

# PREDICTIVA 21

Año 9 - No. 45 - Julio 2023

## Trayectoria impecable:

Conversando con Adolfo Crespo Márquez

**José Daniel Acosta**

Importancia del ángulo de fase (desequilibrio vs. flexión de eje)

**Leonardo Vieira**

Monitoreo inteligente de temperatura con control automático de estacionalidad

**Percy Ruiz**

Modelo de gestión para flota vehicular en transporte de carga terrestre

## 3 Editorial

### 4 Trayectoria impecable: Conversando con Adolfo Crespo Márquez

Lisset Chávez

### 6 La neurociencia en la gestión del mantenedor

Rubén Miranda Retamal



### 12 La Evolución Industrial “Camino a la Industria 5.0”

Ramón Alejandro Useche & Miguel Arcadio Fernández

### 19 Experiencia y liderazgo en Mantenimiento: Una conversación con Carlos Lozano, Subdirector de ICA Fluor

Lisset Chávez

### 22 Lubricación de Precisión

José Páramo

### 27 Gestión de mantenimiento, uso y abuso del concepto “Creación de valor desde la gestión de mantenimiento”

Boris Conde

### 31 ¿Cómo promover la ética, la diversidad y la inclusión?

Ivannia Murillo

### 33 Evaluación de integridad mecánica de un calentador piro-tubular de crudo pesado utilizando una metodología de inspección propuesta basada en normas internacionales

Julio Carrillo Palma

### 42 Importancia del ángulo de fase (desequilibrio vs. flexión de eje)

José Daniel Acosta Robles

### 45 Monitoreo inteligente de temperatura con control automático de estacionalidad

Leonardo Vieira

### 53 Conversación con un experto en ACR: Augusto Constantino

Lisset Chávez

### 55 Termografía II

Gernardo Vargas

### 58 El Internista de la 21

Rafael Arguelles

### 66 Sostenibilidad por medio de la eficiencia: Un plan para la industria de la refinación

Marcelo Carugo



### 74 Entrevista a Karen Posada, una experta en Planeación del Mantenimiento

Lisset Chávez

### 75 Modelo de gestión para flota vehicular en transporte de carga terrestre

Percy Ruiz Rodriguez

### 79 Mejora continua en la gestión de activos: cómo optimizar el mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos

CNT Global

### 81 Alta eficiencia en las zonas de carga de las fábricas con SMED

Richard Zamora Yansi



### 85 Proyección del impacto de la gestión de lubricación de clase mundial en la confiabilidad de activos

Marcela E. Rodríguez Montán



**PREDICTIVA21**

# EDITORIAL

## Andrés González

Editor y CEO de Predictiva21

En tiempos donde la tecnología avanza a pasos agigantados, el mantenimiento adecuado se convierte en una pieza clave para garantizar la eficiencia, la seguridad y la durabilidad de nuestros equipos y sistemas.

Hemos entrevistado a uno de los mejores científicos del mundo según la Universidad de Stanford en 2022, Adolfo Crespo Márquez, quien recibió el Premio Español de Mantenimiento de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM) en 2020. El profesor Crespo además es Director del Grupo de Investigación de nombre "Sistemas Inteligentes de Mantenimiento" en la US, Presidente de la Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento (INGEMAN) en España, Director de la Sociedad Internacional de Gestión de Activos de Ingeniería (ISEAM) con sede social en Brisbane (Australia), Miembro del Comité de Gestión de Activos de la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento (EFNMS) y Chairman del Proyecto 25 DX sobre Transformación Digital en Mantenimiento y Gestión de Activos del Foro Global de Mantenimiento y Gestión de Activos (GFMAM).

En esta edición encontrarás artículos, consejos y recomendaciones, casos de éxito de empresas que han logrado optimizar sus procesos de mantenimiento, así como algunas entrevistas con expertos de la industria.

Estamos comprometidos en seguir siendo una fuente confiable y actualizada de información. Esperamos que disfrutes esta nueva edición.

**Hagamos que las cosas pasen.**

Un abrazo grande.

### DIRECTORIO

**Andrés Enrique  
González Giraldo**

Editor y CEO de Predictiva211  
andres.gonzalez@predictiva21.com

**Enrique Javier  
González Hernández**

Fundador y Chairman de Predictiva21  
enrique.gonzalez@predictiva21.com

**Lisset Chávez  
González**

Dirección Editorial  
Coordinadora de Marketing  
lisset.chavez@predictiva21.com

**Alejandro José  
Godoy Rodríguez**

Director de Marketing  
alejandro.godoy@predictiva21.com

**Victor Zanin dos  
Santos de Oliveira**

Diseñador Gráfico  
vzanin@traction.com

**Katherine Viteri  
López**

Especialista de Marketing  
kviteri@traction.com



# Trayectoria impecable:

Conversando con Adolfo Crespo Márquez

## ¿Quién es Adolfo Crespo Márquez?

Un Profesor de la Escuela Técnica Superior (ETSI) de la Universidad de Sevilla (US), que trabaja desde hace ya muchos años en el campo del Mantenimiento Industrial y de la Gestión de Activos. En la actualidad: Director del Grupo de Investigación de nombre "Sistemas Inteligentes de Mantenimiento" en la US, Presidente de la Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento (INGEMAN) en España, Director de la Sociedad Internacional de Gestión de Activos de Ingeniería (ISEAM) con sede social en Brisbane (Australia). Miembro del Comité de Gestión de Activos de la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento (EFNMS), Chairman del Proyecto 25 DX sobre Transformación Digital en Mantenimiento y Gestión de Activos del Foro Global de Mantenimiento y Gestión de Activos (GFMAM). Editor y jefe de la Serie de Libros "Engineering Asset Management Review" de la Editorial Springer Nature. Designado "world Top Scientist" en el ranking elaborado por la Universidad de Stanford en el año 2022.

## ¿Cómo fue el inicio de su trayectoria profesional?

**Adolfo Crespo** - Trabajando como Ingeniero de Mantenimiento en una empresa de servicios en el sector minero en el sur de España. Incorporándome al poco tiempo a la ETSI de Sevilla con una beca de formación de personal docente e investigador (FPI) del Ministerio de Educación y Ciencia Español en el 1990.

**Adolfo**, es autor de 8 libros y editor de 5 libros con Springer, Aenor, IGI Global e INGEMAN, sobre Ingeniería y Gestión de Mantenimiento, Gestión de Garantías, Gestión de Cadena de Suministro y Gestión de Activos

## ¿Cuál sería el principal aprendizaje que con ello le gustaría legar a la comunidad?

**Adolfo Crespo** - Concienciar a la sociedad del valor de la eco-eficiencia en la gestión de los activos que disfrutamos en nuestros hogares, empresas y organizaciones de las que formamos parte en general. Se trata de mentalizarnos de la importancia que tiene, para una sociedad avanzada, el cuidar adecuadamente los activos durante todo su ciclo de vida, para que puedan cumplir con su función requerida y ofrecernos el servicio que de ellos esperamos durante ese período de tiempo. El estudio de la posible extensión de su ciclo de vida, la reinversión en los mismos, o su reciclaje, deben igualmente fomentarse para evitar así el consumo innecesario de recursos en un mundo donde cada vez son más escasos.

## ¿Qué es lo que más disfruta de ser profesor en la Universidad de Sevilla?

**Adolfo Crespo** - Los años pasan, pero las aulas se renuevan con gente joven que llega con ganas de aprender cosas para poder enfrentarse a la vida con conocimiento y habilidades, con mucha audacia y optimismo. El contacto con las personas en esta fase vital es quizás el disfrute mayor en nuestra profesión. Lo mismo sucede cuando uno trabaja con los colegas de nuestro grupo ante un desafío importante, ahora por ejemplo con temas relacionados con la transformación digital. También es muy gratificante, para mí, la colaboración con las empresas, con grupos diferentes de personas y con las distintas organizaciones, disfruto con el intercambio con ellas ante sus nuevos retos y proyectos.

## ¿Cómo fue para usted llegar a ser director de ISEAM (Sociedad Internacional de Gestión de Activos de Ingeniería)?

**Adolfo Crespo** - Los proyectos internacionales y las relaciones con colegas de otros países desembocan en ocasiones en compromisos que ineludiblemente debemos adquirir y cumplir. Es bueno tener representación política en estas instituciones para ayudar a su funcionamiento y para de esa forma poder llegar a atraer actividades que son de nuestro interés a nuestra zona de influencia (pongo como ejemplo el WCEAM 2022 celebrado en Sevilla). Esto permite además estar al tanto de nuevas tendencias en otros países, conocer a grandes profesionales, etc. Las instituciones funcionan gracias a las personas, estar en estos foros supone tener oportunidad de aumentar las relaciones personales y encontrar amistades duraderas. Mi experiencia ha sido muy buena en este sentido con ISEAM.

## ¿Nos puede hablar un poco sobre su experiencia como Presidente de INGEMAN (Asociación Nacional para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento en España)?

**Adolfo Crespo** - Parece que fue ayer, pero esta historia comienza en el año 2002 con una visión clara de unir voluntades para integrar investigación, transferencia tecnológica y formación en el campo de la ingeniería de mantenimiento. Al interés inicial por las técnicas de ingeniería le siguió el reconocimiento de la necesidad de establecer un "modelo de gestión o marco de referencia de gestión" que pudiera ser la identidad de la asociación, alrededor del cual se estructurasen la investigación, las colaboraciones y los cursos de formación. Esta visión define el ADN de INGEMAN, y se puede encontrar volcada en los libros del grupo, en los trabajos en los módulos de nuestro programa de formación, etc.



## **Actualmente INGEMAN ofrece un Programa de Formación Superior en Ingeniería y Gestión de Mantenimiento, ¿nos puede contar más al respecto?**

**Adolfo Crespo** - El programa se ofrece en la actualidad en una modalidad directa no presencial o presencial in-company si así lo solicitan las empresas. Se puede consultar en su contenido en (<https://ingeman.net/?op=programa&id=1>) se puede igualmente en la web consultar la visión del mismo y como se imparte con profesores que son todos doctores, además de tener experiencia profesional en el campo del mantenimiento, de más de 15 años. Los profesores transmiten sus habilidades específicas en técnicas de aplicación en cada una de las fases del modelo, participan en el desarrollo del marco de referencia y de las herramientas de soporte necesarias para su permanente actualización. El programa exige cursar tres módulos que son obligatorios más otros 5 a elegir entre distintas opciones de cursos.

## **Desde octubre del año 2003, INGEMAN ostenta la secretaría del Comité Técnico de Normalización 151 "Mantenimiento", de AENOR (AEN/CTN 151). ¿Cuáles son las últimas novedades normativas?**

**Adolfo Crespo** - En este momento sugiero a los lectores como propuesta consultar la norma UNE EN 17485:2023, de título: Mantenimiento – Mantenimiento en el marco de la gestión de activos físicos. Marco para mejorar el valor de los activos físicos a lo largo de todo su ciclo de vida. La norma introduce un soporte metodológico para el mantenimiento dentro de la gestión de activos. Esta relación entre mantenimiento y gestión de activos ya se abordaba inicialmente en la norma europea EN 16646: 2014 Mantenimiento dentro de la gestión de activos.

## **En cuanto a sus diversos proyectos de Gestión de Activos, ¿cómo ha sido la implementación de tu modelo publicado en Springer Verlag (2007, libro: "The Maintenance Management Framework")?**

**Adolfo Crespo** - Implementar este modelo de gestión sigue siendo una actividad con alta dedicación para INGEMAN. Por ejemplo, en la actualidad el modelo se está implementando en el administrador de infraestructuras ferroviarias de España (Adif), que puede perfectamente ser una de nuestras empresas con mayor número de activos (sobrepasan los 10 millones de activos). Cada uno de estos proyectos supone nuevos desafíos en sus diferentes fases. Lo mejor es el aprendizaje del grupo conforme avanzan en número las implantaciones del modelo, en diferentes sectores industriales e interactuando con organizaciones de diferentes países. Un número importante de infraestructuras críticas y de empresas con activos de alta responsabilidad y capitalización, han optado por implementar este modelo. Nada mejor que esto para poner de manifiesto su valía.

## **¿Nos podría compartir sobre algún trabajo de investigación en el que se encuentre trabajando actualmente?**

**Adolfo Crespo** - En la actualidad, un número importante de proyectos de investigación están ligados al proceso de transformación digital en las diferentes actividades de gestión de activos. Por ejemplo, en la actualidad desarrollamos gemelos digitales para diferentes sistemas/ componentes críticos de trenes, colaboramos en la digitalización de procesos críticos de taller o en la programación automática de flotas. Otros trabajos de investigación tienen que ver con el modelado de la degradación de los activos a lo largo de su ciclo de vida, con la proyección de las reinversiones en los mismos, la estimación de sus tiempos de remplazo, etc.

## **¿Qué consejo le daría a los ingenieros que comienzan a desempeñarse en Mantenimiento y Gestión de Activos?**

**Adolfo Crespo** - Que es un muy buen momento para hacerlo, que se espera un importante desarrollo del área como consecuencia de la digitalización y lo que se denomina la "era de la cuarta revolución industrial" (4IR era), lo que supondrá una oportunidad única para encontrar trabajos interesantes y gran desarrollo profesional.

## **¿En qué invierte su tiempo libre?**

**Adolfo Crespo** - Me gusta mucho mantenerme en forma y jugar al Golf, este es un deporte que me apasiona por su técnica y por el contacto que te ofrece con la naturaleza.

# INTENSIVO 3.0

TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO EN LA INDUSTRIA 4.0

**24 AL 26 DE JULIO**



Referentes en la  
Industria

6h

Entrenamiento  
técnico avanzado



Certificado Incluido



Predyc

TRACTIAN

Regístrate  
Gratis



# La neurociencia

## en la gestión del mantenedor



**Rubén Miranda Retamal** 

Consultor Mantenimiento y Gestión de Activos  
MBA, Ing. Civil en Mecánica  
[rmirandar.65@gmail.com](mailto:rmirandar.65@gmail.com)

# Llevo bastante tiempo investigando el cómo mejorar el rendimiento del mantenimiento desde la perspectiva del factor humano del mantenedor.

A lo largo de 30 años, he tenido el privilegio de desarrollar esta especialidad en cada etapa y/o diferente ámbito. Vale decir, en un rol operacional, en un rol de ingeniería, en un rol de gerenciamiento de unidades de negocio y actualmente en un rol de consultor de mantenimiento y gestión de activos. Entiendo el mantenimiento como un "valor", ya que es intrínseco a la naturaleza humana. Acciones como el ejercicio corporal, la higiene personal, la sana alimentación, la actividad deportiva, el cuidado ambiental, etc., son conceptualmente de "mantenimiento". Es decir, actividades que mitigan y/o eliminan el deterioro en el tiempo y nos dan continuidad. Esto otorga, a mi juicio, una mirada nueva a esta noble disciplina.

Se refleja en el correcto funcionamiento de equipos y sistemas, pero está soportado en la gestión del ciclo de mantenimiento (planificación, programación, ejecución, análisis e ingeniería) y fundamentalmente, en el desempeño del mantenedor en todas las líneas de trabajo. Este último componente es al que, en mi opinión, no se le asigna la relevancia que tiene y no se le da una dedicación específica.

Si bien es cierto hoy en día estamos en una concepción de negocio, en donde la gestión de activos conduce a resultados de productividad, es bueno recordar el aprendizaje cuando el foco era productivo y luego de una continuidad operacional. Hasta llegar a una relación virtuosa de productividad organizacional, es decir un vector de eficiencia. Ahora bien, en el caso del proceso de mantenimiento, esta productividad deriva de tres elementos intrínsecamente vinculados.



Figura 1 – Elementos Productividad Mantenimiento



Figura 2 - Neurociencia y Mantenimiento

Observemos la realidad de lo que hay detrás del servicio de mantenimiento en la línea de producción. Es decir, de la planificación, de la calendarización, de la programación, de los imprevistos, de los tiempos de intervención, etc. Existen entre otros, una estrategia de mantenimiento inadecuada, un deficiente alcance y cobertura de pautas y una irregular periodicidad. Por otro lado, se detecta una ejecución incompleta de la orden de trabajo, prolongados tiempos de respuesta, derroche de recursos y poco uso de procedimientos. Y lo más delicado, una insensibilidad individual y grupal ante la consecuencia de estas brechas. Ante este escenario, la principal reacción histórica en la alta administración ha sido potenciar la actividad con herramientas e instrumentos tecnológicos puestos al servicio del mantenedor.

En lo técnico, apoyar con la incorporación de nuevas metodologías para la elaboración de planes y pautas de mantenimiento; para el análisis de modos de fallas; etc. Respecto de la gestión, implementar plataformas digitales de procesamiento de datos. Y en la capacitación, establecer programas circunscritos solo al saber. En el caso de equipos e instalaciones, se invierte en sensores remotos, lubricación autónoma, captura en línea de parámetros, Instrumentos de monitoreo, garantías de proveedores, etc.

Como señalaba en párrafos anteriores, toda esta modernización requiere de un involucramiento absoluto del mantenedor para acompañar la inversión.

De lo contrario, la aplicación de metodologías queda incompleta y no se aprovechan totalmente las tecnologías. Como la actividad de mantenimiento es una interacción permanente de personas, de diferente carácter, segmento etario y sensibilidad, debemos hacernos las preguntas clave respecto del mantenedor. Esto es, si comprende el beneficio; si está adoptando las herramientas; si está utilizando los instrumentos; si se está adaptando a las nuevas formas de trabajar; y si asocia su propio beneficio. Aquí es donde aparece la “neurociencia” como rama científica de apoyo. Ya que la adopción y adaptación hacia “lo nuevo”, requiere modificaciones en la forma de trabajar y estos cambios requieren una gestión específica y focalizada en los mantenedores como individuos y grupo de trabajo.

**Plantearnos el trabajar el cerebro emocional para involucrar el compromiso y sentido de pertenencia.**

La neurología propone que, por defecto, el estado natural del ser humano es el de estar alerta y a la defensiva por una condición de supervivencia, lo que bloquea el cerebro cognitivo. Por el contrario, para funcionar razonablemente, debemos estar en un estado de confianza, de sentirse bien, lo que permite una apertura mental. Para favorecer el paso a este último estado, debemos hacer un trabajo emocional cognitivo orientado al buen desempeño. El “trabajo en equipo” requiere a su vez de un “equipo de trabajo”; y ambos conceptos deben coexistir armónicamente entre lo técnico y humano en torno a un objetivo común. El factor humano de los mantenedores, a su vez, asocia tres aspectos: La “Conexión” para iniciar una actividad; La “Relación” social para interactuar; y

La “Identificación” con la función y su área de trabajo. Para conectarnos debemos trabajar los estados de ánimo y para ello existen elementos de neuroliderazgo que producen un escenario de participación. Para relacionarnos debemos trabajar las habilidades sociales y para ello existen elementos de neurolingüística que producen un escenario de interacción. Para identificarnos debemos trabajar la razón del hacer y para ello existen elementos de neuromarketing que producen un escenario de pertenencia. Como en la mayoría de los procesos de cambio, para aterrizar esta propuesta basta estructurar las conductas laborales y sociales existentes; y transformarlas en el mediano plazo en hábitos de comportamiento en el trabajo.

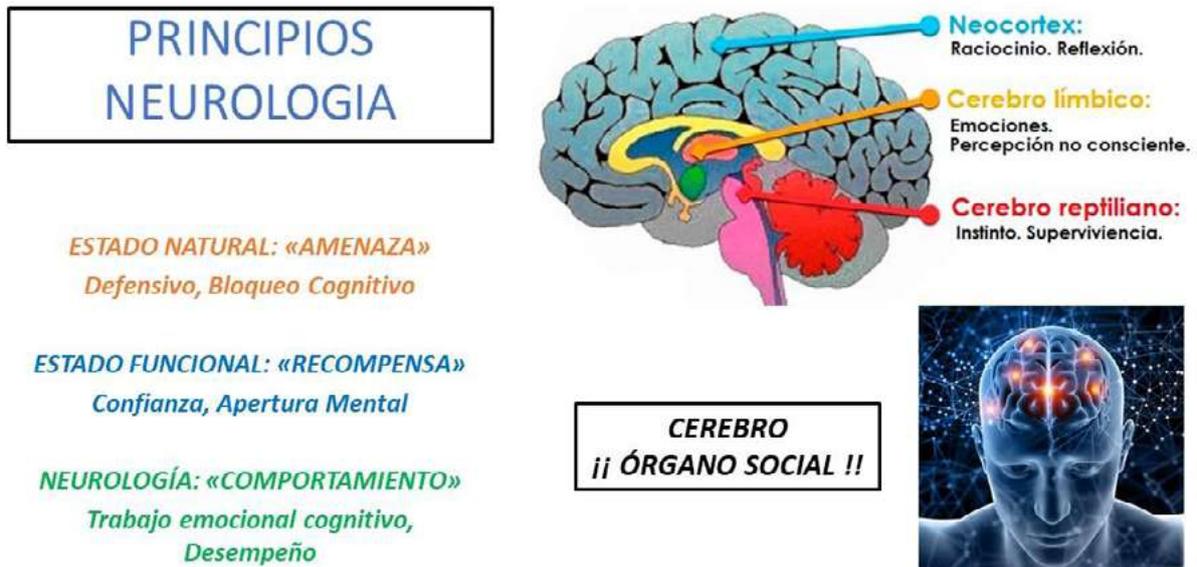


Figura 3 – Principios Neurología

Para “conectarse”, hay que darse el tiempo de identificar estados de ánimo presentes con un saludo cordial por el nombre, luego, centralizar un estado de ánimo común de participación con una noticia o anécdota positiva, hablar de los avances antes de lo que falta, agradecer cada acción de colaboración, reconocer el buen trabajo, establecer un sentido de equipo hablando en primera persona plural, darle a toda comunicación el carácter de conversación, distribuir equitativamente el trabajo, permitir y destacar la toma de decisiones, incentivar la intervención a través de preguntas sencillas, pero claves, compartir oportunamente la información de la organización, promover la propuesta individual recogiendo opiniones del cómo lo haría él, aceptar y administrar los errores. Promover la empatía funcional y el sentido de mutua necesidad y conocer a la persona, ampliando otros planos perceptibles como la familia, pasatiempos, etc.

Para “relacionarse”, es fundamental asegurar la transferencia de información en el grupo y el área de trabajo. Vale decir, que lo que se hable sea lo mismo que lo que se escuche, para establecer un pensamiento y concentración común; utilizar un lenguaje de colaboración dando un sentido de equipo al grupo, el escuchar significa prestar atención; oír; e interpretar empáticamente el mensaje. Comunicar fuerte y claro, estando de frente y mirando a los ojos. Acompañar la información con una gesticulación moderada. Mostrar sensibilidad con la situación, inculcar la solidaridad laboral, referida al sentido de apoyo y colaboración, en el trabajo en equipo, asegurar el entendimiento de conceptos clave en torno a la materia, resaltar el rol que cumple cada mantenedor en su función y la cadena virtuosa hacia el objetivo, transmitir confianza demostrando credibilidad en el hacer, en lo posible rotar las funciones dentro del área para promover la empatía laboral y la dependencia mutua e incorporar desde el inicio al mantenedor en el desarrollo de nuevas metodologías de trabajo.

Para “identificarse” con el área y grupo de trabajo, debemos sensibilizar al mantenedor con la razón de ser de lo que se hace en cada función; asociar e ilustrar el beneficio social del producto o servicio del cual es parte. Es decir, el valor de ser parte de una organización que los hace mejor persona, profesional y con un consecuente sentido de equipo. Fortalecer el concepto de empleabilidad por sobre el de polifuncionalidad, vale decir, una mirada interna del “cómo crezco” versus

una mirada externa del “para que sirvo”. Considerar las expectativas laborales, orientando y apoyando el desarrollo de carrera. Reconocer y felicitar nuevas habilidades adquiridas. Incentivar la identificación de un sello distintivo del mantenedor en su función y a partir de ello, una propuesta individual de valor al grupo y área de trabajo.



**Figura 4 – Neurociencia Aplicada al Mantenedor**

Estudios referenciales (Prosci Global Affiliate Network), muestran que el involucrar desde un inicio el uso y adopción de la tecnología por parte del trabajador, contribuyen en un 73% a que se logre el retorno de la inversión en tecnología. Por otro lado, los proyectos operacionales que abordan el modo de trabajar de las personas alcanzan en un 94% sus beneficios esperados. Esto permite extrapolar que el uso de herramientas de neurociencia en la gestión del mantenedor mejora el cumplimiento del plan de mantenimiento, del programa de mantenimiento, de la orden de mantenimiento, del registro de información, de los análisis de fallas, de programas de actualización de estrategias de mantenimiento, etc. En consecuencia y en el mediano plazo, incidirán positivamente también en la confiabilidad operacional, reflejada en la Disponibilidad, TMEF, TMED y TMPR.

Recapitulando, las prácticas señaladas apoyadas en neurociencia rompen todo paradigma etario y cultural. Nos ayudarán a conectarnos, relacionarnos e identificarnos activamente con el mantenimiento operacional. Convergemos a estados de ánimo productivos, que permitirán manejar el estrés, concentrarse y mejorar la capacidad participación y análisis para enfrentar dificultades y solucionar problemas. A partir de esto, entender y aceptar nuevas formas de trabajar, convencer del beneficio de tecnologías modernas y utilizar al máximo la inversión en herramientas de gestión, concientizar al mantenedor de las consecuencias del buen resultado, pero también del mal resultado, motivar el buen desempeño asociándolo a la identidad organizacional y generar habilidades orientándolas hacia la empleabilidad.

Para concluir, este nuevo gran escenario contribuirá a la tan ansiada continuidad funcional de equipos y sistemas. Tiempos de intervención en mantenimiento más certeros y creíbles, lo que redundará en el rendimiento propio del mantenimiento y la productividad de la organización.

Debemos recuperar al mantenedor y su sentido de pertenencia, mantenimiento es intrínsecamente un equipo de personas y esto significa considerar el cerebro emocional.



**Bibliografía:**

Introducción a Change Management by Faculta Prosci;  
 Change Management ROI Calculation Guide by Faculta Prosci;  
 Cómo manejar la Resistencia al Cambio en las organizaciones, Víctor Romero, Prosci;  
 Managing with the Brain in Mind, Estrategy Business, David Rock;  
 Los Tres Cerebros del Líder - Dr. Lucas Canga;  
 Neuroemprendimiento, ALAEX, Carmen Suárez, Javier Jaime;  
 Identifying and managing the impact of NeuroLeadership during organisational change, Casper Badenhorst;  
 Sistema B y las Empresas B en América Latina, María Emilia Correa, CAF;  
 Indicadores de productividad en una empresa, Work Meter.

# LA EVOLUCIÓN INDUSTRIAL “CAMINO A LA INDUSTRIA 5.0”

El mundo vive en un constante debate entre la productividad y la sostenibilidad, para llegar a este punto hemos pasado por muchas etapas interesantes de ensayo, error y aprendizaje. Muchas veces cuando terminamos de aprender o aplicar alguna tecnología resulta que ya está obsoleta, entonces hay que volver a empezar, esta carrera no terminará, es el precio de la búsqueda de la excelencia, es una maratón sin descanso.



**Ramón Alejandro Useche**

Consultor Funcional de Gestión de Activos en CTN Global  
MBA, Ing. Civil en Macánica



**Miguel Arcadio Fernández Gutiérrez**

Senior Consultor SAP PM

La Industria 4.0 nació como una iniciativa Europea que implica la promesa de una nueva revolución industrial que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarían en las organizaciones, las personas y los activos. Esta revolución está marcada por la aparición de tecnologías como la robótica, el análisis avanzado (AA), la inteligencia artificial (IA), las tecnologías cognitivas (ML), la nanotecnología y el Internet of Things (IoT), entre muchos otros. En algunos casos llevo a la automatización radical, la reducción de costos a veces exagerada y por ende la eliminación de plazas laborales a nombre de la optimización de procesos y la automatización. En cierta medida, se ha hecho competir al ser humano con las máquinas, desplazando al primero de una multitud de escenarios que en algunos casos elimino procesos de apoyo, por considerarlos improductivos, llegándose al punto de entendernos con una máquina que genera datos inteligentes constantemente pero que carece de la capacidad del análisis humano, trayéndonos al mundo moderno actual.



Una nueva propuesta nace en el año 2021 una época que se viene alternando ante la aparición de la primera pandemia del mundo moderno que nos hizo entrar en largos periodos de confinamiento, el afianzamiento del HomeOffice, entre otros cambios trascendentales que nos ocurrieron. Esta propuesta se centra en tres elementos clave: el ser humano; la sostenibilidad medioambiental y la resiliencia. Debemos colocar la investigación y la innovación al servicio del objetivo de lograr una industria sostenible, con centro en el ser humano y resistente.



# Talento humano

En lugar de tomar la tecnología emergente como punto de partida y examinar su potencial para aumentar la eficiencia, el enfoque de la Industria 5.0 está centrado en el ser humano. En lugar de preguntar ¿qué podemos hacer con la nueva tecnología? debemos preguntarnos ¿qué puede hacer la tecnología por nosotros? Debemos asegurar que el uso de las nuevas tecnologías no afecte los derechos fundamentales de los trabajadores, clientes y partes interesadas, como el derecho a la privacidad, la autonomía y la dignidad humana. El desarrollo del talento humano pasa una gestión centrada en dotar escenarios para crear un buen ambiente laboral. Estas son algunas sugerencias para preparar a su empresa hacia la Industria 5.0:

**Establecer los procesos** tomando en cuenta a las personas que los van a ejecutar, buscar con ellos las mejores soluciones posibles a todos los retos, conocer sus fortalezas y encontrar puntos de mejora en su desarrollo que ayude y favorezca el desempeño laboral, esto se puede lograr a partir de la cooperación y no está exento de uso de la tecnología.

**Formar al personal** respetando los tiempos del aprendizaje y las necesidades empresariales, es necesario dotar a las personas de las herramientas cognitivas que les permitan ser productivos. Una empresa que forma a su personal puede disfrutar del conocimiento adquirido y nutrirse de la evolución de cada trabajador, al final el patrimonio más grande de una empresa es el conocimiento que tienen nuestros colaboradores.

