este modo, se hace necesario que paradas de mantenimiento sean realizadas en organizaciones que operen en este régimen.

Las paradas de mantenimiento, en inglés turnaround maintenance (TAM), son etapas críticas para las plantas que operan en régimen continuo, visto que demandan esfuerzos y participación de toda la organización, causando pérdida temporaria de la producción y demandan grandes cantidades de servicios. Además, las TAM deben ser ejecutadas dentro del plazo, del costo y con la máxima seguridad.

De acuerdo con el Project Management Institute (PMI, 2013), proyecto es un esfuerzo temporario emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. Proyecto también puede ser definido con un emprendimiento planeado que consiste en un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas, con el fin de alcanzar objetivos específicos dentro de los límites de un presupuesto y de un período específico de tiempo (PROCHONW, 1999 apud ONU, 1984). Así, se puede considerar que las TAM son proyectos, visto que, a pesar de realizadas regularmente tendrán alcances diferentes en cada acción y un resultado único en puntos claves; tiene un inicio y un fin definido, lo que indica su naturaleza temporaria; visando

alcanzar objetivos específicos; tiene esfuerzos de múltiples equipos; en actividades interrelacionadas y coordinadas, poseen presupuesto definido; involucrando todos los niveles organizacionales y, además de eso, todos esos aspectos son cubiertos por el PMI (2017) en su definición y caracterización de proyectos.

Según Mosquim (2015), las TAM pueden ser:

- a) Parada programada general - es aquella que realiza la interrupción total de la producción, toda la maquinaria y sistemas son liberados para que reciban las intervenciones necesarias, mantenimiento y/o proyectos de mejoramiento. La parada es planeada y realizada periódicamente;
- b) Parada programada parcial - es aquella que puede involucrar la interrupción parcial o total de la producción durante la campaña, apenas equipamientos y sistemas específicos son liberados para que reciban las intervenciones necesarias, y la parada es planeada;
- c) Parada no programada - es aquella provocada por fallas en los equipamientos y/o sistema que requiere la interrupción parcial o total de la producción, además de eso, no es planeada.

Un abordaje para lidiar con la gestión de TAM es de la forma convencional de gerenciamento de proyectos, sin embargo, considerando sus características e incertidumbres es siguiendo el proceso estructurado abordado por Lenahan (2006) y también por Duffuaa y Ben Daya (2004), considerando los aspectos relativos a sus fases que son, mas no se limitan a: iniciación, preparación, ejecución, conclusión.

De acuerdo con el informe de investigación PMSURVEY.ORG 2014 realizado por PMI (2014), entre los problemas más comunes en proyectos están los problemas de comunicación (64,2%), recursos humanos insuficientes (45,3) y falta de definición de responsabilidades (25,5%). Para Al-Turki, Duffaa y Bendaya (2019),

entre los requisitos de los proyectos TAM está la necesidad de una comunicación eficaz.

Ante lo expuesto considerando su complejidad, se hace necesario que las TAM sigan las mejores prácticas existentes y que sus flujos de procesos estén bien definidos. En ese contexto, por propiciar medios de mapear, estandarizar, diagramar y comunicar esos procesos en un lenguaje que puede ser comprendido por varios actores involucrados, el BPMN (Business Process Model and Notation) se presenta como una importante notación para modelaje de ese tipo de Proceso de Negocio.

Este trabajo tiene como objetivo modelar la fase de preparación de proceso TAM general, en su estado actual (as is), a través del uso de la notación BPMN, en una industria petroquímica de la Zona Industrial de Manaus (PIM), visando, de esa forma, analizar y proponer un modelo futuro (to be) para la fase mencionada con base en las mejores prácticas seguidas por las organizaciones de este mismo seguimiento y régimen de proceso.

De acuerdo con lo destacado por Lobo, Conceição e Oliveira (2018), el modelaje basado en el BPMN puede ser aplicado en diversas áreas de diversos sectores de la industria, luego, se justifica su aplicación en esta investigación. Para mapear y moldear los procesos fue utilizada la versión gratuita del software Bizagi Modelar, que, a pesar de no disponer de todos los recursos con relación a la versión paga, presenta todas las funciones y elementos necesarios para el modelado de procesos.

Este estudio se justifica debido a la oportunidad que fue identificada para la aplicación de mejoras en la gestión de Procesos de Negocio, visto que además de sensible a la empresa, afecta su desempeño y calidad operacional.

2. Gestión de los procesos de negocio (BPM) y business process management notation (BPMN)

De acuerdo con la Association of Business Process Management Profesionales (ABPMP, 2013), el BPM es una disciplina gerencial que integra estrategias y objetivos de una organización con expectativas y necesidades de los clientes, por medio del foco en el proceso integral. Es una metodología en la cual las tareas y actividades ultrapasan las barreras funcionales para entregar valor a los clientes, bajo este paradigma están los procesos.

Proceso, aun según la ABPMP (2013), es un conjunto de actividades provocadas como respuesta a eventos que poseen relación ordenada e interdependiente entre sí, con base nel tempo y en el espacio, con un objetivo, inicio, fin, entradas y salidas bien definidos. Es a través de

los procesos que las empresas producen y entregan sus productos y servicios a sus clientes, son los Procesos de Negocio que establecen y como esos procesos son ejecutados por las organizaciones. En el contexto de BPM, un Proceso de Negocio es un trabajo que entrega valor para los clientes o apoya/gerencia otros procesos (ABPMP, 2013).

De acuerdo con Lobo, Conceição e Oliveira (2018), en los últimos años, el escenario de gestión de procesos se hizo evidente la necesidad de un lenguaje moldado de procesos que sea al mismo tiempo expresiva, formal y de fácil comprensión por los clientes. En otras palabras, consideran que el BPMN, entre todas las técnicas desarrolladas anteriormente, fue posible promover un mejor entendimiento para todos los involucrados en los Procesos del Negocio.

Para el Object Management Group (OMG, 2011), el BPMN rellena las lagunas entre los métodos de creación y de implementación de los procesos, promoviendo una notación de fácil comprensión para todos los involucrados en el negocio. Ese estándar creado por el Business Process Management Initiative (BPMI) abarca una gama de símbolos que describen el orden e interdependencia entre los flujos de actividades.

En la visión de Lobo, Conceição e Oliveira (2018), el BPMN hace uso de Diagramas de Procesos de Negocios (DPN) para presentar, de forma gráfica, el flujo de operación y sus respectivas actividades, además de eso, se destaca que la utilización de esta técnica de modelaje es empleada en organizaciones de diversos sectores de la economía, a pesar de inicialmente aplicada en el área de tecnología de la información.

Jasiulewicz-Kaczmarek et al. (2017) consideran que el modelaje de Procesos de Negocios debe ser la solución común para definir las actividades principales de mantenimiento, visto que, los procesos bien definidos eliminan actividades desnecesarias y permiten la gestión de recursos humanos y materiales de forma racional, visto que limitan las incertidumbres de los procesos en la toma de decisiones.

El conocimiento de BPM cubre diversas áreas, entre ellas están el modelaje de procesos, la analice de procesos y el diseño de procesos.

El modelado de procesos, de acuerdo con Francisco et al. (2019), permite la consolidación de los conocimientos, la identificación y formulación de alteraciones de proceso, en conformidades con los objetivos futuros de la organización y de acuerdo con las necesidades de la situación actual. Esa área provee, además de la comprensión del propósito, visión amplia y entendimiento de los beneficios del modelaje de los procesos.

Como señala Francisco et al. (2019), el análisis de los procesos permite alinear los objetivos del negocio con sus procesos, a través de técnicas de comprensión de los procesos, ya sea por medio de entrevistas, modelaje, análisis de documentos u otros instrumentos de prospección. Ese análisis permite identificar, de forma amplia,

desconexiones en los procesos actuales de las organizaciones.

“El diseño de procesos es la concepción de nuevos Procesos de Negocio y la especificación de como esos funcionarán, serán medidos, controlados y gerenciados” (ABPMP, 2013).

3. Parada para mantenimiento

Al-Turki, Duffaa y Bendaya (2019) consideran que la parada para mantenimiento es una interrupción de producción planeada, visando restaurar las condiciones operacionales del proceso productivo a su condición original, es decir, al del proyecto, entretanto, permite, al sector de mantenimiento, ejecutar intervenciones preventivas que no pueden ser hechas durante la campaña. Asimismo, se puede considerar que, durante la TAM, inspecciones, mejoras de las condiciones operacionales de los equipos e de las instalaciones pueden ser ejecutadas e/o implementadas.

Para Pokharel (2008) la gestión de proyectos en las industrias de procesos abarca, entre otros proyectos, la gestión de paradas de plantas para el mantenimiento y reparo. Además de eso, afirman que este tipo de proyecto es esencial para mantener la productividad de la planta consistente, aumentar su confiabilidad, evitar paro de emergencia de la unidad y reducir costos relativos al mantenimiento correctivo.

Como plantea Lenahan (2006), la TAM se diferencia de otros proyectos debido, entre otros factores, a su escopo dinámico y las incertidumbres que rodean su planificación y preparación. Además, figura 01, presenta las diferencias entre el abordaje utilizada para otros proyectos y los eventos de ingeniería TAM, entre los cuales se destaca que la planificación TAM ocurre en una orden inversa a los otros proyectos.

Lenahan (2006) y Duffaa e Ben Daya (2004) presentan un proceso estructurado para abordaje TAM y consideran los aspectos relativos a todas sus fases de proyecto que incluyen, pero no se limitan a: iniciación, preparación, ejecución, conclusión.

3.1. Fase 1: Iniciación

La primera fase se inicia cuando la alta administración comienza a considerar los requisitos para la próxima TAM. Em esta fase, se hace necesario definir la organización, las estrategias, los objetivos, el escopo, los programas de QSMS (cualidad, salud, seguridad y medio ambiente), es decir, todos los elementos para que se pueda efectivamente iniciar la planificación y preparación del paro.

3.2. Fase 2: Preparación

Según Duffaa e Ben Daya (2004), esta es la fase más importante de la TAM. Aquí son elaborados el cronograma y detalles de las actividades, englobando los recursos, plazos, costos, restricciones y requisitos necesarios. Lenahan (2006) resalta que incertezas implican esta fase y la ocurrencia de eventos no deseados es probable, visto que esta etapa es hecha mientras la planta todavía está en operación y, para algunos equipos y/o sistemas, la real condición será conocida solamente después de su abertura e inspección. Frente a eso, propone el tratamiento de estas incertezas a través de análisis de contingencia. Además, este autor también resalta la importancia de la comunicación de los objetivos y metas de la TAM a todos os involucrados.

Para Al-Turki, Duffaa e Bendaya (2019), más ala de abarcar todos los recursos necesarios para el suceso de este tipo de proyecto, la fase de preparación de la TAM, cuando realizada de forma adecuada, resulta en beneficios tanto para la Gestión del tiempo, cuanto, para

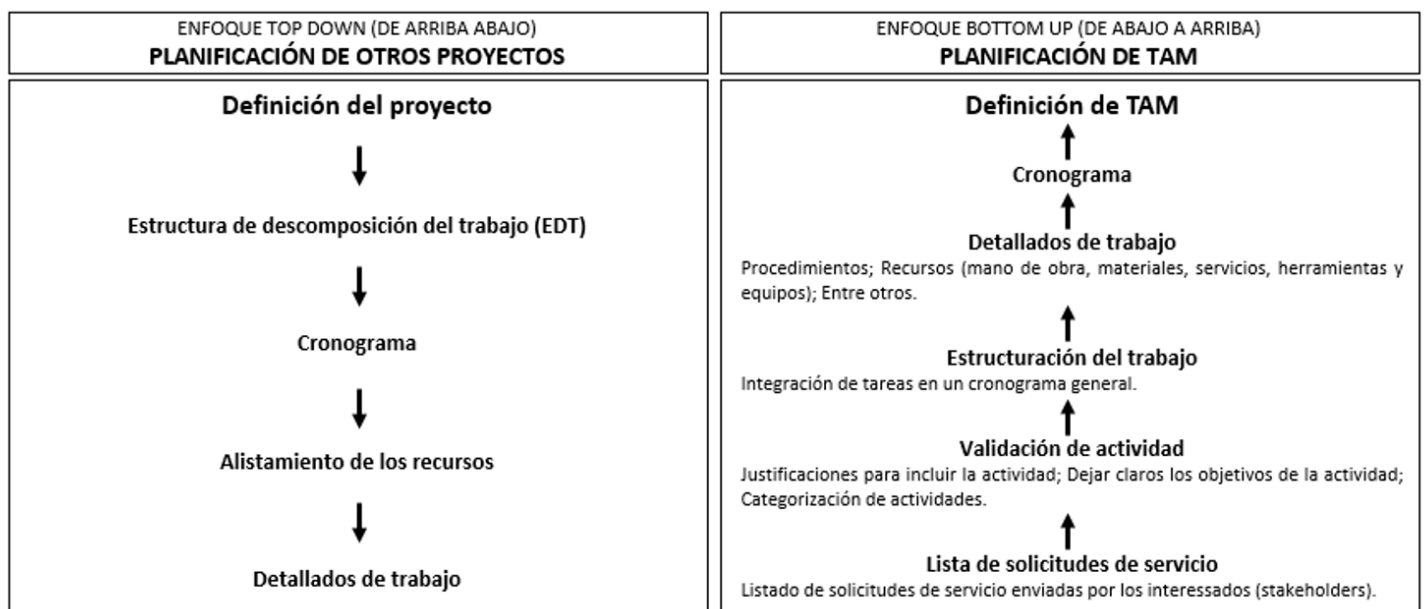


Figura 1 - Contraste entre otros proyectos y TAM. Fuente: Adaptado de Lenahan (2006)

el presupuesto, la calidad y la seguridad, de manera que reduce el riesgo de retrasos en la conclusión de los servicios, salirse del presupuesto, también mejora la calidad de los resultados y la seguridad operacional. En suma, consideran que esta etapa es un proceso complejo necesario para preparar las centenas de tareas y recursos interrelacionados.

Dos actores importantes en esta etapa son el comité de TAM y el equipo de preparación, en que el primero es el gran responsable por el suceso de la TAM, visto que, de acuerdo con Moschim (2015), el objetivo de este comité es organizar, decidir, planificar, acompañar, controlar costos, accionar áreas de la empresa, se comunicar con las partes interesadas, aprueba los planos de paro/proyecto y conduce las alteraciones de escopo y de proyecto. El segundo, es responsable, conforme Duffuaa e Ben Daya (2004), por la elaboración del plan general.

Otro factor importante es la adquisición de materiales, equipos y repuestos. Para Lenahan (2006), esta es una parte significativa de la planificación y preparación de una Parada. Además de eso, considera que la lista de servicios debe ser analizada lo antes posible para que los ítems que poseen un largo tiempo para entrega sean adquiridos en tiempo hábil y estén en la planta en la data adecuada. Al-Turki,

Duffaa e Bendaya (2019) también consideran que esta etapa engloba la especificación técnica, la gestión adecuada de las cantidades y la selección de proveedores.

En esta fase, indicadores también deben ser definidos que serán utilizados en la fase de ejecución, a fin de medir el performance de la TAM. En su investigación Duffuaa e Ben Daya (2004) mencionan la importancia del cálculo de los costos, riesgo, tiempo y seguridad de la TAM.

Por fin, parte de los esfuerzos de esta fase deben ser direccionados para que todo el trabajo que necesita ser concluido antes de la fase de ejecución sea iniciado.

En la figura 02, Lenahan (2006) presenta los procesos que implican en la fase de preparación de la TAM a partir del bloqueo de la lista de servicios y sus relaciones.

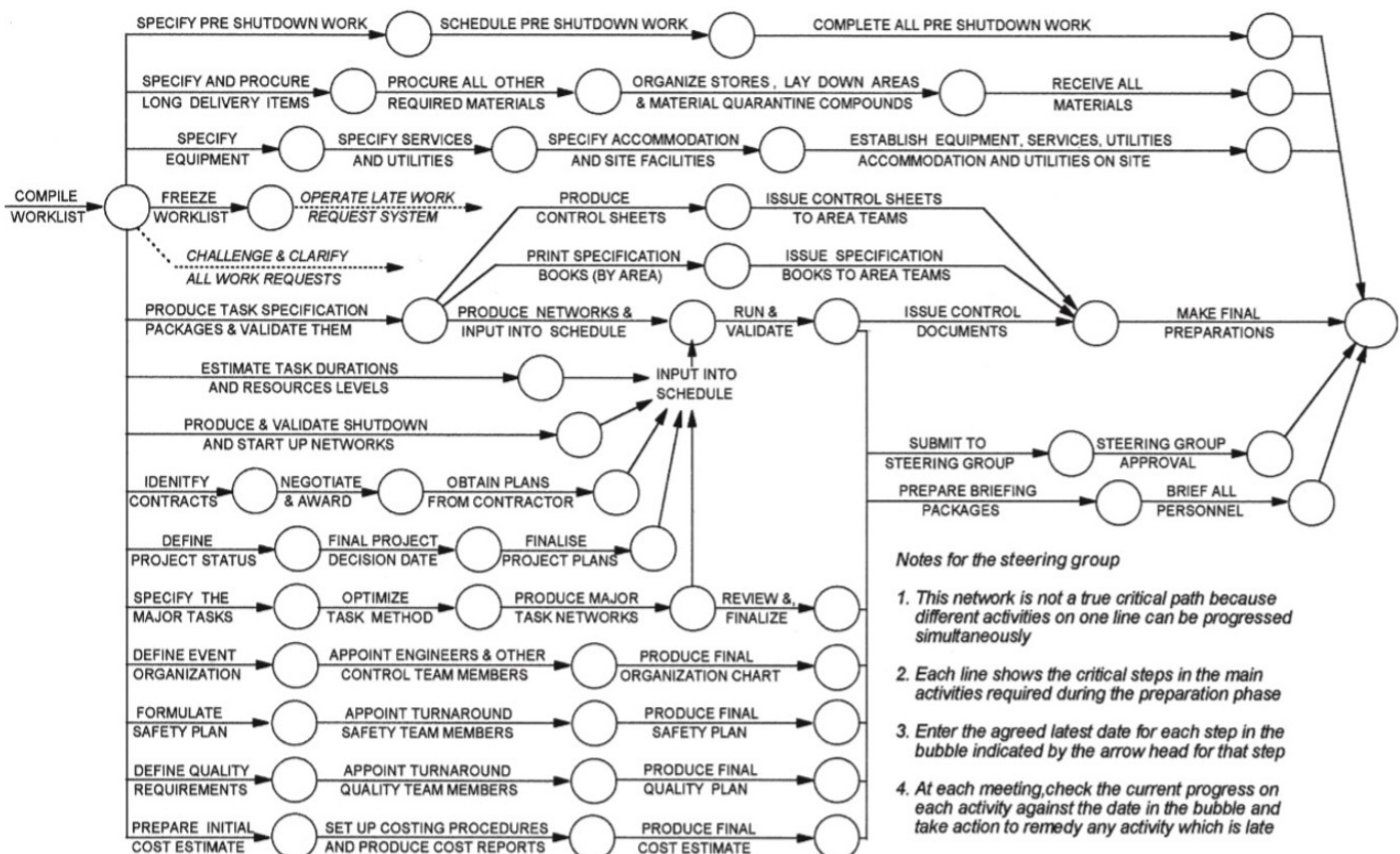


Figura 2 – Relaciones en la fase de preparación de la TAM. Fuente: Lenahan (2006)

3.3. Fase 3: Ejecución

Esta fase engloba la ejecución, seguimiento y control de la TAM. Aquí ocurren eventuales desbloques de la lista de servicios, adaptaciones del cronograma, análisis y acompañamiento del desarrollo de los servicios e indicadores.

3.4. Fase 4: Cierre

Em esta fase son tomadas todas las acciones visando garantizar el retorno de la Planta para operación en plenas condiciones y son generadas la documentación del término del proyecto, entre ellas está el informe final de la TAM. Ese informe aborda las informaciones más importantes y los resultados de la Parada. Para Mosquim (2015), las informaciones generales, organización del paro, escopo, indicadores de rendimiento, seguridad, medio ambiente, salud, cronograma, recursos humanos, proveedores, adquisición, inspección de equipamientos, transporte, resolución de incertezas y riesgos, lista de lecciones aprendidas y recomendaciones para las próximas paradas son los tópicos más importantes que deben ser abordados en el informe final de la TAM.

En su investigación acerca de las practicas adoptadas em las cuatro fases de la TAM por industrias petroquímicas, Duffuaa e Ben Daya (2004) constataron los siguientes puntos, en esas organizaciones, que consideran buenas prácticas:

- Utilizan la experiencia adquirida a través de los años para minimizar la duración de las TAM por medio de la efectiva planificación y controle;
- La mayoría de las plantas posee horizonte de tiempo satisfactorio para la planificación de la TAM, principalmente en el período de iniciación;
- Establecen de forma satisfactoria los paquetes de trabajo;
- Poseen buenos criterios para selección de proveedores;
- Poseen buenos procedimientos para garantizar la seguridad durante la ejecución de la TAM;
- La comunicación es la difusión de información son algunos de los principales aspectos de excelencia;
- La ejecución es el control de la TAM son realizados de forma satisfactoria.

Todavía en su pesquisa, Duffuaa e Ben Daya (2004) constataran los siguientes puntos que consideran como oportunidades de mejorías y que requieren ajustes:

- Documentación de los principales procesos y procedimientos TAM;
- Cada planta requiere de un manual TAM;
- Flujo documentado del proceso para definición de escopo de servicio;
- Indicadores de performance TAM;

- Contenido y formato del informe final TAM;
- Processo de feedback y lecciones aprendidas de TAM anteriores;
- Integración TAM con el sistema informatizado de gerenciamiento de mantenimiento existente en la planta;
- Costeo y reducción de costos TAM;
- Benchmarking con plantas petroquímicas similares.

4. Metodología

El estudio de esta investigación fue aplicado em la fase de preparación del proceso TAM de la filial petroquímica de una empresa de Brasil de grande porte. En virtud del investigador poseer vínculo profesional con la organización y estar involucrado em el proceso escogido, se puede actuar de forma activa em el diagnóstico y el análisis del proceso y proponer a la organización mejorías em las practicas ya existentes.

Para Prodanov (2013), em la investigación-acción, los investigadores buscan actuar de manera activa em la propia realidad de los hechos observados y este tipo de búsqueda puede ser aplicada em diferentes áreas. Todavía, considera que esta ocurre cuando existe la movilización de investigadores em proyectos que tienen por finalidad entre otros factores la resolución de un problema.

Así el procedimiento metodológico utilizado em este trabajo de carácter cualitativa fue basado em investigación-acción y tuvo como principio un estudio bibliográfico em el área de BPM, BPMN y TAM visando la obtención de informaciones y conocimientos y sostener la investigación.

Luego, a partir de la observación, cuestionarios y entrevistas semiestructuradas con los demás involucrados em el proceso y las partes interesadas (mantenimiento, suministros, almacenamiento, producción, proceso, gestión industrial), se realizó el mapeo y modelo del estado actual (as is).

Em seguida, después del análisis de las informaciones levantadas em la investigación bibliográfica, discusión entre las partes interesadas, análisis utilizando las herramientas brainstorming y diagrama de Ishikawa, fui realizado el modelaje del estado futuro (to be), por consiguiente fueron realizados el rediseñado y la optimización del proceso por medio de la definición de los involucrados em el proceso, del uso de lenguaje simples, de la inclusión de actividades esenciales y de la estandarización de las actividades.

Para el mapeo y modelaje de los procesos, fue utilizada la versión gratuita del software Bizagi Modeler versión 1.0. Este software está disponible em la página web Bizagi, uno de los principales responsables por la evolución de la notación BPMN, se caracteriza por permitir la gestión, modelaje y optimización de flujos de procesos de forma integrada y em una única plataforma.

De acuerdo con Lobo, Conceição e Oliveira (2018 apud Thiollent, 2009), Thiollent propone cuatro fases para el método de investigación-acción: (i) la fase exploratoria y diagnóstico; (ii) la fase principal con investigación recolecta y análisis de datos; (iii) la fase de acción con divulgación de los resultados y implementación de las acciones; (iv) la fase de evaluación.

Esta investigación contó con las tres primeras fases propuestas, esto quiere decir, el mapeo de modelo del proceso seleccionado, su análisis y por fin la propuesta de diseño de ese proceso. La última fase no será presentada en este trabajo, visto que aún sigue en desarrollo.