**Utilizar herramientas** como la Psicología Positiva y la Programación Neurolingüística, que son enfoques que estudian científicamente como encontrar la felicidad de las personas y están orientado a construir cualidades como optimismo, ética laboral, capacidad de disfrutar y responsabilidad social, existen múltiples herramientas de coaching empresarial y desarrollo de las habilidades blandas que permiten a las empresas tener trabajadores motivados y empoderados.



**Evaluar constantemente** el desarrollo de carrera de cada trabajador, comunicarle la importancia de su trabajo y motivarlo a seguir adelante, no todo se centra en la remuneración, el reconocimiento y seguimiento de logros crea vínculos intangibles entre las personas y las empresas.

**Evaluar constantemente** el desempeño de los trabajadores en los puestos de trabajo, pero no tomarlo como un método de presión o coacción, sino más bien como una búsqueda conjunta de la excelencia, igualmente favorecer la comunicación con cada persona, informar cual aspecto se puede mejorar y escuchar de ellos cuales procesos pueden mejorar, al final la automatización de procesos e información dota de tiempo, que se puede utilizar para analizar y mejorar los mismos.

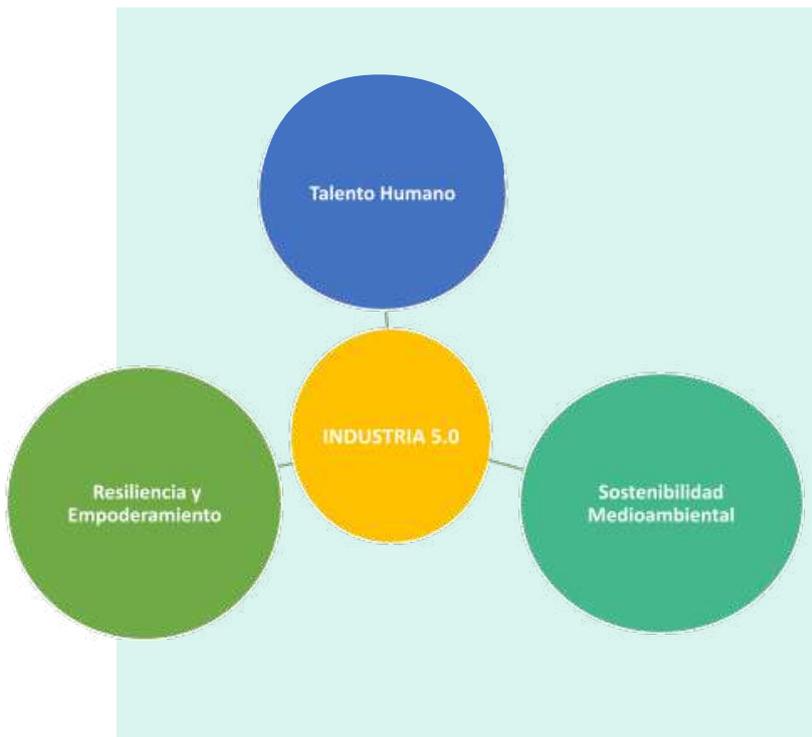
## Sostenibilidad

Para que la industria respete los límites de nuestro planeta, debe ser sostenible. Necesitamos planificar procesos en función de las necesidades del entorno y desarrollar métodos que reutilicen los recursos naturales, reduzcan los desechos y el impacto ambiental. Sostenibilidad significa reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, para evitar el agotamiento y la degradación de los recursos naturales, para garantizar las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro las necesidades de las generaciones futuras. Las tecnologías como la IA y la fabricación aditiva pueden desempeñar un papel importante aquí, al optimizar la eficiencia de los recursos y minimizar el desperdicio.

El concepto de Industria 5.0 es un concepto abierto y se encuentra en evolución, proporciona una base para un mayor desarrollo de una visión colaborativa para la industria del futuro. Estas son algunas sugerencias para preparar a su empresa o departamento para hacer posible la sostenibilidad:

**Conocer el negocio**, analizar entradas y salidas de los procesos de fabricación, establecer políticas y directrices que orienten a las personas con las partes interesadas y los entes involucrados.

**Asegurar que los procesos sean amigables** con el medio ambiente y conocer el contexto operacional, ayudara a entender el entorno ambiental, reutilizar insumos, optimizar procesos y aprender de ello, es una forma de disminuir los costos e incluso cambiar y mejorar por procesos más eficientes.



**Vigilar con atención** las emisiones, efluentes y desechos, evaluar el desempeño de los sistemas de disposición, medir el impacto ambiental como un indicador clave de desempeño.

**Participar junto a la comunidad y el entorno** en el desarrollo responsable y el aprovechamiento de espacios y recursos conjuntos.

**Evaluar el desempeño** de las tecnologías y los medios de producción, centrar en las personas las decisiones estratégicas, tácticas y operativas, basadas en datos, hechos e información.



## Resiliencia empresarial

Se refiere a la necesidad de desarrollar un mayor grado de solidez en la producción industrial, prepararla contra las interrupciones y asegurarse de que pueda proporcionar y respaldar infraestructura crítica en tiempos de crisis, favorecer la continuidad operativa y la confiabilidad operacional, estar preparados para asumir los cambios geopolíticos y las crisis naturales, como la pandemia de la COVID-19, en donde la digitalización de procesos y portabilidad de datos se convirtieron en aspectos de supervivencia. Estas son algunas sugerencias para preparar a su empresa o departamento para favorecer la resiliencia:

Desarrollar cadenas de valor estableciendo procesos con estratégicas suficientemente resilientes, capacidad de producción adaptable a los cambios y procesos flexibles y eficientes, especialmente donde las cadenas de valor satisfacen necesidades humanas básicas, como la atención médica o la seguridad.

Impulsar la resiliencia proactiva, es decir, generar la capacidad y las herramientas para que la persona siga funcionando bien en situaciones adversas, y que no solo sepa reaccionar ante un hecho, esto se puede lograr evaluando escenarios continuamente y planificando las respuestas tempranas.

Centrarse en la necesidad, preguntarse ¿qué requiere tu equipo de trabajo? El ser humano necesita el salario, pero también, y en especial ahora, recibir comentarios como: “lo estás haciendo muy bien”. Ese feedback genera bienestar y ‘enganche’ laboral.

Otro ejercicio básico es entender qué da motivación e impulso a largo plazo en el empleado, y ubicar actividades donde el colaborador obtenga ‘un pedacito más’ de aquello que lo haga sentir pleno.

Hay una obligación por comprender a la persona y no perder la línea de que es un ser humano que contribuye en que el negocio siga adelante.

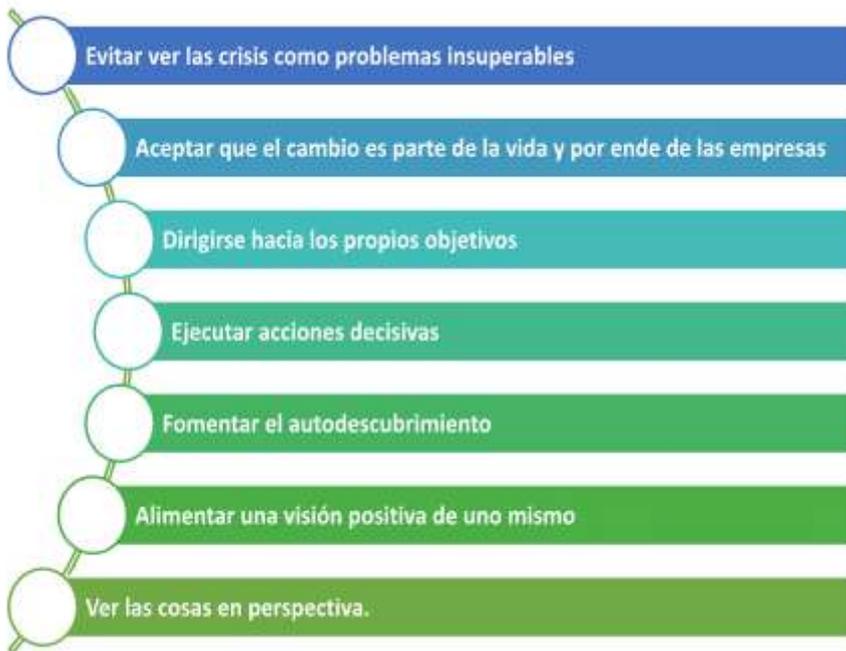
El trabajador no debe ser considerado como un ‘coste’, sino como una posición de ‘inversión’ para la empresa. Recuerde que el Capital Humano es el activo más importante que tiene su empresa.

## Resiliencia personal

Es la adaptación que tenemos como seres humanos a las adversidades, traumas, tragedias, amenazas o alguna fuente de tensión significativa dentro de los que se pueden destacar los problemas familiares o de relaciones personales, problemas de salud o situaciones de estrés laboral o financieros. A continuación, se detallan algunas sugerencias para la se resilientes personalmente

La Industria 5.0 no prescinde del uso y desarrollo de las nuevas tecnologías. Todo lo contrario, más bien trata de ponerlas al servicio de nuevos valores, más humanos y más sostenibles. Así, la Comisión Europea en su informe refiere como tecnologías clave los gemelos digitales y simulación; la inteligencia artificial; tecnologías de transmisión, almacenaje y análisis (Big data) o tecnologías para la eficiencia energética, el uso de energías renovables, el almacenamiento y la autonomía

Reconoce el poder de la industria para lograr objetivos sociales más allá del empleo y el crecimiento para convertirse en un proveedor resiliente de prosperidad, haciendo que la producción respete los límites de nuestro planeta y colocando el bienestar de los trabajadores de la industria en el centro del proceso de producción.



### Citas de la Comisión Europea en su informe publicado el 5 de enero de 2021, Se refiere a la Industria 5.0 como:

*“Ofrece una visión de la industria que va más allá de la eficiencia y la productividad como únicos objetivos, y refuerza el papel y la contribución de la industria a la sociedad”*

*“Sitúa el bienestar del trabajador en el centro del proceso de producción y utiliza las nuevas tecnologías para proporcionar prosperidad más allá del empleo y el crecimiento, respetando los límites de producción del planeta”*

*“En lugar de pedir al trabajador de la industria que adapte sus habilidades a las necesidades de una tecnología que evoluciona rápidamente, queremos utilizar la tecnología para adaptar el proceso de producción a las necesidades del trabajador.”*

### Bibliografía:

[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50_en)  
<https://tienda.digital/internet-de-las-cosas-iot-su-historia-funcionamiento-beneficios-amenazas-y-futuro/>  
<https://www.beedigital.es/tendencias-digitales/nanotecnologia-una-oportunidad-de-emprendimiento-con-mucho-futuro/>  
<https://eadic.com/blog/entrada/que-es-la-tecnologia-cognitiva/>  
<https://es.dreamstime.com/an%C3%A1lisis-avanzado-con-tecnolog%C3%ADa-digital-arte-de-temas-negocios-image187599725>  
<https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/que-es-la-robotica/>  
 change, Casper Badenhurst;  
 Sistema B y las Empresas B en América Latina, María Emilia Correa, CAF;  
 Indicadores de productividad en una empresa, Work Meter.



Solicita una  
demostración  
gratuita.

SENSOR IoT  
**Smart Trac**

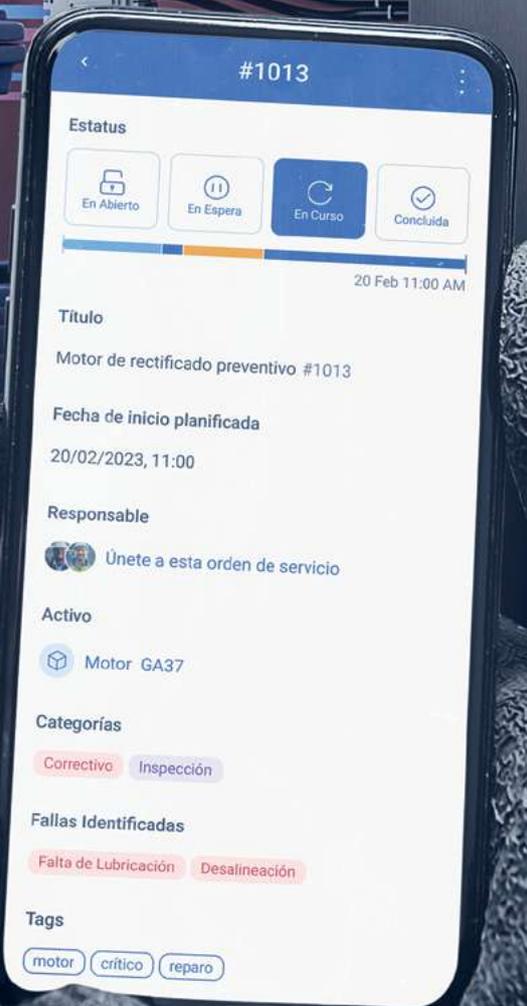
Monitoreo online

SENSOR IoT  
**Energy Trac**

Gestión de la energía

CMMS  
**TracOS™**

Gestión de activos



**TRACTION**  
traction.com/es

# Experiencia y liderazgo en Mantenimiento:

## Una Conversación con Carlos Lozano, Subdirector de ICA Fluor O&M

Entrevista por Lisset Chávez

### Cuéntanos un poco sobre ti

**Carlos Lozano** - Soy colombiano, casado, con 2 hijos ambos profesionales. Me considero una persona normal y podría decir que afortunada; tanto por la familia que tengo, como por la trayectoria profesional a lo largo de mi carrera. Como hobbies tengo el futbol, y el golf; este último un deporte que me apasiona porque logra desconectarme del día-día. Últimamente he incursionado en el negocio de criador de ganado de la raza Gyr.

### ¿Cómo ha sido tu trayectoria profesional?

**Carlos Lozano** - Soy Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional de Colombia, con más de 35 años de experiencia en contratos de Operaciones y Mantenimiento, con postgrado en Administración EMBA de la Universidad de los Andes en Colombia.

### ¿Dentro de que áreas te has desempeñado en tu trayectoria?

**Carlos Lozano** - Comencé mi trayectoria como Ingeniero en la construcción de uno de los oleoductos más importantes en Colombia; el Caño Limon Coveñas. En este mismo proyecto ya en operación pude involucrarme como jefe de operaciones de una estación de bombeo, como ingeniero de oleoducto.

Mi ingreso a las tareas de Mantenimiento tuvo lugar en el 1987 cuando fui parte de Ecopetrol en Colombia como supervisor de mantenimiento mecánico, labor que desempeñé por 5 años, logrando éxitos tales como el rediseño del sistema de bombeo de una de las estaciones del oleoducto, dado que se encontraba en el límite de demanda de potencia del motor que se tenía como unidad motriz.

Posterior a esto tuve la oportunidad de trabajar con grandes empresas en Colombia como Occidental de Colombia y British Petroleum (bp), siempre siendo parte del equipo de mantenimiento de la empresa dueña de los



activos. Para 1998, se presenta un cambio importante en mi vida laboral, continuo en las labores de mantenimiento, pero en este caso como contratista para empresas como bp, Ecopetrol, Dow Chemical, Abocol, Linde, Exxon Mobil, en Colombia; ITHACA, Shell, TAQA, en UK, Pluspetrol en Perú de la mano de Wood Group, hoy día Wood PLC.

Desde el 2013 a la fecha estoy vinculado con empresas de Fluor, inicialmente MASA-STORK en Colombia y desde el 2017 en ICA Fluor, en donde estamos desarrollando la unidad y el negocio de Operaciones y Mantenimiento al interior de esta importante empresa; normalmente reconocida por su extensa experiencia en el mercado del IPC. En México hemos tenido la oportunidad de prestar servicios de Operación, Mantenimiento y Proyectos de Small Capital, para empresas del sector minero, petroquímico, manufactura, farmacéutico, almacenamiento de combustibles, petróleo & gas entre otros.

He tenido la fortuna de iniciar como supervisor de mantenimiento mecánico, de allí fui escalando posiciones pasando por; líder de mantenimiento, Gerente de Mantenimiento, y llegando a ser Gerente/Presidente de empresas que ofertan servicios de Operaciones y Mantenimiento para todo tipo de Industrias.

## Platícanos sobre ICA Fluor.

**Carlos Lozano** - Para nadie en México es desconocida la importancia que ha tenido ICA Fluor en el desarrollo de la industria del país, siendo la compañía IPC más grande del mercado, hoy día participando en proyectos tan importantes como la construcción de la refinería Olmeca ubicada en Dos Bocas, Tabasco y las mejoras de las refinerías de Tula, Hidalgo y Salina Cruz, Oaxaca. De igual forma se están desarrollando actualmente proyectos en la construcción de plantas de LNG en Baja California y terminal de Etano en Veracruz.

Como parte de sus capacidades; ICA Fluor cuenta con patios de fabricación en el área de Tampico, Tamaulipas, con el fin de satisfacer el mercado de la fabricación modular.

Desde el 2017, ICA Fluor incluye en su plan estratégico la prestación de servicios de Operaciones y Mantenimiento en México, creando la empresa ICA Fluor Operaciones y Mantenimiento; 100% ICA Fluor. Para esta decisión se tuvo como fundamento la experiencia y el soporte de compañías de Fluor en este segmento de servicios y como foco; permanecer en las plantas construidas durante la vida de los activos. Es decir; no terminar la relación comercial con el cliente en el momento en que termina la construcción de la planta, es mantenernos como aliado durante la vida del activo, prestando los servicios de antes mencionados. Podemos ayudar a nuestros clientes desde la fase de definición de la estrategia de mantenimiento, durante la ejecución del mantenimiento, el desarrollo e implementación de mejoras, hasta el desmantelamiento. Una de las ventajas de pertenecer a ICA Fluor es que contamos con vasta experiencia en Ingeniería Procura y Construcción, la cual ponemos a disposición de los clientes a través de una sola compañía, para el desarrollo de proyectos que llamamos de capital; normales en cualquier planta en operación.

## ¿Cómo fue para ti llegar al puesto de sub-director de una empresa reconocida en México, Centro América y el Caribe?

**Carlos Lozano** - Para el 2017 era clara la estrategia de ICA Fluor de incursionar en el negocio de servicios de Operación y Mantenimiento, yo me encontraba trabajando en Colombia para Stork y se decidió mi venida a Mexico para iniciar este proyecto. A la fecha contamos con contratos en el sector minero, petroquímico, terminales de combustible, farmacéutico, al igual que hemos trabajado con el sector de manufactura de bienes de consumo. Suministrando servicios de Ingeniería de plantas, IPC, Construcción, Operación, Mantenimiento (Ingeniería, ejecución, Confiabilidad), Gerencia de proyectos.

## Uno de sus valores como empresa es la sostenibilidad ¿qué planes o actividades sostenibles realizan?

**Carlos Lozano** - ICA Fluor opera con responsabilidad en su entorno y todas sus partes interesadas. El desarrollo sostenible es uno de los objetivos dentro de los proyectos que realizamos.

En la actualidad es una obligación de las empresas actuar con ética e integridad y esto va de la mano con el reconocimiento del impacto de nuestras operaciones y velar por las generaciones futuras en los diferentes ámbitos de la sostenibilidad. El desarrollo sostenible requiere que nuestros proyectos cubran un enfoque social, medioambiental y económico con el objetivo de generar el menor impacto posible hacia el futuro. Implementar la consciencia de Sostenibilidad en las operaciones de la empresa es una obligación y no una tendencia, así como es el actuar con ética e integridad. Dentro de ICA Fluor se cuentan con una Gerencia específica que lleva las acciones de Sostenibilidad, Diversidad e Inclusión, donde inicialmente se sensibiliza en los diferentes temas a través de capacitación, conferencias y talleres específicos y con diversas campañas que se llevan a cada uno de nuestros proyectos.

Algunas de los Programas de mayor relevancia son las de Diversidad e Inclusión, Programa contra el acoso y hostigamiento, Programas ambientales de cuidado de recursos naturales y Programas de finanzas personales. Asimismo, contamos con un valioso grupo de cuerpo de voluntarios, nuestros Grupos de Recursos de Empleados, quienes tienen una labor de emisarios de los valores de Sostenibilidad tanto en Oficina Matriz como en los Proyectos y tienen un Programa de Trabajo con objetivos e iniciativas específicas, impactando desde diferentes frentes a las partes interesadas, como el personal, sus familias y las comunidades.

## Las acciones de sostenibilidad avalan a ICA Fluor bajo lo siguiente:

Adhesión al Pacto Mundial de Naciones Unidas sus Objetivos de Desarrollo Sostenible;

Certificada bajo la norma mexicana de Igualdad Laboral y No Discriminación;

La obtención del distintivo de Empresa Socialmente Responsable.

## ICA Fluor cuenta con un pacto con la ONU, plátcenos un poco de qué trata y cómo lograrlo.

**Carlos Lozano** - El Pacto Mundial es una iniciativa a nivel internacional en donde las empresas alinean sus estrategias y operaciones con los Diez Principios Universales sobre Derechos Humanos, Estándares Laborales, Medio Ambiente y Anticorrupción y toman medidas que promueven los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En septiembre del 2021 decidimos unirnos como empresa adherida al Pacto Mundial porque nos diferenciamos de la competencia, atraemos más inversionistas, generamos alianzas y valor de marca, así como el posicionamiento a nivel nacional e internacional, y por ende nos lleva a ser más rentables y resilientes, además de alcanzar metas sostenibles en nuestros procesos y estrategia corporativa.

**Los compromisos de ICA Fluor con el Pacto Mundial: Evaluar, definir, implementar, medir y comunicar su estrategia de Sostenibilidad a través de los Diez Principios de Pacto Mundial; Guiar con valores y principios en Derechos Humanos, Laborales, Ambientales y Anticorrupción; Minimizar los impactos negativos y maximizar los impactos positivos hacia nuestros grupos de interés y hacia el planeta mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible; Alinear nuestras actividades con la iniciativa a nivel internacional de las Naciones Unidas para sensibilizar sobre la Agenda 2030 y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

Para nosotros pertenecer al Pacto Mundial nos ha permitido compartir Experiencias y Conocimientos con otras organizaciones a nivel sectorial, regional, nacional e internacional, al ser una empresa internacional y pertenecer a esta iniciativa tenemos interacción con muchas empresas que también están adheridas.

Hemos participado en varios programas estratégicos para nuestra empresa como el SDG Ambition, (Sustainable Development Goals) El Acelerador de Equidad de Género Acción por el Clima ICA Fluor publicó su primera Comunicación al Progreso (COP) el 21 de junio del 2022 y en junio de este año, será su segundo año consecutivo para publicar este compromiso con la Sostenibilidad.

### ¿Cuál es el futuro que visualizas de ICA Fluor Operaciones y Mantenimiento en México?

**Carlos Lozano** - ICA Fluor Operaciones y Mantenimiento será la empresa aliada, líder en la prestación de servicios de operación y mantenimiento, Proyectos de capital pequeño "Small Capital Projects"; a clientes en todos los sectores industriales presentes en México.

### ¿En qué inviertes tu tiempo libre y cuáles son los planes para Carlos del futuro?

**Carlos Lozano** - Entre los planes a futuro, me gustaría ver consolidado el negocio d O&M en ICA Fluor, vamos en el camino correcto, pero aún falta un trecho por recorrer. Cuando puedo juego Golf, como lo indiqué antes; es un deporte que me logra abstraer del día-día. Camino, trato de hacerlo 3-4 veces por semana. Me gusta ver TV. Igualmente, a futuro regresar a Colombia y pasar más tiempo con la familia.





**José Páramo** 

Presidente y Fundador del Grupo Techgnosis  
(MLT I, MLA III, RCT I, RCT II, RCT III, RCT IV y RCT V)  
MBA, Ingeniero  
[joseparamo@grupo-techgnosis.com](mailto:joseparamo@grupo-techgnosis.com)

# LUBRICACIÓN DE PRECISIÓN

Selección y Cálculo de Viscosidad para Aceites de Transmisiones Industriales con  
Fórmula de Crook & Archard y con la Ecuación Ubbelohde-Walter



## Hay varios métodos para determinar la viscosidad correcta del aceite para lubricar transmisiones industriales, tales como: AGMA-9005-E02, Método de Errichello, etc.

En este artículo ejemplificaremos el uso de la Fórmula de Crook & Archard y de la Ecuación Ubbelohde-Walter.

De acuerdo a OEM 's de Clase Mundial, así como instituciones académicas y de investigación de reconocido prestigio internacional, la lubricación incorrecta de los activos representa hasta el 53 % de las causas raíz de falla de los mismos, de aquí que el asegurar la lubricación correcta es fundamental para incrementar la confiabilidad de los activos e incrementar el ciclo de vida de los mismos.

# Fórmula Crook & Archard

$$Vg = h2 / (0.1089*d2*np*((mG/(mG+1))))$$

### Donde:

**Vg** = Viscosidad en cSt a la TO (Temperatura de Operación en °C)

**h** = Espesor de la película lubricante en micro pulgadas. Se tiene la lubricación óptima (regímenes EHL a EHD) con  $\lambda = 4$ , lo cual se obtiene cuando  $h = 1000$  micro pulgadas

**d** = diámetro de paso del piñón en pulgadas,  $d2$  es el diámetro elevado al cuadrado

**mG** = La relación del diámetro del inducido entre el diámetro del motriz (piñón)

**$\lambda$**  = espesor de la película lubricante / rugosidad compuesta de las superficies ( $\sigma$ )

**$\sigma$**  = Raíz cuadrada de ( $\sigma1*\sigma1 + \sigma2*\sigma2$ )

**$\sigma1$**  = Rugosidad absoluta de la superficie 1

**$\sigma2$**  = Rugosidad absoluta de la superficie 2

### Caso:

Descripción: un moto-reductor se va a lubricar con un aceite mineral de viscosidad ISO 100. El motor gira @ 1800 RPM. La transmisión tiene engranes de acero, el diámetro primitivo del motriz (piñón) es de 18 cm, el diámetro del engranaje inducido es de 54 cm. Contexto operacional: temperatura del aceite en el reductor es de 60 °C

### Preguntas:

Calcular el espesor de película que se tiene con ese aceite  
**¿Es suficiente ese espesor para evitar la fricción entre los dientes de los engranajes?**

**¿Qué viscosidad ISO recomienda?** NOTA: Datos de aceites de otras viscosidades (alternativas de uso): ISO 100 (100 cSt @ 40 °C y 11.2 cSt @ 100 °C), ISO 150 (159 cSt @ 40 °C y 14.7 cSt @ 100 °C), ISO 220 (224 cSt @ 40 °C y 19 cSt @ 100 °C), ISO 320 (320 cSt @ 40 °C y 24.1 cSt @ 100 °C), ISO 460 (501 cSt @ 40 °C y 30.6 cSt @ 100 °C) y un ISO 680 (701 cSt @ 40 °C y 39.2 cSt @ 100 °C).



**Respuestas 1 y 2:**

@ 40 °C, un aceite ISO 100 tiene 100 cSt de viscosidad, pero @ 60 °C, es necesario determinar su viscosidad, dado que será menor, recordar que "a mayor temperatura, menor viscosidad y viceversa". Procedamos entonces con el cálculo de la viscosidad del aceite ISO 100 @ 60 °C (se utiliza la Ecuación Ubbelohde-Walter):

$$\log \log (V + 0.7) = A - B \log T$$



En donde: V es la viscosidad en cSt, T es la temperatura en °K y A y B son constantes.  
NOTA: °K = °C + 273.15

Sustituyendo datos para el aceite ISO 100:

$$\log \log (100 + 0.7) = A - B * \log (40 + 273.15) - \text{Ecuación 1}$$

$$\log \log (11.2 + 0.7) = A - B * \log (100 + 273.15) - \text{Ecuación 2}$$

$$0.301687 = A - 2.495752 B - \text{Ecuación 1}$$

$$0.031629 = A - 2.571883 B - \text{Ecuación 2}$$

Restando de la Ecuación 1 la Ecuación 2, obtenemos el valor de B:

0.270058 = 0.076131 B y, entonces B = 3.54728 y, de la Ecuación 1, se despeja A:

$$0.301687 = A - 2.495752 * 3.54728, A = 9.154818$$

Y entonces, la ecuación que determina el comportamiento viscosidad vs temperatura para el aceite ISO 100 es:

$$\log \log (V + 0.7) = 9.154818 - 3.54728 * \log T$$

Ahora, para determinar el valor exacto de la viscosidad del aceite ISO 100 @ 60 °C, se sustituyen valores y se despeja V:

$$\log \log (V + 0.7) = 9.154818 - 3.54728 * \log (60 + 273.15)$$

$$\log \log (V + 0.7) = 0.206308, \text{ entonces: } V + 0.7 = 0.558523 \\ \text{ y } V = 39.858523 \text{ cSt}$$

Ahora, se determinará con la Fórmula de Crook & Archard si esa viscosidad es suficiente para aportar la película mínima requerida (1000 micro - pulgadas):

$$Vg = h2 / (0.1089 * d2 * np * ((mG / (mG + 1)))) \quad d = 18 \text{ cm} \\ = \\ 7.086614 \text{ pulgadas y } mG = 54 / 18 = 3$$

39.858523 = h2 / (0.1089 \* 50.2201 \* 1800 \* (3/4)), de aquí h2 = 294279.784407 y h = 542.475607, es decir, es inferior a 1000 y, por lo tanto, esta viscosidad no es suficiente. Con esto se responden las 2 primeras preguntas planteadas.

**Respuesta 3:**

Para responder la pregunta 3, calcularemos la viscosidad de un aceite ISO 320 @ 60 °C, y posteriormente, como en el cálculo anterior, procederemos con el cálculo del espesor de película en base a la Ecuación Ubbelohde-Walter.