5. Resultados obtenidos y análisis

5.1. Objeto de investigación

La empresa investigada pertenece a una organización Brasileña del sector de estirénicos, resinas, películas de polipropileno, laminados plásticos en bobinas y tapas plásticas. La subsidiaria objeto de esta investigación fue inaugurada en 2002, está localizada en Manaus, en una petroquímica que produce los poliestirenos GPPS (poliestireno de uso general) y HIPS (poliestireno alto impacto) en sus variaciones. El poliestireno posee aplicación en diversos segmentos de la industria: línea blanca, electros electrónicos, juguetes, artículos de educación, paquetes, envases desechables para productos alimenticios, entre otros. La empresa posee actualmente cerca de 300 colaboradores en diferentes sectores (departamentos), además de trabajadores subcontratados.

5.2. Modelaje de la fase de preparación de la TAM en el estado actual (as is)

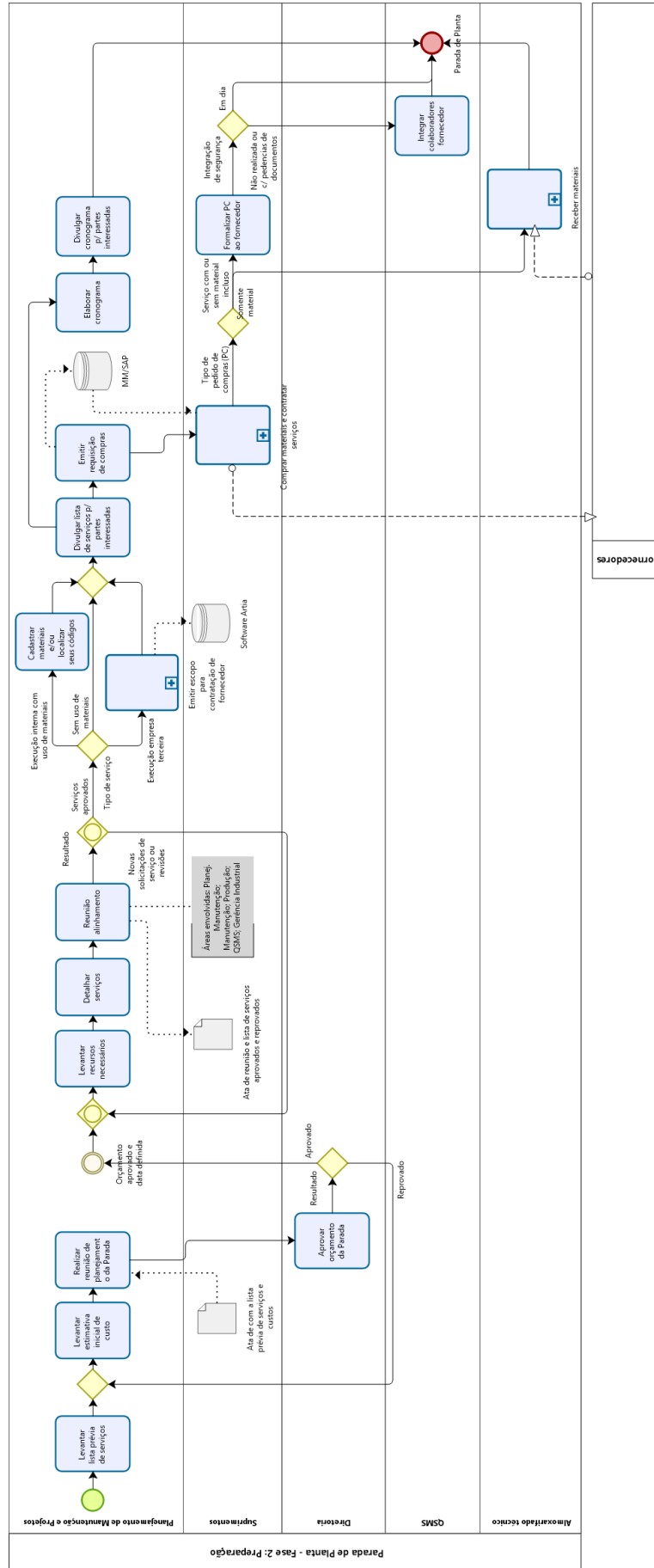
De acuerdo con lo mencionado en la introducción, el proceso elegido en esta investigación fue el TAM general, delimitado la fase de preparación. Actualmente las TAM son realizadas con intervalos de, por lo mínimo, dos años y sus etapas/flujos no poseen diseño de funcionamiento. Ese proceso implica los siguientes sectores: planificación de mantenimiento y proyectos, mantenimiento, directoria, QSMS, almacén técnico y proveedores externos. La figura 3 presenta el proceso en su estado actual.

Las principales actividades identificadas en el actual proceso están descritas a seguir:

- Estudio inicial de los servicios y costos TAM por el sector de planificación de mantenimiento y proyectos. Luego, es realizada reunión con las partes interesadas para alineamiento de las informaciones, requisitos y ajustes de esta recopilación;

- En seguida a ese levantamiento y luego son sometidos a la aprobación de la directoria;
- Caso el levantamiento inicial de los servicios y costos sea aprobado, es realizado el levantamiento de los recursos (mano de obra, materiales, spare parts, herramientas) y detalle de cada servicio. Luego, son realizadas nuevas reuniones para alineamiento y ajustes de las informaciones. Las informaciones que necesitan de ajustes son revisadas por el sector de planificación, de mantenimiento y proyectos y así son evaluadas otra vez por las partes interesadas en una nueva rodada de reuniones hasta que sean aprobadas;
- Para cada servicio aprobado que es designado para ejecución por proveedores es emitido escopo con la descripción de los servicios, requisitos, restricciones, materiales, herramientas y normas que deben ser satisfactorias por estos proveedores. Luego, esos escopos son sometidos para aprobación por las partes interesadas vía el software de gestión de proyectos ARTIA. Para los servicios aprobados que son ejecutados por el equipo de la empresa, son registrados códigos en el sistema ERP para los materiales que no los poseen, y para los que poseen, los códigos son localizados en el sistema ERP e inseridos en la lista del respectivo servicio;
- La lista de servicios con todas las informaciones es difundida para las partes interesadas y en seguida son emitidas requisiciones de compras en el sistema ERP de la empresa;
- Esas requisiciones de compras son tratadas por el sector de suministros a través de procesos de competencia (cotizaciones, equalizaciones de propuestas, negociaciones de plazos de entrega y presiones) para las adquisiciones de los materiales y contratación de los suministradores. En paralelo, el sector de planificación de mantenimiento y proyectos elabora el cronograma TAM y divulga para todas las partes interesadas;
- En seguida, el sector de suministros emite pedido de compra para los proveedores que ganaron el proceso de competencia de la respectiva solicitud de compra;
- Caso el pedido de compras sea para adquisición de material, el proveedor deberá entregar al mismo sector de almacén técnico de la empresa en la fecha acordada con el sector de suministros. Caso el pedido de compras sea para la adquisición de servicio, con o sin provisiones de material, el proveedor debe enviar los nombres y documentación de todos colaboradores que estarán involucrados en la ejecución de los servicios al sector de QSMS de la empresa.
- El sector de QSMS evalúa la documentación recibida en la agenda la integración de seguridad para los colaboradores que todavía no han recibido esas instrucciones. Luego,

Figura 3 – Mapeo del estado actual (as is) de la fase de preparación del proceso investigado. Fuente: Autor utilizando Bizagi Modeler - versión 1.0



certificado que todos estos colaboradores realizaron las integraciones de seguridad, los proveedores ya estarán aptos para ejecutar los servicios para los cuales han sido contratados.

Algunas oportunidades de mejoría identificadas en el proceso actual son: inexistencia de plano de seguridad, plano de comunicación, indicadores de rendimiento, proceso documentado de definición de escopo de trabajo, benchmarking con plantas petroquímicas semejantes y documentación para los principales procesos y procedimientos TAM. Además de eso, existe la inexistencia del proceso estructurado para: estimar duración y costos de los servicios; identificar ítems con largo tiempo para entrega y; identificar y planear el trabajo pré-TAM.

5.3. Modelaje da la fase de preparación TAM en estado futuro (to be)

Luego del modelaje y análisis del proceso actual, se definió el modelo propuesto que es el presentado en la figura 4.

Em esta propuesta, el actor “Comité de Parada” pasa a integrar el proceso, visto que este, conforme mencionado em la sección Parada de Mantenimiento, es el gran responsable por el suceso de la TAM.

Con eso, las siguientes oportunidades de mejoría identificadas pasan a integrar el proceso como actividades: elaborar planos de seguridad; elaborar plano de comunicación; definir organograma, los roles, responsabilidades e indicadores de rendimiento; elaborar documentación para los principales procesos y procedimientos TAM; definir de forma estructurada la estimativa de tiempo y costos de los servicios; definir y adquirir con prioridad ítems con largo plazo de entrega; planificar y elaborar cronograma de trabajo pré-TAM.

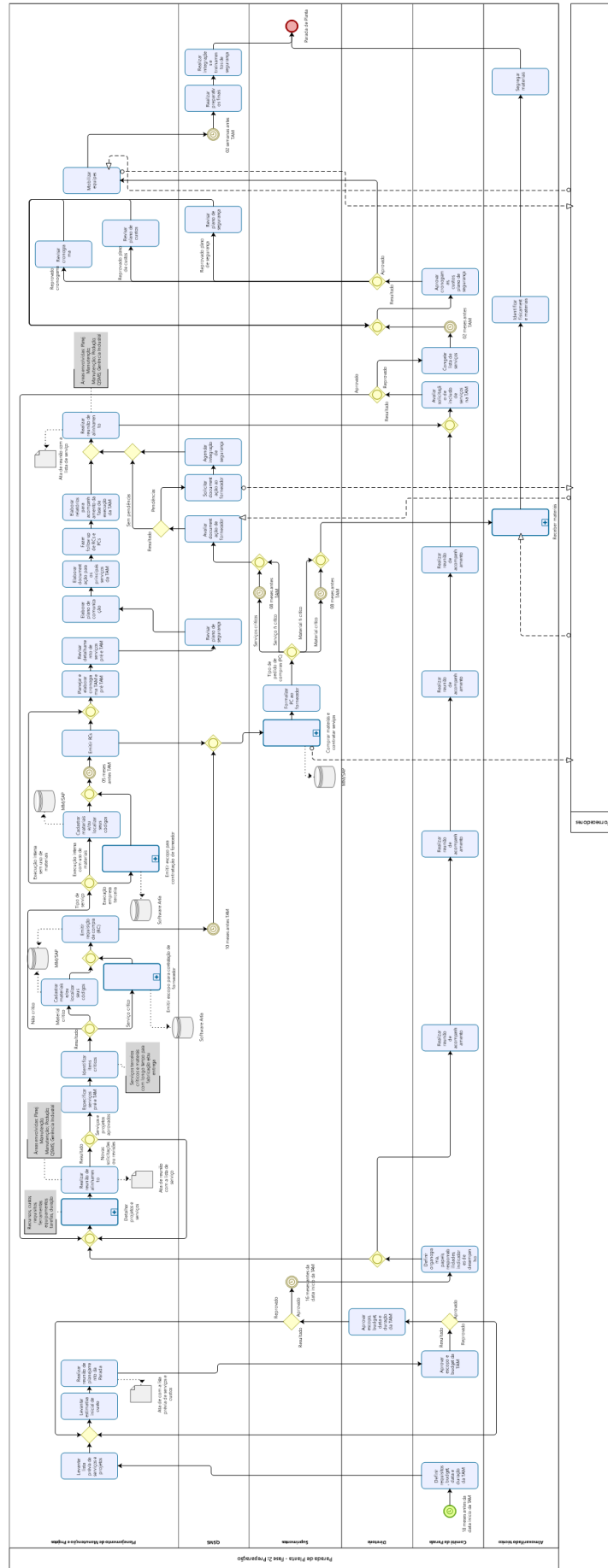
Ese modelaje se llevó en cuenta los puntos de mejoría más relevantes encontrados luego del análisis del modelo as is, también las mejores prácticas adoptadas en esta fase em empresas petroquímicas. Así, se mejora el rendimiento de la ejecución, seguridad y costos TAM, de acuerdo con las actividades inclusas en el proceso, detalles a seguir:

- Elaborar el plan de seguridad: permite tomar conocimiento de los peligros involucrados en los servicios y compartir para todos las informaciones sobre esos riscos y medidas para evitaros;
- Elaborar el plan de comunicación: visa garantizar que todos los involucrados reciban el mismo mensaje y sean informados correctamente sobre todos los objetivos, aspectos y requisitos;
- Definir organograma, los roles, responsabilidades y indicadores de rendimiento: definir organograma, los roles e responsabilidades tiene por finalidad facilitar la comunicación y auxiliar em la elaboración de la matriz de responsabilidad, para que todos los involucrados comprendan lo que, de hecho, se espera de cada uno, y

que sus acciones estén alineadas con esas atribuciones. La definición de indicadores de rendimiento permite establecer las referenciáis comparativos, que pueden ser basados em los históricos y en indicadores considerados de excelencia, a fin de que sean utilizados en la fase de ejecución, con el objetivo de medir el performance TAM;

- Elaborar documentación para los principales servicios TAM: asegura que sean elaborados los documentos para todos los servicios complejos, nunca realizados anteriormente o poco habituales. Esa documentación deberá abarcar, al menos, los siguientes puntos: procedimientos de ejecución y interdependencia de las actividades y/u servicios; recursos necesarios; riesgos involucrados en la actividad y medidas de control; foja de especificación de bloqueos de equipo y tuberías; procedimientos de soldadura y ensayos no destructivos (cuando necesario);
- Definir de forma estructurada el tiempo de los servicios: tiene por finalidad utilizar la metodología PERT (Program Evaluation and Review Technique) para estimar de forma más asertiva el tiempo de los servicios y auxiliar en la reducción de costos y optimización de los recursos;
- Definir de forma estructurada los caminos críticos de la Parada: a través del método CPM (Critical path method) es posible identificar el mayor camino de actividades que, por dependencia física, deben ser realizadas en secuencia, y que condicionan el tiempo de la parada, y por consecuencia, la perdida de producción. En la empresa objeto de este estudio, la capacidad de producción es de 500 ton/día y el precio medio de su producto en enero de 2022 fue de R\$10.800,00 la tonelada. Considerando que el tiempo medio de sus TAM es de 12 días, luego la perdida media de producción es de R\$64.800.000,00, luego a cada día reducido en el tiempo total de TAM, disminuye también la perdida de producción en cerca de R\$ 5.400.000,00/día.
- Definir y adquirir con prioridad ítems con largo tiempo para entrega: garantiza que todos los materiales, maquinarias y repuestos que necesiten de largo plazo para fabricación y/o entrega, esten disponibles en la planta en el periodo adecuado;
- Planejar e elaborar cronograma para el trabajo de pré-TAM: permite que todo el trabalho y requisitos necessários o que precisam ser atendidos na fase de preparação sean concluídos.

Figura 4 - Mapeo del estado actual (as is) de la fase de preparación del proceso investigado. Fuente: Autor utilizando Bizagi Modeler - versión 1.0



6. Conclusión

Esta investigación tubo por objetivo proponer un modelo futuro para la fase de preparación del proceso TAM general de una industria petroquímica, visando, de esa forma, tornar el proceso adherente a las mejores prácticas seguidas por organizaciones de este mismo seguimiento de proceso productivo y que operan en regime continuo. Por lo tanto, fue realizado el mapeo, análisis y diseño de la fase del proceso investigado en un estado futuro, introduciendo los puntos de mejoría más relevantes encontrados en la literatura existente y también las mejores prácticas adoptadas en esta fase por empresas similares.

Las limitaciones de la investigación se concentraron en la aplicación del estudio en apenas una fase del proceso, bien como en su evaluación, visto que, su implementación todavía está en desarrollo y los resultados solamente podrán ser medidos en investigaciones futuras.

Como relevancia teórica de la pesquisa, se puede señalar el hecho de la temática poco explorada que juntamente con la aplicación de la técnica BPMN en procesos TAM. Como relevante práctica, se puede señalar la aplicación de la Gestión de Procesos de Negocio en una organización que, hasta este momento, no poseía sus procesos internos mapeados.

Como resultados de esta investigación, fue posible: revelar la realidad de la fase de preparación del proceso TAM, tornando lo visible a todos los involucrados; identificar os pontos de mejoría, retrabajos y actividades que no agregaban valor al proceso; definir un flujo estandarizado; delimitar y definir responsabilidades y; mejorar la ejecución de la fase de preparación y de las fases siguientes, tornando aquella más segura y reduciendo los costos TAM. Todavía, fue posible mejorar el conocimiento de los involucrados en el proceso TAM, acerca del enfoque existente de gestión de TAM y de las principales actividades desarrolladas en las cuatro fases de ese proceso.

La investigación demostró también que la aplicación del BPM y BPMN en TAM es viable y que los objetivos fueron alcanzados. Así, en virtud de los beneficios presentados, se sugiere expandir los conceptos de gerenciamiento de Procesos de Negocio a otras fases TAM y a otras áreas de la organización, maximizando los beneficios de la utilización de esa herramienta.

Referencia

- AL-TURKI, U.; DUFFUAA, S.; BENDAYA, M. Trends in turnaround maintenance planning: literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 25, n. 2, p. 253-271, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2017-0074>. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JQME-10-2017-0074/full/html>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- ABPMP - Association of Business Process Management Professional. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio - Corpo Comum de Conhecimento - ABPMP BPM CBOK V3.0. 2. ed. 2013. 453 p.
- BPMI. Business Process Management Institute. Disponível em: <<http://www.bpmi.org>>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- DUFFUA, S. O.; BEN DAYA, M. A. Turnaround maintenance in petrochemical industry: practices and suggested improvements. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 10, n. 3, p. 184-190, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1108/13552510410553235>. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552510410553235/full/html>>. Acesso em: 07 fev. 2022.
- FRANCISCO, M. G. et al. Aplicação do gerenciamento de processos de negócios - BPM - ganhos e versatilidade na indústria de manufatura e serviço. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 5, n. 8, p. 12302-12319, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n8-076>. Disponível em: <<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2812>>. Acesso em: 20 fev. 22.
- JASIULEWICZ-KACZMAREK, M. et al. Implementing BPMN in maintenance process modeling. In *International Conference on Information Systems Architecture and Technology*; Springer: Cham, Switzerland, p. 300-309, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-67229-8_27. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319560273_Implementing_BPMN_in_Maintenance_Process_Modeling>. Acesso em: 07 fev. 2022.
- LENAHAN, T. Turnaround, Shutdown and Outage Management: Effective Planning and Step-by-Step Execution of Planned Maintenance Operations. 6. ed. Massachusetts: Butterworth-Heinemann, 2006. 269 p.
- LOBO, C. V. F. et al. Gestão por Processos: Um Estudo de Aplicação da Notação BPMN em uma Empresa de Serviços do Setor de Óleo e Gás. *Revista IPTEC*, v. 6, n. 1, p. 94-110, 2018. Doi 10.5585/iptec.v6i1.133. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/iptec/article/view/9389/4156>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- MOSCHIN, J. Gerenciamento de Parada de Manutenção. BRASPORT. Edição do Kindle, 2015.
- OMG, O. M. G. Business Process Model and Notation (BPMN) Notação BPMN, OMG, 2011. Disponível em: <<https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>>. Acesso em: 04 fev. 2022.
- PMI - Project Management Institute. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). 6. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2017. 756 p.
- PMSURVEY.ORG. A Global Initiative of PMI Chapters, 2014. Disponível em: <<http://beware.com.br/arquivos/Report2014-PMSURVEY.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2022
- PROCHNOW, M.; SCHAFFER, W.B. Pequeno manual para elaboração de projetos. Rio do Sul: Ed. UFRS, 1999.
- POKHAREL, S.; JIAO, J. (R). Turn-around maintenance management in a processing industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 14, n. 2, p. 109-122, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1108/13552510810877638>. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552510810877638/full/html>>. Acesso em: 07 fev. 2022.
- PRODANOV, C. C.; ERNANI, C. F. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <www.feevale.br/editora>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2013. 274 p. E-book. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/ccaab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia_do_Trabalho_Cient%C3%ADfico_-_1%C2%AA_Edi%C3%A7%C3%A3o_-_Antonio_Joaquim_Severino_-_2014.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2022.

CALENDARIO DE CURSOS 2022

CON CERTIFICACIÓN
INTERNACIONAL

RCT I

PRESENCIAL



RCT I - Experto en Lubricación y Control de la Contaminación de Clase Mundial. Cubre los Cuerpos de Conocimiento (BoK) de ISO 18436-4 CAT I, TICD-ED-1910/90 e ICML. Con este curso puede presentar examen de certificación MLT I o MLA I del ICML



Examen de
certificación
ISO-18436-4
al finalizar el curso

Próximas Fechas

27-29 de Septiembre

25-27 de Octubre

29 Noviembre al 01 de Diciembre



Instructor
José Páramo

Centro Preconlub
de Grupo Techgnosis de entrenamiento y
certificación en León, Gto.

Cómo calcular asentamiento diferencial de tanques de acuerdo con API 653; Anexo B haciendo uso de una hoja de cálculo

Ángel R. Rodríguez

Ingeniero Metalúrgico.

Inspector residente por IRISNDT en Marathon Petroleum Corporation.

a.rod111278@gmail.com



Introducción

El asentamiento es una condición producida por una pérdida de compactación o soporte de la superficie donde se soporta el piso de un tanque, que afecta las láminas del piso y la pared por deformación plástica. El asentamiento excesivo de los cimientos de un tanque de almacenamiento puede afectar la integridad del cuerpo, el fondo y la funcionalidad del techo flotante, este último si aplica. Por lo tanto, monitorear el comportamiento de los asentamientos es una práctica reconocida para evaluar la integridad de los tanques. A continuación, la metodología basada en **API 653; Anexo B** será presentada para determinar el asentamiento diferencial como el tipo de asentamiento más perjudicial y utilizar una hoja de cálculo que contribuya a una mejor precisión en el cumplimiento de la **API 653; Anexo B**.

En este artículo, podrá tomarlo como una guía para determinar el asentamiento diferencial de acuerdo con **API 653; Anexo B; B.2.2.4 y B.2.2.5**; de un tanque de almacenamiento vertical cilíndrico apoyado uniformemente sobre una superficie del suelo, hormigón o asfalto, utilizando los tres gráficos correspondientes a las figuras **B.3, B.4 y B.5** y las ecuaciones **B.3.2.1 y B.3.2.2**; la metodología se describe en el siguiente diagrama de flujo:

Exposición de los tres casos

Una vez que hemos capturado las elevaciones en el campo, los datos se procesan para determinar el asentamiento diferencial de acuerdo con el diagrama de flujo de la **Figura 1**. Hay tres casos reales de experiencia propia representados en las tres figuras correspondientes del anexo B: **Fig. B.3, Fig. B.4, y Fig. B.5**.

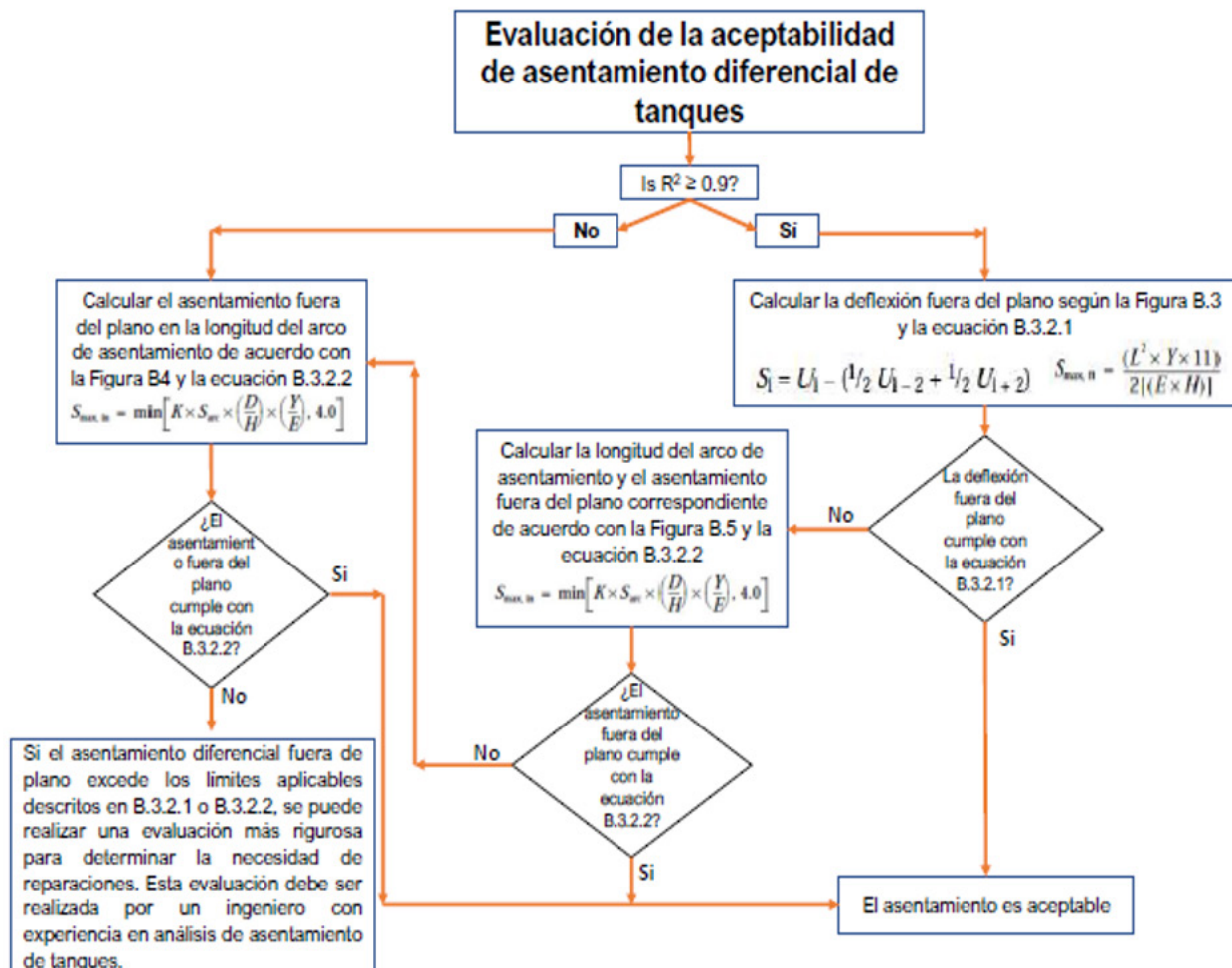


Figura 1. Diagrama de flujo para evaluar la aceptabilidad de del asentamiento fuera del plano del tanque.

Caso 1

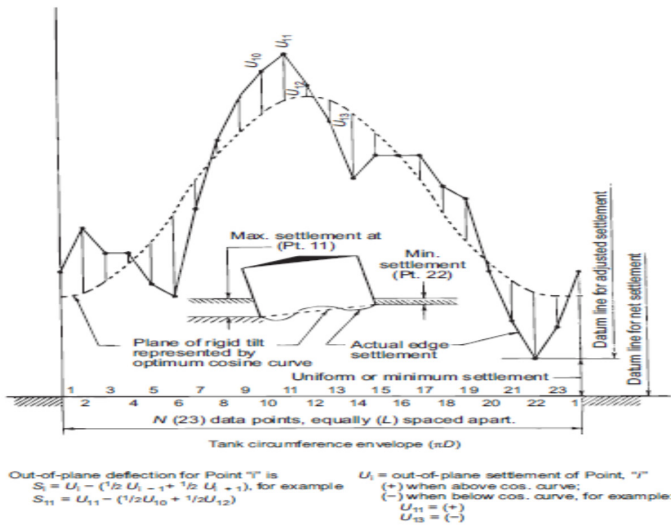


Figura 2. Representación gráfica del asentamiento del cuerpo del tanque según B.2.2.4.

a	2.6	b	-2.4	c	0.6	R ²	94.87%
---	-----	---	------	---	-----	----------------	--------

Tabla 1. Determinación de las constantes a, b y c R².

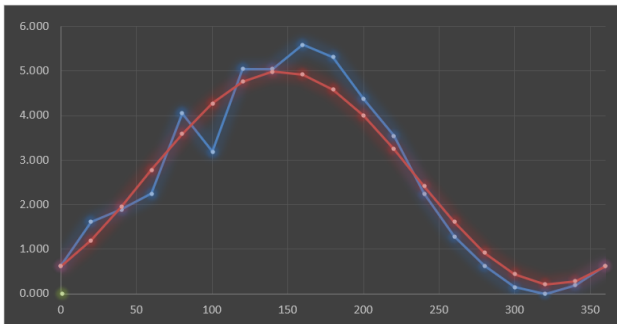


Gráfico 1. Curva óptima Vs. Curva real.

Point	Degrees	Radians	Elevations Measured (in)	Predicted Elevations Cosine Curve (in)	Average Measurements	S _y	SSE	U (in)	Deflections (in)	Maximum allowable deflection per equation B.3.2.1 (in)	Criterion
1	0	0.000	0.630	0.619	2.509	3.532	0.000	0.011	0.156	1.662	ACCEPTED
2	20	0.349	1.614	1.202	2.509	0.801	0.170	0.412	0.439	1.662	ACCEPTED
3	40	0.698	1.890	1.954	2.509	0.384	0.004	-0.064	0.000	1.662	ACCEPTED
4	60	1.047	2.244	2.783	2.509	0.070	0.291	-0.539	0.739	1.662	ACCEPTED
5	80	1.396	4.055	3.591	2.509	2.389	0.216	0.465	1.279	1.662	ACCEPTED
6	100	1.745	3.189	4.278	2.509	0.462	1.187	-1.089	1.459	1.662	ACCEPTED
7	120	2.094	5.039	4.764	2.509	6.401	0.076	0.275	0.795	1.662	ACCEPTED
8	140	2.443	5.039	4.988	2.509	6.401	0.003	0.051	0.420	1.662	ACCEPTED
9	160	2.792	5.591	4.925	2.509	9.494	0.443	0.666	0.273	1.662	ACCEPTED
10	180	3.142	5.315	4.581	2.509	7.872	0.539	0.734	0.215	1.662	ACCEPTED
11	200	3.491	4.370	3.998	2.509	3.462	0.138	0.372	0.143	1.662	ACCEPTED
12	220	3.840	3.543	3.247	2.509	1.069	0.088	0.297	0.197	1.662	ACCEPTED
13	240	4.189	2.244	2.417	2.509	0.070	0.030	-0.173	0.166	1.662	ACCEPTED
14	260	4.538	1.299	1.610	2.509	1.464	0.096	-0.310	0.078	1.662	ACCEPTED
15	280	4.887	0.630	0.922	2.509	3.532	0.085	-0.292	0.003	1.662	ACCEPTED
16	300	5.236	0.157	0.436	2.509	5.531	0.078	-0.279	0.027	1.662	ACCEPTED
17	320	5.585	0.000	0.212	2.509	6.297	0.045	-0.212	0.033	1.662	ACCEPTED
18	340	5.934	0.197	0.275	2.509	5.348	0.006	-0.078	0.022	1.662	ACCEPTED
1	360	6.283	0.630	0.619	2.509	3.532	0.000	0.011	0.156	1.662	ACCEPTED
					Σ	68.113	3.494				

Tabla 2. Hoja de cálculo según API 653; B.2.2.4.

Supongamos un ejemplo real para el caso de la Fig. B.3 (cuando el R² ≥ 0,9 y la deflexión cumplen con la ecuación B.3.2.1)

Tenemos un tanque de acero al carbono A 36; 10 pies de diámetro D por 48 pies de altura H, el módulo E Young para este material a temperatura ambiente es de 29,400,000, y la longitud del arco L es de 31.42 pies. En una hoja de cálculo, introducimos los valores de las elevaciones, que representan la curva real; los valores de a, b y c se determinan de acuerdo con la función Elev. Predicha = a + b × cos (θ + c) en la hoja de cálculo; una vez que tenemos los valores de las constantes, se determina el valor de R², para lo cual necesitamos calcular S_{yy}: es la suma de los cuadrados de las diferencias entre la elevación media medida y las elevaciones medidas; ESS: es la suma del cuadrado de las diferencias entre las elevaciones medidas y predichas. Así que R² = (S_{yy} - SSE) / S_{yy}. Una vez que determinamos el valor R² ≥ 0.9, calculamos el asentamiento en cada punto U_i, la deflexión en cada punto S_i y la deflexión máxima permisible de acuerdo con la ecuación B.3.2.1 y comparamos.

Donde:

$$S_{\max, ft} = \frac{(L^2 \times Y \times 11)}{2[(E \times H)]}$$

Y:

API 653 Anexo B.3.2.1		
L	31.42	Pies
Y	36.000	Psi
Y	29.400.000	Módulo de Young
H	48	Pies
S máx.	0.139	Pies
S máx.	1.662	Pulgadas

Tabla 3. Cálculo de la deflexión máxima permitida.

Caso 2

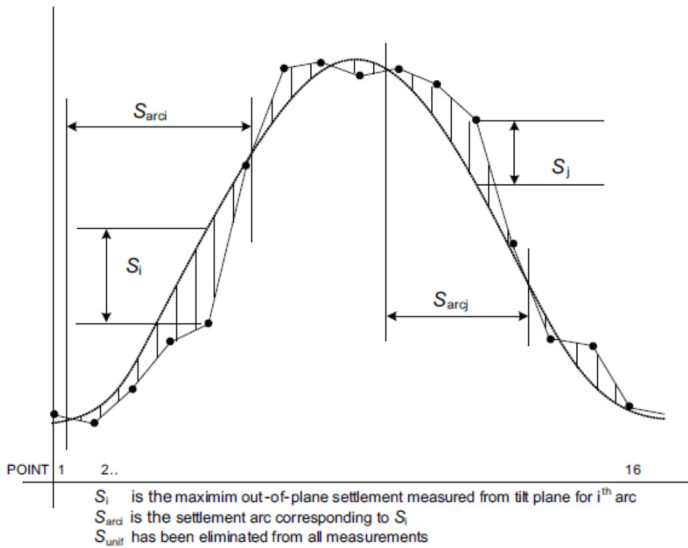


Figura 3. Representación gráfica del asentamiento del cuerpo según B.2.2.5 (plano de inclinación descrito por una curva de coseno óptima).

a	4	b	4.5	c	0	R ²	96.18%
---	---	---	-----	---	---	----------------	--------

Tabla 4. Determinación de las constantes a, b y c R².

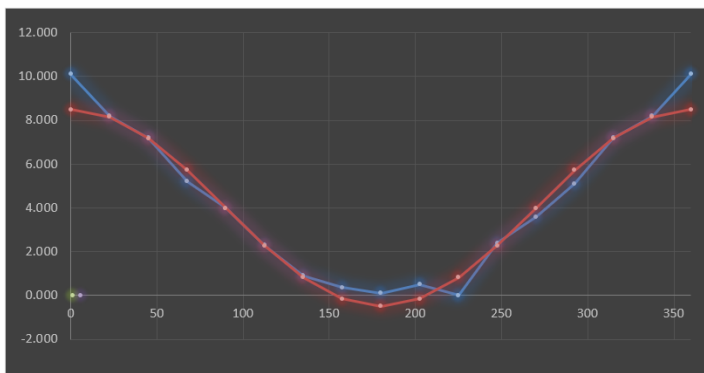


Gráfico 2. Curva óptima versus curva real.

Nominal fill height											
Point	Degrees	Radians	Elevations Measured (in)	Predicted Elevations Cosine Curve (in)	Average Measurements	Syy	SSE	U (in)	Deflections (in)	Maximum allowable deflection per equation B.3.2.1 (in)	Criterion
1	0	0.000	10.100	8.500	4.439	32.049	2.560	1.600	1.557	1.480	REJECTED
2	22.5	0.393	8.200	8.157	4.439	14.146	0.002	0.043	0.766	1.480	ACCEPTED
3	45	0.785	7.200	7.182	4.439	7.624	0.000	0.018	0.258	1.480	ACCEPTED
4	67.5	1.178	5.200	5.722	4.439	0.579	0.273	-0.522	0.531	1.480	ACCEPTED
5	90	1.571	4.000	4.000	4.439	0.193	0.000	0.000	0.250	1.480	ACCEPTED
6	112.5	1.963	2.300	2.278	4.439	4.575	0.000	0.022	0.019	1.480	ACCEPTED
7	135	2.356	0.900	0.818	4.439	12.523	0.007	0.082	0.188	1.480	ACCEPTED
8	157.5	2.749	0.360	-0.157	4.439	16.637	0.268	0.517	0.176	1.480	ACCEPTED
9	180	3.142	0.100	-0.500	4.439	18.825	0.360	0.600	0.013	1.480	ACCEPTED
10	202.5	3.534	0.500	-0.157	4.439	15.514	0.432	0.657	0.766	1.480	ACCEPTED
11	225	3.927	0.000	0.818	4.439	19.703	0.669	-0.818	1.208	1.480	ACCEPTED
12	247.5	4.320	2.400	2.278	4.439	4.157	0.015	0.122	0.731	1.480	ACCEPTED
13	270	4.712	3.600	4.000	4.439	0.704	0.160	-0.400	0.150	1.480	ACCEPTED
14	292.5	5.105	5.100	5.722	4.439	0.437	0.387	-0.622	0.431	1.480	ACCEPTED
15	315	5.498	7.200	7.182	4.439	7.624	0.000	0.018	0.308	1.480	ACCEPTED
16	337.5	5.890	8.200	8.157	4.439	14.146	0.002	0.043	0.766	1.480	ACCEPTED
1	360	6.283	10.100	8.500	4.439	32.049	2.560	1.600	1.557	1.480	REJECTED
						Σ	201.486	7.695			

Tabla 5. Hoja de cálculo según API 653; B.2.2.4.

Supongamos un ejemplo real para el caso de la Fig. B.5 (cuando el $R2 \geq 0,9$ pero la deflexión fuera del plano no cumple con la ecuación B. 3.2.1)

Un tanque de techo flotante externo de 150 pies D x 40 pies H en una recolección de datos de asentamiento de cuerpo de rutina. El material del tanque era acero al carbono desconocido, con un módulo supuesto de 29,000,000 psi y un límite elástico de 30,000 psi. La longitud del arco L es de 29.45 pies. En una hoja de cálculo, introducimos los valores de las elevaciones, que representan la curva real; los valores de a, b y c se determinan según la función Elev. Pred = a + b × cos (θ + c) en la hoja de cálculo; una vez que tenemos los valores de las constantes, se determina el valor de R2, para lo cual necesitamos calcular Syy: es la suma de los cuadrados de las diferencias entre la elevación media medida y las elevaciones medidas; ESS: es la suma del cuadrado de las diferencias entre las elevaciones medidas y predichas. Entonces $R2 = (Syy - SSE) / Syy$. Una vez que determinamos que el valor $R2 \geq 0.9$; procedemos a calcular el asentamiento en cada punto U_i , la deflexión en cada punto S_i , la deflexión máxima permisible según la ecuación B.3.2.1, y los resultados son:

Donde:

$$S_{max, ft} = \frac{(L^2 \times Y \times 11)}{2[(E \times H)]}$$

Y:

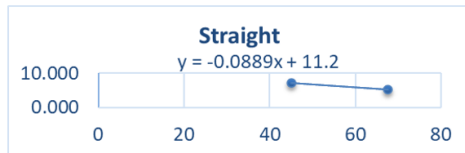
API 653 Anexo B.3.2.1		
L	29.45	Pies
Y	30.000	Psi
Y	29.000.000	Módulo de Young
H	40	Pies
S máx.	0.123	Pies
S máx.	1.480	Pulgadas

Tabla 6. Cálculo de la deflexión máxima permitida.

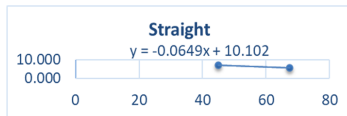
Determinemos la longitud del arco de asentamiento y su respectivo asentamiento fuera del plano en el punto 1.

Determinemos la intersección a 45°-67.5°

Elevación medida	
Grados	Elevación
X	Y
45	7.200
67.5	5.200



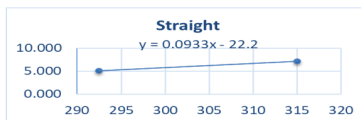
Elevación óptima	
Grados	Elevación
X	Y
45	7.182
67.5	5.722



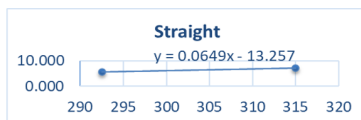
Intersección 45°-67.5°			
	X	Y1	Y2
GRADO	45.75	7.132825	7.132825
			4.08562E-14

Determinemos la intersección a 292.5°-315°

Elevación medida	
Grados	Elevación
X	Y
292.5	5.100
315	7.200



Elevación óptima	
Grados	Elevación
X	Y
292.5	5.722
315	7.182



Intersección 292.5°-315°			
	X	Y1	Y2
Grado	314.8943662	7.179644366	7.179644366
			1.43885E-13

Entonces:

Arco de asentamiento	90.856	Grados
Si	22.5	Grados
Son	29.45	Pies
Entonces, arco de asentamiento	118.920	Pies

Donde:

$$S_{\max, in} = \min \left[K \times S_{\text{arc}} \times \left(\frac{D}{H} \right) \times \left(\frac{Y}{E} \right), 4.0 \right]$$

A continuación:

API 653 Anexo B.3.2.2		
L	29.45	Pies
Y	30.000	Psi
Y	29.000.000	Psi
H	40	Pies
K	4	Tabla B.3.2.2
D	150	Pies
Arco S	118.92	Pies
S máx.	1.845	Pulgadas

Tabla 7. Cálculo del asentamiento máximo admisible.

Nominal fill height					
Deflections (in)	Maximum allowable deflection per equation B.3.2.1 (in)	Criterion	Settlement U (in)	Maximum allowable settlement per Annex B.3.2.2 (in)	Criterion
1.557	1.480	REJECTED	1.6	1.845	ACCEPTED
1.557	1.480	REJECTED	1.6	1.845	ACCEPTED

Tabla 8. Determinación de criterios de aceptación.

Caso 3

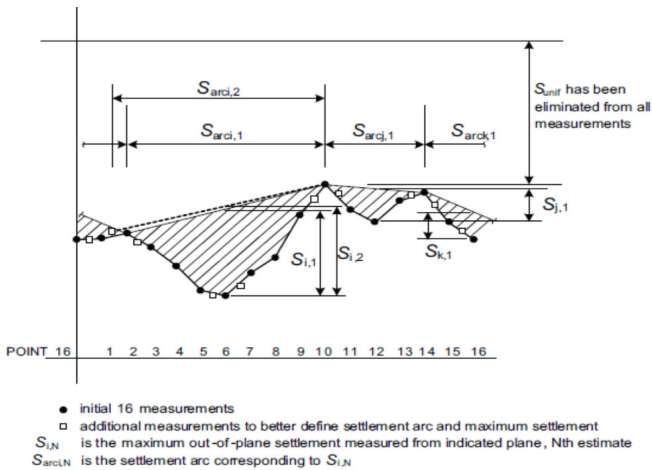


Figura 4. Representación gráfica del asentamiento del cuerpo según B.2.2.5 (plano de inclinación no descrito por una curva de coseno óptima).

Supongamos un ejemplo real para el caso de la Fig. B.4 (cuando el $R^2 \leq 0,9$).

Un tanque de techo fijo de 30 pies de altura x 24 pies de diámetro en una recolección de datos de asentamiento de cuerpo de rutina. El material del tanque es A283 Gr.C, acero al carbono, con un módulo de Young supuesto de 29,400,000 psi y un límite elástico de 30,000 psi. La longitud del arco L es de 5.89 pies. En una hoja de cálculo, introducimos los valores de las elevaciones, que representan la curva real; los valores de a, b y c se determinan según la función Elev. Pred = $a + b \times \cos(\theta + c)$ en la hoja de cálculo; una vez que tenemos los valores de las constantes, se determina el valor de R^2 .

a	0.248	b	-0.069	c	-1.3	R^2	9.12%
---	-------	---	--------	---	------	-------	-------

Tabla 9. Determinación de las constantes a, b y c R^2 .

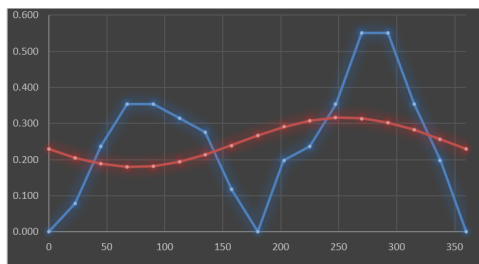


Gráfico 3. Curva óptima versus curva real.

Point	Degrees	Radians	Elevations Measured (in)	Predicted Elevations Cosine Curve (in)	Average Measurements	Syy	SSE	U (in)	Deflections (in)
1	0	0.000	0.000	0.230	0.261	0.068	0.053		
2	22.5	0.393	0.079	0.206	0.261	0.033	0.016		
3	45	0.785	0.236	0.188	0.261	0.001	0.002		
4	67.5	1.178	0.354	0.180	0.261	0.009	0.031		
5	90	1.571	0.354	0.182	0.261	0.009	0.030		
6	112.5	1.963	0.315	0.194	0.261	0.003	0.015		
7	135	2.356	0.276	0.214	0.261	0.000	0.004		
8	157.5	2.749	0.118	0.240	0.261	0.020	0.015		
9	180	3.142	0.000	0.266	0.261	0.068	0.071		
10	202.5	3.534	0.197	0.290	0.261	0.004	0.009		
11	225	3.927	0.236	0.308	0.261	0.001	0.005		
12	247.5	4.320	0.354	0.316	0.261	0.009	0.001		
13	270	4.712	0.551	0.314	0.261	0.084	0.056		
14	292.5	5.105	0.551	0.302	0.261	0.084	0.062		
15	315	5.498	0.354	0.282	0.261	0.009	0.005		
16	337.5	5.890	0.197	0.256	0.261	0.004	0.004		
1	360	6.283	0.000	0.230	0.261	0.068	0.053		
					\bar{x}	0.474	0.431		

Tabla 10. Hoja de cálculo según API 653; B.2.2.4.

En este caso, $R^2 \leq 0.9$; por lo tanto, procedamos a calcular el asentamiento fuera del plano en la longitud del arco de asentamiento de acuerdo con la Figura B. 4 y ecuación B.3.2.2; los resultados son:

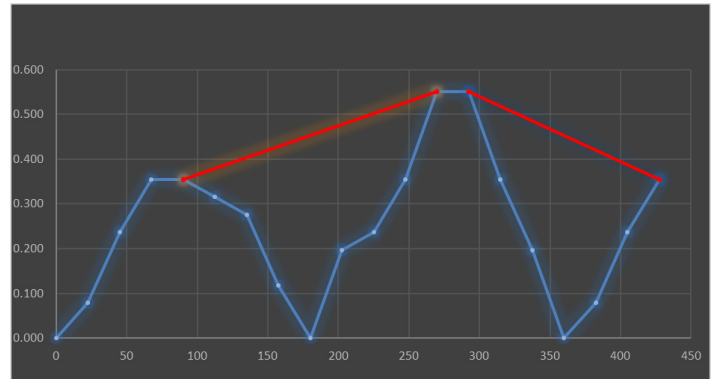
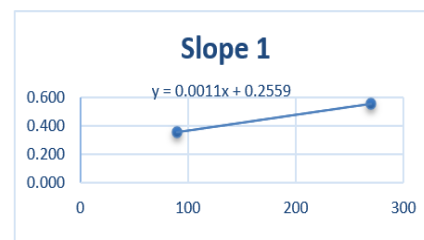


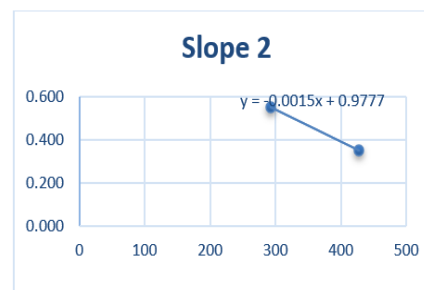
Gráfico 4. Curva real con pendientes pico-pico.

Se identifican los picos de la curva y se dibujan las pendientes entre pico a pico; las secciones sin pendientes o inclinación se pueden descartar para la primera evaluación; si la longitud del arco es insuficiente para cumplir con los criterios de aceptación, se puede ampliar en tales secciones sin pendientes ni inclinación. Al obtener las pendientes entre pico y pico, el asentamiento resultante se determina en esa longitud de arco de asentamiento sectorizado, midiendo la altura de esa pendiente menos el asentamiento o valle menor. Para este caso, fue necesario extender la curva a 427,5 grados para obtener la pendiente requerida de pico a pico.