Sustituyendo datos para el aceite ISO 320:

$$\log \log (320 + 0.7) = A - B * \log (40 + 273.15) - \text{Ecuación 1}$$

$$\log \log (24.1 + 0.7) = A - B * \log (100 + 273.15) - \text{Ecuación 2}$$

$$0.398998 = A - 2.495752 B - \text{Ecuación 1}$$

$$0.144403 = A - 2.571883 B - \text{Ecuación 2}$$

Restando de la Ecuación 1 la Ecuación 2, obtenemos el valor de B:

0.254595 = 0.076131 B y, entonces B = 3.344169 y, de la Ecuación 1, se despeja A:

$$0.398998 = A - 3.344169 * 2.495752, A = 8.745214$$

Y entonces, la ecuación que determina el comportamiento viscosidad vs temperatura para el aceite ISO 320 es:

$$\log \log (V + 0.7) = 8.745214 - 3.344169 * \log T$$

Ahora, para determinar el valor exacto de la viscosidad del aceite ISO 320 @ 60 °C, se sustituyen valores y se despeja V:  $\log \log (V + 0.7) = 8.745214 - 3.344169 * \log (60 + 273.15)$

$$\log \log (V + 0.7) = 0.30908, \text{ entonces: } V + 0.7 = 108.997849 \text{ y } V = 108.297849 \text{ cSt}$$

Ahora, se determinará con la Fórmula de Crook & Archard si esa viscosidad es suficiente para aportar la película mínima requerida (1000 micropulgadas):

$$Vg = h^2 / (0.1089 * d^2 * \eta_p * ((mG / (mG + 1)))). \quad d = 18 \text{ cm} \\ = 7.086614 \text{ pulgadas y } mG = 54 / 18 = 3$$

108.297849 =  $h^2 / (0.1089 * 50.2201 * 1800 * (3/4))$ , de aquí  $h^2 = 799574.720262$  y  $h = 894.18942$ , es decir, es inferior a 1000 y, por lo tanto, esta viscosidad no es suficiente. Hagamos ahora los cálculos con un aceite de mayor viscosidad ISO:

Calcularemos la viscosidad de un aceite ISO 460 @ 60 °C, y posteriormente, como en el cálculo anterior, procederemos con el cálculo del espesor de película en base a la Ecuación Ubbelohde-Walter.

Sustituyendo datos para el aceite ISO 460:

$$\log \log (501 + 0.7) = A - B * \log (40 + 273.15) - \text{Ecuación 1}$$

$$\log \log (30.6 + 0.7) = A - B * \log (100 + 273.15) - \text{Ecuación 2}$$

$$0.431435 = A - 2.495752 B - \text{Ecuación 1}$$

$$0.174799 = A - 2.571883 B - \text{Ecuación 2}$$

Restando de la Ecuación 1 la Ecuación 2, obtenemos el valor de B:

0.256636 = 0.076131 B y, entonces B = 3.370981 y, de la Ecuación 1, se despeja A:

$$0.431435 = A - 3.370981 * 2.495752, A = 8.844567$$

Y entonces, la ecuación que determina el comportamiento viscosidad vs temperatura para el aceite ISO 460 es:

$$\log \log (V + 0.7) = 8.844567 - 3.370981 * \log T$$

Ahora, para determinar el valor exacto de la viscosidad del aceite ISO 460 @ 60 °C, se sustituyen valores y se despeja V:

$$\log \log (V + 0.7) = 8.844567 - 3.370981 * \log (60 + 273.15)$$

$$\log \log (V + 0.7) = 0.340796, \text{ entonces: } V + 0.7 = 155.516218 \text{ y } V = 154.816218 \text{ cSt}$$

Ahora, se determinará con la Fórmula de Crook & Archard si esa viscosidad es suficiente para aportar la película mínima requerida (1000 micro pulgadas):

$$Vg = h^2 / (0.1089 * d^2 * \eta_p * ((mG / (mG + 1)))). \quad d = 18 \text{ cm} \\ = 7.086614 \text{ pulgadas y } mG = 54 / 18 = 3$$

154.816218 =  $h^2 / (0.1089 * 50.2201 * 1800 * (3/4))$ , de aquí  $h^2 = 1143024.859543$  y  $h = 1069.123407$ , por lo tanto, esa sería una viscosidad aceptable (ISO 460)

**Notas:**

**# 1.** Cuando el espesor de película es muy inferior al requerido por las condiciones de lubricación EHL, entonces, se tienen condiciones de lubricación límite (BL) y en tal caso, los aditivos de extrema presión EP reaccionan con las superficies metálicas formando una capa química de sales de hierro (con fósforo y azufre, normalmente) de alta tenacidad y resistencia que permanecerán adsorbidas en las superficies para evitar el contacto metal con metal y evitar el desgaste. Lo ideal es no llegar a estas condiciones de lubricación límite (BL) y que sea la película lubricante la que permita la separación de las superficies evitando el contacto entre ellas y el consecuente consumo de aditivos y eventual desgaste.

**# 2.** Por otro lado, si la viscosidad excede ampliamente el valor recomendado de 1000 micro pulgadas, se tendrá fricción fluida, incrementándose la temperatura de operación y el consumo de la energía del elemento motriz asociado a la transmisión, normalmente, un motor eléctrico (ello ocurriría, por ejemplo, si se usara un aceite ISO 680 que excedería el espesor de película antes mencionado)

**# 3.** RCT® es una marca/patente registrada por Techgnosis International, S.A. de C.V. y por Asset Tribological Management, S.A. de C.V. en 28 países y significa: Reliability

Centered Tribology (Tribología Centrada en Confiabilidad) que es la aplicación de RCM a los modos de falla tribológicos (lubricación y contaminación de los fluidos lubricantes) de los activos que, de acuerdo a OEM´s de Clase Mundial (como SKF, FAG, Timken, NSK, Parker, Vickers, Rexroth, Bosch, Caterpillar, TotalEnergies, etc.), así como instituciones académicas y de investigación de reconocido prestigio internacional (el Instituto Japonés de mantenimiento de Plantas, el Instituto Jost en Inglaterra, el Instituto Tecnológico de Massachusetts, etc.) representan entre el 50 y el 85 % de las causas de falla de los activos. Por ello, toda mejora en la lubricación y el control de la contaminación de los lubricantes es una decisión inteligente, pues se eliminan entre ese 50 y 85 % de causas de falla de la maquinaria y equipo, normalmente, con una muy baja inversión y con una muy alta tasa de retorno de la misma.

**Bibliografía:**

José Páramo, "RCT I - Experto en Lubricación BoK ISO 18436-4 CAT I" publicado por Asset Tribological Management, S.A. de C.V., México, 2023



# Uso y abuso del concepto “Creación de Valor desde la Gestión de Mantenimiento”



**Boris Conde** 

Especialista en Operación y Mantenimiento de Instalaciones Petroleras

Innumerables veces he escuchado de la importancia del mantenimiento de planta como elemento para la creación de valor en las empresas, para entender mejor todo este tema debemos abordarlo desde el punto de vista contable financiero de la empresa y ante todo definir el concepto de creación de valor: La creación de valor es la capacidad que tienen las empresas para generar riqueza o utilidad satisfaciendo alguna necesidad, proporcionando ya sea conocimientos, ayudas o bienes a alguien que lo necesita. Para crear valor, es preciso que el rendimiento obtenido por los inversionistas supere a la rentabilidad que estos exigen. Lo que determina la creación de valor para el accionista no es exactamente la mejora de la situación de la empresa, como se afirma con frecuencia, sino que el rendimiento obtenido de las inversiones en la empresa sea capaz de superar sus expectativas. No existe una forma única para medir la creación de valor en una empresa o activo, la forma más usada consiste en calcular el valor actualizado de las rentas monetarias futuras que se prevé generará para el inversionista en un periodo de tiempo determinado, (flujo de caja o cash Flow). La dificultad de este método de valoración nace de las limitaciones para realizar unas previsiones razonables de los flujos futuros y de la imprecisión para determinar la tasa de descuento para calcular su valor actual.

Por otro lado, hay que también hacer la diferenciación entre Costo y Gasto. El Costo es la erogación de capital en todo aquello que en esencia está presente en el producto/servicio y que es recuperable directamente por los ingresos (activos, materia prima, mano de obra directa, etc.), desde el punto de vista contable, los costos tienen un tratamiento de activo y es sinónimo de inversión.

El Gasto es la erogación de capital en todo aquello relacionado con actividades de apoyo para la logística, almacenamiento, comercialización, etc. En esencia, no se espera que pueda generar ingresos directamente en el futuro dado que no están presentes en el producto/servicio. Por otro lado, las Normas Internacionales de Información Financieras (NIIF), en su publicación NIC-16 propiedad, planta y equipo, establecen el tratamiento contable para los cargos de los costos y gastos. Y dice expresamente en el párrafo 7 de la norma:

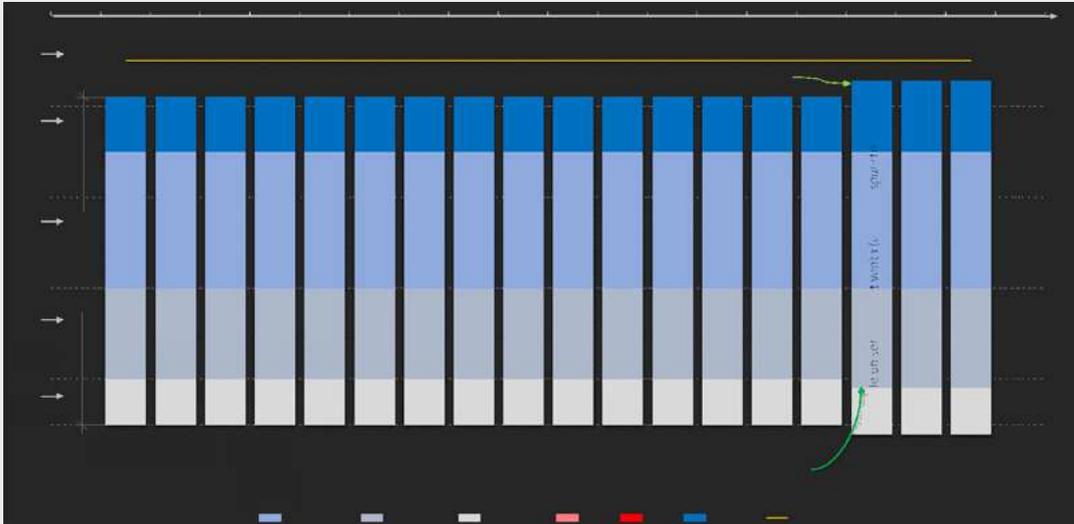


Un elemento de propiedades, planta y equipo se reconocerá como activo si, y sólo si: (a) sea probable que la entidad obtenga los beneficios económicos futuros derivados del mismo; ...

## Costos posteriores

De acuerdo con el criterio de reconocimiento contenido en el párrafo 7, **la entidad no reconocerá**, en el importe en libros de un elemento de propiedades, planta y equipo, **los costos derivados del mantenimiento diario del elemento**. Tales costos se reconocerán en el resultado cuando se incurra en ellos. Los costos del mantenimiento diario son principalmente los costos de mano de obra y los consumibles, que pueden incluir el costo de pequeños componentes. El objetivo de estos desembolsos se describe a menudo como **“reparaciones y conservación”** del elemento de propiedades, planta y equipo.

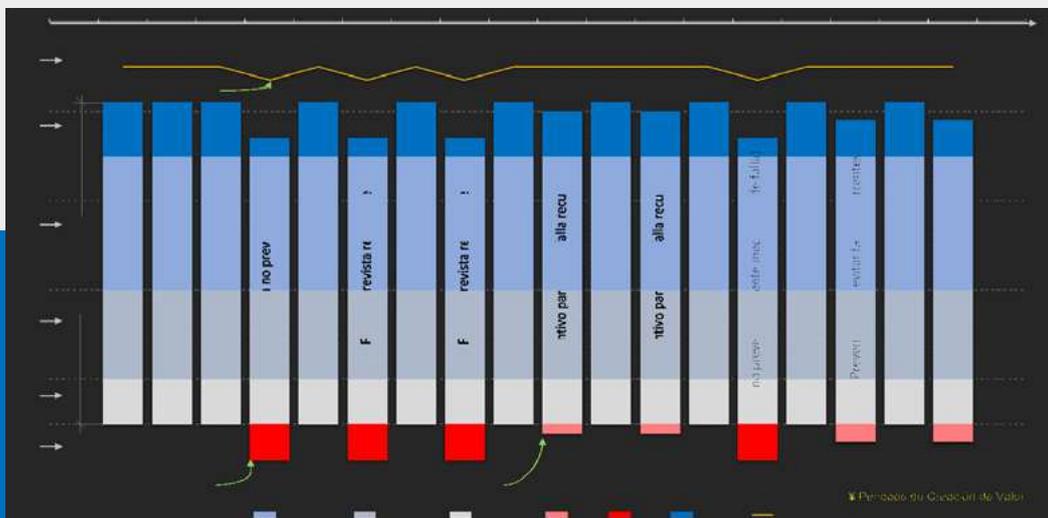
Ahora bien, conociendo lo básico de los aspectos financieros y contables del tema, presentemos lo dicho en una situación ideal para un inversionista representado en un gráfico básico de cash flow (gráfica 1):



Gráfica 01

En este escenario utópico, los costos de producción han sido optimizados para obtener el máximo rendimiento de los equipos, personal de operaciones y materias primas, además los gastos de overhead e indirectos (logística, comercialización, almacén, etc.) también han sido minimizados, teniendo una calidad del producto a comercializar del 100% y el precio de venta de los productos ha sido maximizado y aún siguen siendo competitivos en el mercado, pudiéndose obtener un 20% de margen sobre el costo del producto/servicio. Otra premisa importante es que en este escenario toda la producción está colocada. Como podemos ver en la gráfica, el flujo de caja es positivo y constante para el periodo evaluado, además en el periodo t16 se ofertó a los clientes un servicio post venta que los clientes estuvieron de acuerdo en pagar, incrementando el margen de ganancia sobre el costo del producto/servicio. Aún queda por evaluar si los beneficios obtenidos en el periodo superan la rentabilidad que exigen los accionistas para determinar si hay Creación de Valor para el accionista.

Ahora veamos una situación un poco más real (gráfica 2):



Gráfica 02

En este escenario hipotético, iniciamos con costos de producción optimizados para obtener el máximo rendimiento de los equipos, personal de operaciones y materias primas, además los gastos de overhead e indirectos (logística, comercialización, almacén, etc.) también han sido minimizados, teniendo una calidad del producto a comercializar del 100% y el precio de venta de los productos ha sido maximizado y aún siguen siendo competitivos en el mercado, pudiéndose obtener un 20% de margen sobre el costo del producto/servicio. En el periodo t4 se presenta una falla no prevista en los equipos, reduciendo la calidad del producto al 85%, se gastan recurso en la reparación, no pudiendo ser trasladados al precio final, por lo que afecta al margen. En los periodos t6 y t8 se presenta la misma situación, por lo que se decide implementar un programa de mantenimiento preventivo en horas fuera de producción para ejercer acciones que prevenga el mecanismo de falla detectado y no afectar a la producción futura, los costos de estas actividades afectan al margen, aun cuando la calidad y cantidad de los productos/servicios este al 100%.

En el periodo t14 se presenta otra falla no prevista diferente a la presentada en el periodo t4, reduciendo la calidad del producto al 85%, el programa de mantenimiento preventivo es modificado y ampliado para ejercer acciones que prevenga este nuevo mecanismo de falla detectado y no afectar a la producción futura, los costos de estas actividades de mantenimiento se incrementan y afectan al margen.

Como podemos ver en la gráfica 2, el flujo de caja es positivo para el periodo evaluado pero en los periodos t4, t6, t8, t10, t12, t14, t16 y t18, NO se logró el margen previsto (se destruyó valor) producto de las fallas y de los gastos en mantenimientos que no pueden ser trasladados al cliente final. Al igual que en el escenario anterior queda por evaluar si los beneficios obtenidos en el periodo superan la rentabilidad que los accionistas exigen para determinar si hay creación de valor para el accionista. Como vemos, el foco de atención se centra en que el accionista quiere el mayor rendimiento de su inversión, por lo tanto, para intentar asegurarse la asignación del presupuesto adecuado para el departamento de mantenimiento, se recurre a hacerle creer a los accionistas que a través del mantenimiento de planta que se puede crear valor en la empresa, acuñando frases como, el mantenimiento no es un gasto, es una inversión, sin prestar atención lo que realmente significa la creación de Valor para el accionista.

## Conclusión

Podemos concluir que aunque la gestión de mantenimiento en una planta es esencial en el éxito comercial de una empresa, debemos de internalizar las siguientes realidades:

Las empresas generan valor si satisfacen alguna necesidad, proporcionando conocimientos, servicios o productos a alguien que lo necesita y paga por ello.

El cliente no paga por que hagamos mantenimiento a los equipos, el cliente paga por producto/servicio recibido.

La empresa no gana, ni recupera capital haciendo más mantenimiento.

El mantenimiento no es una inversión, es un gasto (ver NIC-16) y por ser un gasto no crea valor, a lo sumo reduce la destrucción de valor.

El mantenimiento es un gasto asociado al proceso productivo porque garantiza la funcionalidad de la máquina que produce.

El mantenimiento como gasto tiene implicaciones indirectas en el valor y las utilidades.



## ¿Cómo crea valor Hexagon para el transporte?

Las soluciones inteligentes de Hexagon ayudan a mejorar los activos de transporte, la infraestructura, las rutas y los servicios a través de la inteligencia de ubicación, planificación y las capacidades operativas.

- Mantener redes, gestionar activos y garantizar la seguridad.
- Planificación y operaciones basadas en datos.
- Experiencia basada en la ubicación en la navegación, el seguimiento, la monitorización y el análisis.
- Suministrar energía para operaciones eficientes y seguras.

Solicita tu demo  +57 320 838 65 33

Tendencia en temas de diversidad e inclusión en los procesos de atracción de talento:

# ¿CÓMO PROMOVER LA ÉTICA, LA DIVERSIDAD Y LA INCLUSIÓN?



Ivannia Murillo 

CEO Search Latam

Quizá lo primero que quiero resaltar en este artículo es el cambio que ha habido en los últimos años en un área clave en la gestión del recurso humano en las organizaciones y es el relacionado con los procesos de atracción de talento. No es casual que haya pasado a llamarse de esa forma y no reclutamiento y selección, como algunas personas lo conocen.

Y es que este cambio va más allá de uno relacionado con la semántica, tiene que ver con la forma en que se percibe el rol del ser humano en las organizaciones. Empecemos por entender qué es el concepto de marca empleadora, comúnmente usado en su versión en inglés **"Employer Branding"**. Este hace referencia a cuál es la propuesta de valor para las personas empleadas, es decir, las empresas tienen que responder a una pregunta básica: **¿a qué nos comprometemos?**

Así como al lanzar un producto o servicio, las empresas hablan del **"Customer Journey"** y del **"Customer Experience"** en los procesos de atracción de talento hablamos del **"Candidate Journey"** y del **"Candidate Experience"**. Esto implica poner a la persona candidata en el centro de la experiencia y como protagonista del proceso. El poder ya no es de la empresa, sino de la persona candidata quien busca mejores oportunidades desde una perspectiva de mayor consciencia, información y poder de decisión.

Las redes sociales se han convertido en un canal a través de las cuales las empresas pueden potenciar su marca empleadora pero también son un arma de doble filo al democratizar la posibilidad de que quienes estén en búsqueda de trabajo puedan ser potenciadores o detractores de esta. Asimismo, quienes laboran en la empresa y quienes ya no están pueden jugar esos mismos roles, funcionando como embajadores o desertores de la marca.



La llamada escasez de talento afecta a muchos sectores, lo cual, unido al fenómeno que se ha denominado **“La gran renuncia”**, ha obligado a las empresas a cuestionarse si sus procesos de atracción de talento se han constituido en un cuello de botella para poder contar con la persona idónea en el rol o, si estos, están libres de cualquier tipo de discriminación, ayudando a potenciar la ya existente diversidad.

La diversidad es una realidad, la inclusión es una decisión. Decir que somos una empresa diversa es un pleonismo, ya que la diversidad es inherente a la humanidad. Lo que sí debemos cuestionar es cómo gestionamos esa diversidad desde una perspectiva humanista, ética y tomando como brújula los derechos humanos.

Al hablar de inclusión en los procesos de atracción de talento debemos hacernos varias preguntas: **¿A quién deseo incluir? ¿Es este grupo en condición de vulnerabilidad estratégico para la sostenibilidad de mi negocio?**

Para responder a la primera pregunta es importante aclarar que no se trata de incluir por incluir, sino de incluir a aquellas personas que yo pueda desarrollar en la organización. De lo contrario, nos convertimos en el fenómeno que he llamado **“Culturas organizacionales abortivas”**, las cuales se caracterizan por atraer, pero también por expulsar, siendo incapaces de sostener, nutrir y potenciar el talento de personas que no han sido aceptadas por la organización.

Responder a la pregunta ¿a qué grupo en condición de vulnerabilidad deseo incluir porque es estratégico para la sostenibilidad de mi negocio? pasa por identificar cuáles son los impactos positivos y negativos de mi empresa, quiénes son mis grupos de interés o stakeholders y cómo debo vincularme con estos.

Con grupos en condición de vulnerabilidad me refiero a personas con las que hemos estado en una deuda histórica: mujeres, población indígena, personas afrodescendientes, personas en condición de vulnerabilidad socioeconómica, personas mayores de 50 años, entre otras. Todas las empresas, sin excepción, privilegiamos a un grupo de la población en detrimento de otros, definimos el target al que nos enfocamos, por lo que quizá sea hora de ampliar nuestra visión y hacernos la consulta de a quién más deberíamos incluir, no solo porque es una posible persona consumidora sino porque también es un posible talento que deseamos atraer a mi organización.

A partir de dar respuestas a estas preguntas puedo diseñar una estrategia de marca empleadora que, a su vez, está ligada con la estrategia de talento que deseo para mi organización.

Ahora bien, puede que estas líneas suenen un poco filosóficas y la gran pregunta sea a través de qué mecanismos operativos esto puede ser posible. Para ello, quiero anotar algunas recomendaciones. La primera de ellas es que el ser una empresa ética, inclusiva y respetuosa de los derechos humanos no es una responsabilidad de las áreas de gestión de talento, aunque tradicionalmente así se ha creído. Esto tiene que ver con la razón de ser de la empresa y los valores que la rigen los cuales se materializan en conductas. Lo segundo es que no basta con las buenas intenciones, hay que dar pasos hacia la ejecución, la cual se puede sistematizar en capacitación, políticas, procesos y

formatos. El elevar el nivel de consciencia es un buen paso, mas no es suficiente. La gente no solo necesita saber que algo es correcto, sino cuál es la forma de hacerlo y replicarlo hasta volverlo una conducta medible, observable y desarrollable.

En mi experiencia puedo resumir algunas prácticas que sugiero replicar en sus organizaciones:

Trabajar en un modelo de comunicación inclusivo: esto va más allá del uso de ellos y ellas, candidato (a). Esto es importante más no suficiente. Debemos identificar los canales de comunicación más idóneos para los grupos a quienes queremos incluir, así como cuidar el diseño gráfico y el contenido a publicar.

Capacitar en modelo de entrevistas basada en incidentes críticos: también suelen ser llamadas entrevistas conductuales. Esto implica identificar cuáles son las competencias técnicas y blandas que pueden ayudarnos a predecir un desempeño exitoso en el puesto de trabajo, eliminando conceptos discriminatorios como la edad, el sexo, el estado civil, la universidad de preferencia, la apariencia personal y un sin número de tipos de sesgos que prevalecen en los espacios laborales.

Definir indicadores claves de desempeño: los procesos de atracción de talento deben medirse de la forma que se evalúa un embudo de ventas. En este caso iniciar con cuántas personas aplican a una vacante o muestran interés en ingresar a la empresa, a cuántas se contactaron de forma proactiva, quienes accedieron a avanzar, cuántas pasaron los filtros de entrevistas y pruebas hasta lograr identificar en qué parte del proceso tenemos mayor deserción o rechazo. A través de esta medición se puede lograr identificar dónde estamos fallando en nuestros procesos de atracción.

Crear y respetar las políticas de igualdad en la compensación: desde el inicio del proceso, la persona responsable de atracción de talento, así como jefaturas contratantes deben tener claridad de las políticas salariales y de beneficios existentes, evitando que se mantenga o, en el peor de los casos, se agrande, la llamada brecha salarial.

Encuestas de satisfacción a las personas candidatas: medir, con regularidad al menos semestral, cuál es el nivel de satisfacción de las personas que participaron en un proceso en nuestra empresa pero que no fueron seleccionadas, ayudará a tomar acciones preventivas y correctivas.

Estudios de Marca Empleadora: realizar estudios a clientes, empresas proveedoras, actuales y anteriores personas empleadas, entidades académicas, colegios profesionales, asociaciones y otros grupos de interés con el fin de identificar cómo es percibida la empresa como empleador.

Como pudieron darse cuenta estas prácticas requieren una inversión económica muy baja o nula, por lo cual hay que romper el paradigma de que trabajar la diversidad y la inclusión es un tema de empresas grandes para pensar que es un tema de grandes empresas.

# Evaluación de integridad mecánica de un calentador piro-tubular de crudo pesado utilizando una metodología de inspección propuesta basada en normas internacionales



**Julio Carrillo Palma** 

Ingeniero Senior de Confiabilidad  
en Pfizer, Rocky Mount NC, USA  
juliomcp\_1@hotmail.com



## Introducción

El transporte de crudo pesado con alta viscosidad es un desafío en la industria petrolera debido a la formación de depósitos y obstrucciones en las tuberías. Los calentadores son esenciales para reducir la viscosidad y evitar la formación de depósitos, lo que aumenta la presión y el estrés en los equipos y reduce la eficiencia del oleoducto. Mantener una temperatura adecuada también ayuda a reducir el riesgo de corrosión y otros daños en las tuberías.

El presente artículo presenta un caso de inspección de integridad mecánica en calentadores de crudo pesado, con una metodología basada en recomendaciones de normas internacionales adaptadas al contexto operacional del calentador en cuestión. Es importante señalar que la aplicabilidad de las técnicas utilizadas depende de los modos de falla esperados en el contexto operacional del activo y cualquier programa de inspección de integridad debe comenzar definiendo este contexto y los modos de falla para determinar las metodologías más adecuadas.

## Definiciones básicas

Las definiciones de términos para el calentador tubular de combustión y los mecanismos de daño, así como las técnicas de inspección y el programa de confiabilidad de tubos para calentadores, se parafrasearon de la API 573. En particular, la API 573 define los calentadores tubulares de combustión como diseños de caja, cilíndricos y de cabina que utilizan tubos radiantes y de choque para capturar calor. La selección de la metalurgia del tubo depende de los mecanismos de daño esperados y la temperatura y presión de diseño del proceso. Los mecanismos de daño incluyen corrosión interna y externa, creep, ruptura por estrés, erosión, fatiga térmica, choque térmico, fisuración y fragilización por metal líquido. Las técnicas de inspección pueden incluir examen visual, calibres fijos de diámetro, mediciones detalladas y estratificación, cerdos de inspección por ultrasonido interno, mediciones de temperatura por infrarrojos en línea y

pruebas destructivas. Un programa de confiabilidad de tubos para calentadores incluye una lista de mecanismos de daño activos y potenciales, técnicas de inspección, revisión de operaciones históricas y registros de reparaciones de mantenimiento, evaluación del impacto de operaciones y reparaciones previas en la vida restante del tubo, tareas o procedimientos definidos para minimizar el daño potencial, tasa de deterioro de los tubos, método para evaluar el impacto de los cambios de proceso en la tasa de deterioro, evaluación de la vida útil restante del tubo y un plan para reemplazar el tubo cuando sea necesario.



## Metodología

Para la inspección del calentador en cuestión, se ha dividido la metodología en cuatro aspectos fundamentales a considerar: **seguridad y herramientas necesarias, métodos de inspección a emplear, componentes específicos a inspeccionar con su categoría de evaluación y por último las cualificaciones de los inspectores encargados de realizar la tarea.**

### Seguridad y herramientas necesarias

API 573 recomienda verificar la disponibilidad, el estado de funcionamiento adecuado y la precisión de las herramientas necesarias para la inspección antes de iniciar la tarea. Además, se deben proporcionar señales de seguridad donde sea necesario para la protección del personal. Las herramientas necesarias para inspeccionar calentadores, hornos, calderas y chimeneas incluyen luces portátiles, raspadores, martillos de inspector, calibradores, reglas de acero, lupas, cepillos de alambre, plumadas y líneas, y equipos especiales para medición de espesor, como el equipo de ultrasonido.

Asimismo, otras herramientas, como el nivel de topógrafo, el equipo de inspección de partículas magnéticas, los materiales de inspección con líquidos penetrantes, el equipo de inspección radiográfica y ultrasónica, el equipo de granallado, el micrómetro, el calibrador electrónico de tensión, el endoscopio y el fibroscopio, deben estar fácilmente disponibles en caso de que sean necesarias.

### Métodos de inspección a emplear

Es fundamental destacar que, para seleccionar los métodos y herramientas adecuados de inspección para un calentador, se requiere la colaboración de un equipo multidisciplinario. Esto permitirá identificar los modos de fallo del equipo a través de datos históricos, análisis de FMEA o la opinión de expertos, en caso de no contar con información previa. Si, por ejemplo, se determina que pueden existir grietas superficiales en las soldaduras, se pueden utilizar métodos de inspección como partículas magnéticas o tintes penetrantes. Sin embargo, si las grietas esperadas son internas, estos métodos no serían efectivos ya que sólo identifican fallas superficiales. En este caso, se recomendaría la utilización de radiografía o inspección ultrasónica. Por lo tanto, el primer paso para elegir las técnicas de inspección adecuadas es identificar los modos de fallo del equipo.