Pendiente 1	
90	0.354
270	0.551
180	0.454



Pendiente 2	
292.5	0.551
427.5	0.354
360	0.438



Donde:

$$S_{\max, \text{in}} = \min \left[K \times S_{\text{arc}} \times \left(\frac{D}{H} \right) \times \left(\frac{Y}{E} \right), 4.0 \right]$$

API 653 Anexo B.3.2.2		
L	5.8905	Pies
Y	36.000	Psi
Y	29.400.000	Psi
H	24	Pies
K	10.5	Tabla B.3.2.2
D	30	Pies
Arco de asentamiento	35.343	Pies
S máx.	0.568	Pulgadas

Tabla 11. Cálculo del asentamiento máximo admisible.

API 653 Anexo B.3.2.2		
L	5.8905	Pies
Y	36.000	Psi
Y	29.400.000	Psi
H	24	Pies
K	10.5	Tabla B.3.2.2
D	30	Pies
Arco de asentamiento	47.124	Pies
S máx.	0.757	Pulgadas

Tabla 12. Cálculo de del asentamiento máxima admisible.

A continuación:

Point	Degrees	Radians	Elevations Measurements (in)	Nominal filling height			Criterion	S max (in)	S arc x 6 (in) allowable	Criterion
				S max Degrees	S max (in)	S arc x 8 (in) allowable				
1	0	0.000	0.000							
2	22.5	0.393	0.079							
3	45	0.785	0.236							
4	67.5	1.178	0.354							
5	90	1.571	0.354							
6	112.5	1.963	0.315							
7	135	2.356	0.276							
8	157.5	2.749	0.118							
9	180	3.142	0.000	S max 180°	0.454	0.757	ACCEPTED			
10	202.5	3.534	0.197							
11	225	3.927	0.236							
12	247.5	4.320	0.354							
13	270	4.712	0.551							
14	292.5	5.105	0.551							
15	315	5.498	0.354							
16	337.5	5.890	0.197							
1	360	6.283	0.000	S max 360°				0.438	0.568	ACCEPTED
2	382.5	6.676	0.079							
3	405	7.069	0.236							
4	427.5	7.461	0.354							

Tabla 13. Determinación de criterios de aceptación.

Conclusión

De acuerdo con los datos expuestos, podemos concluir que la hoja de Excel puede ser una herramienta valiosa, confiable y práctica para la determinación del asentamiento diferencial de un tanque; existen otros programas más avanzados y con mayor precisión que podrían tener ventajas en algunos casos donde los valores de asentamiento/deflexión están ligeramente por encima de los criterios de aceptación y rechazo.

El diagrama de flujo para el cálculo de del asentamiento diferencial es el más cercano al procedimiento propuesto en API 653, Anexo B. Sin embargo, no es la única forma de determinar del asentamiento diferencial; por ejemplo, otros usuarios utilizan la ecuación B.3.3.2 y el cálculo de pendientes sin utilizar la ecuación B.3.2.1 y la curva óptima del coseno. Dado esto, el diagrama descrito en este artículo puede simplificar el número de cálculos requeridos. Esta metodología es más práctica y económica que el análisis de esfuerzos a través de elementos finitos, la aptitud para las evaluaciones de servicio y cualquier software avanzado. En mi experiencia, esta metodología representa más del 90% de los casos reales en el campo.

Referencias

1. API 653 "Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques". Quinta edición, noviembre de 2014. Adenda 1, abril de 2018. Errata 1, marzo de 2020.
2. "Criteria for Settlement of Tanks", W. Allen Marr, M. ASCE, Jose A. Ramos, and T. William Lambe, F. ASCE, Journal of Geotechnical Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 108, Agosto de 1982.
3. Esta ecuación B.3.2.2; se basa en "Final Report on the Study of Out-of-Plane Tank Settlement", J. Andreani, N. Carr, Report to API SCAST, mayo de 2007.

LLEGA AL PÚBLICO QUE ESTÁS BUSCANDO

CONTRATA NUESTROS
PAQUETES DE MERCADEO



CONTÁCTANOS



Gracias a Dios trabajamos en Mantenimiento y Confiabilidad, una de las áreas del conocimiento técnico mejor documentadas a nivel Mundial.



Robinson José Medina Nuñez. CMRP
Licenciado en Ingeniería Mecánica en
Universidad de Costa Rica



Cuando analizamos el ciclo de vida de un activo desde la concepción, pasando por el diseño, construcción, instalación, operación/mantenimiento y desincorporación, nos damos cuenta del volumen de información, criterios técnicos, datos asociados al desempeño de nuestros equipos que necesitamos conocer para tomar las mejores decisiones a lo largo del ciclo de vida.

Ese volumen de información nos conduce a la necesidad de soportar nuestras decisiones en las mejores prácticas, en aquellos estándares que realmente demuestran lo último en conocimiento, el estado del arte en cada uno de las etapas del ciclo de vida, y gracias a Dios trabajamos en Mantenimiento y Confiabilidad, ya que esta es una de las áreas del conocimiento mejor documentadas a nivel mundial.

Lamentablemente existe una deficiencia cultural en el uso de la normativa para soportar nuestros criterios técnicos, considero que las universidades como primera línea en la formación de los futuros ingenieros, deben incorporar la cultura del uso y aplicación de los estándares en cualquier área de la ingeniería.

El BoK del conocimiento de la SMRP en el punto 2.4 Especificación y estándares de industrias y de procesos, nos plantea que todo profesional de mantenimiento y confiabilidad debe:

- Entender los estándares de la industria.
- Comprender los requisitos reglamentarios de sus procesos.

Por lo anteriormente expuesto la SMRP nos plantea la necesidad de que todo profesional de M&R debe tener una cultura de manejar sus criterios técnicos basados en estándares. Por su puesto es de suma importancia conocer los alcances de los estándares que utilizamos o tenemos disponibles, ya que su fortaleza de criterio dependerá de la madurez del conocimiento. te pregunto:

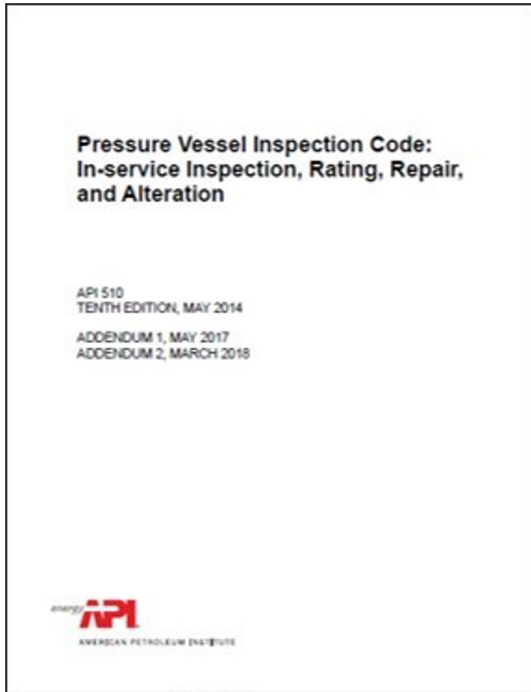


¿Sabes cuál es la diferencia entre un código, un estándar una práctica recomendada y una publicación?

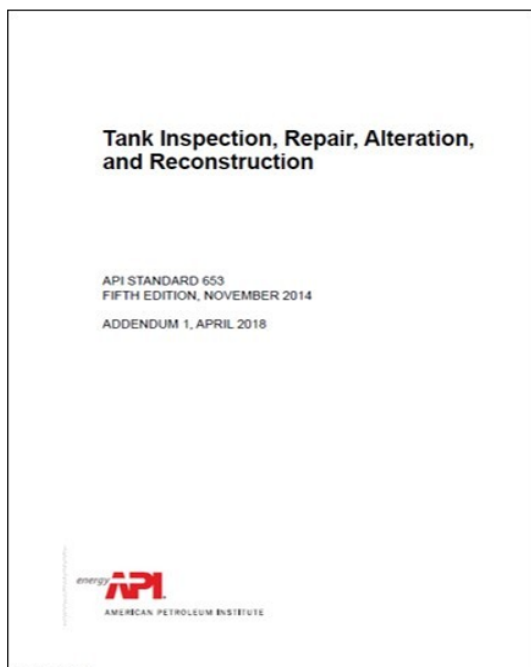
A nivel técnico es muy importante conocer la diferencia entre estos cuatro tipos de documentos, ya que de ellos dependerá en mucho nuestro soporte y criterios técnicos en cuanto a la toma de las decisiones en el mantenimiento, confiabilidad y operación de nuestros activos, ya que por ejemplo la madurez del conocimiento de un CÓDIGO, es totalmente diferente al de una PUBLICACIÓN.

La diferencia principal tiene que ver con la madurez del conocimiento, todo documento técnico nace como una publicación(PUB), en la medida que ese documento madura con el tiempo y aplicación en campo, el mismo es validado, en esa misma medida va evolucionando y perfeccionándose con la experiencia del uso reflejada en él, luego pasa a ser Práctica Recomendada(PR) de allí evoluciona a Estándar y por último puede llegar a ser un Código, que para el caso de los estados unidos y otros países que los adopten su uso es de carácter legal y obligatorio.

De acuerdo al documento técnico PTB-2-2009 Guide to Life Cycle Management of Pressure Equipment Integrity las definiciones para cada tipo de documento son las siguientes:



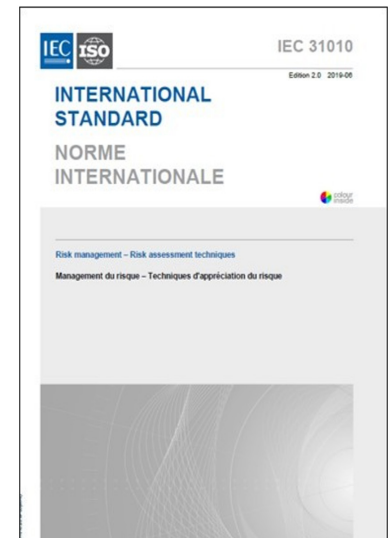
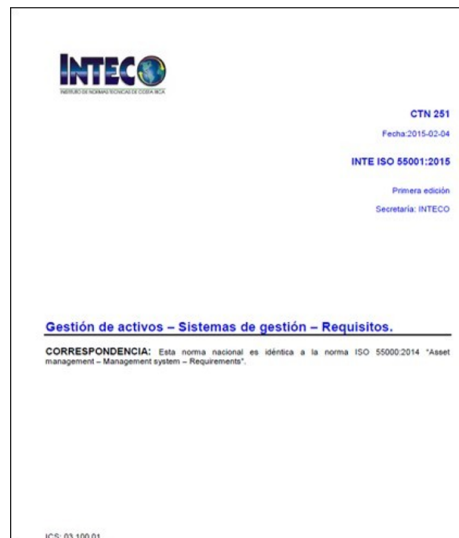
Código: Es un documento publicado por una organización de desarrollo de estándares (SDO) que debe ser considerado como obligatorio para su uso dentro de su alcance establecido. Un ejemplo de Código es: API 510. Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration.



Estándar: Es un documento publicado por un SDO que contiene métodos y requisitos estandarizados. Los requisitos en los estándares deben considerarse obligatorios a menos que se haya elaborado documentación escrita para justificar alternativas. Un ejemplo de estándar es: API Estándar 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction.

Práctica recomendada (RP): Es un documento publicado por un SDO que contiene pautas que usualmente no se consideran obligatorias pero que deben seguirse a menos que se pueda desarrollar una justificación para no hacerlo. Un ejemplo de práctica recomendada es: API RP 581 "Risk - Based Inspection Technology".

Publicación (PUB): Es un documento que contiene información útil pero que no se considera que contenga requisitos obligatorios o directrices. Un ejemplo de publicación es: API PUB 327 : Aboveground Storage Tank Standards: A Tutorial.



Tomando en cuenta la importancia que tiene un sistema de gestión de activos para una organización, y entendiendo que el estándar ISO 55001 SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS, solo indica lo que debemos hacer pero en ningún momento nos plantea el como hacerlo, es aquí donde debemos conectarnos con el manejo de estándares sobre los diferentes temas en el área de mantenimiento y confiabilidad, los cuales nos entregan los criterios técnicos para soportar debidamente como estamos haciendo las cosas en nuestro sistema.

Por ejemplo, a nivel de gestión del riesgo, el requisito 6.1 de un Sistema bajo el estándar ISO 55001, establece que la organización debe gestionar los riesgos y oportunidades, es aquí donde debemos buscar el como y para ello debemos interconectarnos con los estándares ISO 31000, ISO 31010 y todos los estándares especializados dependiendo de nuestra área de trabajo que ya han sido desarrollados.

Seguidamente desde nuestra experiencia quiero compartir para el área de mantenimiento y confiabilidad un listado de documentos que pueden ser de mucha utilidad para el fortalecimiento de nuestros criterios técnicos.

1. INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:

- ISO 14224: Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.
- IEC60300-3-2: Collection of dependability data from the field.
- BS5760: Part 2: Guide to the assessment of reliability.
- IEC60300-3-1: Analysis techniques for dependability: Guide on methodology (Toda la serie desde 1 a la 15)

2. GESTIÓN DEL RIESGO:

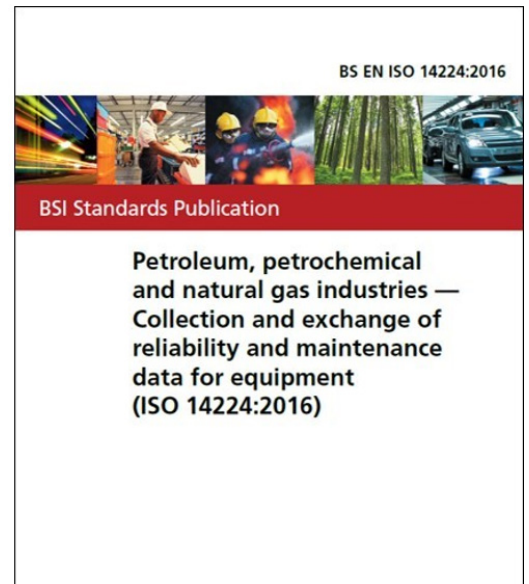
- ISO 31000 Gestión del riesgo Principios y directrices
- NASA: Probabilistic Risk Assessment for Managers and Practitioners.
- IEC 62198 - Project Risk Management.
- NASA: Probabilistic Risk Assessment for Managers and Practitioners.
- IEC 62198 - Project Risk Management.
- IEC60300-3-9: Risk analysis of technological systems.
- NORSOK Z-008: Risk based maintenance and consequence classification
- NORSOK Z-013: Risk and emergency preparedness analysis.
- NORSOK Z-016: Regularity management & reliability technology.
- EPA/630/R-95/002B: Proposed Guidelines for Ecological Risk Assessment
- MIL-STD-882D: Criticality Analysis
- NORSOK Z-CR-008: Criticality classification method

3. ANÁLISIS RAM Y ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE SISTEMAS:

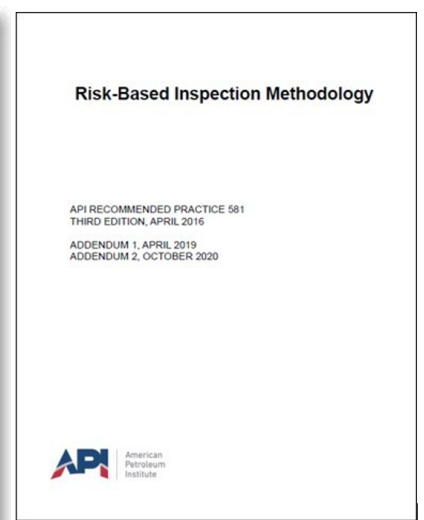
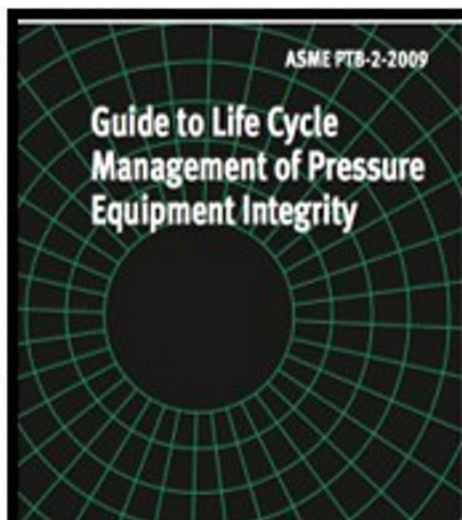
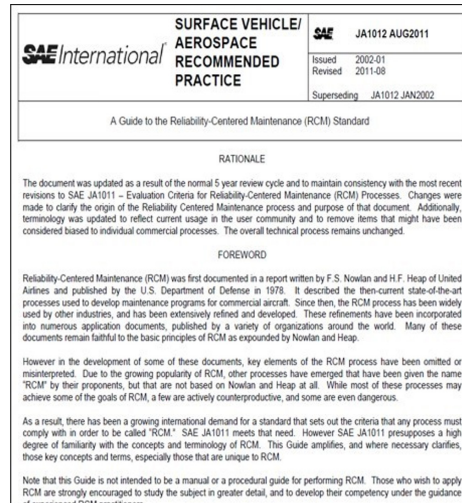
- DoD – Department of Defence - Guide for achieving Reliability, Availability, and Maintainability
- DoD 3235.1-H: Department of Defence, Test & Evaluation of System Reliability, Availability and Maintainability
- NORZOK Z-016: Regularity Management & Reliability Technology
- IEC61078: Analysis techniques for dependability - Reliability block diagram method
- IEC61025: Fault tree analysis
- IEC61165: Application on Markov techniques

4. GESTIÓN

- ISO 55001 SISTEMA DE GESTION DE ACTIVOS
- UNE-EN 16646:2015 Mantenimiento en la gestión de activos físicos
- UNE EN 13460 Documentos para el mantenimiento
- UNE EN 15628 Cualificación del personal de mantenimiento
- UNE 13306-2018. Conceptos y definiciones



- UNE EN 17007 El proceso de mantenimiento
- UNE EN 13269 Contratos de mantenimiento
- UNE-EN 62740:2015 Análisis de causa raíz (RCA)
- API RP585 Pressure Equipment Integrity Incident Investigation
- ISO 15663 Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Life cycle costing
- ISO 17359 Condition Monitoring And Diagnostics Of Machines - General Guidelines
- UNE-EN 15341 Indicadores Principales de Desempeño
- ASME PCC 2-2018 Repair Of Pressure Equipment And Piping
- ASME PCC-1-2019 Guidelines For Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly
- UNE EN 62550 Aproveccionamiento de repuestos



5. MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD:

- SAE JA 1011 & 1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard
- IEC60300-3-11: Reliability centered management
- Estándares Complementarios:
- IEC 60812: Analysis techniques for system reliability –Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- MIL-STD-1629 “Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis”
- IEC 60812 “Procedures for failure mode and effect analysis (FMEA)”
- BS 5760-5 “Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA)”
- SAE-ARP 5580 “Recommended failure modes and effects analysis (FMEA) practices for non-automobile applications”

- SAE J1739 “Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes
- (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA)”.

6. INTEGRIDAD MECÁNICA/ INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO

- API RP 750: Management of Process Hazards

6.1 Estándares Complementarios:

Especificar Condiciones de Diseño /Modelado del Deterioro/Procesos Típicos de Degradación

ASME PTB 2 - 2019 Guide to Life Cycle Management of Pressure Equipment Integrity (Toda la seria de desde la 2 a la 10)

- Código WRC: “Welding Research Council”, Consejo de Investigación de Soldadura
- Estándar WRC-488 “Mecanismos de daño que afectan los equipos fijados en

la industria de la pulpa de papel”

- Estándar WRC-489 “Mecanismos de daño que afectan los equipos en la industria de la refinación”
- Estándar WRC-490 “Mecanismos de daño que afectan los equipos en la industria de energía eléctrica fósil”
- Estándar WRC-107 “Esfuerzos locales en cuerpos cilíndricos y esféricos debido a cargas externas”
- API 530 “Cálculo de espesores en tubos de calentadores en refinerías petroleras”
- API RP 571-2020 “Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry”.
- ASME PCC-3-2017 “Inspection Planning Using Risk-Based Methods”
- API RP 581 “Risk - Based Inspection Technology” 3ra Ed. Sep.2016.
- Det Norske Veritas DNV-RP-G101-2010 “Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment”.
- Código WRC: “Welding Research Council”, Consejo de Investigación de Soldadura
- Estándar WRC-488 “Mecanismos de daño que afectan los equipos fijados en la industria de la pulpa de papel”
- Estándar WRC-489 “Mecanismos de daño que afectan los equipos en la industria de la refinación”
- Estándar WRC-490 “Mecanismos de daño que afectan los equipos en la industria de energía eléctrica fósil”

6.2 Código de Construcción

- ASME Section VIII.1 - Boiler & Pressure Vessel Code
- ASME Section VIII.2/3 - Rules for Construction of Pressure Vessels Division 2-Alternative Rules
- API 530 - Calculation of Heater Tube Thickness in Petroleum Refineries
- API RP 650. American standard for welded flat-bottomed vertical storage tanks
- API 620, Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks
- Norma WRC-107 “Esfuerzos locales en cuerpos cilíndricos y esféricos debido a cargas externas”
- API 530 “Cálculo de espesores en tubos de calentadores en refinerías petroleras”

6.3 Guías para Inspección y Mantenimiento:

- API COD 510: Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance, Inspection, Rating, Repair, and Alteration.
- API COD 570: Inspection, Repair, Alteration and Rerating of In Service Piping Systems.
- API RP 574: Inspection Practices for Piping System Components – RP.
- API RP 653: Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction. Guías para el cálculo de límites permisibles de deterioro, criterios de reparación y gerencia del riesgo:
- COD ASME B31: Code for Pressure Piping.
- ASME B31.G: Manual of Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines.
- ASME B31.8 S: Supplement to B31.8 on Managing System Integrity of Gas Pipelines.
- API 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines.
- API RP 580 Risk Based Inspection.
- API Public. 581 Risk Based Inspection Procedure and Methodology.
- DNV-RP-G101: Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment.
- API RP 584 Integrity Operating Windows

5.4 Guías para adecuación para el servicio

- API RP 579: Fitness for Services.

Aspiro con este pequeño artículo, servir de guía para que otras personas puedan iniciar el camino de construcción de su propia experiencia sobre todo las nuevas generaciones de profesionales para que desde ya están claros en cuanto a la jerarquía de cada uno de los documentos que esté utilizando así como el fortalecimiento de sus criterios técnicos, solo pido me retroalimente a fin de que podamos hacer que juntos el conocimiento en esta materia evolucione y se fortalezca.

Una de las pocas cosas que crece cuando se comparte es el conocimiento, compártelo con todos aquellos que creas le pueda ser de utilidad.

REFERENCIAS

(1) PTB-2-2009. Guide to Life Cycle Management of Pressure Equipment Integrity

NOTA: Además de la American Petroleum Institute (API) existen otras organizaciones desarrolladores de estándares, ellas son:

- ANSI – American National Standards Institute
- ASCE – American Society of Civil Engineers
- ASME – American Society of Mechanical Engineers
- ASME B&PVC – ASME Boiler and Pressure Vessel Code
- ASNT – American Society for Non-Destructive Testing
- B&PVC – Boiler and Pressure Vessel Code (ASME)
- CFR – Code of Federal Regulations
- NB – National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors
- NBBPVI – National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors
- SEI – Structural Engineering Institute
- TEMA – Tubular Exchanger Manufacturers Association

Mejores prácticas energéticas: cómo proteger su presupuesto, reputación y clientes

Bruno Ortiz
Director Comercial Acclaim Energy

El consumo energético representa uno de los tres a cinco gastos principales en cualquier industria alta consumidora de energía. Debido al aumento de los costos y la necesidad de un mejor control sobre los presupuestos, muchos corporativos están explorando opciones para reducir su consumo y mejorar las condiciones de compra de este commodity. La gestión adecuada de la energía le permite mantener control de su presupuesto, cumplir con metas de sustentabilidad y tener visibilidad hacia delante a pesar del entorno regulatorio y político.