Según API 573, las técnicas de inspección durante las paradas de mantenimiento son diversas y abarcan desde el examen visual hasta la metalografía y las pruebas de termopares de la superficie de los tubos. Entre ellas, es esencial realizar mediciones de espesor de pared para identificar y monitorear el daño por adelgazamiento en tuberías y tubos. Se recomienda seleccionar ubicaciones de monitoreo de corrosión en todos los pasos del tubo, prestando atención a los tubos donde ocurren cambios de fase y donde se esperan las temperaturas de metal del tubo más altas. Además, es importante registrar y comparar las mediciones de espesor con las lecturas históricas en los mismos lugares para obtener un registro preciso de la cantidad de espesor perdido, la tasa de pérdida y la asignación de corrosión restante.

El método más común para obtener el espesor de la pared del tubo es el ultrasónico, utilizando técnicas de haz recto. Es esencial limpiar adecuadamente la oxidación externa o compensar el espesor de la capa de óxido para evaluar adecuadamente las tasas de pérdida de metal. Asimismo, para detectar grietas, se utiliza el examen visual junto con el examen de penetrante de tinte y partículas magnéticas si se sospecha su presencia. API 573 sugiere que se utilice el examen de penetrante de tinte para inspeccionar componentes de acero inoxidable austenítico, mientras que las metalurgias ferríticas se examinan con partículas magnéticas.

Además, se recomienda registrar el espesor de los tubos y accesorios cuando se instalan por primera vez para obtener una línea base precisa. Para inspeccionar un calentador de crudo es necesario considerar todos los componentes de este y, preferiblemente, utilizar los métodos de inspección adecuados para detectar los modos de falla esperados. En este caso, se han utilizado las recomendaciones de API 573, que enumera los componentes necesarios para inspeccionar en un calentador de crudo.

A continuación, se muestran estos **componentes para la inspección del calentador en cuestión:**

### CARCASA E INTERNOS:

Aislamiento, refractario, Clips de aislamiento, ladrillo refractario, Puerto de vista del quemador, Sección de convección, Termopozos, Estado placa solera piso, Condición de la carcasa, Estado del revestimiento externo.

### TUBOS:

Escala externa, Corrosión externa, picaduras (describir ubicación, apariencia y profundidad), Bultos, ampollas, flacidez, Mediciones del diámetro exterior del tubo, Limpieza externa, limpieza interna, Mediciones ultrasónicas, Mediciones de dureza, inspección radiográfica, Soportes y herrajes para tubos, Estado de soldadura.

### FITTINGS:

Corrosión (incrustaciones, picaduras, acumulación). Describir la ubicación, la apariencia y la profundidad, Distorsión, Mediciones ultrasónicas, Condición del rollo de tubo, el tapón y las roscas, Estado de soldadura.

### QUEMADOR:

Corrosión (incrustaciones, picaduras, acumulación). Describir la ubicación, la apariencia y la profundidad, Condición del termopar, cubierta de guía de entrada, Estado de la teja del quemador, Apariencia de llama, Estado de la punta del quemador, Movimiento de puerta de aire primario de piloto y/o premezcla.

### CHIMENEA (GASES DE HUMOS):

Condición externa, Estado de los pernos, Aislamiento interno, refractario, revestimiento, Soportes de cables de sujeción,

Condición del amortiguador (tenga en cuenta la libertad de movimiento y el rango de movimiento), gorro de lluvia, Estado del revestimiento externo.

### FUNDAMENTO Y SOPORTES:

Estado de los soportes de hormigón, Estado del acero estructural.

**SOPLADOR:** Estado del motor del ventilador, Estado del impulsor.

Para clasificar el grado de deterioro se utilizó la siguiente categoría de evaluación según API 573. Categoría de evaluación: A = Aceptable, I = Inaceptable, NA = no aplicable, NI = no inspeccionado

### Cualificaciones de los inspectores

Para aplicar la metodología correctamente y obtener los resultados deseados es primordial que el personal que inspecciona calentadores, hornos y calderas tenga experiencia en identificar daños y utilizar técnicas de inspección apropiadas. Para el control de calidad / aseguramiento de calidad de la instalación refractaria, se recomienda contar con personas certificadas. Los inspectores deben comprender los mecanismos de daño de los quemadores, los tubos, los soportes y colgadores de tubos, los refractarios y la operación general. Los examinadores de END deben estar capacitados y calificados, y pueden requerir certificaciones adicionales. La certificación del inspector de calderas puede estar regulada por las jurisdicciones.

### Resultados de la inspección del calentador piro-tubular

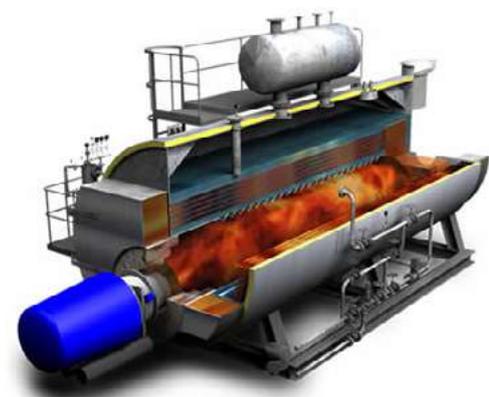
A continuación, se presentan los datos del calentador piro tubular inspeccionado

#### Datos del equipo:

**MAWP:** 7.5 BAR  
**Presión de diseño:** 5 BAR  
**Chimenea:** 2 DE 18"Ø X 6MTS  
**Capacidad calorífica:** 2.0 MMBTU/HR  
**Peso Vacío:** 5800 KGS  
**Tamaño:** 1,50MØ X 4,20M  
**Haz tubular:** 18" Ø X 4 MTS

Siguiendo la metodología de inspección previamente mencionada, se determinaron los métodos a emplear para la inspección de este calentador, teniendo en cuenta los modos de falla esperados a partir de la opinión de expertos y la información histórica disponible. Por esta razón, se excluyeron ciertos métodos de inspección (como la radiografía), mientras que se emplearon otros, como la inspección por tintes penetrantes de las soldaduras cercanas a la brida de los tubos de fuego y el uso de medición de espesores por ultrasonido en los tubos para detectar adelgazamiento. Cabe recordar categoría de evaluación: A = Aceptable, I = Inaceptable, NA = no aplicable, NI = no inspeccionado.

A continuación, se presentan los resultados de la inspección siguiendo la metodología establecida:



## CARCASA E INTERNOS

### Aislamiento, refractario:

No aplicable, calentador no posee sistema de aislamiento, se recomienda como proyecto de mejoramiento para reducir pérdidas de calor y por seguridad del personal.

Siguiendo la metodología de inspección previamente mencionada, se determinaron los métodos a emplear para la inspección de este calentador, teniendo en cuenta los modos de falla esperados a partir de la opinión de expertos y la información histórica disponible. Por esta razón, se excluyeron ciertos métodos de inspección (como la radiografía), mientras que se emplearon otros, como la inspección por tintes penetrantes de las soldaduras cercanas a la brida de los tubos de fuego y el uso de medición de espesores por ultrasonido en los tubos para detectar adelgazamiento. Cabe recordar categoría de evaluación: A = Aceptable, I = Inaceptable, NA = no aplicable, NI = no inspeccionado

A continuación, se presentan los resultados de la inspección siguiendo la metodología establecida:

**Clips de aislamiento:** No aplicable

**Ladrillo refractario:** No aplicable

**Puerto de vista del quemador:** Aceptable, no recomendación

**Sección de convección:** No aplicable

**Termopozos:** Aceptable

**Estado placa solera piso:** No aplicable

**Condición de la carcasa:** Aceptable, el recipiente se encuentra en condiciones estructurales adecuadas, sin signos de corrosión interna o externa, no corrosión tipo picaduras o de otro tipo. Los rieles y soportes interna presentaron condiciones aceptables. Por otro lado, no se evidenció acumulación de



Figura 1: Carcasa



Figura 2: Parte interna

otro tipo. Los rieles y soportes interna presentaron condiciones aceptables. Por otro lado, no se evidenció acumulación de sedimentos significativos. Ver figuras 1 y 2.

**Estado del revestimiento externo:** Inaceptable, el sistema protector de pintura mostró tizamiento, desprendimiento moderado, rayones y manchas de crudo.

## TUBOS

### Escala externa:

Inaceptable. Sistema compuesto por haz tubular doble de 18" de diámetro y 4 metros de longitud. El tubular de fuego presentó acumulación leve de sedimentos y material coquificado lo que dificultó la inspección y diagnóstico, sobre todo a una distancia de 1,60 metros medidos desde la brida frontal por lo cual se recomendó realizar limpieza manual mecánica para facilitar la evaluación de la integridad mecánica del haz tubular y detectar la posible formación de picaduras. Esta condición puede ser el resultado de exceso de temperatura en los quemadores y una extensión del tiempo de limpieza y mantenimiento del calentador. Ver figura 3.

### Corrosión externa, picaduras (describir ubicación, apariencia y profundidad):

Aceptable. Una vez efectuada la limpieza del haz tubular se realizó inspección lo cual reveló que ambos tubos y el codo se encuentran en condiciones estructurales aceptables y sin formación de picaduras que comprometan la operatividad del calentador. Ver figura 4.

**Bultos, ampollas, flacidez:** Aceptable.

**Mediciones del diámetro exterior del tubo:** Aceptable. Medido con calipers, no se encontraron problemas de redondez.

**Limpieza externa:** Inaceptable. Acumulación de sedimentos, se recomendó limpieza manual mecánica.

**Limpieza interna:** Aceptable.

**Mediciones de espesor con ultrasonido:** Los resultados de las mediciones de espesor de pared remanente con ultrasonido fueron aceptables. En los tubos 3 y 4, denominados tubos chimeneas, se obtuvieron resultados de tubos de sch STD, mientras que en los tubos 1 y 2, denominados tubos de fuego, se obtuvieron resultados de schd XS. No se encontró una variación significativa en las mediciones que pudiera representar una pérdida de espesor, ver figura 5.

En caso de haberse encontrado una reducción del espesor, como por ejemplo una pérdida del 20% o más con respecto al espesor original, habría sido necesario llevar a cabo análisis más detallados y considerar varios escenarios posibles. Por ejemplo, se podría calcular una nueva presión máxima operacional permitida, ya que la presión de diseño es de 5 bars y la presión MAWP es de 7.5, lo cual pudiera dar como opción a la recalificación de las tuberías a una presión MAWP menor siguiendo un procedimiento establecido que implicaría cambiar la presión de la válvula de seguridad. Alternativamente, se podrían reemplazar los tubos. En este caso, dado que las condiciones encontradas fueron aceptables, no

se requirió tomar ninguna acción adicional aparte de registrar las mediciones obtenidas.

**Mediciones de dureza:** No inspeccionado

**Inspección radiográfica:** No inspeccionado. Los espesores se obtuvieron con ultrasonido, no indicios de grietas o condiciones que ameritaran radiografía

**Soportes y herrajes para tubos:** Aceptable

**Estado de soldadura:** Aceptable. Se realizaron tintes penetrantes en soldaduras cercanas a la brida de los tubos y no se encontraron grietas.

## FITTINGS

**Corrosión (incrustaciones, picaduras, acumulación). Describir la ubicación, la apariencia y la profundidad:** Aceptable

**Distorsión:** Aceptable

**Mediciones ultrasónicas:** Aceptable. No se encontró variación significativa

**Condición del rollo de tubo, el tapón y las roscas:** Aceptable.

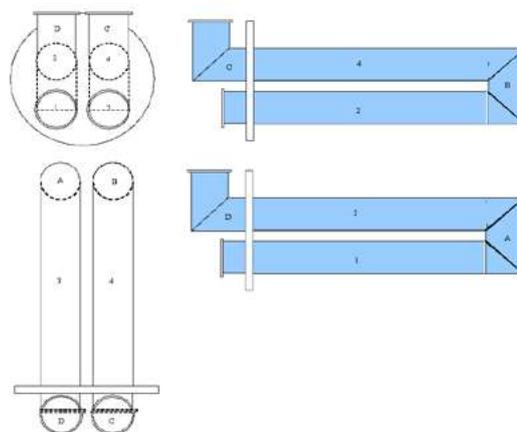
**Estado de soldadura:** Aceptable. Tintes penetrantes no revelaron defectos



Figura 3: Haz tubular previo a limpieza



Figura 4: Haz tubular después de limpieza



TUBO	MEDICIONES DE ESPESORES (mm)						PISO	SCH
	1	2	3	4	5	6		
1	12.41	12.96	12.62	12.25	12.22	11.79	12.01	XS
2	12.35	12.39	13.30	12.27	12.40	12.44	12.06	XS
3	9.26	9.23	9.49	9.23	9.89	9.22	9.14	STD
4	9.01	8.61	9.27	9.25	9.39	8.43	9.31	STD
DOZO	MEDICIONES DE ESPESORES (mm)						PISO	SCH
A	9.8	9.26	9.14	9.61	9.66	5.5	9.3	STD
B	9.34	9.23	9.16	9.24	9.3	9.29	9.27	STD

Figura 5: Mediciones de espesor utilizando ultrasonido.

## QUEMADOR

**Corrosión (incrustaciones, picaduras, acumulación). Describir la ubicación, la apariencia y la profundidad:**  
Aceptable

**Condición del termopar:**  
Aceptable

**Cubierta de guía de entrada:**  
Aceptable

**Estado de la teja del quemador:**  
Aceptable

**Apariencia de llama:**  
Inaceptable. distribución de llama no uniforme

**Estado de la punta del quemador:**  
Inaceptable. Presento taponamiento lo cual causo la distribución inadecuada de la llama y coquificación de crudo en los tubos. Se recomendó reemplazar punta y realizar limpieza de componentes del quemador.

**Movimiento de puerta de aire primario de piloto y/o premezcla:**  
Aceptable

## CHIMENEA (GASES DE HUMOS)

**Condición externa:**  
Aceptable. Compuesta por dos tubos de 18" de diámetro y 6 metros de longitud. medición de espesor de pared no mostro variación significativa.

**Estado de los pernos:**  
Aceptable

**Aislamiento interno, refractario, revestimiento:**  
No aplicable.

**Soportes de cables de sujeción:**  
Aceptable

**Condición del amortiguador (tenga en cuenta la libertad de movimiento y el rango de movimiento):**  
Aceptable

**Gorro de lluvia:**  
Aceptable. Desde el punto de vista mecánico no se encontraron deficiencias del gorro, sin embargo, existe adherencia de hollín en el gorro lo que revela combustión incompleta. Esto se encuentra relacionado a la condición del quemador. Aparte de lo recomendado para el quemador se recomienda que el equipo de instrumentación revise instrumentos, control y calibración para asegurar combustión completa.

**Estado del revestimiento externo:**  
Inaceptable. El sistema de pintura presento desprendimiento localizado en la chimenea del equipo. Se recomendó limpieza manual mecánica y aplicación de sistema de pintura.

## FUNDAMENTOS Y SOPORTES

**Estado de los soportes de hormigón:**  
Aceptable

**Estado del acero estructural:**  
Aceptable. Los apoyos y estructura base metálica presentaron condiciones estructurales aceptables, respecto al skid

muestra envejecimiento de la pintura.

## SOPLADOR

**Estado del motor del ventilador:**  
No Inspeccionado

**Estado del impulsor:**  
No inspeccionado

Después de haber cumplido con las recomendaciones establecidas durante la parada del calentador, se concluyó la inspección de campo con éxito. Una vez realizadas las acciones necesarias, se procedió a poner en funcionamiento el calentador nuevamente, y se observaron condiciones operativas aceptables y una distribución de la llama adecuada. Para asegurar la continuidad de la supervisión, se distribuyó un informe completo del proceso, incluyendo la data de mediciones de espesor y demás resultados obtenidos durante la inspección, que fueron almacenados en la base de datos para el seguimiento del historial.

### Referencias

- API 573: American Petroleum Institute. (2013). Inspección de calderas y calentadores de fuego. API Recommended Practice 573 (3ª ed.).
- API 12K: American Petroleum Institute. (2016). Especificación para calentadores indirectos de campos petroleros (4ª ed.).
- API 556: American Petroleum Institute. (2011). Sistemas de instrumentación, control y protección para calentadores de gas (2ª ed.). API Recommended Practice 556.
- API 571: American Petroleum Institute. (2011). Mecanismos de daño que afectan equipos fijos en la industria de la refinación (2ª ed.). API Recommended Practice 571.
- SSPC-SP 1: Sociedad para la Protección contra la Corrosión. (2007). Limpieza de superficies de acero mediante herramientas manuales y mecánicas. SSPC-SP 1 (4ª ed.).
- NACE RP0188: Asociación Nacional de Corrosión. (2011). Preparación de superficies de acero antes de la aplicación de revestimientos de protección contra la corrosión.

# Eleva tu gestión de mantenimiento a la nube con

## HxGN EAM Essentials



Channel partner



Conoce un poco más los términos de nuestra promoción en:  
[www.nifersa.com.mx/hexagon-eam-promo-2023.html](http://www.nifersa.com.mx/hexagon-eam-promo-2023.html)

1 Incluye un bundle de licenciamiento

2 Movilidad por usuarios nombrados

3 Módulos de:  
- Activos  
- Trabajo  
- Compras  
- Almacén  
- Mobile

4 Mayor seguridad de datos

5 Poder de la nube con AWS

6 Rápida implementación

7 Plan de pagos flexibles

# Importancia del ángulo de fase (desequilibrio vs. flexión de eje).



**José Daniel Acosta Robles** 

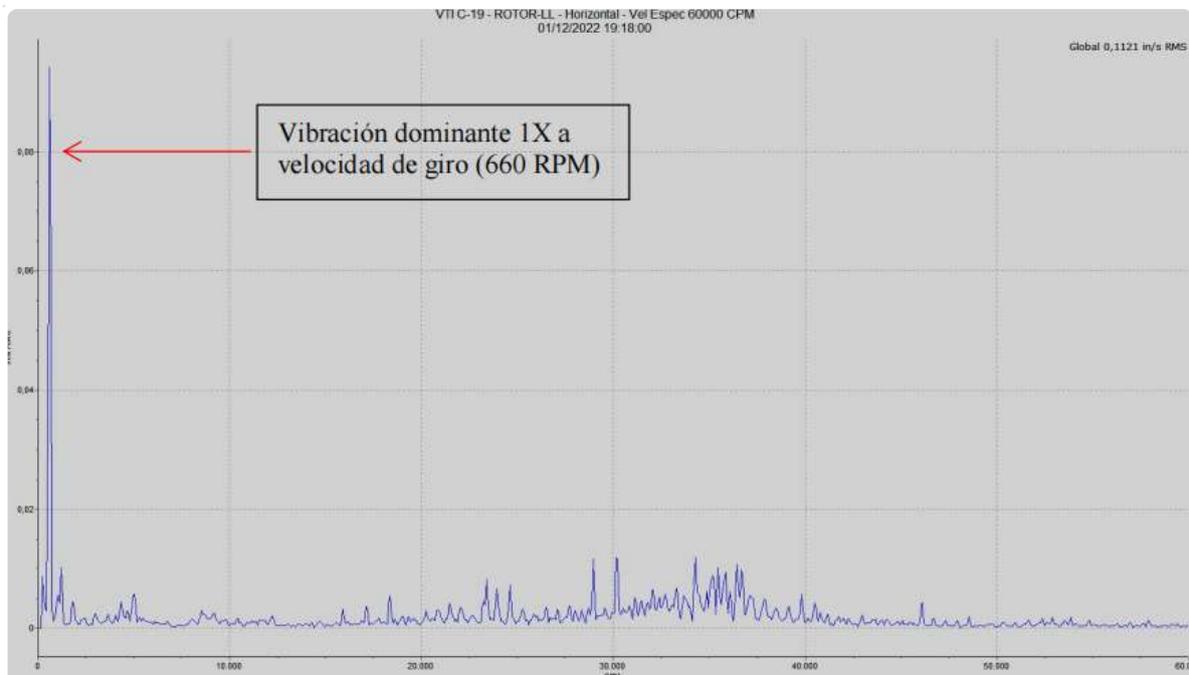
Ingeniero Eléctrico

Superintendente de Mantenimiento Predictivo

Industrial Azucarera Ingenio San Cristóbal S.A. de C.V.

dacosta@zucarmex.com

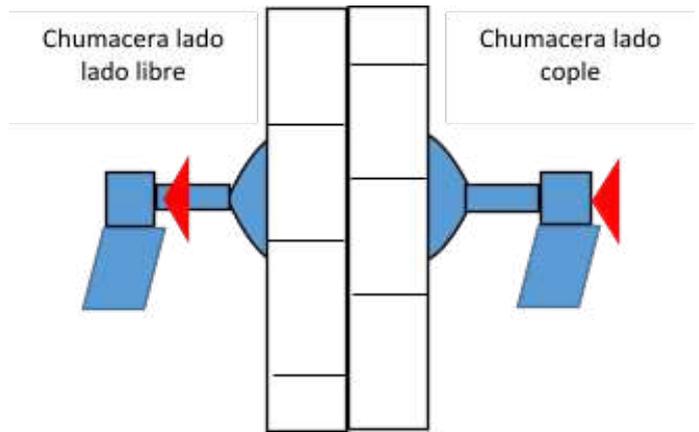
Se presenta espectro de vibraciones de rotor de ventilador tiro inducido, este tiene un peso aproximado de 3 toneladas, los valores de vibración son dominados por la velocidad de giro del rotor en el momento de tomar las lecturas, la cual se presume puede ser un desequilibrio o una flexión en el eje.



**Espectro de vibración chumacera lado libre de ventilador**

Se realiza medición de fases entre las chumaceras de ventilador tiro inducido, la comparación del ángulo de fase servirá para comprobar o diferenciar entre un desbalance y una flexión en el eje.

Para entender mejor la manera en que se comporta la vibración, explicaremos que es la fase: Es el tiempo de adelanto o retraso que tiene una onda vibratoria respecto a otra de igual período o con respecto a una marca de referencia. Físicamente, la fase es el movimiento relativo que tiene un punto de la máquina con respecto a otro.



Representación gráfica del ventilador tiro inducido.

## ¿La diferencia entre el desequilibrio y el eje doblado?

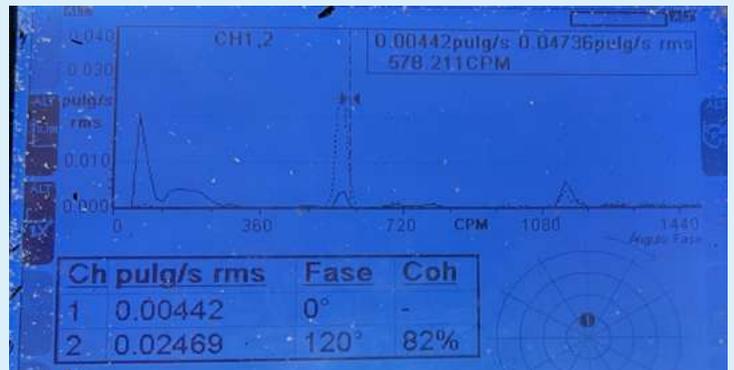
Una de las diferencias entre estos dos eventos será la manera en que se comporta la fase de la vibración, mientras que la variación del ángulo ocurre en dirección radial en un desequilibrio, en el eje doblado podremos ver la variación entre ángulos de manera axial.



El procedimiento consiste en comparar por medio de dos sensores la amplitud y la fase en que cada una está vibrando, para ello se colocaron ambos sensores, cada uno en una chumacera y en la misma dirección (axial). Se realiza la comparación respecto una de otra. Tomando previamente la velocidad de rotación (578 CPM).

La diferencia entre los valores obtenidos fue de 120°. En los valores obtenidos se puede observar una amplitud moderada de la vibración, pero si observamos el ángulo de fase, existe una diferencia en dirección axial de 120°, este desfase es provocado, por un parte, flexionada del lado libre del rotor. Esto tiene sentido observando físicamente el "cabeceo de la flecha".

Un mal diagnóstico (desequilibrio) hubiera implicado intentar balancear el rotor con peso de corrección sin tener éxito en la prueba.

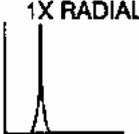
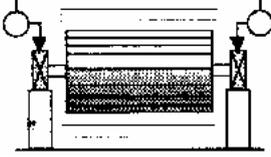
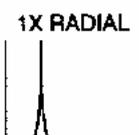
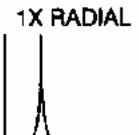
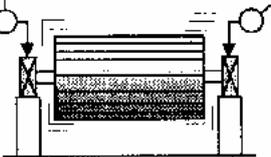
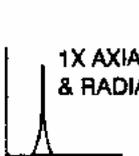
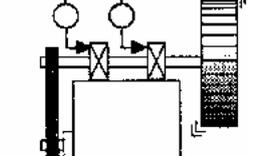
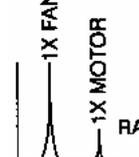
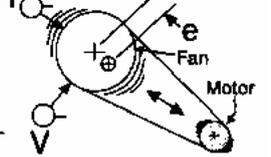
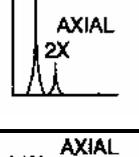
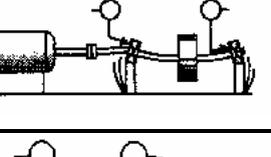
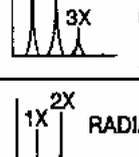
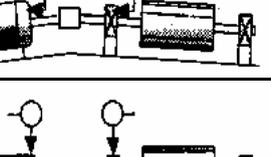
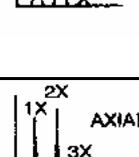
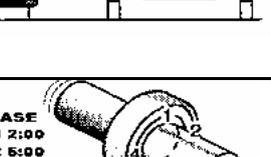
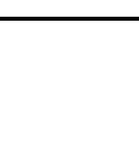


Lectura tomada en campo

### Bibliografía:

- IMPORTANCIA DEL ANALISIS DE FASE (Desequilibrio vs flexion de eje)
- MANUAL DE ANÁLISIS DE VIBRACIONES POWER-MI.
- MANUAL DE VIBRACIONES POWER-MI, suministrado de la pagina:  
<https://power-mi.com/es/content/formaci%C3%B3n-en-an%C3%A1lisis-de-vibraciones>.
- TABLAS DE CHARLOTTE.
- Tablas ilustradas de diagnostico de vibraciones.

## TABLA I - CARTA ILUSTRADA DE DIAGNOSTICO DE VIBRACIÓN

FUENTE DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
<b>Desbalanceo</b> <b>A. Desbalanceo Estático</b>			El Desbalanceo Estático estará en fase y estable. La amplitud debido al desbalance aumentara por el cuadrado de la velocidad incrementada estando por debajo de la primera crítica del rotor (un incremento de velocidad de 3X = una vibración a 9X mayor). 1XRPM siempre estará presente y por lo general domina el espectro. Puede ser corregido colocando un solo peso de corrección de balance en un plano en el Centro de Gravedad del Rotor (CG). Una diferencia de fase aproximadamente de 0° debe existir entre los Horizontales OB&IB, así como entre las Verticales OB&IB. Usualmente también ocurre una diferencia de fase aproximadamente de 90° entre las lecturas de fase Horizontal y Vertical en cada rodamiento del rotor desbalanceado (±30°).
<b>B. Desbalanceo de Par de Fuerzas</b>			Un Desbalanceo de Par de Fuerzas resulta en un desfase de 180° del movimiento en el mismo eje. 1XRPM siempre esta presente y normalmente domina el espectro. La amplitud varia por el cuadrado de la velocidad incrementada por debajo de la primera velocidad crítica del rotor. Puede causar una alta vibración axial así como radial. La corrección requiere la colocación de los pesos de balanceo en almenos 2 planos. Note que debe existir una diferencia aproximada de 180° entre las Horizontales OB&IB así como entre las Verticales OB&IB. También usualmente ocurre una diferencia aproximada de 90° entre las lecturas Horizontal y vertical en cada rodamiento (±30°).
<b>C. Desbalanceo Dinámico</b>			El Desbalanceo Dinámico es el tipo de desbalanceo que se consigue mas comúnmente y es una combinación de Desbalanceo estático y de par de fuerzas. 1XRPM domina el espectro y realmente necesita una corrección en 2 planos. Aquí la diferencia de fase Radial entre los rodamientos externos e internos puede estar en cualquier lugar del rango entre 0° y 180°. Sin embargo, la diferencia de fase Horizontal debe de cuadrar usualmente con la diferencia de fase Vertical, cuando se comparan las mediciones de los rodamientos externos e internos (±30°). Si el desbalance predomina una diferencia de fase de 90° resulta entre las lecturas Horizontal y Vertical de cada rodamiento (±40°).
<b>D. Desbalanceo de Rotor en Voladizo</b>			El Desbalanceo de Rotor en Voladizo causa un alto 1XRPM en las direcciones Axial y Radial. Las lecturas Axiales tienden a estar en fase mientras que las lecturas de fase Radial pueden estar inestables. Sin embargo, las diferencias de fase Horizontal usualmente cuadraran con las diferencias de fase Vertical en el rotor desbalanceado (±30°). Los Rotores en Voladizo tienen desbalances Estáticos y de Par de Fuerzas, cada uno de los cuales requiere una corrección. Así, los pesos de corrección casi siempre tendrán que ser colocados en dos planos para contrarrestar ambos desbalances, el estático y el de par de fuerzas.
<b>Rotor Excéntrico</b>			La excentricidad ocurre cuando el centro de rotación esta fuera de la línea de centro geométrico de una polea, engranaje, rodamiento, armadura del motor, etc. La vibración mayor ocurre a 1XRPM del componente excéntrico en una dirección a través de la línea que une el centro de ambos rotores. Comparativamente, las lecturas de fase Horizontales y verticales usualmente difieren 0° ó 180° (cada una de las cuales indica el movimiento en línea recta). El intentar balancear un rotor excéntrico resulta en reducir la vibración en un dirección radial pero incrementarla en la otra (dependiendo de la cantidad de excentricidad).
<b>Eje Doblado</b>			Los problemas de Eje Doblado causan una alta vibración axial con una diferencia de fase axial tendiendo a 180° en el mismo componente de la máquina. La vibración dominante ocurre normalmente a 1X si esta doblado cerca del centro del eje, pero ocurre a 2X si esta doblado cerca del acople. (ser cuidadoso al tomar en cuenta la orientación del transmisor para cada medición axial si usted voltea la dirección de la probeta). Use un indicador de dial para confirmar el doblar de eje.
<b>Desalineación</b> <b>A. Desalineación Angular</b>			La Desalineación Angular se caracteriza por una alta vibración axial, 180° fuera de fase a través del acople típicamente tendrá una vibración axial en 1XRPM y 2XRPM. Sin embargo no es inusual que tanto 1X, 2X ó 3X domine. Estos síntomas también pueden indicar problemas de acople. Una severa desalineación angular puede excitar muchas armónicas de 1XRPM. A diferencia de la soltura mecánica de tipo C, estas múltiples armónicas no tienen típicamente un incremento de ruido en el piso del espectro.
<b>B. Desalineación Paralela</b>			La desalineación paralela posee síntomas de vibración similares a la angular pero muestra una alta vibración radial que se aproxima a 180° fuera de fase a través del acople. 2X es por lo regular mayor que 1X, pero su altura respecto a 1X es por lo general debida a el tipo de acople y construcción de este. Cuando cualquier desalineación, Angular o Radial, se vuelve severa, puede generar tanto picos de gran amplitud a altas armónicas (4X-8X) como también toda una serie de armónicas de alta frecuencia, similares en apariencia a la soltura mecánica. El tipo de acople y el material influyen de gran manera a todo el espectro cuando la desalineación es severa. No presenta por lo general un incremento de ruido en el piso.
<b>C. Desalineación de Rodamiento Inclinado Sobre el Eje</b>			Un rodamiento inclinado genera una vibración Axial considerable. Puede causar un movimiento torsional con un cambio de fase aproximado de 180° de arriba a bajo y/o de lado a lado cuando se mide en dirección Axial de la misma carcasa del rodamiento. Intentos de alinear el acople o balancear el rotor no aliviara el problema. Es necesario remover el cojinete e instalarlo correctamente.