La reducción de emisiones o de la huella de carbono y su transición a medidas más sostenibles ya no produce una ventaja competitiva, sino que ya es un mandato solicitado por accionistas, colaboradores y clientes. En este sentido, las empresas se ven en la necesidad de encontrar el equilibrio entre el medio ambiente y la rentabilidad. El tema inició como un reto, y ahora, el cuidado de recursos naturales genera rentabilidad. Por lo tanto, es crítico entender cómo optimizar el consumo energético, como una de las iniciativas en este rubro en toda la cadena de valor de las empresas. Por otra parte, puede iniciar realizando un análisis de las emisiones generadas por su empresa para saber cuáles generan un mayor impacto negativo en el medioambiente y en su consumo energético. Puede tomar como guía los alcances o “scopes” del Greenhouse Gas Protocol que las clasifica de la siguiente manera: “Scope 1” que implican las emisiones generadas directamente por la operación de su empresa. “Scope 2” que incluyen las emisiones generadas indirectamente por las emisiones de las centrales de generación de la cual consume su energía eléctrica para sus procesos y emisiones de tipo “Scope 3” que son emisiones generadas indirectamente y pueden estar relacionadas con las emisiones de sus proveedores,

transportes de su personal o mercancía, y en general entidades o personas que tengan interacción comercial con su empresa. Con esta guía podrá entender claramente dónde se emite más emisiones, dónde optimizar primero y por consecuencia la prioridad para reducir la energía que consume.

Ante esta importante tarea, le presento 4 elementos clave que han implementado industrias pioneras para gestionar correctamente su estrategia energética y proteger sus marcas y reputación:

Personal especializado. Lo más común es tener la figura de un energy manager o más recientemente un departamento o líder de sustentabilidad, que les proporcione una guía respecto a las acciones a tomar para alcanzar sus objetivos. Actualmente existen muy pocas empresas que pueden contar con el apoyo de un equipo multidisciplinario interno de energía además del energy manager. Este personal interno debe ser capaz de:

- Diseñar y ejecutar la estrategia de reducción de energía o el aumento en programas de eficiencia energética. La implementación de mejores prácticas para el consumo adecuado de energía en edificios, maquinaria y equipo que incluye el área de producción y oficinas administrativas. En

este plan se contemplan tanto los consumos de las instalaciones actuales, como de futuras expansiones.

- Asegurar la comunicación entre los departamentos internos, como son mantenimiento; salud, seguridad y medio ambiente; compras y adquisiciones; recursos humanos, finanzas y dirección. Aunque la planeación y estrategia se centre en una o dos personas, es necesario establecer una coordinación con todos los departamentos para que en conjunto y de manera alineada se logren alcanzar las metas corporativas. Una correcta comunicación le permitirá a su equipo entender su situación actual y ayudar a soportar la hoja de ruta y la ejecución desde cada departamento.

- Analizar perfil de consumo para identificar comportamientos anormales y ligar estas ocasiones a posibles ineficiencias en equipos para programar mantenimientos predictivos por medio del registro de la vida útil de los mismos.

- Proponer mejoras que impliquen equipos más eficientes acompañados de análisis de factibilidad profundos apegados a sus condiciones particulares de consumo y necesidades de producción.

- Comprobar que los consumos de energía

eléctrica, combustibles y agua versus la facturación sean correctos.

- Verificar que se esté llevando a cabo una estrategia de administración de riesgos frente a la volatilidad de precios de mercado y condiciones macroeconómicas.
- Implementar, supervisar y mantener las certificaciones de normas como ISO 50001, 14001, así como las NOM's (Normas Oficiales Mexicanas) aplicables a su industria.
- Implementar y/o gestionar la transición a la industria 4.0.

Estas son solo algunas de las mejores prácticas de un energy manager interno, y habría que tomar en cuenta que, en algunas empresas, ésta figura también tiene injerencia en temas de sustentabilidad debido a la relación entre energía y reducción de la huella de carbono. Sin embargo, también existen empresas que no disponen de suficientes recursos para tener un equipo multidisciplinario de expertos energéticos, en estos casos puede delegar las siguientes actividades a una consultoría externa:

- Planear y gestionar la estrategia de adquisición de energía de acuerdo con las diferentes opciones que el mercado puede ofrecer y apegados a su perfil energético de consumo y de riesgo. Esta actividad se desarrolla en conjunto con su energy manager para cubrir las necesidades desde una perspectiva interna y externa.
- Verificar términos y condiciones, variables y comportamiento de los mercados energéticos. Es importante señalar cómo ambas visiones se complementan desde la perspectiva interna "personal" o bien organizacional con una consultoría externa, que puede aportar experiencia relacionada a comportamiento de mercados, funcionamiento regulatorio y práctico, perspectiva de proveedores, así como tendencias de otras empresas.
- Diseñar la adecuada proporción de sus fuentes de suministro en caso de elegir más de una opción. Por ejemplo, si está pensando en tener una generación en sitio

por medio de paneles fotovoltaicos, bancos de baterías, cogeneraciones, etc., verificar como se complementa una con otra y como maximizar beneficios con una visión externa a la de las empresas que venden esas soluciones.

- Realizar los análisis de sensibilidad de los riesgos que está asumiendo en su suministro desde las ópticas de competitividad, sustentabilidad y riesgo regulatorio y/o político, no solo a corto plazo sino a largo plazo, especialmente cuando se trata de comprar energía, ya que desea evitar verse afectado por la volatilidad de los precios.
- En caso de decidirse por opciones de contratos privados de suministro eléctrico, una consultoría le puede ayudar a negociar el clausulado de su contrato asegurando flexibilidad y opcionalidad de acuerdo con lo que otras empresas están contratando.
- Un consultor externo puede proporcionar Benchmarking para saber qué están haciendo otras empresas con perfiles similares al suyo, lo cual le ayudará a modificar o corregir su estrategia en caso de ser necesario y le dará herramientas para posicionarse y ser más competitivo.
- Gestionar el precio-riesgo de sus contratos de suministro con herramientas sofisticadas que le permitan tener visibilidad y control de su presupuesto. Típicamente las consultoras especializadas cuentan con modelos y pronósticos que han ido desarrollando a lo largo de muchos años de experiencia y que van alimentando con las tendencias y transacciones de mercado.
- Medir de acuerdo con la metodología correcta, las emisiones evitadas en caso de que su corporativo necesite publicarlas en sus reportes de sustentabilidad.

Esta división de esfuerzos se aplica de esta manera porque resulta complejo que una sola persona o equipo pequeño logre coordinar todas estas actividades y que, a su vez, cuenten con el expertise necesario para hacerlo. Las empresas más competitivas actualmente optan por un energy manager o un equipo interno multidisciplinario o un equipo interno multidisciplinario pequeño y una consultoría externa, estas

dos opciones complementarias les producen el mayor valor.

Aunque pudiera parecer obvio, existen elementos que se deben repasar al momento de elegir a sus equipos internos y externos de energía. Por ejemplo, para su personal interno debe comprobar experiencia no solamente teórica, si no, experiencia a través de proyectos exitosos con complejidad de procesos. En el caso de las consultoras externas, que le permitan la posibilidad de platicar con clientes dentro de su cartera para corroborar la calidad y valor del servicio.

Tecnología. Los softwares de gestión energética sirven para trazar los perfiles energéticos de consumo y conocer los factores que se pueden mejorar. Como segundo paso, IoT (Internet of Things) ayuda a proveer de una mayor flexibilidad de equipos mientras se reducen los costos de mantenimiento. Emplear dispositivos y sensores inteligentes interconectados con los softwares de gestión de energía ayudará a tomar decisiones en tiempo real que impulsa la generación de ahorros significativos evitando paros operativos y aumentando la confiabilidad. En caso de tener un contrato privado de suministro energético, estos sistemas le ayudaran a tener información de consumo para todos los centros de carga o plantas de manufactura con las que cuente su empresa en tiempo real y a generar pronósticos, lo cual le permitirá tener visibilidad del comportamiento de sus costos energéticos contra su producción programada y de esta manera se puede evitar picos de consumo donde sus condiciones pactadas le hagan pagar un sobrepago; por ejemplo, si tienen contratado un bloque de energía mensual o anual y su operación le permite desfasar por un día la producción, se puede ahorrar ese sobrecosto por consumir mas allá del bloque contratado, asegurando costos de suministro de energía mas económicos. Estos sistemas también permiten la gestión de generación eléctrica en sitio, el sistema puede gestionar por sí solo todas las fuentes de suministro al mismo tiempo para ayudar

a reducir el costo de generación sin que se vea interrumpido el suministro.

El objetivo de implementar tecnología de punta es conocer cómo ésta repercute en su presupuesto, por ejemplo, un estudio sobre eficiencia energética realizado en 2021 a empresas en el área metropolitana de Monterrey, reveló que, aunque el 78% de las grandes empresas han realizado estudios respecto a su consumo energético, solo el 42% conoce el impacto de la energía sobre su costo de producción. Según nuestra experiencia, podemos corroborar que este estudio es un reflejo de lo que sucede en la mayoría de las industrias en México. Por lo anterior, no solo basta con la implementación de la tecnología, si no, que es necesario conocer cómo esta información le ayudará a optimizar su presupuesto y a tomar decisiones informadas.

Asignación de presupuesto y financiamiento. Uno de los principales factores por el cual muchas empresas no implementan proyectos de ahorro energético es por el desconocimiento de los beneficios que obtendrán a futuro, el estudio antes mencionado, ratifica que en muchas empresas no se implementan porque piensan que la tecnología y los financiamientos para adquirirlas son muy costosos. Las empresas que conocen estos beneficios optan por las siguientes medidas:

- Bonos verdes. Son un instrumento cuyo funcionamiento es igual al de un bono tradicional, pero con la particularidad de que los recursos serán destinados a proyectos que impacten positivamente al medio ambiente, apegados a los objetivos 7 y 13 de los ODS. Si su empresa está interesada en emitir bonos verdes deberán cumplir con los Green Loan Principles (si requiere saber más acerca de este tema, los invito a escuchar el Podcast de Enfoque en Energía “Los principios de los bonos verdes”) y de esta manera acceder a financiamiento para sus proyectos.

- Asignación de un presupuesto anual. Otra práctica común, es la de asignar un presupuesto anual, de esta manera pasará

a ser parte de sus costos normales de operación a la vez que año con año recibe los beneficios de los proyectos implementados.

- Y como última práctica se encuentra la de firmar contratos de suministro eléctrico privado, mediante estos esquemas se logran ahorros interesantes que van desde un 10% a un 25% sobre la tarifa regulada con una inversión ínfima, esto propicia a que mediante estos ahorros se financien más proyectos de eficiencia energética.

Para éste último punto, la única recomendación es que cuando lo haga, se asegure que está contemplando todos los factores respecto a perfil de consumo, que las condiciones se encuentren dentro de los estándares del mercado y que se realizaron los análisis de datos y sensibilidad suficientes para prever que el comportamiento de las variables de la fórmula de la energía no impactaran significativamente su presupuesto, así como de los riesgos que está asumiendo se encuentran dentro de los rangos que le permitirán tener un ahorro atractivo. Una vez que revisó estos elementos es necesario que durante la vigencia de su contrato mantenga una adecuada gestión del precio-riesgo. Hacerlo de forma incorrecta le puede traer consecuencias como pagar más que lo que actualmente paga en la tarifa regulada. Una consultoría externa es la más indicada para gestionar los análisis y negociación de su contrato.

Por otra parte, los proyectos de ahorro que involucren equipos de generación en sitio o tecnologías más eficientes que estén analizando actualizar, deben estar respaldados por análisis de factibilidad confiables. Tome en cuenta que existen algunas empresas que comercializan equipos que pueden mostrarle análisis de retorno de inversión muy atractivos, sin embargo, estos análisis pudieran contener datos exagerados que reducen el tiempo de retorno de la inversión en papel, pero en la realidad por cuestiones técnicas y externas, los equipos se pudieran desempeñar de manera diferente.

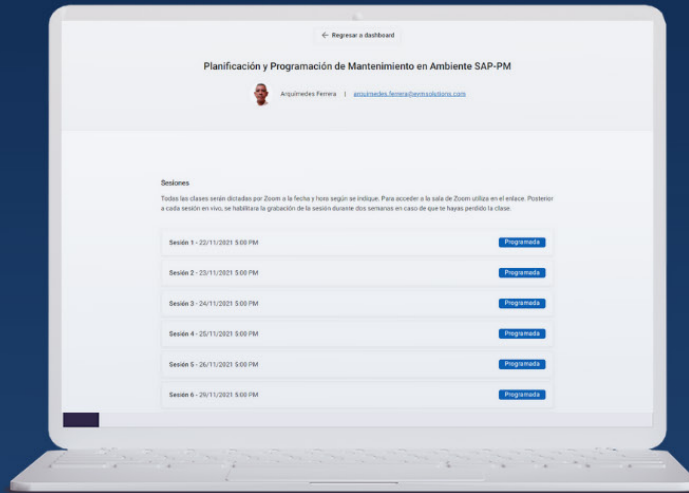
Entrenamiento. La capacitación de personal debe estar enfocada al cumplimiento de tres objetivos:

- Al cumplimiento del Código de Red: De acuerdo con el nivel de tensión eléctrica en que esté contratada su empresa, existen requisitos particulares y, aunque muchas empresas lo analizan desde la óptica de cumplimiento de una regulación, las empresas que se han preocupado por mejorar la calidad de la energía han visto reflejada en su facturación los beneficios.

- Programas de eficiencia energética: En este sentido, la capacitación debe estar enfocada a los equipos y procesos de su industria, que procuran abarcar desde temas de reciclamiento de agua, aprovechamiento de calor y reducción de consumo eléctrico.

- Al cumplimiento de normativas de eficiencia energética: En este caso la más representativa corresponde a la ISO 50001, sin embargo, existen algunas NOMs que pueden también ayudar a reducir su consumo energético. Apenas el 46% de las empresas encuestadas realizan entrenamientos a su personal entorno a gestión de energía. Estos datos solo confirman que pocas empresas toman el factor de la energía como una solución para la reducción de costos y emisiones. Sin embargo, una vez que entrenan a su personal y entienden como se puede gestionar de manera eficiente, se pueden dar cuenta de los enormes beneficios económicos y medioambientales que resultan de esta práctica.

Los puntos mencionados se deben implementar en conjunto. Realizar algunas actividades de manera independiente traerán beneficios parciales. Las empresas buscan ser cada vez más competitivas en un entorno sostenible, de ahí que el enfoque ESG (Ambiental, Social y de Gobernanza) de los grandes corporativos están permeando a empresas locales y, sobre todo, impulsado por un público y empleados cada vez más consciente del impacto medioambiental que genera su consumo en la vida diaria.



DIPLOMADO ONLINE EN CONFIABILIDAD

Clases con instructores en vivo
16 materias en 160 horas

Marzo 2023



predictiva21.com



Diseño y aplicación de un Análisis de Criticidad, interpretación de resultados y planes de acción sugeridos



Maria Teresa Romero
Ingeniero Senior de Confiabilidad
romeromariatr@gmail.com
Colaboradora de WIRAM



El presente artículo propone la novedosa aplicación de una Metodología conocida como “Análisis de Criticidad”, como una herramienta para establecer jerarquías o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, de acuerdo con su contribución al riesgo total asociado a un proceso o negocio, generando una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento del esfuerzo y los recursos en las áreas y situaciones con base en el impacto sobre el negocio. Esta aplicación es el resultado de la combinación de los mejores aspectos técnicos del estándar Noruego Norzok Z-008 “Criticality analysis for maintenance purposes”, la norma MIL-STD-882D “Standard Practice for System Safety”, y el método de Ciliberti “Establishing Mechanical Integrity of Process Equipment using a Criticality Based Maintenance Program”.

Esta metodología propuesta establece la determinación de un valor de riesgo semicuantitativo, representado por la composición de dos matrices de riesgo: en la primera, se evalúa el impacto de la falla del equipo en seguridad, calidad y medio ambiente; mientras que, en la segunda matriz, se evalúa el valor de riesgo según el impacto financiero en el proceso productivo. Se ilustrarán algunos ejemplos de los resultados obtenidos en una aplicación para equipos industriales; así como los planes de acción requeridos para reducir o mitigar el nivel de criticidad o riesgo. Este modelo es aplicable y se puede adaptar a cualquier industria. El mismo permite obtener resultados en un corto plazo para jerarquizar los activos de un proceso productivo y establecer las acciones requeridas, de acuerdo con el nivel de riesgo de cada equipo, lo cual permite la optimización de los recursos financieros de la organización obteniendo una mejor rentabilidad del negocio.

RIESGO EN PROCESOS

CONSECUENCIA	Muy alta	5	4	5	6	7	8
	Alto	4	3	4	5	6	7
	Medio	3	2	3	4	5	6
	Bajo	2	1	2	3	4	5
	Despreciable	1	1	1	2	3	4
			1	2	3	4	5
		Despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alta	
		PROBABILIDAD					

NIVEL DE CRITICIDAD EN PROCESO	Muy alta	6_8	A	A	A	A	A
	Alto	5	B	B	B	A	A
	Medio	4	C	C	B	B	A
	Bajo	3	D	C	C	B	A
	Despreciable	1_2	E	D	C	B	A
			1_2	3	4	5	6_8
		Despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alta	
		NIVEL DE CRITICIDAD QSE					

RIESGO EN QSE

CONSECUENCIA	Muy alta	5	4	5	6	7	8
	Alto	4	3	4	5	6	7
	Medio	3	2	3	4	5	6
	Bajo	2	1	2	3	4	5
	Despreciable	1	1	1	2	3	4
			1	2	3	4	5
		Despreciable	Bajo	Medio	Alto	Muy alta	
		PROBABILIDAD					

1. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad consiste en una metodología semi-cuantitativa de análisis de riesgo de los activos con base en el impacto individual en producción, seguridad, calidad del producto, ambiente, y/o cualquier otro rubro que se considere pertinente en el contexto organizacional, al ocurrir un evento no deseado o falla del mismo; lo que nos permite jerarquizar los activos con base en dichos impactos, generalmente representado en matrices de criticidad.

En dichas matrices de criticidad se evalúa el riesgo con base a la ecuación que lo representa por definición:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde, la Probabilidad está representada por la frecuencia en la que se presenta el evento no deseado o falla del equipo, en este caso refiriéndose a la falla total del mismo. Mientras que la Consecuencia se refiere al impacto como producto de la falla.

El riesgo, al ser representado por matrices de criticidad semi-cuantitativas, implica que ambas variables se evalúan en rangos de valores.

Para el método diseñado en este caso de estudio se seleccionaron las matrices que se muestran en la Figura 1.

Esto nos permite evaluar en la misma relevancia el impacto de la falla de un activo en las áreas de calidad, seguridad y ambiente (QSE, por sus siglas en inglés) y en el área de producción. Por lo tanto, si el activo genera un alto impacto en QSE y/o en producción, el resultado final será un activo altamente crítico.

Figura 1. Método de análisis de criticidad.

2. Alcance.

Con la finalidad de llevar a cabo el análisis de criticidad, en primer lugar, se deben listar los sistemas/equipos a evaluar y delimitar el estudio. Para ello se deben seleccionar los sistemas relevantes que impactan los procesos productivos, la seguridad de las personas/activos, la calidad del producto y/o el ambiente. Es importante resaltar que, si en el análisis particular de la organización se considera algún otro segmento para la evaluación; los sistemas cuyas fallas afecten dicho segmento deben ser considerados.

Por otro lado, se debe delimitar el análisis en cuanto a si se estimará la criticidad a los equipos principales, o por el contrario, se llegará hasta el ítem mantenible. Esta decisión dependerá del uso que se le dará a los resultados y los objetivos del análisis. Por supuesto para los responsables de la confiabilidad en cualquier organización lo ideal es llegar hasta estimar el riesgo del ítem mantenible; sin embargo, el tiempo y los recursos aunado a los objetivos finales del estudio, impactarán dicha decisión.

Debe tomarse en cuenta también dentro del alcance de estos

análisis, que los activos a evaluar están conformados por las familias de equipos pertenecientes a la clasificación de rotativos (compresores, bombas, turbinas, entre otros), eléctricos y electrónicos. Los equipos estáticos que generalmente sufren mecanismos de deterioro físico/químico; como por ejemplo recipientes sometidos a presión, condensadores, tuberías, entre otros; en los cuales es requerido el estudio de la física de la falla, deben ser jerarquizados mediante la metodología de Inspección Basada en Riesgo.

En este caso de estudio, el análisis de criticidad presentado para el proceso productivo revisado se limita sólo a los equipos principales de los sistemas que se consideraron. Una vez seleccionados los equipos principales para el análisis se realiza la agrupación de los mismos bajo la norma ISO 14224(1), los “Equipment group” a evaluar.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de agrupación de un equipo bomba bajo la norma ISO 14224.

Esta normativa fue desarrollada para los activos en las industrias de petróleo, gas y petroquímica; sin embargo, se puede adecuar a cualquier tipo de organización sin importar su tamaño y finalidad económica; por lo que la recomendación es su análisis y revisión. En caso de tener activos que no estén contemplados en esta norma, se debe crear un equipo de trabajo expertos en la operación y mantenimiento de los mismos, con la finalidad de realizar la adecuada selección de los límites y agrupación de componentes de los equipos principales.

3. Información técnica requerida.

Una vez determinados los equipos principales que impactan el proceso productivo, se realiza el levantamiento de la información técnica relevante de cada uno de ellos, mediante la recolección de las características técnicas de operación y contexto operacional de los activos, los antecedentes referentes a las fallas más relevantes y como éstas han afectado los aspectos de seguridad, calidad del producto, el ambiente y el proceso productivo.

Entre la información relevante para el análisis de criticidad se encuentran: las condiciones operacionales del activo como, por ejemplo, presión y temperatura de operación, voltaje de alimentación, fluidos o gases manejados, velocidad de rotación; entre otros, que se consideren pertinentes. Adicionalmente el histórico de eventos de fallas de los activos; con el detalle de las fechas de ocurrencias y las consecuencias acaecidas y las que se consideren probables en el contexto operativo.

Dicha información podrá ser recolectada de fuentes de información variadas como el sistema computarizado de gestión de mantenimiento, CMMS por sus siglas en inglés (si existe en la organización); manuales de operación y mantenimiento de los activos; registros operativos y de mantenimiento en digital o en

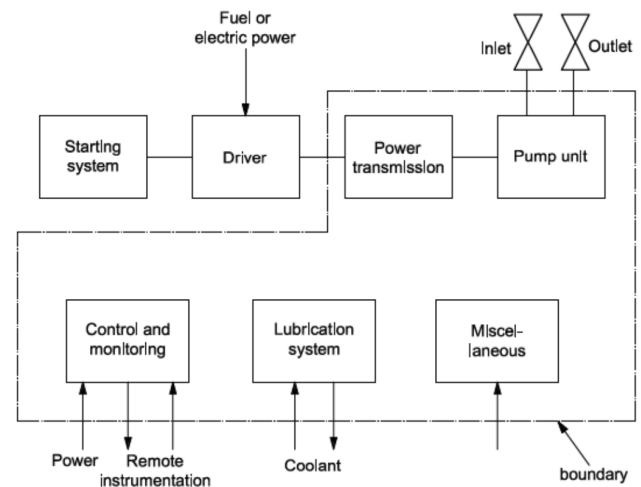


Figura 2. Ejemplo de un diagrama de límites (bomba) ISO 14224(1)

papel de las personas encargadas de los procesos a evaluar y/o recurriendo a la opinión de expertos en las áreas respectivas. Ciertamente esta recolección de información es primordial sea llevada a cabo de la manera más efectiva y eficaz para obtener datos que reflejen el comportamiento real de los equipos a evaluar.

Tomando en cuenta que el resultado final de evaluación de riesgo en los equipos proyectará la realidad en la medida que la información refleje las condiciones de operación, el desempeño, las frecuencias y las consecuencias de los eventos que han ocurrido y/o que se consideren probables de ocurrir en caso de un evento no deseado o falla, se sugiere utilizar las recomendaciones de la norma ISO 14224 para la recolección de la información requerida.

4. Estimación del riesgo en Calidad, Seguridad y Ambiente

En el caso de no contar con una matriz de criticidad definida, en primer lugar, se deben determinar los rangos de probabilidad y consecuencias en cada rubro que consideremos apropiado según el proceso productivo. En el caso de la matriz de criticidad tomada como referencia para este modelo (Figura 1) se deben establecer los 5 rangos para la estimación de la probabilidad y 5 rangos para la estimación de las consecuencias.

Para la probabilidad de un evento que afecte Calidad, Seguridad y/o Ambiente (CSA), en general la escala que se recomienda se muestra en la Figura 3; acotando a su vez, fue la utilizada en el presente caso de estudio.

Probabilidad de un evento en CSA		Categoría
Uno o mas eventos es posible que sucedan anualmente.	5	Muy alta
Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	Alta
Un evento es posible que suceda durante la vida útil del equipo o unidad.	3	Media
No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.	2	Baja
Prácticamente imposible	1	Despreciable

Figura 3. Categorías de Probabilidad en CSA(2)

En cuanto a la clasificación de consecuencias, se deben seleccionar los rubros a evaluar en calidad, seguridad y ambiente. Se sugiere establecer los rangos muy alto y muy bajo según la tolerancia al riesgo de la organización y los hechos ocurridos o que se consideren probables de ocurrir; posteriormente con base en éstos establecer los rangos intermedios. En la Figura 4 se muestra una sugerencia que incluye los rubros de seguridad y ambiente según Ciliberti(2).

En el caso de estudio propuesto, se evaluaron los rubros de calidad, seguridad y ambiente por separado, es lo más recomendable si éstos son muy relevantes para la organización y se cuenta con la información suficiente para su estimación. De esta manera, en cuanto a seguridad se toman en cuenta las condiciones operacionales de los activos como se expone por Tony Ciliberti(3), aunado a las recomendaciones mostradas en la Figura 4; las cuales adecuadas al proceso bajo análisis, se presenta

el resultado propuesto utilizado en este caso (Figura 5).

Adicionalmente, en cuanto a calidad del producto y ambiente, se procede de la misma manera a diseñar los 5 rangos de consecuencia tomando en cuenta normativas legales, parámetros de calidad del producto definidos por la organización, niveles de servicio esperados por el cliente, quejas del cliente, impactos al medio ambiente, entre otros.

Una vez establecida la base de datos con la información requerida, se procede a estimar los riesgos en calidad, seguridad y ambiente.

De esta manera, cada activo es evaluado para estimar su índice de criticidad en cada rubro mediante los rangos de probabilidad mostrados en la figura 3 y los rangos de consecuencias en calidad, seguridad (Figura 5) y ambiente establecidos. El resultado de cada rubro se obtiene de la combinación de probabilidad y consecuencia mediante la matriz “Riesgo en QSE” de la Figura 1.

Consecuencias en Seguridad y Ambiente	Categoría
Fatalidad de personal propio o contratado. Lesiones o enfermedades severas, fatalidad de una o mas personas de la comunidad. Impacto ambiental catastrófico que requiere respuesta de un agente externo a gran escala.	Muy alta
Fatalidad de un persona de la empresa o personal asociado. Lesiones o enfermedades severas de varias personas de la empresa. Incidente ambiental importante notificable que requiere un compromiso significativo de recursos de la empresa según lo definido por las pautas de SHA. Notificación de agencias reguladoras, cobertura de prensa negativa. Cualquier derrame de hidrocarburo, agua producida o fluido de perforación mayor a 12 bbl dentro de los límites de la instalación o cualquier derrame fuera de los límites de la instalación. Cualquier derrame de ácido, cáustico o productos químicos peligrosos > 0,2 metros cúbicos independientemente de la ubicación.	Alta
Tratamiento médico requerido por el personal. Incidente ambiental menor notificable según lo definido por las pautas SHA. Cualquier derrame de hidrocarburo, agua producida o fluido de perforación mayor a 12 bbl dentro de los límites de la instalación o cualquier derrame fuera de los límites de la instalación. Cualquier derrame de ácido, cáustico o productos químicos peligrosos > 0,2 metros cúbicos independientemente de la ubicación.	Media
Tratamiento médico menor o requerimiento de primeros auxilios por el personal de planta. Incidente ambiental no notificable.	Baja
Sin consecuencias en seguridad y/o ambiente	Despreciable

Figura 4. Categorías de Consecuencias en Seguridad y Ambiente(2)

Consecuencias en Seguridad		Categoría
Fatalidad de personal propio o contratado. rpm > 4000, presión > 20 Bar, temperatura > 300°C o < -33°C, Voltaje > 1000, manejo de fluidos con muy alto impacto en inflamabilidad, reactividad o daños a la salud.	5	Muy alta
Daños severos o enfermedades. Incapacidad total o parcial permanente. 1500 < rpm < 4000, 6 < presión < 20 Bar, 80 < temperatura < 300°C, -33 < temperatura < -20°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con alto impacto.	4	Alta
Tratamiento médico requerido. Incidente con una incapacidad parcial temporal. 300 < rpm < 1500, 3 < presión < 6 Bar, 60 < temperatura < 80°C, -20 < temperatura < -10°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con impacto.	3	Media
Tratamiento médico menor o cuidado de primeros auxilios requeridos para el personal de la unidad operativa. 25 < rpm < 300, 1 < presión < 3 Bar, 40 < temperatura < 60°C, -10 < temperatura < 15°C, Voltaje < 50, manejo de fluidos sin impacto.	2	Baja
Ninguna consecuencia en seguridad. Condiciones operacionales a considerar: 0 < rpm < 25, 0 < presión < 1 Bar, 15 < temperatura < 40°C, Voltaje < 50, manejo de fluidos sin impacto en inflamabilidad, reactividad o daños a la salud.	1	Despreciable

Figura 5. Categorías de Consecuencias en Seguridad.

Descripción del Equipo	Consecuencias en Seguridad	Índice Consecuencias Seguridad	Probabilidad de Ocurrencia Seguridad	Índice de Probabilidad Seguridad	Índice de Criticidad Seguridad	Consecuencias Calidad e Inocuidad	Índice Consecuencias Calidad e Inocuidad	Probabilidad de Ocurrencia Calidad e Inocuidad	Índice de Probabilidad Calidad e Inocuidad	Índice de Criticidad CAL
Bomba Dosificadora de Cloro	Tratamiento médico requerido. Incidente con una incapacidad parcial temporal. 300 < rpm < 1500, 3 < presión < 6 Bar, 60 < temperatura < 80°C, -20 < temperatura < -10°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con impacto.	3	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.	2	3	Genera producto no conforme causando paro para ajustes menores. Se retiene producción. Hay reproceso.	3	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	5
Bomba De Glicol	Tratamiento médico requerido. Incidente con una incapacidad parcial temporal. 300 < rpm < 1500, 3 < presión < 6 Bar, 60 < temperatura < 80°C, -20 < temperatura < -10°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con impacto.	3	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.	2	3	La falla no presenta impacto en la calidad.	1	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	3
Compresor De Aire	Daños severos o enfermedades. Incapacidad total o parcial permanente. 1500 < rpm < 4000, 6 < presión < 20 Bar, 80 < temperatura < 300°C, -33 < temperatura < -20°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con alto impacto.	4	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.	2	4	La falla no presenta impacto en la calidad.	1	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	3
Bomba De Lodos	Tratamiento médico menor o cuidado de primeros auxilios requeridos para el personal de la unidad operativa. 25 < rpm < 300, 1 < presión < 3 Bar, 40 < temperatura < 60°C, -10 < temperatura < 15°C, Voltaje < 50, manejo de fluidos sin impacto.	2	No se espera que suceda un evento a lo largo de la vida útil del activo o unidad, pero la ocurrencia del mismo es posible.	2	2	La falla no presenta impacto en la calidad.	1	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	3
Compresor de Amoniaco	Daños severos o enfermedades. Incapacidad total o parcial permanente. 1500 < rpm < 4000, 6 < presión < 20 Bar, 80 < temperatura < 300°C, -33 < temperatura < -20°C, 50 < Voltaje < 1000, manejo de fluidos con alto impacto.	4	Un evento es posible que suceda durante la vida útil del equipo o unidad.	3	5	La falla no presenta impacto en la calidad.	1	Varios eventos es posible que sucedan a lo largo de la vida útil del equipo o unidad.	4	3

Figura 6. Evaluación de criticidad en Seguridad y Calidad.

El índice de criticidad final para Calidad, Seguridad y Ambiente (CSA) se toma como el más alto de los 3 rubros evaluados individualmente. Algunos resultados se muestran en las Figuras 6 y 7.

incluso en este caso de estudio para un grupo de equipos se definió la escala presentada en la Figura 8; mientras que para otro grupo de equipos cuyas fallas son más frecuentes, se tomó otra escala de evaluación.

Descripción del Equipo	Consecuencias Ambientales	Índice Consecuencias Ambientales	Probabilidad de Ocurrencia Ambiental	Índice de Probabilidad Ambiental	Índice de Criticidad Ambiental	Criticidad CSA
Bomba Dosificadora De Cloro	No genera impacto a medio ambiente	1	Prácticamente imposible	1	1	5
Bomba De Glicol	No genera impacto a medio ambiente	1	Prácticamente imposible	1	1	3
Compresor De Aire	No genera impacto a medio ambiente	1	Prácticamente imposible	1	1	4
Bomba De Lodos	No genera impacto a medio ambiente	1	Prácticamente imposible	1	1	3
Compresor de Amoniaco	No genera impacto a medio ambiente	1	Prácticamente imposible	1	1	5

Figura 7. Evaluación de criticidad en Calidad y CSA.

5. Estimación del riesgo en Procesos.

Recordando que el riesgo en procesos está compuesto por la probabilidad y las consecuencias que afectan el sistema productivo analizado, en primera instancia se definen los rangos de probabilidad, con base en la frecuencia de ocurrencia de las fallas de cada activo evaluado, para ello se toma como base los Tiempos Promedios para la Falla (TPPF).

Es importante mencionar que dichas escalas deben ser adaptables a las frecuencias de fallas presentadas por los activos bajo análisis,

Probabilidad de Consecuencias en Procesos	Categoría	
Uno o mas eventos es posible que sucedan mensualmente.	5	Muy alta
Uno o mas eventos es posible que sucedan trimestralmente.	4	Alta
Uno o mas eventos es posible que sucedan semestralmente.	3	Media
Uno o mas eventos es posible que sucedan anualmente.	2	Baja
Uno o mas eventos es posible que sucedan mayor a 5 años	1	Despreciable

Figura 8. Categorías de Probabilidad de Fallas en Procesos

Por otro lado, para la estimación de las consecuencias en el proceso se suele contemplar en primer lugar las afectaciones a la producción cuando se presenta el evento no deseado o falla del activo. Un indicador relevante a tomar en cuenta es el Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR) que nos da una referencia de los tiempos fuera de servicio de los activos ante una falla, y por ende de la duración de los eventos que afectan la producción. En este caso se recomienda tomar como referencia los rubros propuestos por Tony Ciliberti(3).

Para el presente estudio, se analizaron estos rubros y se adecuaron según lo mostrado en la Figura 9.

Consecuencias en Procesos	Categoría	
Pérdidas mayores de producción, paro de planta, desabasto de productos en el mercado. Impacto financiero a nivel corporativo.	5	Muy alta
Pérdidas producción 50-100% por periodos cortos que no ocasionen desabasto en el mercado, pérdidas producción 10-50% por periodos largos que ocasionen desabasto en el mercado. Impacto financiero a nivel de facilidad o parte del sistema productivo.	4	Alta
Pérdidas producción 10-50% por periodos cortos sin desabasto en el mercado o pérdidas producción menores <10% por periodos largos con desabasto en el mercado. Impacto financiero a nivel de unidad.	3	Media
Pérdidas menores en la capacidad de producción (<10%) que no ocasionen desabasto en el mercado.	2	Baja
No se afecta la capacidad del proceso.	1	Despreciable

Figura 9. Categorías de Consecuencias en Procesos.

Por otro lado, para la estimación de las consecuencias en el proceso se suele contemplar en primer lugar las afectaciones a la producción cuando se presenta el evento no deseado o falla del activo. Un indicador relevante a tomar en cuenta es el Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR) que nos da una referencia de los tiempos fuera de servicio de los activos ante una falla, y por ende de la duración de los eventos que afectan la producción. En este caso se recomienda tomar como referencia los rubros propuestos por Tony Ciliberti(3).

Para el presente estudio, se analizaron estos rubros y se adecuaron según lo mostrado en la Figura 9.

Consecuencias según RAV	Categoría	
RAV > 15%	5	Muy alta
10% < RAV < 15%	4	Alta
5% < RAV < 10%	3	Media
2.5% < RAV < 5%	2	Baja
0% < RAV < 2.5%	1	Despreciable

Figura 10. Consecuencias por procesos según RAV.

En la figura 11 se muestran algunos resultados para la evaluación de criticidad en procesos del caso de estudio presentado. Al igual que para el índice de criticidad por CSA, en este caso se combina el nivel de probabilidad con el nivel de consecuencias con el apoyo de la matriz “Riesgo en Procesos” de la Figura 1.

Descripción del Equipo	RAV (%)	Factor Score (Equipos de respaldo)	TPPR (minutos)	Consecuencias por Procesos	Índice Consecuencias por Procesos	TPPF (horas)	Utilización (%)	Índice de Probabilidad por Procesos	Criticidad por Proceso
Bomba Dosificadora De Cloro	2%	NO	4.26	No se afecta la capacidad del proceso.	1	19.96	47.62	4	3
Bomba De Glicol	2%	SI	4.26	No se afecta la capacidad del proceso.	1	59.84	69.48	5	4
Compresor De Aire	2%	SI	274.16	Pérdidas producción 50-100% por periodos cortos que no ocasionen desabasto en el mercado, pérdidas producción 10-50% por periodos largos que ocasionen desabasto en el mercado o paro de línea de SKU único. Impacto financiero a nivel de línea de producción.	3	69.82	85.39	5	6
Bomba De Lodos	2%	SI	2.00	Pérdidas menores en la capacidad de producción (<10%) que no ocasionen desabasto en el mercado.	1	459.87	69.48	5	4
Compresor de Amoniaco	25%	NO	2.13	Pérdidas producción 50-100% por periodos cortos que no ocasionen desabasto en el mercado, pérdidas producción 10-50% por periodos largos que ocasionen desabasto en el mercado o paro de línea de SKU único. Impacto financiero a nivel de línea de producción.	4	59.84	69.48	5	7

6. Determinación del nivel de riesgo global de equipos: índice de criticidad y jerarquización

Finalmente se estima el índice de criticidad de cada equipo con base en las evaluaciones de criticidad en calidad, seguridad y ambiente (criticidad en CSA) y la criticidad en procesos, utilizando la referencia de la matriz mostrada en la Figura 1.

Como se puede observar en dicha figura la criticidad del equipo constará de un código compuesto por una letra, la cual ágilmente nos indica el nivel de criticidad: A: Muy alto, B: Alta, C: Medio, D: Bajo y E: Muy Bajo, aunado a sus respectivos colores Rojo, Naranja, Amarillo y Verde. A su vez, dicha letra va seguida de un par de números que nos indican el nivel de riesgo en procesos y el nivel

de riesgo en calidad, seguridad y ambiente, respectivamente.

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para el caso de estudio, con la lista de algunos equipos con base en su impacto.

Descripción del Equipo	Criticidad CSA	Criticidad por Proceso	Código de Criticidad del Equipo	Rango de Criticidad del Equipo
Compresor de Amoniaco	5	7	A75	MUY ALTO
Compresor De Aire	4	6	A64	MUY ALTO
Bomba Dosificadora De Cloro	5	3	B35	ALTO
Bomba De Glicol	3	4	C43	MEDIO
Bomba De Lodos	3	4	C43	MEDIO

Figura 12. Criticidad final de los equipos.

Por otro lado, es relevante el análisis de los porcentajes de cantidad de equipos en cada nivel de criticidad, generalmente debe cumplir con el principio de Pareto; por lo que aproximadamente un 20% de los activos evaluados debe estar en el rango del 80% de mayor impacto al proceso productivo. En la Figura 13 se muestran los resultados de evaluación para 441 activos del sistema productivo bajo estudio.

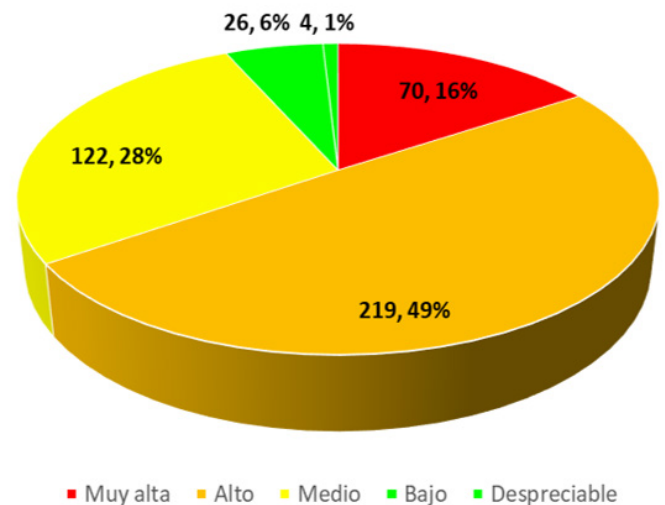


Figura 13. Distribución de niveles de criticidad final de los equipos.

7. Plan de acción de acuerdo al nivel de riesgo de cada equipo

Una vez finalizado el estudio, deberá establecerse un plan de trabajo para los equipos críticos con la finalidad de reducir los niveles de riesgo o, en el caso que no se pueda, mitigar las consecuencias una vez que se presente la falla.

Con la finalidad de establecer un plan adecuado al análisis realizado, las acciones o actividades sugeridas deben ser diseñadas acorde a los criterios utilizados. Por ejemplo; si en el caso de seguridad se evaluaron fatalidades, lesiones y enfermedades en los distintos niveles, y algún activo analizado genera un riesgo alto, se diseñan las acciones que deben tomarse para mitigar el mismo o disminuir las consecuencias.

De manera homóloga, para el caso del riesgo en procesos; por ejemplo, si se presenta una alta incidencia de fallas (bajo TPDF) se debe recomendar realizar un Análisis Causa Raíz para generar un plan de mitigación de las causas de las fallas recurrentes. El plan generado debe ser genérico y abarcar todos los criterios evaluados en el análisis.

En la figura 14, se muestra un ejemplo de acciones recomendadas para los niveles de riesgo en seguridad, y de esta misma manera se diseñan sugerencias para el resto de los criterios (calidad, ambiente y procesos). En el caso del estudio presentado, para los

criterios de calidad, ambiente y procesos; se tomaron en cuenta reglamentos internos de la organización, regulaciones nacionales e internacionales, y cualquier recomendación que se considere pertinente para la disminución del riesgo y/o mitigación de sus consecuencias.

Finalmente se deben establecer las acciones concretas para cada activo que se consideren pertinentes; la recomendación es comenzar por los equipos cuyo resultado de criticidad fue “Muy Alto”, y sucesivamente seguir trabajando según los niveles establecidos. Un punto muy relevante en este aspecto es hacer seguimiento a las acciones, por lo que para establecer el plan y su respectivo seguimiento se sugiere el formato establecido en la Figura 15.

Adicionalmente, la evaluación de criticidad se recomienda realizarla al menos una vez al año o cuando ocurra un cambio drástico en el contexto operacional, lo que nos permite además de incluir los nuevos activos que se adquieran, una revisión de la eficiencia del plan diseñado, tomando en cuenta que hay riesgos que no se podrán disminuir por la naturaleza intrínseca de los activos.

Equipo	Resultado de Criticidad	Sugerencias	Resultado de Criticidad	Sugerencias	Resultado de Criticidad	Sugerencias
Índice Seguridad	Muy alto/Alto	1. Evaluar diseños para mitigar el riesgo por seguridad. Por ejemplo instalación de sensores hombre máquina, adicionar guardas de protección, entre otros. 2. El diseño de las estrategias de mantenimiento contempla RCM. 3. Asegurar rutinas de mantenimiento que garanticen el cumplimiento a las normativas gubernamentales, políticas internas y requisitos internos para garantizar la seguridad. 4. Asegurar rutinas de inspección a barreras físicas de seguridad. 5. Asegurar que el refaccionamiento requerido esté planificado adecuadamente. 6. Reforzar uso de equipos de protección personal, capacitaciones, manejo de fluidos peligrosos y protocolos de seguridad.	Medio	1. Evaluar diseños para mitigar el riesgo por seguridad. Por ejemplo instalación de sensores hombre máquina, adicionar guardas de protección, entre otros. 2. Asegurar rutinas de mantenimiento detectivo a dispositivos de seguridad, tales como sensores. 3. Asegurar rutinas de inspección a barreras físicas de seguridad. 4. Reforzar uso de equipos de protección personal, capacitaciones, manejo de fluidos peligrosos y protocolos de seguridad. 5. Optimización de planes de mantenimiento (PMO).	Bajo/Muy bajo	Asegurar la ejecución de las actividades de mantenimiento diseñadas y las buenas prácticas.

Figura 14. Plan de acción general para equipos críticos en seguridad.

Equipo	Nivel de Criticidad	Acciones recomendadas	Responsable	Costo de la acción	Fecha de ejecución	Cumplimiento al plan
Compresor de Amoniaco	A75	Instalar barreras físicas para acceso a los equipos	Líder de seguridad	\$	XX-XX-XXXX	
Compresor de Amoniaco	A75	Realizar un análisis causa raíz por las fallas recurrentes	Líder de confiabilidad	\$	XX-XX-XXXX	

*Figura 15. Plan de acción para equipos críticos.

Bibliografía

- (1) EN ISO 14224:2016, International Organization for Standardization. (2016). Petroleum, petrochemical and natural gas industries -- Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. UK.
- (2) Ciliberti, Tony. (1996). Establishing mechanical integrity of process equipment using a criticality-based maintenance program. NPRA Refinery and Petrochemical Plant Maintenance Conference. Nashville, Tennessee, USA.
- (3) Ciliberti, Tony. (1998) Use Criticality-Based Maintenance for Optimum Equipment Reliability. Chemical Engineering Progress Julio 1998, páginas 63-67.
- (4) NORSOK STANDARD Z-008, Norsk Søkkel Konkuranseposisjon. (2001). Criticality Analysis for Maintenance Purposes. Rev. 2. Oslo, Norway.
- (5) Yañez, M; y otros (2007). Confiabilidad Integral. Tomo II. Reliability and Risk Management S.A, Venezuela.
- (6) MIL-STD-882D, United States Military Standard. (2000). Standard Practice for System Safety. Department of Defense USA.

Diplomado en Mantenimiento

PREDICTIVA²¹

Inicia 15 octubre

34 semanas 140 horas 24 Módulos

1. **Introducción al mantenimiento**
2. **Proceso de Gestión de Mantenimiento**
3. **Estrategias de mantenimiento**
4. **Planificación, Programación de Mantenimiento**
5. **Análisis de seguridad/riesgo en el trabajo**
6. **Gestión del dato con base a ISO 14224**
7. **Mantenimiento Productivo Total TPM**
8. **Fundamentos de Gestión e Indicadores para Mantenimiento**
9. **Mantenimiento basado en condición - Técnicas predictivas**
10. **Gestión normalizada de mantenimiento basado en la condición según ISO 17359**
11. **Análisis Causa Raíz ACR**
12. **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM**
13. **Introducción a RAMS (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad)**
14. **Confiabilidad humana**
15. **Introducción a fundamentos del negocio**
16. **Gestión de Costos para Mantenimiento**
17. **Evaluaciones económicas y LCC para Mantenimiento**
18. **Venta de Valor y Beneficios (Aporte de Valor)**
19. **Gestión de talento y equipos de excelencia**
20. **Gestión de paradas de planta de Mantenimiento**
21. **Gestión y optimización de inventarios para Mantenimiento**
22. **Gestión del Riesgo**
23. **Auditoria del Gestión de Mantenimiento**
24. **Mantenimiento y Gestión de Activos**



**Laura Quintero Gallegos**

Ingeniera Mecánica del Instituto Tecnológico de la Laguna, certificada en análisis de fallas por ASME.

Miembro de WIRAM Latam.

in

El camino de una parada de planta

Con base en el ciclo de vida de nuestros activos y la configuración operativa, las Paradas de Planta se vuelven fundamentales dentro de la gestión; el camino a una parada exitosa requiere prepararse, abrir brecha antes de poderlo andar y la dificultad del camino dependerá del nivel de madurez en el que nos encontremos. Después de programar las paradas de planta de la misma manera durante diez años, transformamos el proceso y la estructura existente, dando como resultado una parada efectiva con disminución del riesgo, al mismo costo.

Punto de partida:

En todas las organizaciones, existen puntos de inflexión que hacen que la transformación no sea opcional; se reestructuran los equipos de trabajos, se rediseñan los procesos y se generan un sin número de iniciativas para lograr a toda costa la mejora y la provocación urgente y necesaria de efectos positivos en los resultados operativos.

Bajo esta demanda, el Departamento de Planificación contribuyó con una acción clave: replantearnos el concepto de Paro de Planta en una operación metalúrgica de más de 50 años de operación, la tecnología demanda reparaciones mayores constantes, inversiones basadas en evaluación de riesgos, priorización y principalmente, tiempos de paro optimizados para el cuidado del margen de negocio.