# Monitoreo inteligente de temperatura con control automático de estacionalidad

El monitoreo de la temperatura de los equipos es una de las técnicas más utilizadas por los equipos de mantenimiento para evaluar el estado de las máquinas, ante las variaciones de los parámetros de funcionamiento. Las características del entorno, como los cambios de temperatura, determinan la viabilidad y los requerimientos de los proyectos. Sin embargo, también pueden condicionar el rendimiento, el nivel de desgaste y la eficiencia de las máquinas industriales. Condiciones como la temperatura regional, la altitud, la atmósfera ambiente (que contiene gases o contaminantes), la humedad y la ventilación determinan el tipo de máquinas que debe usar la planta y cómo debe realizarse su mantenimiento.



**Leonardo Vieira**   
Co-Founder at TRACTIAN  
& CEO México



Temperatura



Humedad



Altitud



Atmósfera



Ventilación

De acuerdo con la NBR-7094, que establece normas para máquinas eléctricas rotativas, se consideran condiciones usuales de servicio cuando la altitud no supera los 1,000 metros sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente no supera los 40°C.

Las máquinas que funcionan a altitudes superiores tienen problemas de calentamiento causados por la rarefacción del aire, es decir, una disminución de su potencia de refrigeración.

El intercambio insuficiente de calor entre el motor y el aire circundante obliga a reducir la temperatura máxima de trabajo. La norma NBR-7094 establece que cada 100 metros los límites de elevación de temperatura deben ser reducidos en 1%.

Así, si tuviéramos un motor de 100 CV, con aislamiento F con  $\Delta T$  80 K, trabajando a una altitud de 1,500 metros sobre el nivel del mar, la temperatura ambiente límite de 40°C debería reducirse a 36°C para paliar los efectos de la rarefacción del aire.

$$T_{amb} = 40 - 80 \cdot 0,05 = 36^{\circ}\text{C}$$

# Cambios de temperatura ambiente

La temperatura ambiente es un factor crítico para la viabilidad de todas las aplicaciones, incluso a baja altitud.

Las altas temperaturas pueden provocar el sobrecalentamiento de las máquinas, causando averías y reduciendo su vida útil.



Descubre cuál es la importancia de la termografía en el mantenimiento predictivo

Los motores eléctricos que funcionan a temperaturas ambiente superiores a 40°C constantemente, deben compensar sus efectos utilizando materiales especiales para no degradar el aislamiento del bobinado ni reducir la potencia nominal del motor.

Por otro lado, las temperaturas muy bajas pueden afectar a la viscosidad de los fluidos lubricantes, aumentando la fricción y el desgaste de las piezas móviles. En condiciones extremas por debajo de -20°C se produce una condensación excesiva que requiere lubricantes especiales, drenajes adicionales e incluso resistencia al calentamiento.

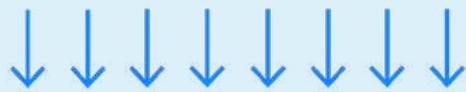


Conoce todo sobre la importancia de la lubricación industrial

# Impacto de la humedad

La humedad también es un factor crítico para el rendimiento de las máquinas, ya que puede provocar corrosión, dañar los circuitos electrónicos y afectar a la adherencia de las piezas debido al efecto de condensación.

Básicamente, el aire atmosférico está compuesto por diferentes gases y vapor de agua. Cuanto más caliente está el aire, mayor es su capacidad para retener la humedad, es decir, mayor es la cantidad de vapor de agua.

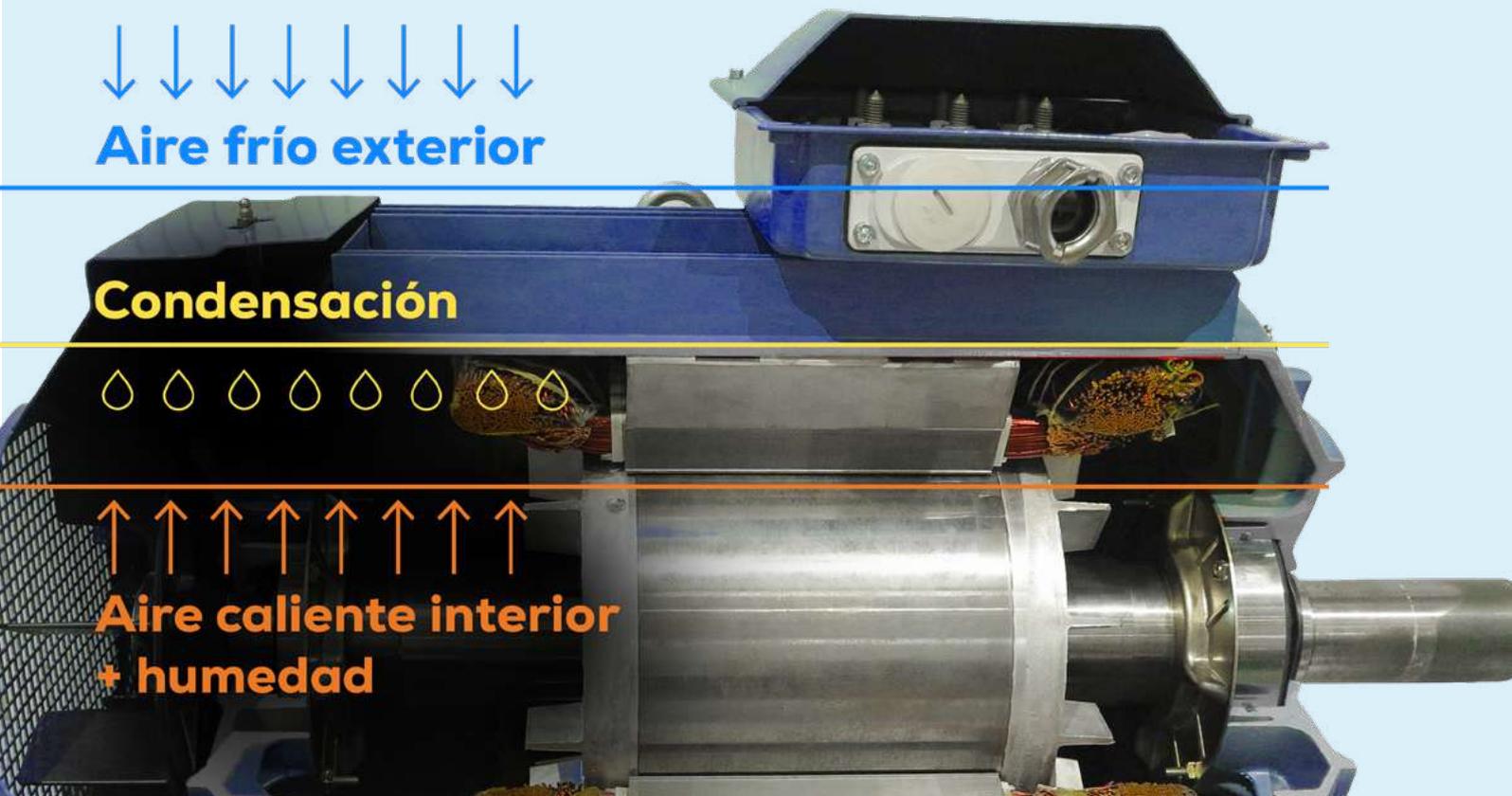


**Aire frío exterior**

**Condensación**



**Aire caliente interior + humedad**



De este modo, cuando el aire caliente choca con una superficie fría de la máquina, su temperatura disminuye. Esto hace que la humedad presente en el aire se transforme en gotas de agua que interactúan con las piezas y componentes del equipo.

Entonces, durante el funcionamiento de la máquina, se produce un proceso de condensación que puede dañar los componentes del activo, tales como:

### Rodamientos

Contaminación del lubricante



### Estructura de la máquina

Oxidación



### Eje y Rotor

Oxidación y bloqueos consiguientes



### Estator

Problemas de oxidación y aislamiento eléctrico del bobinado



Al mismo tiempo, los lugares con baja humedad ofrecen otros retos, como la desecación de los componentes de goma, que provoca grietas y roturas.

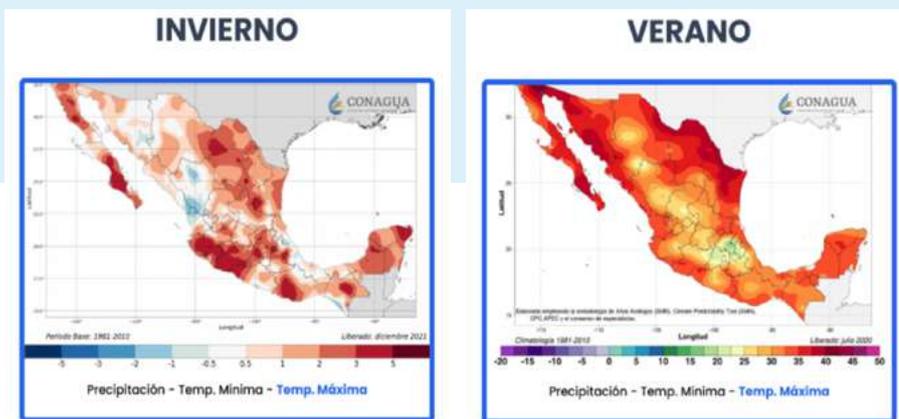


Estas son las 4 etapas de desgaste en rodamientos



# Mantenimiento adaptado a la estacionalidad

A medida que avanzan las estaciones, las condiciones ambientales cambian según la región geográfica donde se encuentren las industrias.



Mientras que las empresas de las regiones meridionales y costeras experimentan menos variaciones a lo largo del año, las empresas de las regiones del norte y el centro experimentan cambios importantes en las condiciones de temperatura y humedad.

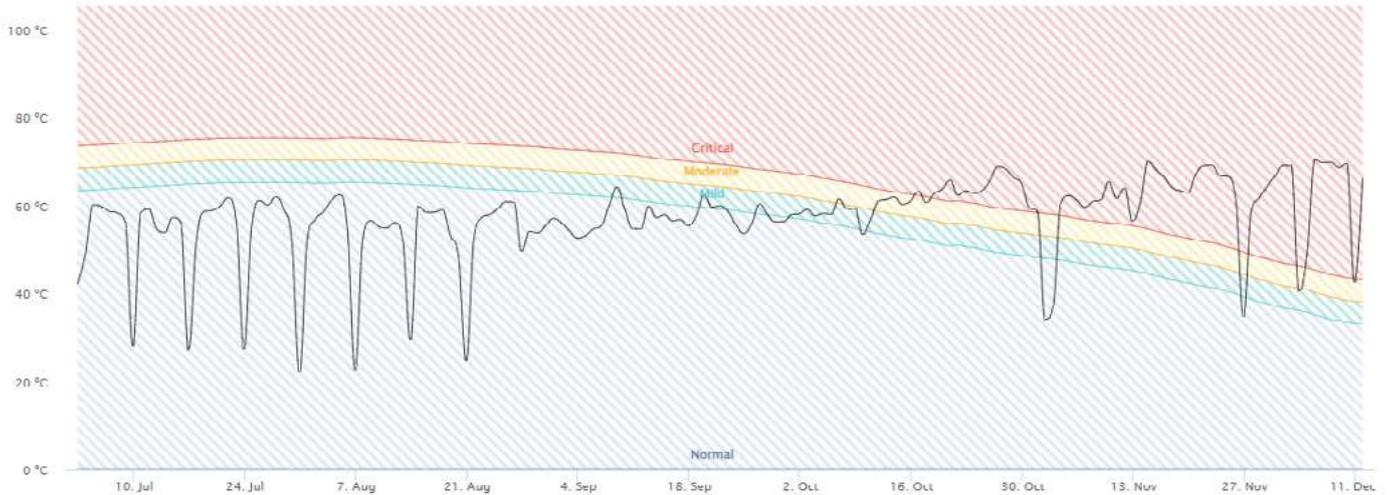
Por ello, el mantenimiento debe tener siempre en cuenta las variaciones climáticas a lo largo del año al momento de elaborar su planificación.

Aumentar la frecuencia de las inspecciones visuales de correas y cintas transportadoras en entornos con poca humedad o aumentar el número de drenajes en motores con mucha humedad son algunas actitudes prácticas que se pueden llevar a cabo.

En los equipos en los que se realiza un control en línea de la temperatura, los límites de ésta deben adaptarse a la estacionalidad para distinguir cuándo se trata de interferencias ambientales o de información real sobre la máquina.

Sólo así se puede identificar, por ejemplo, si la máquina tiene una temperatura elevada en invierno, aunque el termostato no lo indique.

El gráfico siguiente muestra un caso similar a este ejemplo, en el que los límites muestran una tendencia a bajar debido a la reducción de la temperatura ambiente, pero la temperatura del equipo sube, lo que indica alguna anomalía en la máquina.



## ¿Cómo funciona un sensor de temperatura con inteligencia artificial (IA)?

El sensor Smart Trac de **TRACTIAN** monitoriza las vibraciones y la temperatura de los equipos industriales de forma automática adaptándose a las condiciones del entorno. El periodo de entrenamiento del sensor Smart Trac de **TRACTIAN** es un proceso crítico que permite a la plataforma comprender el comportamiento del activo monitoreado.

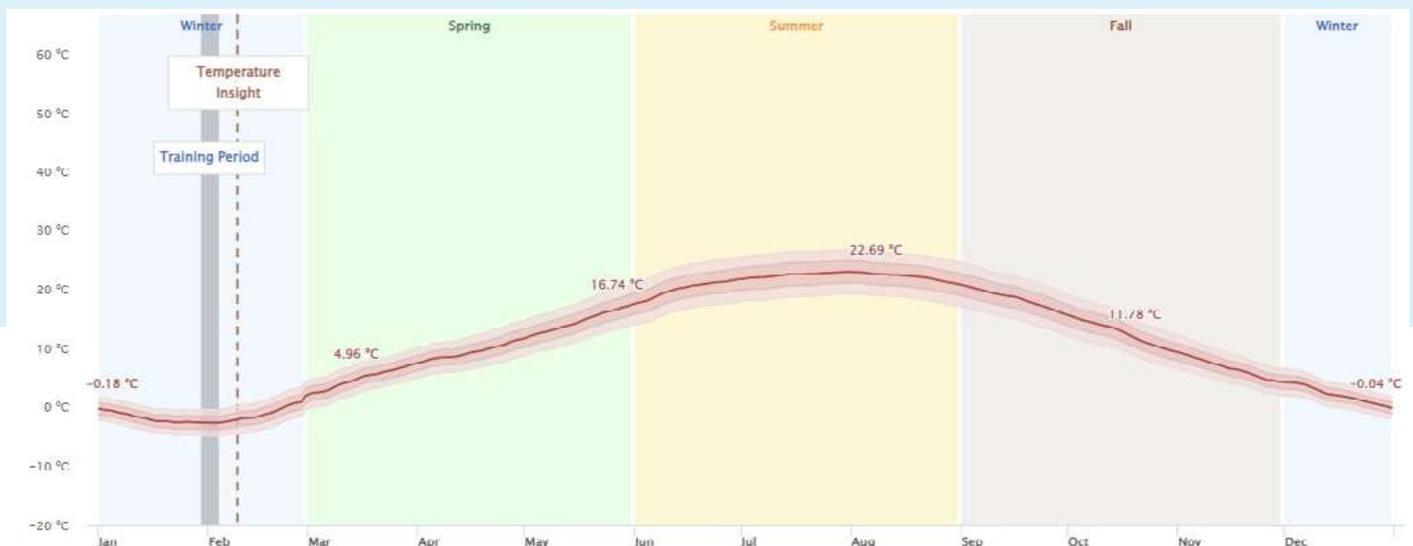
Durante este periodo, el sensor recopila datos del entorno y del equipo, que son utilizados por la plataforma para crear un modelo de comportamiento. Todo ello a partir de las más de 300 mil máquinas monitoreadas que componen la base de datos de **TRACTIAN**.



Este modelo es fundamental para determinar los niveles aceptables y nocivos que pueden indicar un comportamiento irregular del equipo durante la supervisión real. Mediante el análisis de las vibraciones y temperaturas del equipo, la plataforma lo compara con su respectivo modelo de comportamiento, identificando anomalías y posibles problemas que podrían comprometer su rendimiento. La plataforma **TRACTIAN** utiliza algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial (IA) para analizar los datos recopilados durante el periodo de formación y ajustar automáticamente los valores límite aceptables para cada estación del año.

Además, tiene en cuenta la información histórica de temperatura de la región y las previsiones climáticas para determinar los valores límite más precisos para cada estación, lo que aumenta la eficacia de la supervisión.

Al realizar este entrenamiento, es posible obtener información precisa sobre el estado de los equipos, sin la interferencia de factores externos, como el clima y la temperatura. Además, una vez realizada la formación, no es necesario repetirla, lo que hace que el proceso sea eficaz y fácil de utilizar.



En el gráfico anterior, vemos cómo el rango de temperatura previsto evoluciona dinámicamente a lo largo del año, haciendo predicciones basadas en datos y adaptándose a todas las condiciones que presentan las estaciones.

En otras palabras, la inteligencia artificial de **TRACTIAN** entiende la variación de temperatura del ambiente según la región y la compensa automáticamente.

Mediante el monitoreo de los equipos, es posible prescribir con precisión los problemas de temperatura relacionados con los activos. Vale recordar que, aunque existen otros sensores que monitorean la temperatura de los activos, Smart Trac es el único en el mercado que considera en su análisis las condiciones climáticas de la región en cada estación del año.

**¿Quiere saber más sobre cómo monitorear los equipos de su industria?**

**Programa una demostración gratuita**

y habla con uno de nuestros expertos



**RCT® I - EXPERTO EN LUBRICACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION.**  
 Cubre y excede el Cuerpo de Conocimientos (BoK) de los siguientes estándares de la industria: ISO 18436-4 CAT I ([www.iso.org](http://www.iso.org)), TICD-ED-1910/90 ([www.ticd-certifications.com](http://www.ticd-certifications.com)) y MLT I y MLA I del ICML ([www.icmlonline.com](http://www.icmlonline.com)).  
 Con este entrenamiento experto de Techgnosis puede presentar examen de Certificación MLT I y/o MLA I del ICML

**ENERO** 23-27    **FEB-MAR** 27-03    **MARZO** 27-31    **ABRIL** 24-28    **MAY-JUN** 29-02    **JULIO** 24-28    **AGO-SEPT** 28-01    **SEPTIEMBRE** 25-29    **OCTUBRE** 23-27    **NOV-DIC** 27-01



**RCT® II - EXPERTO EN ANALISIS DE ACEITE CON METODOLOGIA ABCDE (ADITIVOS-BASICO-CONTAMINACION-DESGASTE-ELIMINAR CAUSAS RAIZ DE FALLA).**

Cubre y excede el Cuerpo de Conocimientos (BoK) de los siguientes estándares de la industria: ISO 18436-4 CAT II ([www.iso.org](http://www.iso.org)), TICD-CF-1809/95 ([www.ticd-certifications.com](http://www.ticd-certifications.com)) y MLA II del ICML ([www.icmlonline.com](http://www.icmlonline.com)).  
 Con este entrenamiento experto de Techgnosis puede presentar examen de Certificación MLA II del ICML

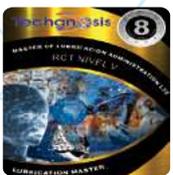
**FEBRERO** 20-24    **MARZO** 20-24    **ABRIL** 17-21    **MAYO** 22-26    **JULIO** 17-21    **SEPTIEMBRE** 11-15    **OCTUBRE** 16-20    **NOVIEMBRE** 20-24    **DECIEMBRE** 04-08



**RCT® III - EXPERTO EN EVALUACION FINANCIERA DE LOS BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE LUBRICACION DE CLASE MUNDIAL.**

Cubre y excede el Cuerpo de Conocimientos (BoK) de los siguientes estándares de la industria: TIGD-JB-0506/93 ([www.ticd-certifications.com](http://www.ticd-certifications.com)). No existe actualmente un BoK similar en ISO 18436-4 ([www.iso.org](http://www.iso.org)) o en el ICML ([www.icmlonline.com](http://www.icmlonline.com))

**SEPTIEMBRE**  
18-22



**RCT® V - MASTER IN LUBRICATION ADMINISTRATION-LUBRICATION MASTER.**

Cubre y excede el Cuerpo de Conocimientos (BoK) de los siguientes estándares de la industria: , TIGD-MT-3012/55 ([www.ticd-certifications.com](http://www.ticd-certifications.com)) y MLE del ICML ([www.icmlonline.com](http://www.icmlonline.com)).  
 Con este entrenamiento experto de Techgnosis puede presentar examen de Certificación MLE del ICML

**DECIEMBRE**  
11 - 15

**CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO, CONFIABILIDAD Y LUBRICACIÓN DE CLASE MUNDIAL**

**PRECONLUB**

**JUNIO 15-16 MÉXICO**  
**SEPTIEMBRE - BOLIVIA**

**MARZO - ESPAÑA**  
**NOVIEMBRE - PERÚ**

**AGOSTO - COLOMBIA**



**CURSO**  
**ALINEACIÓN DE MAQUINARIA, COPLES Y EJES, API 686**

**ABRIL**  
17 - 19  
León, Gto.

**CURSO**  
**BALANCE DINÁMICO ISO 1940**

**ABRIL**  
20 - 22  
León, Gto.

**CERTIFICACIÓN**  
**ANÁLISIS DE VIBRACIÓN CAT I ISO 18436-2**

**MAYO**  
22 - 26  
León, Gto.

**CERTIFICACIÓN**  
**ANÁLISIS DE VIBRACIÓN CAT II ISO 18436-2**

**AGOSTO**  
21 - 25  
León, Gto.



**Solución de problemas bajo la metodología Análisis Causa Raíz**

**Modo Online.**  
Duración 16 horas  
20 al 24 de febrero  
(3 horas diarias 7-10 pm MX)

**Modo presencial.**  
Duración 24 horas  
24, 25 y 26 de abril  
(8 horas diarias)



**Diseño de planes de mantenimiento basados en confiabilidad**

**Modo presencial.**  
Duración 24 horas.  
27, 28 y 29 de marzo  
(8 horas diarias)

**Modo presencial.**  
Duración 24 horas.  
28, 29 y 30 de agosto  
(8 horas diarias)



**Introducción al Diseño de planes de mantenimiento basados en confiabilidad**

**Modo online.**  
Duración 15 horas.  
22 al 26 de mayo  
(3 horas diarias 7-10 pm MX)

**Modo online.**  
Duración 15 horas.  
27 noviembre al 1 de diciembre  
(3 horas diarias 7-10 pm MX)



**Confiabilidad de sistemas**

**Modo online.**  
Duración 15 horas.  
24 al 28 de julio  
(3 horas diarias 7-10 pm MX)



**Finanzas para confiabilidad**

**Modo Online.**  
Duración 15 horas  
25 al 29 de septiembre  
(3 horas diarias 7-10 pm MX)

**INSCRIPCIONES**

joseparamo@grupo-techgnosis.com  
joseparamo@techgnosis5.com  
joseparamo@hotmail.com

jacriado@applittechgnosis.com  
comercial1@grupo-techgnosis.com  
comercial2@grupo-techgnosis.com

ingenieriatechgnosis@hotmail.com  
assetribo08@outlook.com  
assetribo07@outlook.com

**462 1398684**



# Desde la superficie hasta la raíz:

Conversación con un experto del ACR

Entrevista por Lisset Chávez

## Cuéntanos un poco sobre ti. ¿Quién es Augusto Constantino?

**Augusto Constantino** - Bien, soy Argentino, vivo en Buenos Aires con mi familia, mi esposa Silvia y mis hijos Mauro y Lucas, ya grandes, los dos ingenieros, ambiental y electrónico. Tengo dos nietos, Balthazar y Tiziano, mis amores, por parte de Mauro y Luciana su esposa. Soy profesional en ingeniería, trabajo desde hace muchos años aún cuando estudiaba en la universidad, por eso tengo mucha experiencias en plantas industriales.

Trabajo mucho, le dedico muchas horas al día y viajo mucho por trabajo, pero también lo hice acompañando a mi esposa en eventos corporativos y en los cuales aprovechábamos para disfrutar de los lugares que visitábamos. Esto hizo que conozca muchos países y ciudades aprendiendo de otras culturas y costumbre, sumamente enriquecedor y que permite ver como las cosas se pueden hacer de diferente forma, no solo como uno piensa que se pueden hacer. Una gran apertura mental.

## ¿Cómo ha sido tu trayectoria profesional?

**Augusto Constantino** - Estudié en la Universidad Tecnológica Nacional, en Buenos Aires, y me recibí de Ingeniero Mecánico, trabajé en KSB Argentina, una planta de fabricación de bombas centrífugas durante todo el desarrollo de mi carrera. Después hice otras cosas alternativas hasta que comenzó a aparecer la aplicación y la implementación de las normas de calidad ISO 9000, me interesó mucho el tema en un seminario en el Consejo Profesional de Ingeniería, eso me llevó a hacer una Especialización en Ingeniería en Calidad en la misma universidad que duró dos años, entre 1994 y

1995, fui la primera promoción de Especialistas y fue la primera Maestría de toda la universidad.

Ingresé en el mismo año que comencé la Maestría en Filtros Mann hoy Mann & Hummel, una empresa multinacional de filtros de automóviles como Jefe de Aseguramiento de la Calidad y llegué a Gerente de Sistema de Gestión normas automotrices en 3 años, esto me dio una gran experiencia en el tema lo que llevó a dedicarme a la Consultoría en Calidad desde el año 1998. Formé un gran equipo de consultores y realizamos muchas implementaciones de sistemas de gestión, entrenamientos y proyectos realmente muy grandes y exitosos, como también algunos que no fueron tan bien, siempre sucede, hacer Calidad en la empresa no es fácil, se necesita un gran apoyo de la Dirección, si no la hay, los proyectos no funcionan bien.

Me capacitó mucho en el tema Calidad, hice cursos de Auditor Líder, trabajé en Argentina en auditorías para el TUV Rheinland de Alemania, como la preparación para certificar VDA 6.1 en Mercedes Benz Argentina, en empresas multinacionales, participé en congresos de todo tipo, dicté muchos cursos y en instituciones de normalización como el IRAM donde se desarrollaban las normas sobre



## ¿Cómo fue que te convertiste en un especialista del Análisis Causa Raíz?

**Augusto Constantino** - En el año 2005 Rhom & Hass una empresa química me solicita un curso de Apollo, no sabía muy bien de que se trataba, así que averigüé y con el apoyo de la casa matriz de Apollo en USA y de la misma empresa armamos un curso informativo, no de formación de Facilitadores como debía ser, pero sirvió, sobre todo que eran tiempos de dólar muy alto y era costoso traer personas del exterior.

Después pasó el tiempo y retomé el contacto pero ya con la oficina de Apollo en Brasil, tuve muy buena recepción y me transformé en representante de la empresa en Buenos Aires haciendo todo los cursos en español para América del Sur. Junto con la oficina de Brasil trabajamos durante casi dos años en la formación de Facilitadores, hasta que en el 2012 la empresa cambia de nombre y pasa a ser Sologic, hubo mejoras en el método, manuales y sobre todo en el software, hoy es líder en la aplicación del ACR. Me consolidé en la empresa, Sologic creció mucho con 6 oficinas en el mundo y eso hizo que pase a liderar el negocio en la región. En el año 2018 me hago cargo de la oficina de México y América Central ya como Managing Director, lo que me lleva a tener el liderazgo de la empresa en Latinoamérica.

Formé un gran equipo y hoy estamos muy sólidos, hicimos muchos proyectos y tenemos como clientes a empresas muy importantes, corporativas, locales, grandes, medianas y algunas pequeñas pero las menos aunque muy personalizadas.

Todo esto hizo que me especializara en el ACR, no solo en Sologic, cuando hacía Calidad estos temas formaban parte de los proyectos, la base del ACR viene de la Calidad en Japón después de la segunda guerra, por eso conocía el tema. Aprendí mucho de todas las prácticas de ACR y me dedico a este tema, estudio, genero documentos, participo en seminarios y congresos, hago artículos y trabajos técnicos, también un podcast: Mundo ACR, para el que quiera escuchar. En la UTN dicto un seminario de ACR como docente en la Especialización Experto Universitario en Gestión de Activos y Mantenimiento. El ACR es una actividad como cualquier otra, se está transformando en una especialidad y va a ocupar un lugar muy destacado en el futuro, saber resolver los problemas será clave.

## Platícanos sobre Sologic, Grupo MQ y M&Q Service.

**Augusto Constantino** - Sobre Sologic para completar, es una empresa multinacional con sede en Midland, Michigan, a la que voy cada dos años al evento corporativo que se hace desde el 2018. Ha ampliado sus oficinas en estos últimos años y los equipos en cada una de ellas, el método que tiene es muy efectivo y sólido y lo pueden aprender todas las personas de la organización, el software Causelink es líder en el mercado, tiene el método de Sologic, pero también otros que los complementa. Como decía antes, trabajo con ellos desde antes que se creara en el 2012.

En cuanto a M&Q Service, es la consultora en Gestión de la Calidad y Mejora Continua que cree en el año 1998 cuando comencé a trabajar en consultoría en forma independiente y que aún conservo, hago poco del tema, pero mi relación con el tema Calidad se mantiene, sobre todo con la Maestría en UTN.

Grupo MQ es la empresa, es la sociedad comercial que gestiona los negocios, tanto de M&Q Service como de Sologic, también toda la gestión en Latinoamérica. En algún momento también incluía a Dhartec que es la consultora en Ingeniería Ambiental que tiene mi hijo Mauro, hoy solo como imagen, la gestión está separada.

## Puedes contarnos acerca de algunos proyectos relevantes en los que hayan participado en los últimos años.

**Augusto Constantino** - En principio el proyecto Sologic, si lo tomo como tal, generar todo el nuevo material, ayudar a desarrollar el software de ACR, mejorar el método, fue desafiante porque era un concepto nuevo en ACR y un software único, el desarrollo completo del negocio, la búsqueda de clientes y convencer a los antiguos clientes de Apollo que esto era mejor, fue todo un desafío.

Después todos los entrenamientos y desarrollo de proyectos de ACR en compañías y lugares muy increíbles. Empresas corporativas donde había que entrenar a cientos de personas como lo hicimos, como fue en su momento Odebrecht, más allá de la situación que vivió, tenía una ingeniería de excelente nivel y profesionales altamente calificados, se dedicaba mucho a la seguridad de las personas, por eso entrenamos mucho Facilitadores y ayudamos a investigaciones que fueron hasta accidentes fatales.

Mineras muy grandes, como SQM que se hizo en planta el entrenamiento, en el Salar de Atacama, hoy tenemos otros grandes proyectos del sector de Litio como Albemarle corporativo, Allkem, entrenamientos a más de un centenar de personas, Livent también, aunque menos, pero todas mineras de litio.

Proyectos muy grandes como Petrofac en México, Vale, Pampa Energía en proceso y creciendo con nosotros. Cargill, Bunge, proyectos de muchas personas corporativas. Unacem en Ecuador y Perú, del sector cemento. Proyecto gigante fue Etileno XXI, en Coatzacoalcos, México, en la construcción de una planta gigante con casi 20.000 personas trabajando y dando entrenamientos, una logística maravillosa.

Todos son entrenamientos para personas de seguridad, mantenimiento, operaciones, logísticas, compras y también administrativos, recursos humanos. Esto hace que la diversidad de perspectivas de las personas que trabajan en las investigaciones es muy enriquecedora, grupos multidisciplinarios, uno aprende mucho de esto.

## Cuéntanos acerca de la Augusto fuera del trabajo, ¿Cómo disfrutas la vida?

**Augusto Constantino** - Disfruto mucho de la familia y comparto muchos momentos con grupos de amigos diferentes, los que viven en el mismo lugar y nos vemos casi todos los días, los que son desde muchos años originados por una relación laboral y que pasó a ser de amigos.

Vivo en un lugar a más de 50 kilómetros al sur de la Ciudad de Buenos Aires, casi un paraíso, que es mi lugar en el mundo desde hace más de 25 años.

Me gusta mucho el fútbol, como la mayoría de los argentinos, aunque no lo practico activamente, me superó la edad, pero sí mucha bicicleta, muchos kilómetros varias veces por semana, me gusta desde chico. También leo mucho, muchos libros al año, no todos relacionados con mi tema, pero sí la mayoría, es lo que me ayuda a saber más y a conectarme con cosas nuevas y no tanto, que ayudan a crecer.

La vida de familia la disfruto mucho, tengo tres hermanos más con hijos y nietos, familia grande y siempre hay contacto con uno u otro. Salgo poco de vacaciones, prefiero estar en casa porque viajo mucho durante el año y es como parar el ritmo, al revés que lo hace la mayoría, pero es así, un poco de descanso y disfrute de la casa es bueno también.

## ¿Cuáles son los planes de Augusto Constantino a futuro?

**Augusto Constantino** - Lo fundamental es consolidar Sologic en la región, eso es un desafío permanente, hay cosas nuevas proyectadas corporativas que vendrán este año y otras para el próximo. El equipo se va a agrandar, lo tengo pensado, la idea es enfocarme en el conocimiento y salir de la gestión del negocio, para eso tengo equipo.

Sigo leyendo y profundizando los temas de ACR, cosas que aparecen nuevas o de hace muchos años que son interesantes leer, mantengo una página web de ACR [www.analisisdecausaraiz.com](http://www.analisisdecausaraiz.com) es nueva y la idea es mantener vigente el tema compartiendo conocimientos, subir información, artículos, novedades, temas técnicos míos o de otros especialistas.

Ahora estoy incursionando en temas de un nivel superior a lo que es el ACR en sí, que son los sistemas complejos, la complejidad en forma amplia, los temas relacionados con la incertidumbre, el caos, el equilibrio, es como otra instancia a lo que es el ACR, que se puede decir que es lo complicado, no lo complejo, que es diferente, sistemas cerrados y sistemas abiertos respectivamente. También el pensamiento complejo, pensamiento sistémico y pensamiento crítico, temas que se están instalando cada vez más para saber más de como los eventos suceden y pueden ser mejorados, corregidos o al menos conocidos y contenidos.

Estoy cursando una Maestría en Resolución de Problemas Complejos, CPS, de la Universidad de La Rioja de España, UNIR, es algo nuevo, no el tema, pero sí la maestría que tiene un formato particular y con un enfoque moderno.

Quizás en el futuro sea un Doctorado como cierre a mi carrera académica, muy exigente, pero no imposible, es interesante trabajar sobre estos temas para aprender más, aportar conocimiento y descubrir cosas nuevas, que es lo que ayuda a mantenerse vivo y vigente, sobre todo.

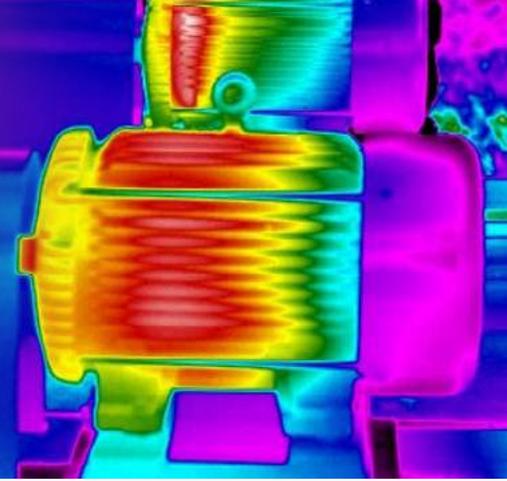


# TERMOGRAFIA II



**Gerardo Vargas** 

Ingeniero de Confiabilidad de  
Mantenimiento en Cerrejon



## TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Energía infrarroja es luz que funciona fuera del rango dinámico del ojo humano. Sistemas de imágenes térmicas (cámaras termográficas) se han desarrollado para ver y medir este calor. Esta información es transformada en datos digitales y en imágenes de vídeo que se llaman termogramas.

Cada píxel de un termograma tiene un valor de temperatura y del contraste de la imagen se derivan las diferencias en las temperaturas superficiales (ver figura).

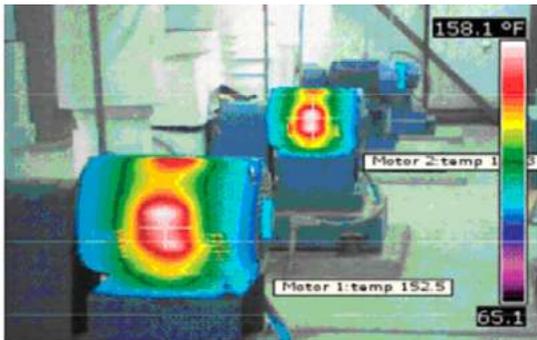


Imagen de Temperaturas en Motores Eléctricos

La toma de imágenes con cámaras infrarrojas se realiza con los equipos o plantas en funcionamiento, por lo que las interrupciones de producción son menores. Por medio de la detección de anomalías la termografía permite que se tomen acciones correctivas, antes de que se sucedan fallas costosas en los equipos o instalaciones.

Cuando se observan problemas térmicos podemos decir que hay tres tipos básicos de eventos:

- Solturas mecánicas.
- Problemas de carga
- Fallas de componentes

## APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA

La termografía infrarroja está siendo usada para el mantenimiento predictivo de una amplia gama de aplicaciones, incluyendo sistemas mecánicos, sistemas eléctricos, estructuras, diagnóstico de edificaciones, puentes, y otras.

Sistemas mecánicos que típicamente son monitoreados en un programa de mantenimiento predictivo infrarrojo incluyen rodamientos, motores eléctricos, bombas, compresores y tensores en bandas transportadoras. También se utiliza en la inspección de calderas y refractarios, intercambiadores de calor, sistemas hidráulicos, líneas de vapor subterráneas, engranajes, aislación de techos y paredes, hornos rotativos, en procesos continuos como en la fabricación de papel, vidrio, plástico y goma.



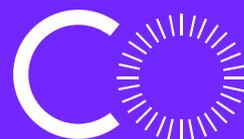
Cilindros Hidráulicos de Pala Komatsu PC4000  
Mostrando las temperaturas de funcionamiento.

La inspección termográfica en sistemas eléctricos tiene como objetivo detectar componentes defectuosos basándose en la elevación de la temperatura como consecuencia de un aumento anormal de su resistencia óhmica. Las causas que originan estos defectos, entre otras, pueden mencionarse:

- Conexiones flojas.
- Conexiones afectadas por corrosión.
- Suciedad en conexiones o en contactos.
- Degradación de los materiales aislantes.
- Cargas desbalanceadas.

Entre los equipos eléctricos a inspeccionar mediante esta técnica podemos mencionar: centros de control de motores, transformadores, interruptores, subestaciones y switchgears, bancos de capacitores, líneas de distribución aéreas, tableros de iluminación y fuerza, variadores de frecuencia, cables de potencia, terminales de conexión, fuentes de poder, Ups, y otros.

**Que  
todo  
funcione.**



consuman

## **Tu organización en orden tu mantenimiento optimizado.**

El CMMS que te permite planificar, organizar, administrar y controlar los activos de tu empresa, de manera eficiente a bajo costo. Descubre por qué hacemos que todo funcione.

**Hablemos**

[www.ctnglobal.com](http://www.ctnglobal.com)

## El internista de la 21

Soy Rafael Arguelles F., TSU en Informática, Ingeniero Electricista, MSC en Administración de Negocios, con más de 38 años en el mercado de trabajo técnico, profesional y gerencial. Practicante del Silogismo en mi forma de pensar y actuar, por lo tanto, estoico en mi forma de ser. No les contaré mucho mas de mí, pues no es éste el propósito de esta columna.



**Rafael Arguelles** 

Experienced Instrument And Control Engineer  
Ingeniero

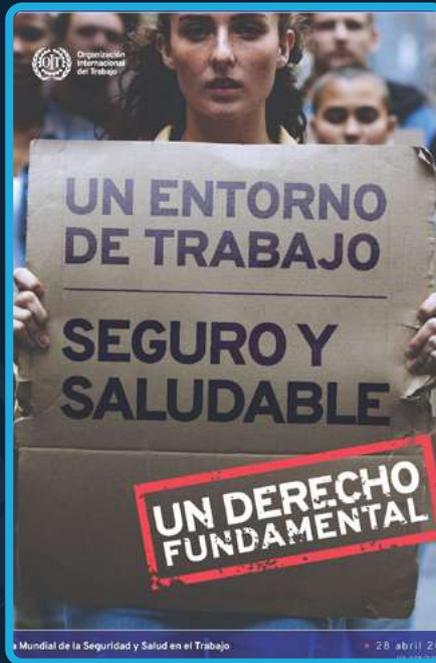
Lo que se promete, no necesita ponerse en un contrato: La columna tiene este nombre pues, cuando estaba en la fase final para culminar mis estudios de Gerencia Avanzada en el IESA, llegó el momento de presentar el equivalente a un trabajo de grado, que allí se llama "Proyecto Integrador". El proyecto integrador, por allá en 2017, trataba de aprovechar tanto conocimiento junto (fui parte de una cohorte extraordinaria en los niveles de conocimiento y experiencia), para actualizar mucha de la planificación estratégica de Sisvenca, empresa a la cual he dedicado ya más de 17 años de mi vida. Pues bien, cuando toco explicarle a nuestra facilitadora metodológica lo que la empresa es, a que se dedica, y una vez explicado lo que hace el Facility Management, la profesora ha soltado una pregun-

ta compleja de responder, pues se trataba de nuestra facilitadora metodológica: ah, ustedes son toderos, ¿no? Luego de un muy breve proceso de análisis en mi cabeza de las probables respuestas, le respondí: "no, nosotros somos como un médico internista. Es decir, nos dedicamos a todo aquello que conserva su salud y, si se presenta algo fuera de nuestro alcance por ser muy especializado, le remitimos a un especialista en dicha materia". Esto, motivó que me ganara, de allí en adelante, que me llamaran Doctor, o simplemente Internista. Por eso el nombre de la columna tiene un origen "jocoso". Pues bien, continuando con lo prometido, esta entrega tiene que ver con la fecha efemérides de este mes: el día mundial de la SST, el cual se celebra el 28 de Abril de 2023. En junio de 2022, la Conferencia Internacional del Trabajo decidió incluir

"un entorno de trabajo seguro y saludable" en el marco de principios y derechos fundamentales en el trabajo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). El Día Mundial de la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2023 se conmemorará el 28 de abril de 2023 y explorará el tema de un entorno de trabajo seguro y saludable como principio y derecho fundamental en el trabajo.

Este día, si bien se enmarca dentro de lo establecido en la declaración de la SST como un derecho humano fundamental, también debe llevarnos a pensar en la seguridad de los procesos industriales pues, sin la misma, no es posible protegernos ni tener salud.

Por lo tanto, más que hablar de SST desde ISO45000, hablaremos de seguridad desde el punto de vista de los Sistemas Integrados de Seguridad (SIS), el diseño seguro de los procesos, la certificación de operatividad de los SIS en los procesos en las cuales se enmarcan y de las diferentes capas de seguridad que deben considerarse



desde el diseño. Por lo tanto, estaremos hablando más desde la gestión de los Sistemas Físicos que desde ISO45000, gestionando los activos para que sean más seguros o para que funcionen en el nivel de seguridad que se espera. Es decir, desde IEC61508 o IEC61511, dependiendo de la naturaleza del proceso que estemos revisando, pero sobre todo desde el punto de vista de la llamada Industria de Procesos (IEC61511). En la Figura 1, mostrada debajo, vemos como se relacionan las distintas normas de Seguridad Funcional existentes de acuerdo al sector industrial donde aplican.

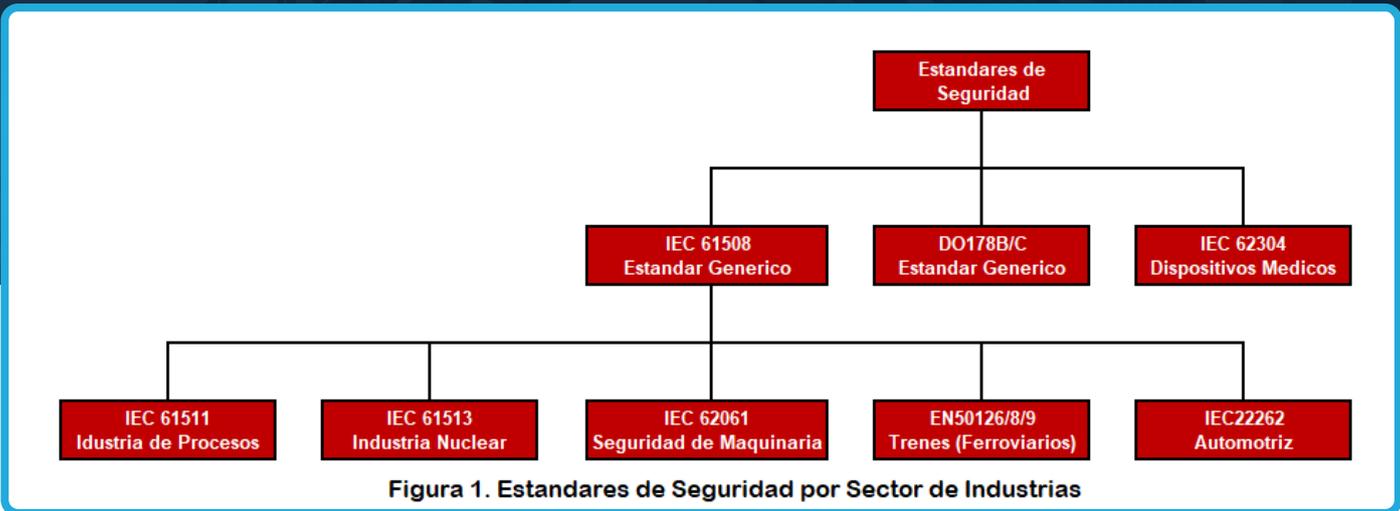


Figura 1. Estandares de Seguridad por Sector de Industrias

Conozcamos un poco de la **Norma IEC 61508**, antes de poder entrar en Materia.

El estándar IEC 61508 cubre los sistemas relacionados con la seguridad cuando uno o más de dichos sistemas incorpora dispositivos electrónicos mecánicos / eléctricos / electrónicos / dispositivos de electrónico programable. Estos dispositivos pueden incluir desde válvulas, solenoides, relés, interruptores o incluso sistemas más complejos como PLCs o sistemas con microcontroladores.

De este modo, **ES OBJETIVO DEL ESTÁNDAR CUBRIR ESPECÍFICAMENTE LOS POSIBLES RIESGOS CREADOS CUANDO FALLAN LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD REALIZADAS POR LOS SISTEMAS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD.**

El estándar se basa, entonces, en dos conceptos fundamentales: el ciclo de vida de seguridad (Safety Life Cycle) y los niveles de integridad de seguridad (Safety Integrity Level o SIL):

El ciclo de vida de seguridad se define como un proceso de ingeniería que incluye todos los pasos necesarios para lograr la seguridad funcional requerida. La filosofía básica detrás del ciclo de vida de seguridad es desarrollar y documentar un plan de seguridad, ejecutar ese plan, documentar su ejecución (para demostrar que se ha cumplido el plan) y continuar ese plan de seguridad hasta el desmantelamiento con más documentación apropiada durante todo el ciclo de vida del sistema.



Los niveles de integridad de seguridad (SIL) son niveles de orden de magnitud de reducción de riesgos. Hay cuatro SIL definidos en la IEC 61508: SIL1 tiene el nivel más bajo de reducción de riesgos, mientras que el SIL4 tiene el nivel más alto de reducción de riesgos. Simplificando, la seguridad funcional se logra diseñando adecuadamente un Sistema instrumentado de seguridad (SIS) para llevar a cabo una Función instrumentada de seguridad (SIF) con una fiabilidad indicada por el Nivel de integridad de seguridad (SIL). Los conceptos de integridad de riesgo y seguridad se analizan en mayor detalle en la Parte 5 de la norma.

## Este estándar está dividido en 7 partes, Las cuales podemos describir como sigue

### Parte 1.

Cubre los requisitos básicos de la norma y proporciona una presentación detallada del ciclo de vida de seguridad. Esta sección se considera la más importante, ya que proporciona los requisitos generales para la documentación, el cumplimiento, la gestión de la seguridad funcional y la evaluación de la seguridad funcional.

### Parte 2.

Cubre los requisitos de hardware para sistemas relacionados con la seguridad. Muchos consideran que esta parte, junto con la parte 3, es el área clave para quienes desarrollan productos para el mercado de la seguridad. La Parte 2 está escrita con respecto a todo el sistema, pero muchos de los requisitos son directamente aplicables al desarrollo de productos de hardware relacionados con la seguridad. La Parte 2 cubre un ciclo de vida de seguridad detallado para el hardware, así como aspectos específicos de la evaluación de la seguridad funcional para el hardware. La Parte 2 también tiene requisitos detallados para técnicas para tratar el control de fallas durante la operación.

### Parte 3.

Cubre los requisitos de software de la IEC 61508. Se aplica a cualquier software utilizado en un sistema relacionado con la seguridad o software utilizado para desarrollar un sistema relacionado con la seguridad. Este software se conoce específicamente como software relacionado con la seguridad. Esta parte proporciona detalles del ciclo de vida de seguridad del software, un proceso que se utilizará al desarrollar software.

### Parte 4.

Contiene las definiciones y abreviaturas utilizadas en todas las partes de la norma. Esta sección es extremadamente útil tanto para los nuevos en el estándar como para aquellos que ya están familiarizados con él como referencia a los significados precisos de los términos en el estándar.

### Parte 5.

Incluye los Anexos informativos A a E que contienen métodos de discusión y ejemplos de riesgo, integridad de seguridad, riesgo tolerable y selección de SIL. Presenta varias técnicas de selección de SIL, incluidos los métodos cuantitativos y cualitativos.

### Parte 6.

Proporciona pautas sobre la aplicación de las Partes 2 y 3 a través de los Anexos informativos desde A hasta E.

### Parte 7.

Contiene información importante para quienes realizan trabajos de desarrollo de productos en equipos que deben certificarse según IEC 61508.

De todo lo anteriormente descrito, además de la estructura de la norma, es muy importante recuperar como aprendizaje los conceptos de SIL (Safety Integrity Level), SIS (Safety Instrumented System), SIF (Safety Instrumented Function) y SLC (Safety Life Cycle) los cuales están muy íntimamente ligados y nos ayudan a determinar como se pretenden manejar los niveles de seguridad en los casos en los cuales los riesgos presentes superan lo establecido en los puntos "aceptables" de riesgo del diseño. Luego, tendríamos necesariamente que introducir el concepto de Gestión de la seguridad Funcional (SFM, Safety Function Management), lo cual en esta oportunidad pospondremos pues lo que por esta vez queremos hacer, es ilustrar como la SST está íntimamente ligada a la fase operacional del SIF.

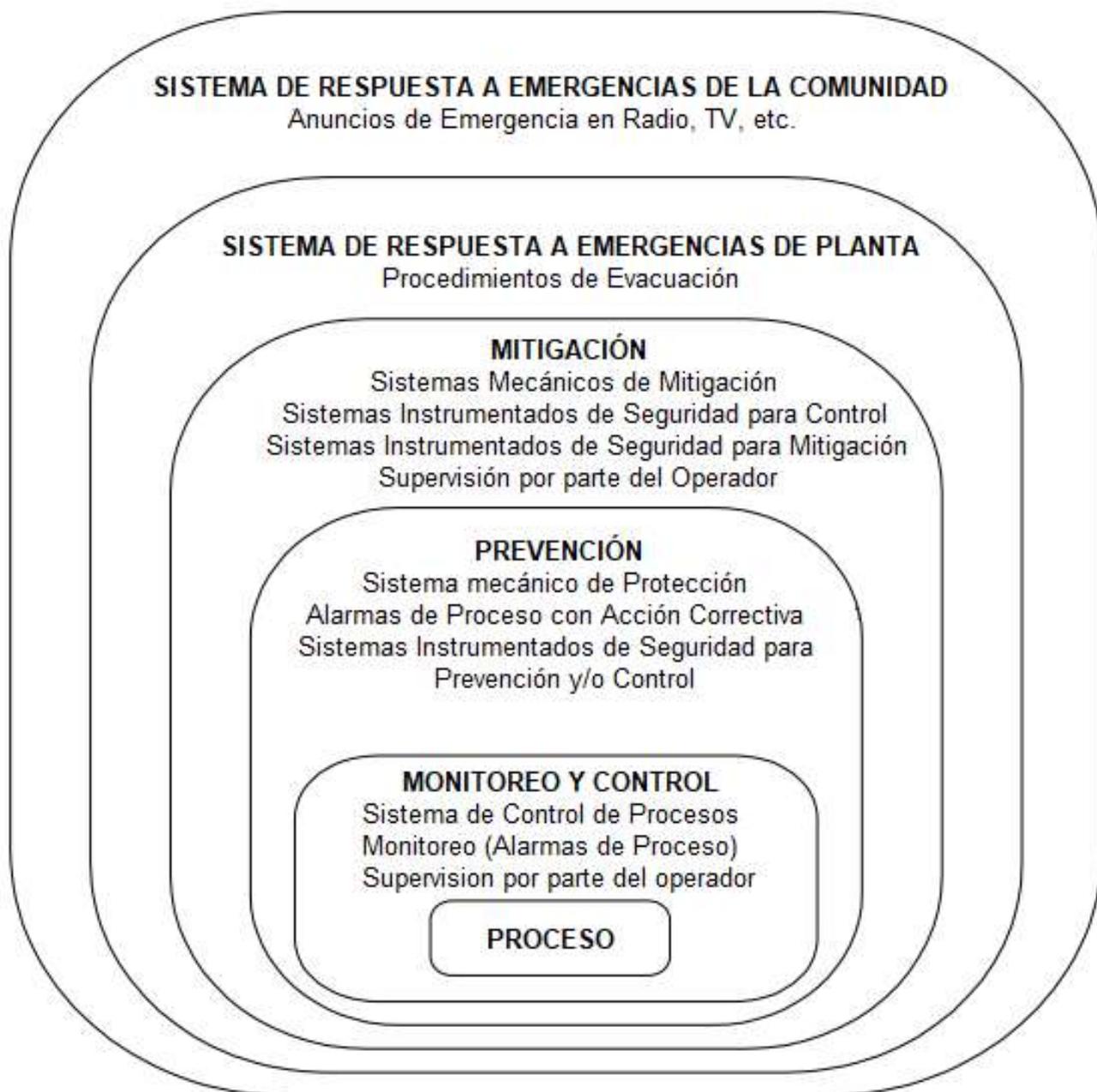
Es necesario, ahora que ya hemos disgregado estos conceptos, observar el método clásico de reducción de Riesgos, por lo que comenzaremos por el principio (perdón por la barrabasada) y miraremos como se comienza a establecer, desde el diseño, el nivel de seguridad que impera en el proceso. Esto, lo miraremos a

través de la estrategia de Reducción de Riesgos usando LOPA (Layer Of Protection Analysis). Debajo, en la Figura 1, observamos un esquemático de este concepto.

A partir de acá, abandonaremos un poco la norma IEC 61508 y abordaremos la IEC 61511 que, como vimos mas arriba, es una

norma derivada de la IEC 61508, por lo que no ahondaremos por ahora, en este artículo, mucho más acerca de ella. Esto se debe, a que el concepto de reducción de riesgos por LOPA es propio de esta norma.

La figura 2 muestra lo establecido en IEC61511 como Método de reducción de riesgos por LOPA.



**FIGURA 2. Método de Reducción de Riesgos por análisis de capas de protección (LOPA)**

La figura 2, es una copia exacta de lo que indica la norma. La misma debe ser vista como una serie de cajas, una sobre la otra, de forma que la que está mas arriba es la que contiene el "PROCESO" y la que está mas abajo es la que contiene el "SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS DE LA COMUIDAD".

En la capa del "PROCESO" están absolutamente todas las actividades, desde el punto de vista del diseño. Es decir, es esta capa donde se establecen todas las limitaciones que desde el punto de vista del diseño e ingeniería (conceptual, de detalle, etc.) puedan ser establecidas. Por ejemplo, es en esta capa donde se decide los volúmenes, los tipos, temperaturas, corrientes, materiales, etc. que el diseño permite para que el "PROCESO" sea implementado de forma segura. Sin embargo, y por supuesto de acuerdo a lo que muestra la figura, existen otras

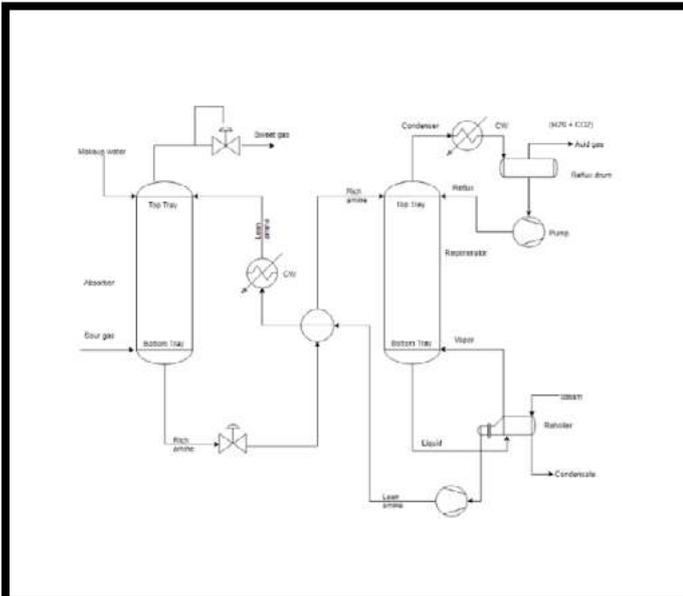
capas para tratar lo que se escapa de esta primera capa. En esta primera capa, no ahondaremos mucho, basicamente por dos razones. La primera, no es mi area de experticia el diseño de procesos. La segunda, no es el tema que estamos tratando, mas allá que las especificaciones de Seguridad Intrinseca de los componentes del proceso se den esta capa.