El camino a una parada de planta exitosa parte de hacerse las preguntas correctas. Como todo camino, este debe tener una dirección (estrategia), distancia (periodo a recorrer) y destino (objetivo a alcanzar). En este artículo te quiero compartir lo que nos resultó y las barreras (desvíos) que se nos presentaron. No hay viaje perfecto, pero con el equipo (personas) y las herramientas correctas en la maleta (metodologías), puedes llegar a dónde tu lo desees. Se trata de trazar la ruta, es decir, hacer un mapa a la medida de tu organización.

Dirección y trayecto:

Se establece en la medida que somos capaces de generar estrategias que tracen el camino, romper paradigmas y de cuestionar una a una las acciones y hábitos adquiridos hasta el momento.

Cuando llevas más de 10 años haciendo las cosas de la misma manera, lo primero que vas a encontrar es un camino sinuoso con baches y muchas cosas con reparar ¿por donde iniciar? Siempre me he inclinado por dar mi máximo esfuerzo a la actividad que me dará el 80 por ciento de los resultados. Hablando de un paro de planta, esto es la Planeación.

Continuando con la analogía, antes de partir a tu destino tienes que visualizarlo así que definamos el objetivo o la meta a alcanzar:

“Un paro de planta seguro y con calidad que garantice continuidad operativa a un costo óptimo.

Cada palabra del enunciado anterior lleva un listado de tareas amplio por hacer... pero implícitamente contiene la palabra Planeación en su interior. La planeación la podemos dividir en dos etapas:

- 1. Definición y
- 2. Paquetes de trabajo

Como definición se entiende la necesidad de seleccionar y declarar las actividades a ejecutar. Las mejores prácticas establecen que debe haber un proceso formal de selección con base en un análisis y matriz de riesgo. Para ello es necesario contar con un equipo multidisciplinario que sea capaz de cuantificar el impacto de ¿Qué pasaría si no se ejecuta un trabajo? En esta etapa es importarte establecer criterios de selección de tareas. Algunos de los que nosotros establecimos basados en el RBSW decision son:

- 1. ¿La evaluación de riesgo de no hacer la actividad no es aceptable?
- 2. ¿Puede ser diferido al siguiente paro?
- 3. ¿Puede hacerse el trabajo de manera segura y económica fuera del paro?
- 4. ¿Puede reducirse el alcance del trabajo?
- 5. ¿El elemento del trabajo permanece en el alcance del paro?

Además de aplicar este cuestionario y dado que nuestros alcances fueron “inflándose” durante esos 10 años por la creencia de que si no se hace en el paro, no se iba a hacer después; se asignó a un coordinador de paro para cada área operativa de la Planta (en todos los casos la persona pertenecía al equipo de Producción) para que con plena conciencia se revise una por una, cada actividad y depure aquellas que no cumplan los criterios y que con su amplia experiencia, podían determinar si era posible hacerse fuera de paro. En nuestra experiencia, esta actividad disminuyó en un 10% de las tareas que teníamos declaradas dentro del paquete de actividades de paro.

En esta etapa, el patrocinio de la Dirección y las Gerencias es fundamental. El cambio de paradigmas se da una vez que la empresa comunica claramente a sus empleados el apetito de riesgo, es decir, el nivel en el que permitimos asumir consecuencias operativas, medio ambientales y de seguridad. Para su tranquilidad, una optimización de alcances bien ejecutada te permite un balance costo – riesgo-beneficio; en vez de recurrir al típico “risk-avoidance” desde el sentido más tareas para menos riesgo operativo, se convirtió en menos tareas para menos riesgo de seguridad y operativo. Es un mensaje que suena similar, pero tiene un fondo totalmente diferente.

Cómo aspectos positivos, la organización contaba con un proceso

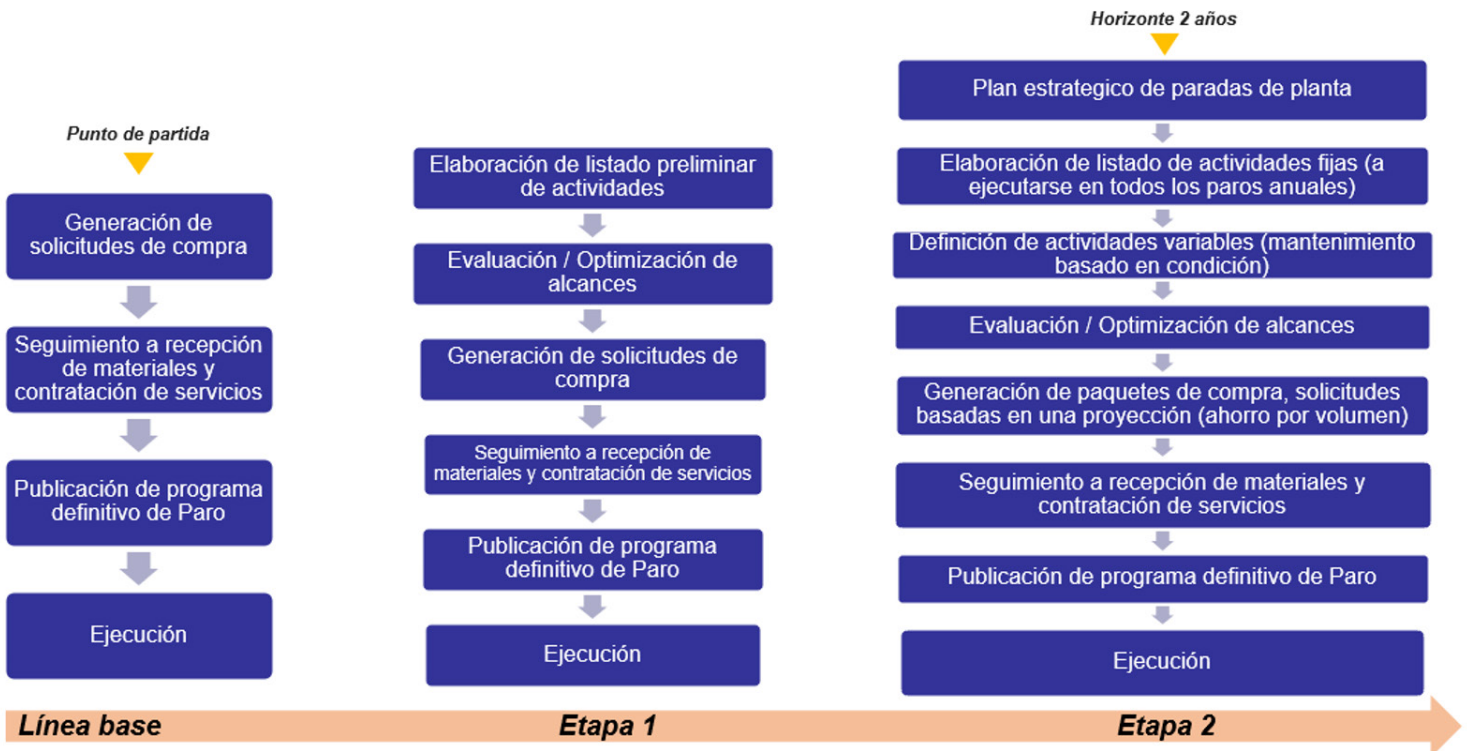


Imagen del autor: Esquema del horizonte de mejora en la Planeación de Paros, basado en el nivel de madurez (línea base)

establecido sólido que si bien, se había acotado los últimos años a la elaboración de solicitudes de compra y priorización principalmente al seguimiento de la adquisición y contratación, existía un calendario con eventos relevantes a dar seguimiento, pero debido a que no existía una estrategia clara, normalmente el periodo del calendario se limitaba solamente a cuatro o cinco meses de planeación.

A nuestro favor, otro aspecto a valorar es que el modelo utilizado, estaba basado en el concepto “Pit Stop” que se utiliza en las carreras de fórmula 1, ya que buscaba que nuestras intervenciones anuales fueran lo más estructuradas posibles para garantizar una operación confiable. Ese concepto estaba totalmente permeado en la cultura, por lo que no fue difícil convencer al personal involucrado que debemos estar organizados y trabajar de manera colaborativa como un “pit crew” para que el gran objetivo se logre. Se trata de realizar de manera excelente la parte que nos corresponde, para que ese auto (en nuestro caso proceso) pueda arrancar sin falla alguna y no solo arrancar, sino ganar la carrera.

En dicho ramo, las paradas técnicas tienen una gran importancia para el curso de la carrera y los equipos desarrollan estrategias técnicas específicas para cada circuito ya que puede significar la diferencia ganadora; igualmente, una optimización en la duración del paro de planta te acerca al pódium de la rentabilidad, la seguridad y la eficiencia. Definitivamente las intervenciones mayores planeadas se vuelven nuestra ventaja competitiva y transmitirle este gran reto al equipo fomenta la creatividad y maximiza el potencial del grupo de trabajo.

En la siguiente imagen presento a manera de esquema, el proceso y camino transitado, el cuál de manera simple demuestra cómo nos

encontrábamos y como ha ido evolucionando a través de agregar actividades clave.

En búsqueda de la mejora y considerando los recursos humanos y económicos disponibles, la etapa 1 consistió como ya lo comenté en la determinación de alcances y su optimización y la etapa 2 en establecer estrategias que proporcionen la solidez necesaria a las actividades fundamentales. Esta última etapa en la que nos encontramos se detalla en los siguientes pasos:

1. Incrementar el tiempo invertido en la planeación de 5 a 11 meses.
2. Seleccionar un líder de gestión de paros que genere análisis de la efectividad de la estrategia y proyecte los recursos requeridos con base en nuestras cargas de trabajo fijas y variables.
3. Utilizar la proyección de tareas para escalar los beneficios en las etapas de adquisición y contratación directamente en el desarrollo de proveedores y contratistas especializados y por último en la generación de convenios comerciales para tener una menor variación de precios y por ende de nuestros presupuestos.

Este ha sido el camino de una industria que, como muchas, buscan la máxima eficiencia operativa. Y aunque la ejecución y evaluación no han sido modificados en este rediseño de estrategia, llevamos un gran avance por la mejora de la planeación. Los procesos de cierre y evaluación de paro nos irán generando mayor cantidad de datos para medir otras potenciales áreas de mejora y continuar desarrollando más estrategias que podamos compartir.

Compartir para crecer.



Capacitación online con instructores en vivo

[← Regresar a dashboard](#)

Planificación y Programación de Mantenimiento en Ambiente SAP-PM



Arquimedes Ferrera | arquimedes.ferrera@eymsolutions.com

Sesiones

Todas las clases serán dictadas por Zoom a la fecha y hora según se indique. Para acceder a la sala de Zoom utiliza en el enlace. Posterior a cada sesión en vivo, se habilitara la grabación de la sesión durante dos semanas en caso de que te hayas perdido la clase.

Sesión 1 - 22/11/2021 5:00 PM

Programada

Sesión 2 - 23/11/2021 5:00 PM

Programada

Sesión 3 - 24/11/2021 5:00 PM

Programada

Sesión 4 - 25/11/2021 5:00 PM

Programada

Sesión 5 - 26/11/2021 5:00 PM

Programada

Sesión 6 - 29/11/2021 5:00 PM

Programada

EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN SOLIDA DEL LUBRICANTE, EN LOS COSTOS Y CONFIABILIDAD DE MAQUINARIA



Marcela Rodriguez Montán
CEO & Founder, at Proactive, MLT I/MLA
Miembro de WIRAM Latam.



INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo se viene hablando de las consecuencias sobre la confiabilidad de nuestro activos por la contaminación del lubricante (aceite o grasa), y mucho deriva de la aplicación de los mismos y/o de su componente crítico; por ejemplo y entre los más relevantes: sistemas hidráulicos y rodamientos. En este sentido, ¿qué nos dicen los fabricantes más renombrados al respecto? Por un lado tenemos a Caterpillar y Parker, quienes en su análisis para sistemas hidráulicos, coinciden en que la contaminación con sólidos puede influir en la ocurrencia de una falla hasta en un promedio del 80%. Sobre rodamientos, SKF y FAG hablan de un 20% de incidencia en una falla, por tener contaminación en la grasa con la que operan; dejando de lado a los hechos de mezclas entre lubricantes que también ingresan en un concepto de “contaminación” y que significan hasta un 35% de las causas de falla.

Estos hechos tienen total coherencia con el análisis realizado por el Dr. Ernest Rabinowicz, en 1985, respecto a la descripción de causas de la “Fricción y desgaste de superficies” en la maquinaria. A continuación, un resumen conceptual.

Por otro lado, también tenemos la investigación y reportes de H. Peter Jost, Ministro británico en educación y ciencia, quien en 1966 llega a la conclusión de que un enfoque de estrategias y esfuerzos sobre estas causas, nos dan más del 53% de áreas de oportunidad para la mejora en la confiabilidad de los activos de una planta.

Con este antecedente, es suficiente para entender que vale la pena velar y enfocar esfuerzos en estrategias proactivas que minimicen la contaminación del lubricantes en la maquinaria, a fin optimizar los recursos y lograr una operación costo-benéfica para la empresa.

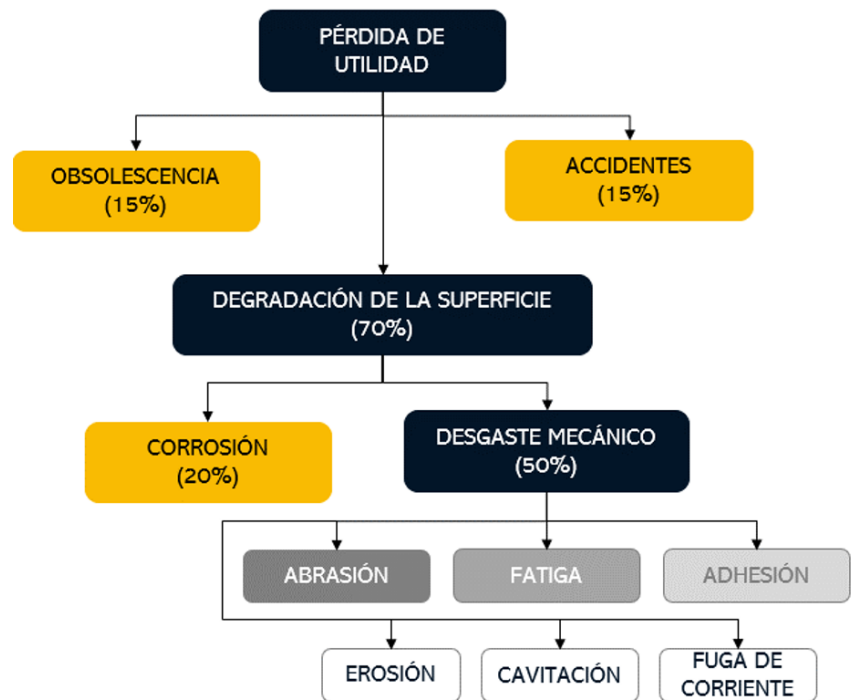


Figura 1. Árbol de descripción de fallos de equipo. Adaptado de “Rabinowicz, E., “Friction and Wear of Materials”, 1985”madurez (línea base)



Figura 2. Clasificación de ahorros tribológicos según reporte de P. Jost, Inglaterra, 1966

Ahora, el tema, la pregunta y hasta la réplica de mucho es: ¿Estos análisis y porcentajes objetivos aplica o se cumple a cabalidad en todos los rubros de la industria y más aún, en Latinoamérica?

ANTECEDENTES DE APLICACIÓN

En los pocos años que llevo mi experiencia (12 años) como apoyo de una unidad de mantenimiento, también como responsable de provisión de servicios y productos para la industria y hoy en día, dirigiendo una consultora enfocada en servicios para la gestión de lubricación, la respuesta a la pregunta del párrafo anterior es, no. Puesto que las variables van más allá de solo contar y cumplir con indicadores operativos; tiene mucho más que ver con el tamaño de la empresa, sus políticas y alineación de estrategias; tiempos de operación, cantidad operadores y mucho más si estos cuentan con las habilidades y conocimientos específicos; liquidez para inversión; sistemas, estándares y metodologías de análisis y procesos implementados, etc., etc., etc. Sin embargo, es importante recalcar que no estamos buscando lograr lo que nos indica la teoría; lo que buscamos es optimizar eficientemente nuestros recursos a partir de la aplicación de un concepto validado por la investigación científica y aplicativa; como es el “control de la contaminación”.

En el presente artículo, ejemplificaremos esta teoría con la experiencia y caso de éxito de una planta de industria avícola en la ciudad de Santa Cruz, Bolivia, como es Avícola Sofía, planta FAE, cuyo proceso, inicia en la recepción de pollos desde granja, hasta la entrega del producto final para consumo ciudadano.

Como se entenderá, gran parte de este proceso tiene como base una cadena de frío para garantizar la inocuidad y calidad del producto; por lo mismo, los equipos que conforman el corazón de dicho proceso son dos líneas de compresores de frío con gas refrigerante NH₃ (amoníaco). A cada línea denominaremos Sistema de Frío 1 (SF1, con 7 compresores) y Sistema de Frío 2 (SF2, con 6 compresores).

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LA APLICACIÓN

La planta FAE de Avícola Sofía inicia operaciones en 2014, pero una producción más propia y regular a partir de 2016 y 2017, donde el sistema primario de enfriamiento era SF1 con sus 7 compresores, con un promedio de 180 litros de aceite por cada uno y una potencia de operación de 350 HP. Desde 2018 se incorporaron estrategias de monitoreo de vibraciones, termografía y análisis de aceite, hacia la gestión 2019 en adelante. Efectivamente hasta 2021 solo se había reportado un evento de falla por desfases de aislamiento en el bobinado de uno de los motores de compresor; sin embargo y referente al lubricante, era inevitable notar los altos costos por:

- Fugas de aceite por asentamiento de operación.
- Mano de obra para intervención de cambio y rellenos de aceite.
- Alto consumo de filtros primarios y secundarios de cada compresor por rápida saturación

- Mano de obra por intervención de los compresores para cambio de filtros.

*No consideramos costos por flujo cesante ya que todas las intervenciones fueron programadas.

En una estimación rápida de costos, con datos proporcionado por la empresa, considerando solo las gestiones 2016 a 2018, con un promedio de 7572 horas trabajadas por cada compresor (que equivale a la instalación y cantidad de horas aproximadas trabajadas por los compresores de SF2, que se describirán más adelante), tendríamos:

Costos por rellenos de aceite (SF1, 7 compresores), a 2018	USD 8.700
Costo mano de obra por cambio y relleno de aceite, a 2018	USD 500
Costos mano de obra por rellenos de aceite, a 2018	USD 600
Costos por consumo de filtros primarios y secundarios, a 2018	USD 9.000
Costo mano de obra por cambio de filtros, a 2018	USD 200
TOTAL COSTOS, SF1 (a 2019)	USD 19.000

Tabla 1. Costos asociados a la operación inicial de los compresores de SF1.

Posteriormente, en la gestión 2021, la demanda productiva obliga a incorporar una segunda línea de enfriamiento, SF2 con 6 compresores similares a los anteriores. Es aquí donde Avícola Sofía, desde el liderazgo de la unidad de mantenimiento FAE, conscientes de la importancia del control de la contaminación del aceite, se toman acciones incluso desde las actividades de comisionamiento por parte del área de proyectos. Las actividades realizadas fueron:

- Control de la limpieza del aceite entregado en tambores por parte del proveedor, mediante análisis de laboratorio. **(Código ISO de limpieza registrado, 23/22/20)**
- 1° Sesión de filtración de contaminantes sólidos en el tambor de aceite. **(Código ISO de limpieza alcanzado, 14/12/11)**
- Trasvase del aceite, del tambor al tanque de cada compresor, mediante sistema móvil de filtración.
- 2° Sesión de filtración de contaminantes sólidos a las 150 horas de operación de cada compresor. **(Código ISO de limpieza alcanzado, 18/16/14)**
- Análisis de las condiciones del aceite de cada compresor a las 250 horas, para monitorear la degradación del aceite por efecto de los gases, presencia de contaminantes internos o externos y desgaste de los componentes. **(Resultados dentro de parámetros normales)**
- Análisis de las condiciones del aceite de cada compresor a las 500 horas, para monitorear la degradación del aceite, presencia de contaminantes internos o externos y desgaste de los componentes **(Resultados dentro de parámetros normales)**
- 3° Sesión de filtración de contaminantes sólidos a las 1500 horas de operación de cada compresor. **(Código ISO de limpieza alcanzado, 17/15/13)**



Figura 3. Actividades de filtración de contaminantes sólidos en compresores.

- Análisis de las condiciones del aceite de cada compresor a las 4000 horas, para monitorear la degradación del aceite, presencia de contaminantes internos o externos y desgaste de los componentes
(Resultados presencia de contaminantes externos sólidos)
- 4° Sesión de filtración de contaminantes sólidos a las 4500 horas de operación de cada compresor.
(Código ISO de limpieza alcanzado 16/14/10)

Es importante hacer notar que estas actividades tuvieron las siguientes características:

- Al tener monitoreadas y controladas las condiciones del aceite, no se llegó a hacer el cambio del mismo de cada compresor a las primeras 500 horas de operación, solicitado por el fabricante, lo que significó un ahorro de consumo de 1200 litros, equivalente a USD 9.500 aproximadamente. Sin embargo, este dato no será contemplado en el cuadro comparativo de ahorros obtenidos.
- A la fecha, se cuenta con un promedio de 7.000 horas de operación por compresor en la línea SF2.
- Las sesiones de filtración fueron ejecutadas tanto por servicios contratados, como por mano de obra propia tras la adquisición de un carrito de filtración.
- Los análisis de aceite tuvieron un enfoque de monitoreo del periodo de asentamiento de la máquina y luego, según programa antes establecido para equipos críticos.
- La cuarta sesión de filtración fue realizada como medida de control de la contaminación reportada en el análisis del aceite.
- Las actividades de monitoreo de condición de los compresores estuvieron también acompañadas por monitoreos mediante análisis de vibraciones, ultrasonido y termografía, principalmente.

Con esta consideración, la aproximación de costos quedaría de la siguiente manera:

Costos por rellenos de aceite (SF2, 6 compresores)	USD 4.000
Costos por sesiones de filtración (SF2, 6 compresores)	USD 2.200
Costos por análisis de aceite (SF2, 6 compresores)	USD 620
Costos mano de obra en rellenos de aceite (SF2, 6 compresores)	USD 160
Costo mano de obra en monitoreos de condición (SF2, 6 compresores)	USD 400
Costos por consumo de filtros primarios y secundarios (SF2, 6 compresores)	USD 1.500
Costo mano de obra por cambio de filtros (SF2, 6 compresores)	USD 30
TOTAL COSTOS, SF2	USD 8.910

Tabla 2. Costos asociados a la operación inicial de los compresores de SF2.

Observemos que:

- En comparativa con los resultados de SF1, se logró un ahorro de aproximado de USD 10.000 a partir de las estrategias implementadas, de monitoreo de condición y control de la contaminación del aceite.
- Existe una notable disminución de consumo de aceite por eventos de fugas y purgas de aceite; además del referente al consumo de filtros, que es lo más representativo.
- Estos resultados de ahorro que no comprometen en lo absoluto las condiciones de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los activos, más al contrario, las potencian, ya que los compresores de la línea SF2, a la fecha no han registrado ningún tipo de evento de falla.

UNA VISIÓN INTEGRAL

Es muy importante reconocer que para todo logro tiene que haber un primer paso de decisión y compromiso total, y ese paso estar acompañado de quienes realmente pueden aportar al objetivo, tanto dentro como fuera de la empresa. Esto está ligado netamente a la confiabilidad humana y técnica que tanto el operador, técnico de mantenimiento, ingenieros y líderes de confiabilidad, proveedores, etc., puedan proporcionar a la confiabilidad del activo.

También aceptar que una actividad aislada no dará el resultado que se espera, dentro de las estrategias de monitoreo de condición (vibraciones, termografía, análisis de lubricantes, ultrasonido, análisis eléctrico de motores, etc.) todas se complementan para detectar a tiempo el inicio de una falla potencial y controlarla para que no evolucione; o una falla inminente y prever los recursos de intervención del activo.



Figura 3. Actividades de entrenamiento a personal en monitoreo por ultrasonido.

Figura 4. Implementación de estrategias integrales de monitoreo y control de condición.