Productos tipicos, desde el punto de vista de Ingeniería, de esta capa, se muestran en las imágenes a continuacion, las cuales debemos observar **desde el punto de vista de SST** (debemos tener esto presente) ya que el verdadero proposito de LOPA (como su nombre lo indica) es el analisis o la reducción de riesgos mediante el uso de esta metodologia.

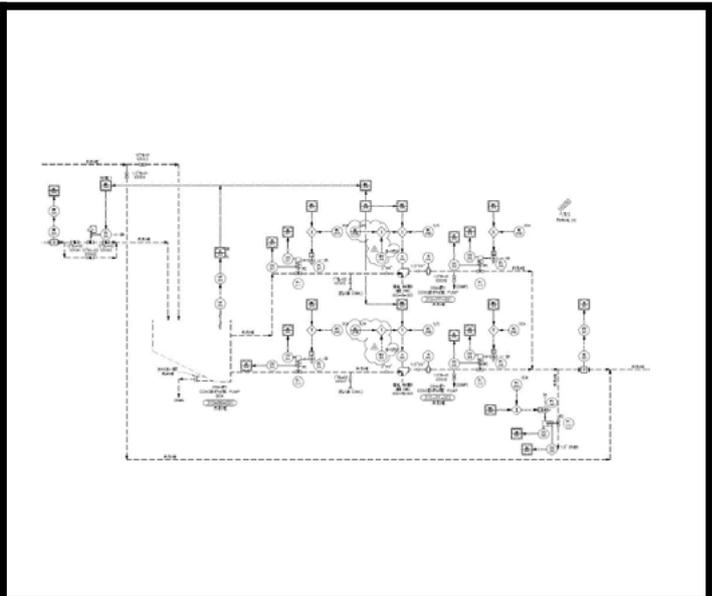
Luego tenemos la segunda capa, la de "MONITOREO Y CONTROL". Monitoreo y control del proceso, en el cual residen las dos fases que existen para esto. El Sistema de Control, que seguramente estaremos hablando de un Sistema de Control Distribuido (DCS), pero que tambien puede ser un Sistema de Control por un PLC (Controlador Logico Programable) de uso general. La otra fase, tambien en extremo importante, la observacion del proceso por parte del operador.

Estas fases son complementarias e igualmente importante. Y tienen algo en comun: requieren de la intervencion humana, por lo cual en su diseño deben considerarse las variables de Confiabilidad Humana que aplican para esto: la confianza, el estado de animo, etc. como factores que en muchas ocasiones caracterizan la desviación. En el caso de los Sistemas de Control, es importante su diseño, su nivel de "alarming" (les prometo que no se como se dice en una sola palabra esto en español) y su nivel de independencia para acciones

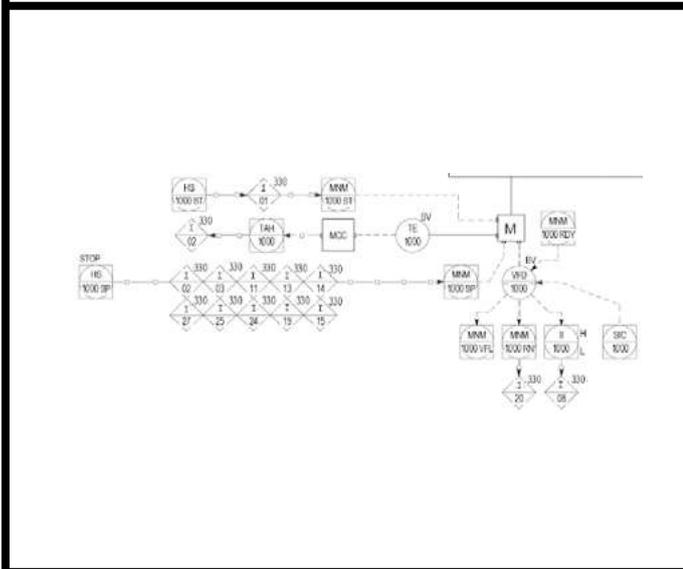




**INTERLOCK (en P&ID)**



**INTERLOCK (Diagrama causa-Efecto)**



MATRIZ CAUSA EFECTO										
UNIDAD		INTERLOCK			EFECTO					
330		T-011 (Válvula control caudal a quemadores)			Tag	PK&ID	Descripción	Espora 1	Espora 2	Nota
		CAUSA			330-001	P-1982	100-001 Vlv. Caudal a quemadores			
Nota	Lógica 2	Lógica 1	Descripción	PK&ID	TAG					
>100bar			Alta presión	300-001	FT-1902		1	1	C	
							2			
							3			
							4			
							5			
							6			
							7			

de control. En el caso de la Gestion de Alarmas, es importante mantener siempre la racionalización de las mismas. He visto, en mi experiencia, muchisimos casos donde hay hasta 5 alarmas para la misma desviación. He visto tambien casos donde el valor de ajuste para una alarma está en un punto en el cual con mucha frecuencia está en alarma. Este tipo de situaciones, hace que el Operador del Sistema pierda sensibilidad ante la misma (¿recuerdan aquella fabula de "Ahí viene el lobo"?). Bueno, así).

Hay casos, que son lo opuesto, es decir, la alarma se produce muy poco antes de parar causar daños catastroficos al proceso o a partes del proceso. Existen otros casos donde la votación requerida por el SIL del proceso, es redundante, digamos por ejemplo 2oo3, y estas mediciones se usan como indicación en el Sistema de Control, y al compararlas con la medicion que va al sistema para control, no son ni parecidas. Acá la experiencia del operador es fundamental Todo lo expuesto sobre alarming, debe ser racionalizado utilizando la norma que existe para este proposito: "Alarm

Management", de la cual sipodemos comentar bastante, pues forma parte de nuestra expertici y de los servicios que prestamos, pero por razones de espacio en la columna no haremos. Es en esta capa donde las estrategias de reduccion o analisis de la promera capa, se convierten en lineas de codigo, probramas, diagramas de escaleras, estrategias de control en DCS o PLC, etc.

A pesar de que, como ya vimos, en las dos primeras capas el proceso es diseñado para que tenga una seguridad intrínseca, y su performance sea monitoreado y controlado por sistemas automatizados, las variables pueden salir de control. En estos casos, es necesario que existan medidas de que prevengan que el proceso entre en peligro de perder su integridad (Mecánica, de procesos, etc.). Estas medidas existen en la capa de "PREVENCIÓN".

La primera pregunta, que de forma muy justa podemos hacernos es: ¿Prevención de qué? ¿Qué es lo que debemos prevenir? Y la respuesta, simple y llana, es la prevención precisamente de que se de una fuga, una explosión, un incendio, en fin, una pérdida de la integridad de un equipo o parte del proceso, o una pérdida de la capacidad de contención de fluidos de un equipo o parte de proceso. En esta parte, coexisten los equipos para protección mecánica, como por ejemplo levas de sobre velocidad, válvulas de alivio de presión, es decir, cualquier dispositivo destinado a producir una parada preventiva sin que medien partes eléctricas o electrónicas que tengan control sobre dicha parada. Estos dispositivos, coexisten precisamente, con Equipos Eléctricos, Electrónicos, programables o no, destinados a producir paradas de proceso "preventivas" de una falla mecánica importante. Esto último, muy comúnmente conocido por su nombre técnico: el Interlock. Si bien esta es un área de experticia ampliamente trabajada por mi equipo de trabajo, no ahondaremos muchísimo debido al espacio del cual disponemos en la columna, pero si tienen mayores requerimientos de información, pueden contactarme a mi correo electrónico, el cual se encuentra al inicio de la columna. Los Interlocks, vale la pena comentarlo, de-

berían ser certificados al inicio de su entrada en servicio, y de forma parcial, cada vez que la organización tenga como política hacerlo. Probar la eficacia y correcto funcionamiento de los interlocks es, en la práctica, la única forma que tiene una parte interesada, por ejemplo, una aseguradora, de que los mismos funcionan correctamente y que no han sido minimizados ni inhibidos, ya sea física o electrónicamente. Esto, al momento de tomar responsabilidades por daños a terceros, es fundamenta tenerlo al día. Esto, aporta una gran seguridad de que la integridad mecánica de los equipos, su capacidad para contener los fluidos que maneja, estarán intactas y que las probabilidades de una falla catastrófica son mínimas.

Luego, tenemos la fase de "MITIGACIÓN", en la cual ya la falla catastrófica ha ocurrido, a veces un incendio, a veces una explosión, pero siempre una pérdida de integridad o capacidad de contención. Siempre se ha sabido, que lo mas costoso para una empresa es la perdida de producción no planificada. Mas que el costo de reposición de un equipo, rotativo o estático, una tubería, un reformador, lo que sea, lo que realmente cuesta dinero es la oportunidad de producción perdida. Sin embargo, existen sistemas, ubicados en esta capa de protección, que están diseñados o tienen como razón de ser el mitigar lo mas posible los efectos del evento fuera de control. Venteos, sistemas automáticos de extinción de incendios, etc. tienen como razón de ser el mitigar al máximo el efecto de la falla ocurrida. Hasta capa, existen los eventos que podemos catalogar de SST y que deben ser manejados más como una gestión de activos, que como un subsistema simple de SST. Siendo la SIF un activo intangible importantísimo, pues las energías y recursos que deben dedicarse a estas

capas de protección, son o deben ser, muy importantes desde el punto de vista financiero.

Luego, tenemos las dos capas siguientes de protección: La capacidad de respuesta ante emergencias de la planta, y la de la comunidad donde la planta existe. Estas dos capas, por razones de no ser parte del que hacer en SST, no serán manejadas en esta oportunidad.

Con esto, hemos llegado al final de nuestra columna. Nos vemos en una próxima entrega, en la cual estaremos tocando un tema que seguramente generará mucha polémica:

## "¿GESTIÓN DE ACTIVOS O GESTIÓN DE MANTENIMIENTO?"

### Bibliografía:

<https://controldeproceso.com/>  
<https://instrumentacionhoy.blogspot.com/>  
<https://online.visual-paradigm.com/>  
<https://chemicalengineeringworld.com/>

### Normas/Documentos:

IEC 61511 (Serie)  
 IEC 61508 (Serie)

## Tipos de motores



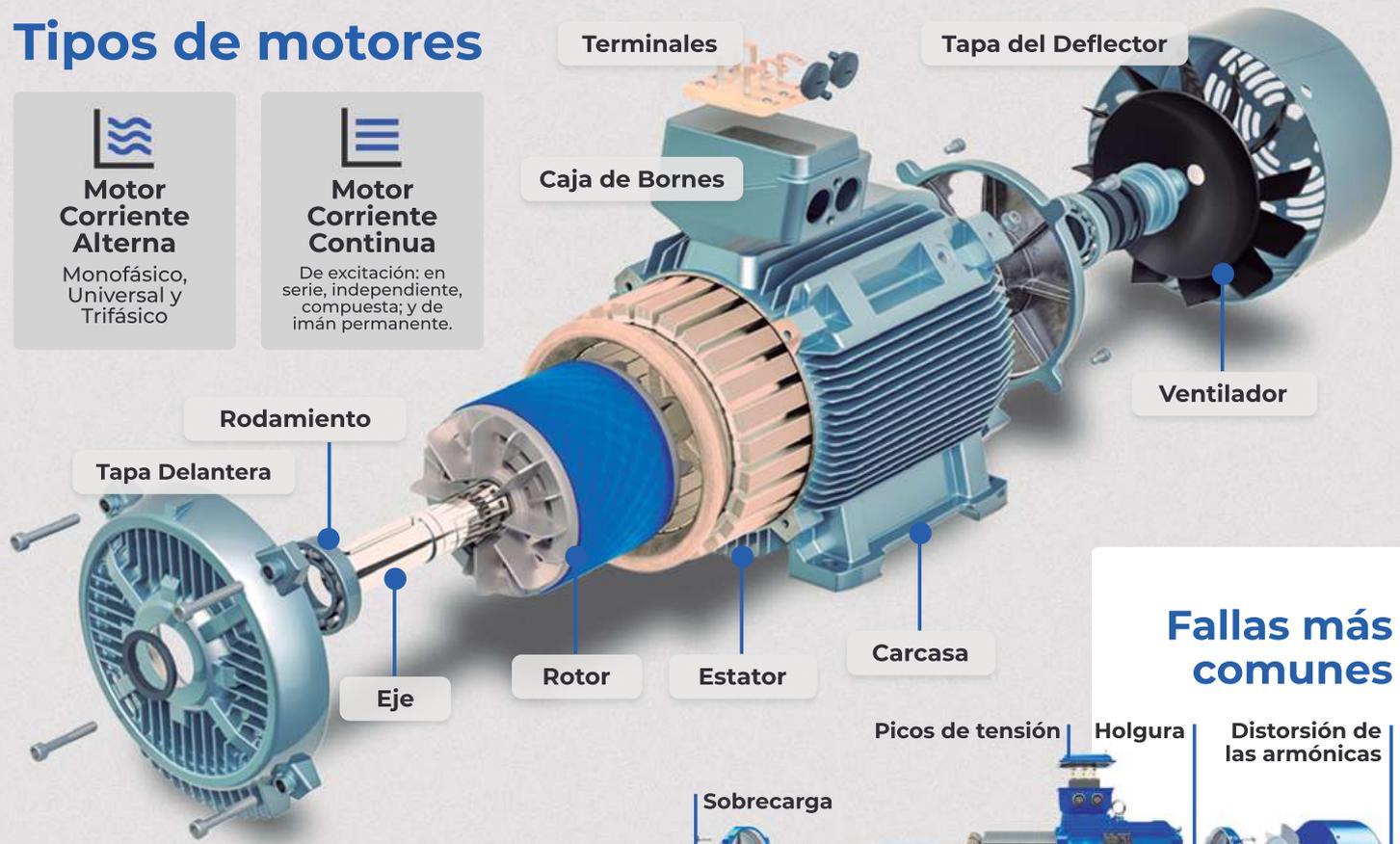
### Motor Corriente Alterna

Monofásico, Universal y Trifásico

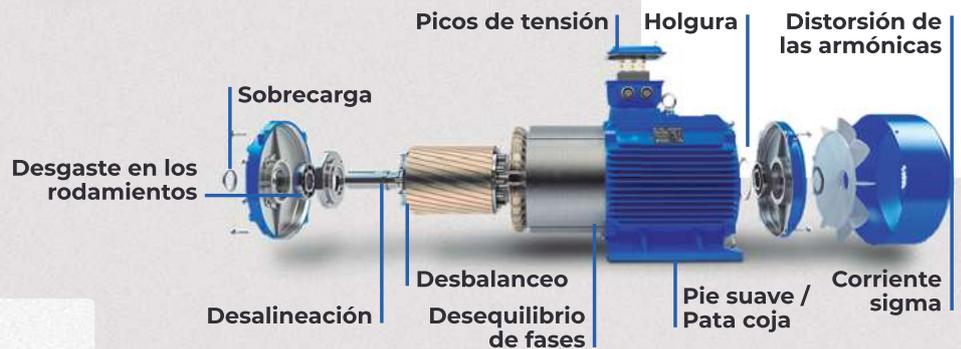


### Motor Corriente Continua

De excitación: en serie, independiente, compuesta; y de imán permanente.

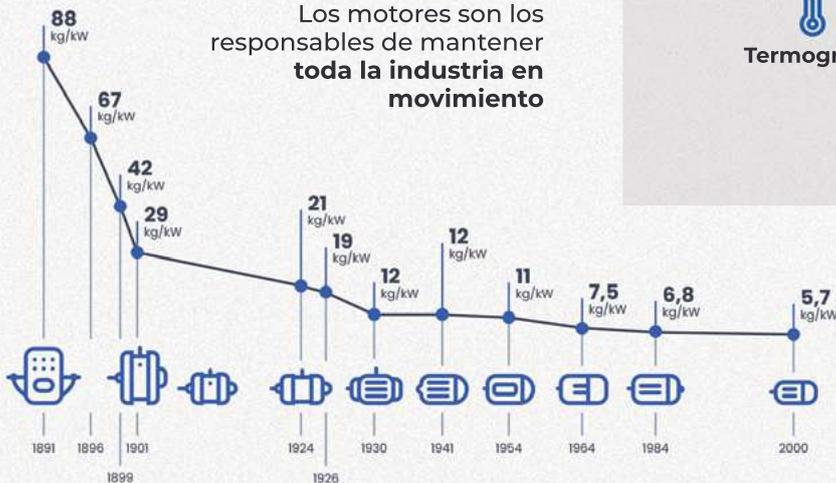


## Fallas más comunes



## Evolución tecnológica de los motores

Los motores son los responsables de mantener toda la industria en movimiento



## ¿Cómo evitar estas condiciones?

- Termografía
- Análisis de Circuitos de Motores
- Monitoreo de la Vibración
- Monitoreo de la Energía

	Fusible	Cortacircuitos del motor	Cortacircuitos del motor + falta de fase	Cortacircuitos del motor + sondas térmicas
Sobrecarga	●	●	●	●
Rotor bloqueado	●	●	●	●
Falta de fase	●	●	●	●
Variación excesiva de tensión	●	●	●	●

● No está protegido   
 ● Parcialmente protegido   
 ● Totalmente protegido

**Curso de Motores Eléctricos – Certificado Incluido**

Partes, componentes, fallas mecánicas y eléctricas.



# SOSTENIBILIDAD POR MEDIO DE LA EFICIENCIA:

## UN PLAN PARA LA INDUSTRIA DE LA REFINACIÓN



**Marcelo Carugo**   
Emerson Automation Solutions

La Administración de Información de Energía de EE. UU. proyecta que las emisiones de dióxido de carbono (CO2) irán disminuyendo hasta el 2050 en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que incluye a EE. UU.<sup>1</sup> Esta proyección asume que el consumo de energía irá aumentando hasta el 2050, y que los productores cumplirán estas demandas con una combinación de fuentes de energía tradicionales y renovables. Los sitios de pozos y las refinerías pueden contribuir a estas reducciones de emisiones proyectadas siguiendo las prácticas recomendadas descritas en este artículo.

**Impulsar una mayor eficiencia:** Cualquier instalación que se proponga aumentar la eficiencia debe tener sus operaciones en orden en todos los frentes. Esto significa que la producción debe controlarse de manera efectiva con una operación estable, con un equipo bien mantenido y seguro. Si hay problemas operativos en estas áreas, la gerencia debe solucionarlos primero, ya que los costos e incidentes relacionados pueden tener efectos negativos mucho mayores en comparación con las reducciones en el consumo de energía.

Este artículo examinará tres áreas en las que las instalaciones pueden mejorar la eficiencia energética al utilizar tecnologías disponibles en la actualidad:

- Sistema de información para la gestión energética (EMIS)
- Sistema de monitoreo predictivo de emisiones (PEMS)
- Gestión energética y caudal másico

Según los proyectos en los que los ingenieros de la empresa del autor han trabajado en una variedad de refinerías, las mejoras pueden sumar hasta un 2 % o un 3 % del costo correspondiente. Dadas las cantidades que una refinería típica gasta en energía, estas cifras se traducen en números muy grandes, y cualquier reducción resulta en aumentos sustanciales en la rentabilidad, junto con las correspondientes mejoras en la sostenibilidad.

EMIS: Comprender el consumo de energía: La medición es un primer paso crítico para la gestión energética porque muchas instalaciones no saben lo suficiente sobre cómo están consumiendo la energía como para reducirla. Obviamente, la instalación tiene una cantidad agregada, pero es posible que no pueda determinar el volumen asociado con una unidad individual o un calentador de fuego específico. Analicemos esta situación y veamos cómo abordar este problema.

Los costos de energía en una refinería típica se encuentran entre los costos operativos más altos, si no el más alto, a menudo hasta el 50 % de los costos de refinación. El costo total comprende numerosos factores relacionados con los tipos de combustible disponibles, costos de combustible individuales, eficiencia del equipo (calderas, calentadores de combustible, etc.), condiciones de operación y una variedad de otros factores. Para complicar aún más las cosas, en una refinería promedio, alrededor del 41 % de la energía simplemente se pierde.

¿Se puede arreglar esta situación? Sí, sin duda. Esta es la realidad: el cuartil superior de las empresas de la industria tiene menos de la mitad de la intensidad energética del cuarto cuartil. Piense en lo que eso significa. Las mejores refinerías consumen la mitad de energía por volumen de producción que las peores. ¿Cómo lo hacen esas mejores empresas?

Primero, miden el consumo de energía (FIG. 1) de forma granular en tiempo real. Es posible ver cuánto y qué tipo de combustible está consumiendo un calentador, una caldera u otro equipo encendido en cualquier momento. Esta capacidad requiere instrumentación y las redes que la respalden, con avances en sensores inalámbricos que simplifican la implementación y reducen los costos. A menudo, esto incluye agregar instrumentación a los equipos que actualmente no se monitorean de manera integral o no se monitorean en absoluto.

En segundo lugar, toda la instrumentación crea grandes cantidades de datos que deben capturarse e historizarse. Hay muchas plataformas capaces de proporcionar visualización; sin embargo, algunas instalaciones se detienen aquí, como si la captura de datos fuera un fin en sí mismo. Dichos programas no brindan los resultados deseados, lo que requiere avanzar al siguiente paso.

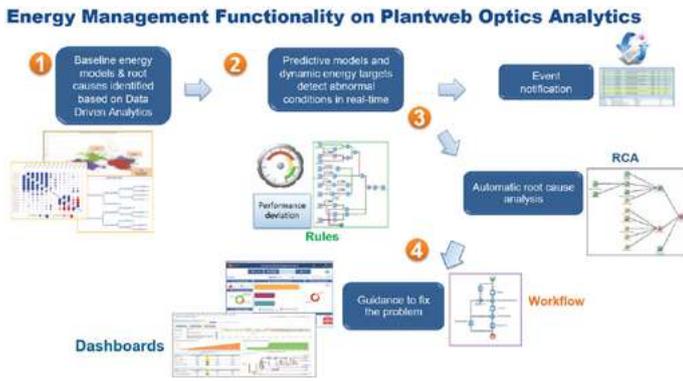
Tercero, los datos deben ser analizados. Aquí es donde las instalaciones se dan cuenta de las verdaderas diferencias en metodología y eficacia. Una plataforma analítica básica debe cubrir, al menos, las siguientes cinco acciones:

1. Valide los sensores para garantizar mediciones precisas sin ruidos ni valores defectuosos.

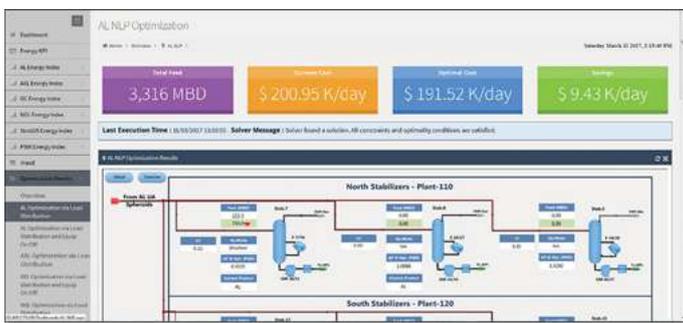


Figura 1. Los tableros pueden mostrar el consumo de energía, incluida la energía desperdiciada, en tiempo real.

2. Monitoree los indicadores clave de desempeño (KPI), al mostrar datos en paneles de usuario e identificar áreas problemáticas.
3. Ajuste los objetivos dinámicos en función de los estados de la planta y los modos de operación, al mismo tiempo que identifica situaciones anormales y posibles alteraciones del proceso.
4. Aísle las causas principales detrás de las brechas de desempeño y proporcione acciones correctivas sugeridas.
5. Calcule puntos de ajuste para optimizar el consumo de energía en múltiples niveles operativos y minimizar así el costo.



**Figura 2.** Un sistema eficaz no solo informa datos, sino que ofrece sugerencias sobre cómo los operadores pueden mejorar las operaciones.



**Figura 3.** El sistema de esta planta muestra a los operadores una variedad de KPI críticos, para que tengan conocimiento de la situación del consumo de energía y cómo pueden controlarlo.

La medida en que una plataforma dada realiza estas funciones es el principal vaticinador del éxito general del proyecto. Por ejemplo, los modelos predictivos adjuntos a objetivos dinámicos pueden ir más allá de la simple identificación de situaciones anormales. Un sistema realmente sofisticado no solo debe rastrear estas situaciones en tiempo real, sino también ofrecer un análisis de lo que está fallando en el proceso (FIG. 2). De esta forma, el modelo puede profundizar en las interacciones y ofrecer formas prácticas de mejorar la operación, más allá del ahorro de energía.

Saudi Aramco y EMIS: Como un breve ejemplo, Saudi Aramco lanzó un proyecto EMIS en su instalación de Abqaiq, la planta de procesamiento de petróleo y estabilización de crudo más grande de su flota. El EMIS instalado cubre 24 unidades de producción, 57 unidades de no producción y 237 equipos críticos. La gerencia de la empresa quería mejorar el consumo de energía promedio anual de la instalación de 30,000 Btus/bbl del equivalente de petróleo. Además de muchas preocupaciones comunes a la mayoría de las refinerías, esta instalación también tenía problemas específicos que resolver, entre ellos:

Los sistemas de monitoreo de energía existentes informaron muchas advertencias falsas de consumo excesivo que eran difíciles de solucionar.

En ocasiones, los operadores se encontraban operando con objetivos incorrectos debido a cambios en el modo de la planta y los estados impulsados por un cambio a un crudo diferente.

Los operadores estaban ajustando cargas y alimentaciones sin suficiente información para considerar los impactos completos en el desempeño de cada unidad y su equipo.

Los ingenieros que diseñaron el EMIS capturaron los datos correctos para analizar y resolver las preocupaciones operativas básicas, pero también las exclusivas de cada unidad. Estos datos se combinaron con tableros (FIG. 3) configurados para mostrar variables críticas, de modo que los operadores pudieran mantener un conocimiento crítico de la situación de las operaciones del proceso y del consumo de energía y luego tomar las medidas apropiadas.

Estas acciones se basaron en 13 modelos de optimización, cada uno de los cuales utilizó problemas de programación no lineal y métodos de problemas de programación no lineal de enteros mixtos para entregar resultados que minimizaran el consumo de energía en todas las plantas.

Los resultados del proyecto incluyeron:

Un ahorro estimado en costos de energía de \$22 MM en el primer año.

Una mayor visibilidad del desempeño operativo para los operadores y la gestión mejoró la toma de decisiones en todos los niveles.

Tiempo del ciclo para la resolución del problemas más rápido.

Los mejores puntos de ajuste y parámetros clave para la mayor rentabilidad retenida y compartida entre los operadores.

**PEMS:** Ampliación de las capacidades de la gestión energética: Muchos procesos de combustión dentro de una refinería están regulados por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) o su equivalente en otros países. Tales agencias requieren que la mayoría de los calentadores, calderas y equipos similares tengan un sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) para medir y registrar la salida de varios contaminantes del aire cada vez que el equipo está en funcionamiento. Los contaminantes en este contexto pueden incluir dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, CO<sub>2</sub>, amoníaco, oxígeno y posiblemente otros. La solución convencional en estos casos es implementar una y potencialmente más tecnologías de analizadores de gases diseñadas para cuantificar los contaminantes relevantes para cada fuente.

Este enfoque puede funcionar bien cuando se aplica correctamente; sin embargo, puede volverse complejo y costoso, particularmente cuando una instalación dada puede quemar múltiples tipos de combustibles capaces de producir diferentes efluentes. Si existe la oportunidad de ahorrar dinero al usar un combustible económico durante algún tiempo, pero el analizador no puede manejar los efluentes probables, es una oportunidad perdida. Además, dada la cantidad de aplicaciones probables en una refinería, puede haber docenas y tal vez cientos de instalaciones de analizadores, todas las cuales requieren calibración, consumibles (gases especializados) y mantenimientos apropiados.

En muchos aspectos, el mayor inconveniente de este enfoque es lo poco que ayuda a mejorar el proceso o a reducir los costos. Los analizadores CEMS están ahí con el único propósito de monitorear las emisiones. Si los operadores en la sala de control pueden ver lo que están informando, lo que no suele ser el caso, es posible que obtengan una indicación de que algo anda mal con la combustión, pero esto no siempre es muy útil.

Una mejor alternativa es usar un PEMS basado en datos en lugar de un CEMS convencional. El PEMS crea un modelo (FIG. 4) del proceso de combustión con los datos de EMIS, historiadores, sistemas de gestión de activos u otras bases de datos de procesos.

Dado que el PEMS monitorea todos los factores relevantes, como el flujo de combustible, el flujo de aire, el tipo de combustible, etc., puede calcular la salida de efluentes en tiempo real basándose en un modelo de combustión sofisticado. El modelo dice, en efecto, dado este conjunto de parámetros operativos, aquí está el perfil de los efluentes.

Esta metodología se describe en las reglamentaciones pertinentes, incluida la EPA CFR 40 de EE. UU., Parte 60-61-63-75 y en la Unión Europea bajo CEN/TS 17198:2018. El organismo regulador insistirá en evaluar una determinada instalación para asegurarse de que el proceso se realiza correctamente. Normalmente, la certificación de una instalación requiere una serie de pasos:

- | Verificar que la aplicación sea adecuada para PEMS;
- | Validar sensores para precisión y confiabilidad;
- | Evaluar la integridad del modelo de emisión;
- | Revisar documentación y capacitación.

Una vez que se superan estas pruebas y el sistema está instalado y en funcionamiento, la aplicación debe probarse y validarse periódicamente. Algunos de estos serán controles internos, pero la agencia reguladora participará, al menos, anualmente con su propia prueba de vigilancia.

El uso de un PEMS ahorra dinero en comparación con un CEMS tradicional (FIG. 5) al considerar tanto el costo de capital como el costo operativo de por vida, especialmente cuando se incluye el mantenimiento y los consumibles para los analizadores convencionales. Sin embargo, tan importante como el costo, un PEMS puede funcionar en conjunto con el EMIS porque es parte del EMIS más grande.