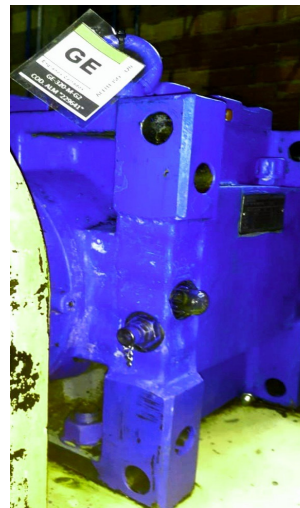
Finalmente, trabajar en el resto de áreas de oportunidad de un programa de gestión de lubricación según norma ICML 55, derivada de la ISO 55000, será vital para mejores resultados y que estos sean sostenibles en el largo plazo.

En este caso, la empresa ha ido trabajando en las oportunidades más relevantes que puedan implementarse a corto plazo y que sus efectos hacia mejoras en planta se visualicen de forma rápida. Por ejemplo:

- Mejoras en los procedimientos de toma de muestra
- Implementación de mirillas de nivel
- Identificación de lubricantes y equipos
- Correctas prácticas de almacenamiento



Figura 5. Áreas de oportunidad de un programa de gestión de lubricación según ICML 55.



Izquierda - Figura 6. Puertos de muestreo implementados en compresores de frío de SF1 y SF2.

Derecha - Figura 7. Identificación de equipos en planta según bases de metodología LIS..

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

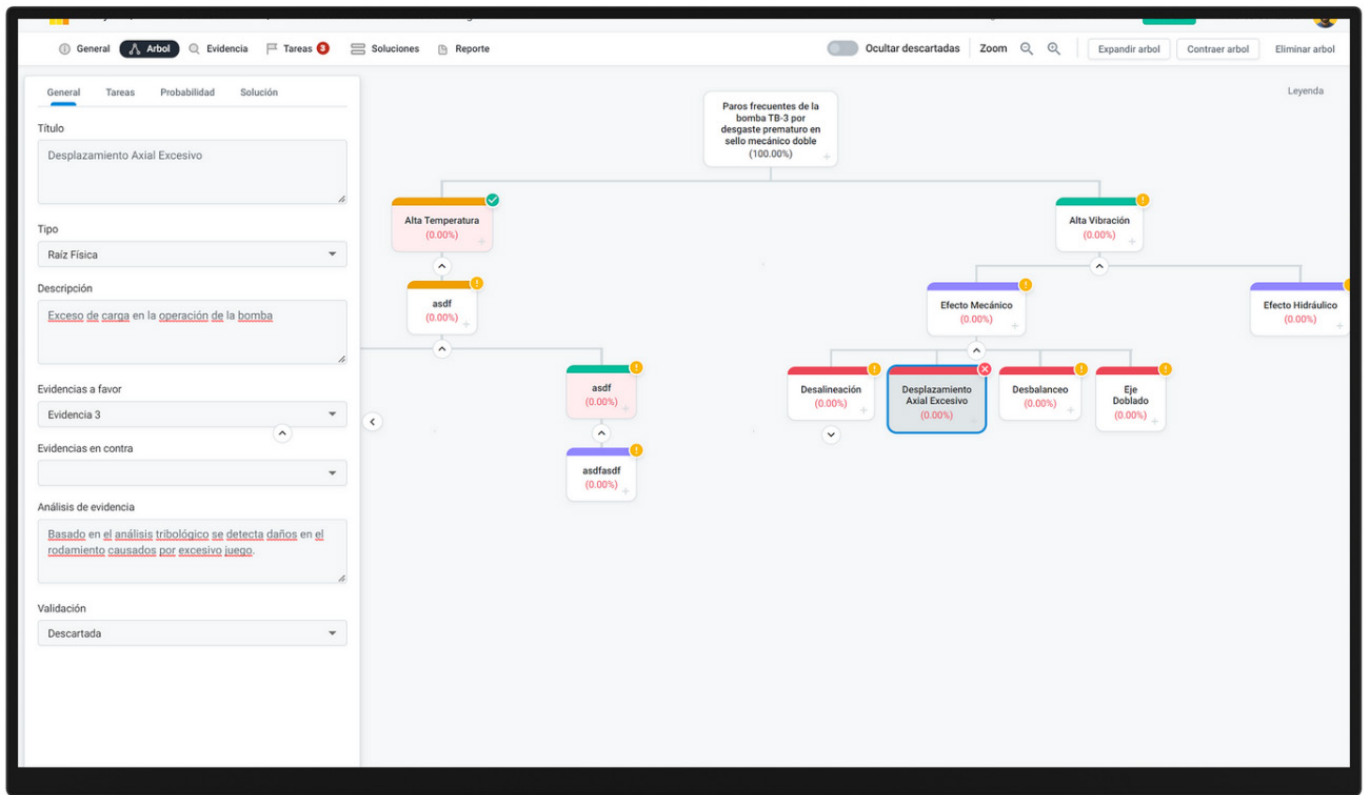
- "Fundamentos de lubricación y análisis de aceite", Proactive, 2020.
- Reporte de Tribología, P. Jost, Inglaterra, 1966
- <https://blog.aten2.com/prolongar-la-vida-util-de-las-m%C3%A1quinas-cr%C3%ADticas-por-medio-de-la-tribologia>
- Reportes de análisis de aceites, Avicola Sofia, 2021-2022
- Informes técnicos de actividades de filtración, Avicola Sofia, 2021
- Reporte de costos según histórico de datos, Avicola Sofia, 2022.



Figura 8. Sala de lubricación con herramientas para manipulación adecuada de lubricantes.

Predyc

ACR-P



SOFTWARE
ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

Inteligencia Artificial en la Gestión de Activos



Ali Khalil Zebib
Asset Management - Project Control



La Inteligencia Artificial es el futuro y entre las mayores empresas que desarrollan esta tecnología se debate en que si debería o no existir limite o si en verdad existe limite para la Inteligencia Artificial (IA), de todos los debates, artículos y foros y que he podido ver y leer me he dado cuenta que no han mencionado el impacto de esta tecnología en la gestión de activos industriales, obviamente en algún momento esta tecnología se hará presente de forma masiva a nivel industrial y debemos los profesionales que trabajamos en las áreas de gestión de activos y sobretodo las ramas de mantenimiento y confiabilidad ir visualizando los futuros escenarios... De entrada estoy de acuerdo con poner limite al uso de la IA, estoy de acuerdo que sea usada pero como "APOYO" para facilitar y hacer mas eficiente y efectivo el trabajo, tener un opinión y sugerencia basada en el análisis computarizado de historial y data es valido, pero de ahí a que la computadora tome decisiones a soluciones de problemas y un ejecute acciones, eso ya es cruzar el limite en mi opinión... De todas las áreas que abarca la gestión de activos tomando como referencia la norma ISO 55001, considero que hay tres específicamente que marcan el limite de la IA en la Gestión de Activos y explico a continuación

1. Mejoramiento continuo:

Esta ligado a la búsqueda de maneras y formas de alcanzar y superar metas, es decir, aumentar la eficiencia y efectividad; pero también esta estrechamente ligado a la preparación técnica y la creatividad, el sentido de la detección de necesidades, áreas de mejoras, búsqueda de formas y maneras creativas con el empleo de técnicas y normas

para satisfacerlas; esto ultimo es lo que usualmente deriva en un cambio y la norma ISO-55001 aborda y llama "MANEJO DEL CAMBIÓ"; así que como la IA se basa en el procesamiento y análisis de datos, claramente depende de que tan confiable es la data del sistema, pero aun siendo confiable (Pocas o ninguna empresa tienen una data 100% confiable en sus sistemas) esta el detalle de detección de áreas de mejoras o que hacer

cuando se presenten problemas nuevos que no han ocurrido antes y no se tiene historial ni data tanto en la detección como en las soluciones, ahí es donde va a entrar en juego la mezcla de creatividad y preparación técnica humana. A pesar de existir una tecnología de punta llamada "Red Generativa Antagónica" es un software al que se le debe indicar cual es el problema o requerimiento; básicamente esta dividido en

dos secciones de trabajo, una que ordena y busca patrones en la data suministrada o existente usando algoritmos estadísticos esta es llamada "Discriminador" y la otra sección es llamada "GENERADOR" que realiza un análisis en base a la información suministrada por el discriminador y el historial de soluciones y casos de éxitos que posee el generador y de ahí el generador saca la solución, luego si el humano aprueba



esta solución pasa a su base de datos. En base a lo antes expuesto la pregunta a realizar es: Que pasara cuando se cree el habito en los trabajadores que para todos los problemas y requerimientos que están en la base de datos ya existe la solución y no se detengan a buscar otras posibles soluciones o áreas de mejoras??? Que pasara cuando se presente un problema nuevo cuyos datos no están ni el discriminador ni el generador?? **R: El problema será aun mayor.**

Muy probablemente entre los lectores de este artículo habrán detractores del punto sobre la creación del mal habito de dejar a la IA la tarea de solucionar los problemas con historial, sacrificando la detección de áreas de mejoras; pues bien citare varios ejemplos comprobados, las personas nacidas antes de los años 90 según estudios la mayoría ha perdido o tienen problemas en la capacidad de memorizar números de teléfonos, era algo común que se supiera de memoria por lo menos cinco números de teléfonos (Su casa, casa de la abuela, casa del mejor amigo, casa de la novia, pizza

a domicilio) las generaciones futuras ni sabrán que es eso, lo impresionante es como el cerebro de las generaciones de antes de los años 90 de poder memorizar números con cierta facilidad en cuestión de diez o quince años esta capacidad bajo a su mínima expresión uno o cero...Otro ejemplo son los carros autónomos, al salir al mercado los carros TESLA en cuestión de solo meses comenzaron a circular en internet videos donde los pilotos iban dormidos al volante a velocidades de hasta 120 Km/h, dado lo impactante de los videos, una y otra vez la fabrica TESLA emitía y sigue emitiendo la advertencia de uso, que si bien el carro es de manejo autónomo, el chofer debe tener en todo momento las manos en el volante y estar precavido, la razón? Detección de problemas, como se explico con anterioridad; este es un caso donde se manifiesta que la IA debe servir como apoyo planteando soluciones a problemas, mas en ningún momento dejar el 100% de la solución en manos de ella.

2. Activo humano:

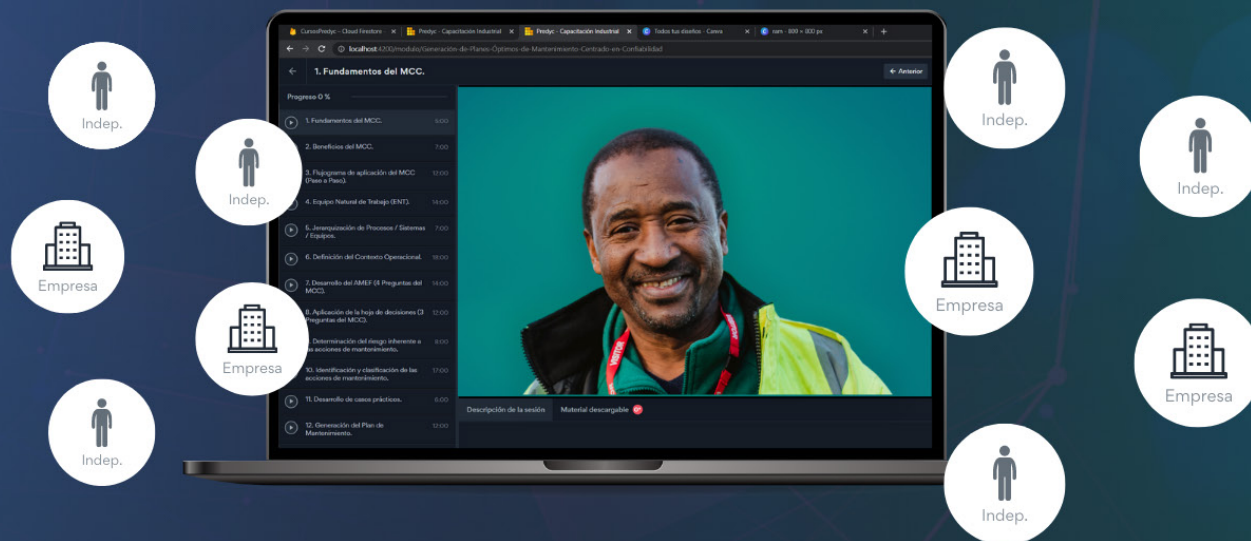
Esta relacionado con la preparación, capacidades, entrenamiento y experiencia que tenga un trabajador y como puede aportar y ayudar a la empresa a alcanzar las metas y objetivos establecidos en los planes estratégicos de la empresa. El valor agregado cuando se contrata profesionales con experiencia en otros países o en diferentes tipos de industrias es que traen consigo el "KNOW HOW" que permite tener otra perspectiva sobre como abordar situaciones y problemas que por habito y costumbre no se detectaban o no se hacían evidentes por el personal que tiene ya tiempo en la empresa, esto es un plus o valor agregado que difícilmente la IA podrá superar o igualar, la razón es que son áreas de mejoras que no puede detectar la IA o que las soluciones y datos técnicos no están dentro de su base de datos.

3. Activo intangible:

Esta relacionado con los valores humanos, cultura y motivación... Esta ultima la motivación es un factor que juega un papel muy importante en el desempeño y eficiencia de las actividades sobretodo a nivel táctico y operativo pero mas importante aun para resolver trabajos de urgencia o emergencias, es claro que dependiendo de la motivación y trato al personal los trabajos se verán impactados en mayor o menor medida, un sistema de IA jamás podrá tener mejor rendimiento que un líder (No jefe) de empatía, liderazgo, evaluación de la relación interpersonal o interdepartamental de los trabajadores, los modos y las formas en que se tratan los trabajadores impactan de manera directa en la eficiencia de cualquier tipo de industria o empresa.



Entrenamiento en línea
donde y cuando tú quieras



Instructores

Plataforma web

Estudiantes

Súmate a la comunidad
de aprendizaje de la industria



¿Es negociable la Seguridad los Centros de Distribución?



Richard Zamora

Director de Logística y Operaciones | Supply Chain Community Founder | Maestro Universitario



Siempre recuerdo, un vídeo de un Almacén en México, en donde se registró el colapso de más de 50 cuerpos de estanterías selectivas; presentando un desplome en “efecto dominó”, generando la pérdida de sus productos almacenados, y registrando a su personal con daños severos.

En este sentido, las estanterías están constantemente sometidas a las maniobras de carga y descarga realizadas con los equipos de manipuleo (Entre Montacargas, Order Picker, Transpaletas Eléctricas, entre otros). Estas maniobras provocan deterioros en los elementos críticos haciendo que la estantería vea reducidas su nivel de resistencia, para lo cual fueron diseñadas.

En base a mi experiencia:

A mediados del 2004, en uno de mis almacenes, registré la caída de un cuerpo de estantería, con una altura de 6 niveles; dando como resultado de esto: Se afectó 6 ubicaciones, que incluía los productos. Tuvimos la fortuna que el Operador salió ileso (Quién se mantuvo dentro de la rejilla del montacargas). En base a esto, se realizó varias reuniones de investigación, con el objetivo de poder identificar la causa raíz del accidente, y así, mismo, tomar medidas preventivas de cara al futuro. Les comparto las lecciones aprendidas.

A la par, se inició un debate de ideas con varios colegas logísticos; las cuales paso a compartir, citando a los autores de cada aporte.

El diseño y mantenimiento de las estanterías:

- Respete siempre el diseño original de los racks, los cuales deben ser cuerpos "suelos", no forzar su unión con más fierro soldado en las partes superiores. Con esto, se rompe el diseño. Todo cambio, debe ser consultado con su proveedor calificado.
- Sostener un mantenimiento frecuente: Revisando pernos al piso y diagonales - zonas más expuestas a ser dañadas - que a simple vista, puede pasar inadvertidas. En tal sentido, se recomienda, una inspección minuciosa y plan de acción, para realizar cambios de autopartes, bloqueando y descargando las ubicaciones con alto riesgo de colapso.
- Colocar protectores en los puntales de las estanterías y así, amortiguar el golpe que puedan registrarse por los equipos de manipuleo.
- Al elegir a los proveedor que nos proporcionen y realicen el montaje de estanterías; debemos de solicitar que nos asegure un sistema diseñado para un cuerpo de estantería, colapse "hacia abajo", sin crear el efecto de domino.
- Un fierro doblado, es fierro vencido, no intente "enderezarlo"; por ende, debemos de evitar reutilizar autopartes vencidas; y menos aún, tratar de reforzarlas con soldadura.
- "...Las estanterías no se compran, por el contrario, se arman proyectos de almacenamiento donde se considera el peso de la mercadería estática y las fuerzas dinámicas al momento de depositar y retirar la mercancía...". Aporte de Frank Zegarra (Perú).
- "...Los Racks deben ser diseñados según la norma técnica para diseño sismo-resistente vigente E030. Al implementar los Racks, pedir siempre una Memoria de Cálculo Estructural de los racks firmada y sellada por un ingeniero; y así, asegurarse, tanto en los planos como en la memoria de cálculo, el peso de la parihuela utilizada para diseñar las estructuras, es el mismo que van a utilizar en el almacén. Si te llega un lote de mercadería con mayor peso del diseñado en los racks, nunca colocarlo sobre las estructuras, salvo previa coordinación y aprobación del proveedor que te instaló y diseñó los racks. Si no tienes viga al piso, la recomendación es colocarlos en el suelo...". Aporte de Luis Salazar (Perú).

La capacitación de nuevos operadores de equipos:

- Los nuevos Operadores de Montacargas, deben ser capacitados por profesionales, siendo evaluados con exámenes teórico/práctico, con el ánimo de sustentar una evaluación estricta y homologada por una empresa especializada. Quizás la necesidad de disponer con operadores, hace que con pocas horas y disponiendo de una capacitación informal, le estemos dando la llave del equipo industrial; el cual, puede ser una arma letal, tanto para el operador, como para las demás personas del almacén.
- La recertificación, cada 6 meses o anual, los operadores, nos sustentará el estado de conocimiento teórico/práctico de nuestro personal, recordando que a más tiempo que pasa un operador con su máquina, reduce su atención a los detalles al manejar y por ende, puede presentar la misma probabilidad de cometer un accidente que un novato operador.
- Los Operadores, deben pasar exámenes médicos, dentro de los cuales, se deben de considerar: una medición de vista, una medición auditiva y reflejos. El mensaje es, "...Deben ser tratados como Pilotos profesionales...".
- "...Exámenes de alcoholemia al ingreso del turno son un filtro absolutamente necesario...". Aporte de Frank Zegarra (Perú).
- "...Cuando se presentan accidentes como el registrado en México, queda claro cuán importante son las normas de seguridad y procedimientos rigurosos que hay que considerar al administrar un CD. La rutina y el exceso de confianza hay que temerles...". Aporte de Miguel Racines (Ecuador)
- "...Siempre pregunten a su proveedor de racks por su plan de mantenimiento de su proyecto. Soliciten ficha técnica de sus estructuras. Mientras más informados y capacitados estén del buen uso de sus estructuras de almacenamiento podrán evitar accidentes...". Aporte del Director de Ingeniería (Perú).

Mantenimiento y conducción de los equipos de manipuleo:

- El mantenimiento de equipos de manipuleo, en fundamental; el cual pueda darse con una bitácora de inicio de operaciones. Si en dicho preuso, se registra alguna falla, dicho equipo, debe quedar "bloqueado", mientras que se comunica al equipo de Mantenimiento.
- "...Cada incidente es una lección de la cual aprender: 5W, Ishikawa, ayudan a encontrar causa raíz, pero más que ello, es que haremos para tener las alertas y/o que el sistema pare cuando sea necesario...". Aporte de Frank Zegarra (Perú).
- "...Revisando el vídeo, se estima que el equipo se desplazaba a una velocidad de 1.6 m/s (recorrido de 5 cuerpos de racks con vigas de 2.3m en 7s); cuando el equipo, tuvo que desplazarse a no más de 1.5m/s con o sin carga. Es un tema de capacitación y certificación de operadores para este tipo de equipos...". Aporte de William Nuñez (Ecuador)

PREDICTIVA21

Publicidad y servicios de mercadeo

Anúnciate en nuestra revista y página web,
contamos con

+1M

de visitas anuales

Catálogo Cursos 2022

Mantenimiento

- Planificación, Programación y Costos de Mantenimiento
- Sistemas de Indicadores (KPI) para Evaluar la Gestión del Mantenimiento
- Gestión y Optimización de Inventarios para Mantenimiento
- Gerencia de Proyectos de Mantenimiento con énfasis en Paradas de Planta
- Gestión de Costos de Mantenimiento
- Estrategias de Gestión de Mantenimiento ABC/ABM y TOC
- Estándares de Planeamiento y Control de Mantenimiento
- Administración de Mantenimiento
- Gestión del Mantenimiento
- Optimización de Recursos de Mantenimiento
- Autoevaluación de Mantenimiento
- Mantenimiento Productivo Total
- Inspecciones Rutinarias Autónomas

Confiabilidad

- Introducción a la Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad
- Taxonomía de acuerdo con ISO 14224
- Monitoreo Basado en Condición (CBM) para equipos dinámicos y estáticos
- Taller de Análisis de Criticidad (Detección de Oportunidades)
- Generación de Planes Óptimos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- Análisis RAM (Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad)
- Análisis de Costo-Riesgo-Beneficio, Costos en Ciclo de Vida, Vida Útil Remanente y Obsolescencia
- Gestión Óptima de Inventario de Repuesto
- Confiabilidad Humana
- Fundamentos de Evaluaciones Económicas
- Análisis de Costos de Ciclo de Vida (LCC)
- Planes de Inspección Basados en Riesgo (IBR)
- Gestión de Riesgo
- Análisis HAZOP



Publica tu artículo

Consulta las pautas

<https://predictiva21.com/articulista/>

Artículo Técnico



2.1 Definición de las Fallas Funcionales y Base de Conocimiento

La primera tarea a realizar será el diseño de la base de conocimiento que permitirá definir el conjunto de reglas, necesarias para realizar las estrategias u operaciones de mantenimiento según el análisis RCM (realizado conjuntamente con los expertos de operación, mantenimiento e Ingeniería). En la Figura, se especifica las relaciones y dependencia que existen entre los diferentes elementos considerados por el RCM, tales como estados funcionales, fallas funcionales, equipos, modos de falla, entre otros.

2.2 Variable Difusas y Conjuntos Difusos

En esta sección, se define el conjunto de variables difusas que son usadas en las reglas de control.

Es necesario mencionar que para la definición de las variables difusas se tomó en cuenta las variables de interés analizadas por los operadores y mantenedores las cuales permiten describir el estado del sistema y/o equipo de gas de proceso, cada variable difusa está relacionada con una magnitud específica localizada en planta específicamente con un instrumento de medición en específico, creando las tablas que vinculan cada una de las variables lingüísticas con los instrumentos del sistema y/o equipo, con esta tabla es posible ubicar físicamente cada variable lingüística con ayuda de la identificación (TAG) de los instrumentos asociados. Así entonces se pueden tomar variables como:

1. Temperatura.
2. Presión.
3. Humedad.
4. Vibraciones Radial y Axial.

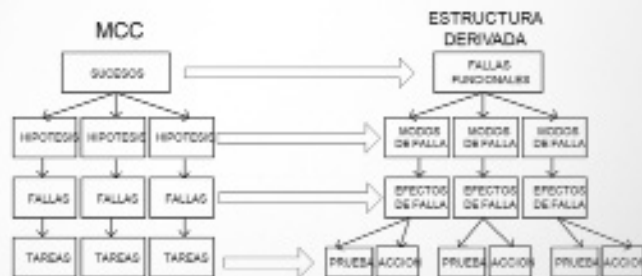


Fig. 9 Adaptación (RCM - BASE DE CONOCIMIENTO)

2.3 Reglas de Control

En esta sección se hace mención al grupo de reglas de control, que arrojarán de acuerdo a sus pesos la información a interpretar y así proceder a la obtención de las tareas de mantenimiento idóneas.

Debe mencionarse que la reducción de las reglas está orientada a la detección de estados anómalos (Anormalidades) en los sistemas y/o equipos de acuerdo a los valores lingüísticos que vayan tomando las variables difusas, de este modo la estructura general que siguen las reglas es la siguiente:

Si <Prop.1>-<OpLog...>-<Prop.N>-entonces-<Prop.Resultante>-

Las reglas de control cumplen con la finalidad de tomar las variables lingüísticas de entrada y de acuerdo a su valor lingüístico, direccionar el suceso a la variable lingüística de salida.