Por lo tanto, proporciona información sobre el proceso de maneras que no son prácticas con un CEMS.

También puede ser parte de estrategias de optimización de procesos más grandes y esfuerzos de eficiencia energética.

### **Balance de masa: Producción para el aporte de energía**

La pregunta que todos los gerentes de refinerías deberían hacerse es, ¿cuánto producto obtenemos por cada unidad de entrada de energía? Este es un cálculo muy importante, pero es muy complejo ya que hay muchas variables. El panorama general también incluye las capacidades y limitaciones básicas de una unidad de producción en función de las conversiones, los rendimientos, la selectividad del catalizador, los puntos de corte del fraccionador y la eficiencia energética. Un EMIS puede proporcionar el lado energético de la ecuación, que es otro beneficio de dicho sistema, pero para muchas instalaciones, el eslabón débil de examinar

en el balance de masa resultan ser mediciones precisas de los flujos de productos en puntos críticos del proceso. El punto crítico es medir el caudal másico, pero en muchas instalaciones, la instrumentación de caudal solo mide el volumen. Esto es un problema porque las mediciones de volumen no tienen en cuenta la densidad del producto, lo que puede provocar errores de cálculo.

### Los siguientes son varios ejemplos típicos de problemas:

Dado que la densidad no se mide, se supone que es constante, usando el mismo valor en todas las situaciones para un producto dado.

El procesamiento de lotes de crudos de oportunidad provoca cambios en las características de la materia prima, que pueden reconocerse con una lectura de caudal másico real, pero pueden pasar desapercibidos si se supone que la densidad es constante.

Si es necesaria una lectura de densidad crítica, algunas instalaciones usan análisis de laboratorio de muestras al azar; sin embargo, esto no rastrea las condiciones cambiantes.

La conversión de volumen a masa para flujos de alta temperatura es problemática, ya que las tablas del factor de corrección de volumen del American Petroleum Institute se detienen en 400 °F (200 °C).

Es posible implementar instrumentos de densidad en el campo, pero existen limitaciones de temperatura y productos viscosos.

Dado que la masa no se mide con precisión, la optimización de procesos por medio de estrategias avanzadas de control de procesos no es práctica.

Pasar a la medición de caudal másico: Podría decirse que la mejor tecnología de caudalímetros para aplicaciones de refinería es Coriolis (FIG. 6). Estos caudalímetros no solo miden el caudal másico de forma nativa, sino que también miden la densidad directamente en tiempo real y tienen compensación de temperatura interna. La mayoría de los diseños incluyen un transmisor sofisticado capaz de entregar el rango de variables requeridas para respaldar los cálculos de balance de masa. Además, son muy precisos en un amplio rango de temperaturas y rangeabilidad.

Su desventaja es el costo relativamente alto en comparación con las tecnologías de medición alternativas, junto con un pequeño paso libre interno en comparación con el tamaño de la línea. Donde los flujos de productos no son limpios, pueden ser propensos a obstrucciones, particularmente con tamaños de línea pequeños. Sin embargo, si bien el costo es una consideración, el precio de compra más alto es mucho menor que los ahorros realizados por las plantas que los instalan en puntos críticos. Incluso una ligera mejora en la producción puede pagar el caudalímetro en semanas o meses.

Una configuración de caudalímetro más común en las refinerías es la presión diferencial (dP). Esta tecnología funciona bien en todo tipo de instalaciones, pero no puede proporcionar una medición de caudal másico sin conocer la densidad del producto. Si la densidad es relativamente constante, el transmisor o el sistema host de automatización pueden usar el valor de densidad, con el ajuste apropiado para la temperatura y calcular el caudal másico sin másico. Esto funciona solo cuando hay una lectura de temperatura en el caudalímetro, que puede ser parte de ese medidor o de una capturada cerca.

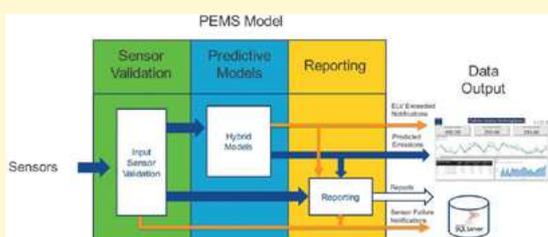


Figura 4. Un PEMS utiliza un modelo de proceso para determinar la salida de contaminantes de un calentador o caldera encendidos.

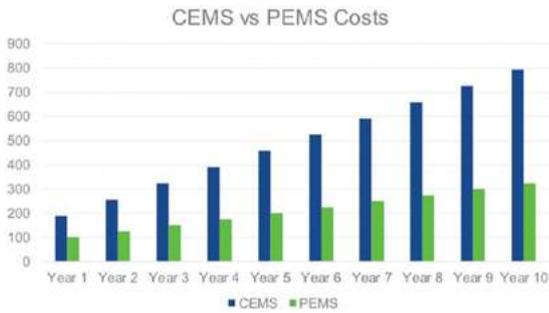


Figura 5. Un PEMS es mucho menos costoso y mucho más versátil que un CEMS.

Para las instalaciones y unidades de producción donde hay una gran base instalada de caudalímetros de dP, es probable que haya una combinación de instalaciones confiables y problemáticas. La mayoría de las instalaciones de dP se pueden mejorar al verificar algunas consideraciones básicas de operación y mantenimiento, que incluyen lo siguiente:

**¿Cuántos años tiene el transmisor?**

Los transmisores de dP de hoy en día tienen capacidades que no estaban necesariamente disponibles hace solo unos años. Esta actualización económica puede agregar nuevas funciones multivariables a una instalación existente.

**¿Las líneas de impulso son fáciles de mantener?**

Las líneas de impulso mal diseñadas pueden tener filtraciones u obstruirse, lo que interfiere con las mediciones precisas. Cuando los sedimentos son un problema, se pueden configurar para una fácil limpieza.

**¿Cuál es la condición de la placa de orificio?**

Los usuarios deben verificar que los bordes del orificio aún estén afilados, que el orificio esté centrado y que no se haya agrandado debido al desgaste. Se puede hacer una verificación con un micrómetro para verificar que no haya perdido área superficial, lo que cambiaría la relación beta.

**¿La instalación tiene suficiente tubería recta?**

Para lograr una precisión total, los caudalímetros de dP necesitan secciones de tubería rectas aguas arriba y aguas abajo de la placa de orificio. Verifique que todas las instalaciones tengan la longitud requerida.



Figura 6. La tecnología Coriolis suele ser la mejor opción para las lecturas de caudal másico real utilizadas para los cálculos de balance de masa.

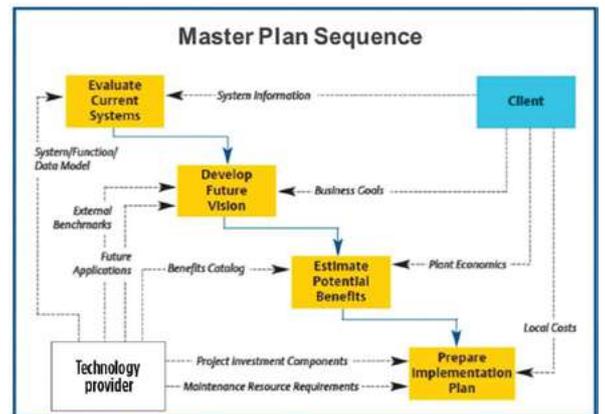


Figura 7. Un plan maestro une todos los elementos de un proyecto de eficiencia para maximizar los beneficios totales.

**¿Cuándo se calibró el transmisor por última vez?**

Realice las acciones de calibración necesarias y verifique que el rango siga siendo apropiado para la aplicación.

## Beneficios obtenidos de los esfuerzos del en el balance de masa

Los esfuerzos diseñados para mejorar el balance de masa siguiendo los métodos discutidos pueden brindar mejoras importantes a las refinerías. Los siguientes son tres breves ejemplos:

Con su sistema de medición existente, una refinería no pudo cumplir con el objetivo de  $\pm 2\%$  en su unidad de destilación al vacío/destilación de crudo. Usaba caudalímetros de dP y un caudalímetro ultrasónico. Reemplazó 10 de las instalaciones de dP con caudalímetros Coriolis, y luego pudo llevar la unidad rápida y consistentemente dentro de un objetivo de  $\pm 1\%$ .

Una refinería en el este de Europa no podía exceder el 96 % de cierre del balance de masa usando caudalímetros de dP, a pesar de que habían sido muy exigentes con el mantenimiento y la calibración. Reemplazaron nueve de las mediciones más críticas con caudalímetros Coriolis. No solo redujeron el tiempo dedicado al mantenimiento, sino que también pudieron mejorar el balance de masa al 99,4 %.

Otra refinería tuvo problemas para estabilizar su unidad de hidrocrackeo debido a la variabilidad de la materia prima. Al utilizar caudalímetros de dP convencionales, los operadores no pudieron compensar con precisión los cambios de composición. Al colocar un caudalímetro Coriolis en la línea principal de la materia prima, los operadores pudieron reconocer los cambios en la materia prima, lo que les permitió alcanzar sus objetivos de producción y monitorear la desactivación del catalizador. Un aumento del 2 % en el rendimiento valió \$1 MM en el primer año.

## Unirlo Uniendo todo

Un proyecto eficaz de sostenibilidad por medio de la eficiencia tiene muchos aspectos; por lo tanto, requiere coordinación para lograr las metas deseadas. Cada elemento puede generar ganancias de forma individual, pero cuando se vinculan entre sí a través de un plan maestro común (*Figura. 7*), los efectos verdaderamente sinérgicos pueden **multiplicar** los beneficios. La gerencia debe considerar este tipo de plan como una clave para los avances a largo plazo capaces de mejorar las ganancias, reducir la huella de carbono y hacer que las operaciones sean más sostenibles.

### Literatura citada:

1 U.S. EIA, "EIA projects nearly 50% increase in world energy use by 2050, led by growth in renewables," October 7, 2021, online: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=49876>

MARCELO CARUGO trabaja con empresas del upstream y downstream a nivel mundial para crear un camino claro y factible hacia la excelencia operativa y la transformación digital por medio de aplicaciones de tecnologías de automatización.

Se unió a Emerson en 1998 y tiene más de 30 años de experiencia en las industrias de control de procesos químicos y de refinación, tanto a nivel nacional como internacional.

El Sr. Carugo recibió un título de ingeniería electrónica de la Universidad de Buenos Aires, Argentina; un diploma de posgrado en ingeniería electrónica de PIITS en los Países Bajos; y una maestría en ingeniería electrónica con honores de NUFFIC en los Países Bajos.

# Optimiza tu estrategia de mantenimiento y la productividad de tus equipos

Fractal, la Plataforma de Mantenimiento Inteligente



# Entrevista a Karen Posada, una experta en Planeación del Mantenimiento

Entrevista por Lisset Chávez

## Cuéntanos un poco sobre ti. ¿Quién es Karen Posada?

**Karen Posada** - Soy una persona que me gusta hacer las cosas bien a la primera, echarles ganas a todas las cosas y demostrar que las cosas se pueden hacer, aunque muchos duden. Me gusta ayudar y enseñar todo cuanto sé. Me encanta mi trabajo y algo una palabra que podría describirme, sería constancia, ya que soy de las personas que trabajan sobre objetivos hasta cumplirlos y sé que no me puedo fallar aunque estoy consciente que cuando no llegó a cumplir uno de ellos, no será por mí, será por causas externas, pero no me gusta tener justificantes.

Soy una persona que le gusta ser directa y decir las cosas como son, sincera. Soy de esas personas que aman estar con su familia y que daría todo por ellos. Karen es una persona que ha madurado mucho a lo largo del tiempo tanto personal como profesionalmente y que no cambiaría nada porque sino no estaría en el nivel espiritual y de madurez que se encuentra ahora.

## ¿Cómo ha sido tu trayectoria profesional?

**Karen Posada** - Afortunadamente, al salir de la universidad, Braskem Idesa, estaba reclutando personal sin experiencia, mi círculo de amigos, los cuales éramos seis, metimos papeles, pero solo nos eligieron a dos, salí en diciembre de la escuela y en mayo estaba tomando cursos de nuevo impartidos en la UT de Nanchital, por parte de BI, estuvimos hasta noviembre en los cursos, era como cursar la escuela de nuevo y el primero de noviembre, firmamos nuestro contrato indefinido, por lo que este es mi primer trabajo y he aprendido muchísimo, estoy enormemente agradecida, porque aquí he forjado mi carrera.

## ¿Cómo fue para ti llegar a Braskem Idesa?

**Karen Posada** - Fue un proceso no tan tardado, de aproximadamente tres meses, estuvo lleno de muchas expectativas pero sin duda, soy muy afortunada, porque miles de estudiantes y recién egresados metieron papeles, ya que personal de BI iban a las universidades a incentivarlos y eso para mí tiene más valor, ya que no fue sólo un filtro, fueron como cuatro, más la entrevista y pasarlos todos no era tan fácil al ser primeriza en ese ámbito.



## ¿Cuáles son tus principales tareas diarias?

**Karen Posada** - Realizar el programa semanal a ejecutar para la semana siguiente. Retroalimentar el programa semanal. Notificar órdenes.

Hacer reportes de gastos y KPI's  
Revisar los pendientes del área de calidad, porque soy la focal point para mantenimiento.

Cierre de órdenes notificadas, revisión de órdenes en el sistema para ver cuales se tienen que reprogramar, cerrar y/o cancelar, según sea el caso.

Hacer programa en Project de paro de equipos, según se requiera.  
Realizar solicitudes de pedido de servicio y materiales.

Darle seguimiento a la intervención de los equipos críticos.

**Braskem Idesa obtuvo el Galardón de "Seguridad Industrial y Sustentabilidad" otorgado por DUPONT. Este premio reconoce a Braskem Idesa en materia de seguridad industrial, por las medidas de control que la empresa realiza en el desarrollo, en Coatzacoalcos, Veracruz. ¿Qué planes o actividades realizan?**

**Karen Posada** - Una de las muchas actividades que conozco son las reuniones de seguridad e higiene, en el cual el comité que está conformado por superintendentes, técnicos, supervisores y gerentes de diferentes plantas, hacen un recorrido a cada una de las plantas para revisar los puntos encontrados en las reuniones pasadas y verificar su cierre, así como también se tiene un power BI donde se llevan el IP de SSMA y nos alientan con las 12 reglas de seguridad y levantar los reportes en los sistemas de cualquier accidente o incidente para que toda la corporación los conozca y aprendamos de ello.

## ¿Cuál es el futuro que imaginas para Braskem Idesa en México?

**Karen Posada** - Pienso que aunque hay mucha competencia en lo que respecta a la venta del polietileno, seguiremos escalando para seguir siendo una de las mejores empresas a nivel mundial, con los nuevos proyectos de expansión y la terminal que se empezará a construir, tendremos la materia prima suficiente para abastecer de polietileno a los clientes y hasta más.

## ¿En qué inviertes tu tiempo libre?

**Karen Posada** - Me gusta nadar, estar en casa con mi novio, viajar y pasar tiempo con mis papás y hermanas, a quienes regularmente veo cada fin de semana.

## ¿Cuáles son los planes de Karen Posada a futuro?

**Karen Posada** - Quiero crecer laboralmente en esta empresa, cumpliré 10 años en la empresa el primero de noviembre y 5 años en el departamento de Mantenimiento Planeación, estoy lista para dar un paso más, me encantaría estar en el puesto de ingeniero de mantenimiento o conocer más acerca del departamento de seguridad funcional o también seguir creciendo aquí en el departamento junto con otras responsabilidades. Por supuesto que también quiero casarme y tener hijos en un futuro no muy lejano. Me gusta mi trabajo y en donde esté seguiré haciendo las cosas lo mejor posible.

# MODELO DE GESTIÓN PARA FLOTA VEHICULAR EN TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE



**Ing. Percy Ruiz Rodriguez** 

Especialista en Gestión de Mantenimiento

Jefe de Operaciones Posventa en Autonort Dealer Toyota



# Introducción

El objetivo de toda empresa de manera tradicional es el lucro estimado en la rentabilidad económica que genera como consecuencia del desarrollo de sus actividades, ello no es ajeno en el rubro de transporte terrestre sin embargo, hoy en día no es suficiente entender el giro de negocio únicamente a este nivel sino que surge la necesidad de evolucionar a desarrollar negocios con propósito que conlleven a establecer un triple impacto en el ejercicio de sus operaciones, tanto al nivel Económico, Ambiental y Social traducido en la propuesta de valor diferenciadora que permite trascender y generar una organización sostenible en el tiempo, en constante búsqueda de sostener un binomio de ganar – ganar entre las partes involucradas, orientado a establecer el equilibrio entre Costo, Riesgo y Beneficio.

Entendamos que, como tal el rubro de transporte terrestre dentro de nuestro país y en América Latina en general cumple un rol primordial debido a que posee en promedio una participación superior al 85% respecto a otras modalidades de transporte, tal como el transporte aéreo, marítimo, ferroviario u otros. Por lo que para países con economías en desarrollo es fundamental establecer cadenas de suministro que soportados en las corrientes de globalización impulsan la actividad económica ofreciendo oportunidades de desarrollo.

En tal sentido en el rubro de transporte terrestre es vital establecer mecanismos que nos permitan optimizar los recursos disponibles a partir del conocimiento del contexto operacional buscando obtener el máximo beneficio posible a partir de la gestión de los activos que posee cada organización enfocado a la generación de valor, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Perú, al cierre del ejercicio del 2021 se registraron un incremento de la formalización de empresas de transporte de carga terrestre, donde se evidencia la alta concentración de flota vehicular en pocas empresas, tal es así que existente solo 03 empresas a nivel nacional que poseen más de 1000 vehículos en su flota y únicamente representa el 1% del total de

vehículos formales para transporte, el siguiente 2% está compuesto por empresas que operan entre 500 a 1000 vehículos, agrupando el 1% siguiente en empresas que poseen entre 250 a 500 vehículos, por lo que el 96% restante corresponde a empresas con baja concentración de flota pero registran un volumen combinado de 321,858 vehículos, siendo el 75% de estas empresas formadas por “hombre - camión” denominación dado en el argot del transporte a dueños de vehículos que ellos mismo conducen sus unidades, es por ello que surge la necesidad de dotarlos de herramientas que permitan la rentabilidad adecuada mediante la gestión de su flota vehicular y nociones mínimas de sostenibilidad de negocio.

Para concretar el aporte valor en la gestión de empresas de transporte terrestre tenemos que comprender que cada unidad vehicular es uno de los activos fundamentales pero como tal requiere un conductor u operador calificado que en conjunto cumple una función específica diseñado o esperado tal como el traslado de mercancías o personas, acarreo de materiales, de cargas especiales que se suma a la producción requerida por la organización dentro de un sistema de trabajo pre diseñado, por ende toda actividad de soporte, preventiva o proactiva que permita continuar con el cumplimiento de la función, estar generando valor.

Proceso de Gestión Operativa



Modelo

Aplicando como base el ciclo de vida de los activos descrita en la norma ISO 55001 donde identifican 06 etapas en las que todo activo transcurre a través del tiempo y dentro de la organización en el cumplimiento de su objetivo dentro del performance para el transporte terrestre, siendo estas:

**1. Analizar los requerimientos de negocio:** Donde como gestor de flotas, jefe de contratos, gerente de proyectos o dueño de camiones planteamos el contexto operacional que se necesita en función del régimen de explotación proyectado en un tiempo determinado, para lo cual tenemos que responder a tres perfiles con cuestiones propias que garantizan el conocimiento de la necesidad a cubrir, siendo estos:

- a. Perfil operacional,** detalla la función del vehículo en la operación así como las restricciones operativas, incluido las condiciones laborales.
- b. Ambiente operacional,** responde la ubicación geográfica, altitud y tipo de carretera donde los vehículos transitaran. Es importante considerar si en el ambiente hay humedad, polvo suspendido, clima, etc.
- c. Políticas Externas,** contempla restricciones externas a la operación, por ejemplo: Política gubernamental, Política de seguridad y Política Ambiental.

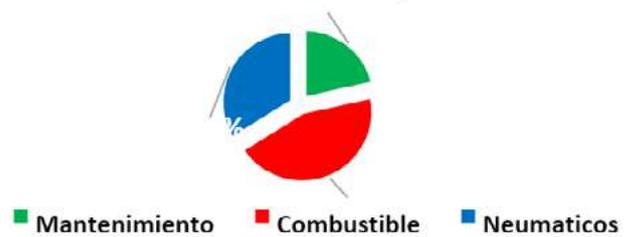
Análisis de Requerimiento



**2. Compra e instalación:** busca establecer los mecanismos de adquisición de activos para la explotación en el cumplimiento de sus funciones ya sea con recursos propios, financiados y/o vía Renting así como garantizar el correcto comisionamiento y puesta en marcha para detectar posible fallas prematuras o desfases de los parámetros esperados, en esta línea es de gran utilidad generar pilotos o solicitar demo a los fabricantes.

**3. Operación y mantenimiento:** etapa crítica del ciclo de vida de los vehículos dado que es donde se establecen acciones para prolongar la vida útil y por ende la generación de valor para la organización, soportados en tener como aliados a los conductores u operadores mediante la capacitación continua para generar estilos de conducción técnico – económica así como generar un soporte sólido en la gestión de mantenimiento ya sea propio o externo que brinde un nivel de servicio adecuado para su operación que permita tener un bajo CPK – Costo por Kilómetro de recorrido, siendo en este ítem controlar los costo por mantenimiento, combustible y neumáticos, correspondientes a costos de operación.

Costo de Operacion



**4. Modificación o actualización** tiene como finalidad el garantizar el cumplimiento de la función del vehículo para lo cual se busca repotenciar, modificar o actualizar a fin de sopesar los desgaste propios de uso y/o longevidad como consecuencia del ejercicio de sus labores, es donde se analizan los casos de overhaul o correctivos mayores

**5. Disposición final** etapa del ciclo donde como organización se decide no continuar con el activo dentro de la operación sustentado en un análisis profundo de costo riesgo beneficio, dando lugar a la renovación de flota para mantener el estándar del nivel de servicio pactado en la primera etapa

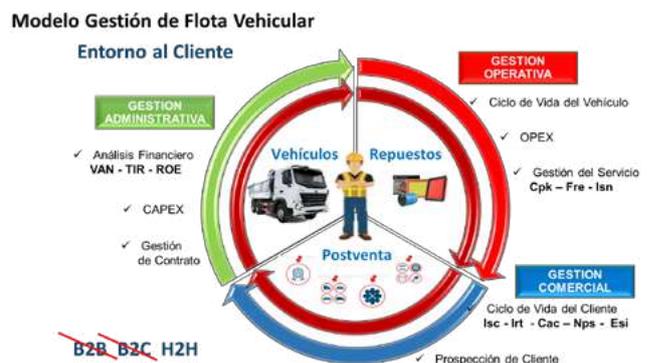
**6. Pasivos residuales:** busca reconocer y disponer de manera correcta y definida a los activos desincorporados en todas las instancias internas como Finanzas, Libros Contables, control patrimonial u operaciones y externas como MTC, SUTRAN u otras que comprendiendo que las dos primeras etapas corresponden a costos de inversión CAPEX y las siguientes a costos de operación OPEX, que en conjunto conforman los costos de flota que la organización debe gestionar para el desarrollo de sus operaciones sin embargo vemos que es necesario establecer una estructura que permita garantizar la sostenibilidad para lo cual se propone aterrizar en torno al activo vehicular 03 pilares de gestión básicos que posean ratios de medición que busque la agilidad en la toma de decisiones, estas son:

**1. Gestión Administrativa:** Enfocada en la evaluación de la factibilidad financiera de los proyectos de inversión y/o desarrollo, la administración del capital, la gestión de contratos (condiciones, alcances, compromisos etc.), la gestión del talento humano, control patrimonial, con indicadores concretos de medición.

**2. Gestión Operativa:** Orientado en garantizar el máximo aprovechamiento del activo en su ciclo de vida útil, la optimización del OPEX, la gestión del nivel y satisfacción del servicio, entregando activos con alta disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad evaluados con kpis operativos como el tiempo promedio entre falla MTBF y el tiempo promedio para reparación MTTR.

**3. Gestión Comercial:** Busca sostener y reforzar el vínculo comercial comprendiendo el ciclo del cliente, midiendo los índices de retención, satisfacción, recomendación del cliente tanto externo como interno así como garantizar el sostenimiento de cartera de clientes (contratos) evaluando el costo de adquisición. La interacción de estos tres pilares de gestión, permiten en empresas de transporte poder direccionar correctamente sus decisiones siendo fundamental la velocidad en la que viaje la información entre cada área de gestión, ya que todo gestor se enfrenta a necesidades ilimitadas con recursos limitados.

Así mismos el modelo propuesto puede variar de enfoque pasando de la visión de negocio entorno al activo para pasar al enfoque de negocio enfocado en el cliente quien busca cubrir necesidades similares orientadas a establecer una continuidad de negocio.





## Mejora continua en la gestión de activos: cómo optimizar el mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos

 CTN Global

La gestión de activos es un proceso crítico para garantizar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los equipos en una empresa. Sin embargo, a menudo se tiende a ver el mantenimiento como una actividad reactiva que solo se lleva a cabo cuando algo falla. En lugar de eso, es fundamental implementar una cultura de mejora continua en la gestión de activos, que permita optimizar el mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos.

La mejora continua en la gestión de activos implica un enfoque sistemático y proactivo para la identificación y eliminación de los problemas subyacentes que causan las fallas de los equipos. A través de este enfoque, se pueden tomar medidas preventivas para evitar las fallas antes de que ocurran, en lugar de simplemente reparar los equipos después de que fallan.

Para implementar una cultura de mejora continua en la gestión de activos, es necesario establecer un plan de acción claro y detallado.

### El plan debe incluir los siguientes pasos:

#### Identificar los problemas:

La identificación de los problemas es el primer paso crítico en la mejora continua de la gestión de activos. Se debe llevar a cabo una evaluación detallada de los equipos y procesos para identificar los problemas que pueden afectar su confiabilidad, disponibilidad y eficiencia.

#### Establecer metas y objetivos:

Una vez que se hayan identificado los problemas, es necesario establecer metas y objetivos claros para la mejora continua. Estas metas deben ser específicas, medibles, alcanzables, relevantes y temporales (SMART).

#### Desarrollar estrategias y planes de acción:

Se deben desarrollar estrategias y planes de acción para abordar los problemas identificados y lograr los objetivos establecidos. Estos planes deben ser claros, detallados y específicos.

#### Implementar los planes de acción:

Los planes de acción deben implementarse de manera sistemática y oportuna. Debe haber un seguimiento constante para asegurarse de que se están alcanzando los objetivos establecidos.

#### Evaluar y mejorar:

Una vez que se hayan implementado los planes de acción, se deben evaluar los resultados y hacer ajustes según sea necesario. Esta evaluación y mejora constante son fundamentales para mantener una cultura de mejora continua en la gestión de activos.

Para lograr una mejora continua en la gestión de activos, es esencial contar con herramientas y tecnologías adecuadas que permitan llevar a cabo una evaluación detallada y monitoreo constante de los equipos. En este sentido, las soluciones de gestión de activos, como Consuman, pueden ser una herramienta invaluable para llevar a cabo una gestión eficiente de los activos y mejorar continuamente la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los equipos.

En conclusión, la mejora continua en la gestión de activos es fundamental para optimizar el mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos. A través de un enfoque sistemático y proactivo, es posible identificar los problemas subyacentes, establecer metas y objetivos concretos.

# ICA FLUOR O&M



Proveedor de servicios de mantenimiento, modificaciones y gestión de activos, enfocados en la mejora del desempeño de la seguridad operacional y el rendimiento de instalaciones industriales



Dakota 95, col. Nápoles, Benito Juárez, CDMX, C.P. 03103, Tel. 55 50617000

[carlos.lozano@icaf fluor.com](mailto:carlos.lozano@icaf fluor.com)

[joseantonio.perezhernandez@icaf fluor.com](mailto:joseantonio.perezhernandez@icaf fluor.com)

EF  
SMED

# ALTA EFICIENCIA EN LAS ZONAS DE CARGA DE LAS FÁBRICAS CON SMED



**Richard Zamora Yansi**  
Ejecutivo Senior en Logística-Operaciones  
y Docente Universitario  
[rzamoray@outlook.com](mailto:rzamoray@outlook.com)

## La Metodología SMED:

En gestión de la producción, SMED (acrónimo de Single-Minute Exchange of Die) es un método de reducción de los desperdicios; ya sea mermas y tiempos muertos; en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta o cambio de formatos de productos; en el menor tiempo posible.

Este concepto, introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos; sujeto al "manual de uso de las maquinarias", de ahí la frase "single minute".

Se entiende por cambio de herramientas; al tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una corrida de fabricación hasta la obtención de la primera pieza correcta de la otra corrida de fabricación siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

Por ejemplo; si estoy en una planta de fideos pasta larga, este tiempo se medirá desde que envasada el último paquete de fideos tipo tallarían, hasta que pueda obtener el primer paquete de fideos tipo spaghetti (Si, esto está dentro de mi plan de producción).

## ¿Cuál es el objetivo del SMED?

La aplicación de esta forma de trabajo, tiene por objetivo, el de reducir los stocks y mejorar el lead-time. Al disminuir el tiempo necesario para realizar un cambio de modelo, mejora nuestra capacidad de realizar más cambios de modelo; intrínsecamente, y considerando el ejemplo de la planta de fideos; este tiempo, incluye el cambio del molde (Para la forma distinta de fideos), y el ajuste de la planta.

A la vez; esta metodología nos debe permitir fabricar lotes más pequeños y planificando en consecuencia un plazo de entrega y un almacenamiento menores.

## Los tipos de ajustes que se pueden dar:

**1. Ajustes / tiempos internos:** Corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada, fuera de las horas de producción (conocidos por las siglas en inglés IED).

**2. Ajustes / tiempos externos:** Corresponde a operaciones que se realizan (o pueden realizarse) con la máquina en marcha, o sea durante el periodo de producción (conocidos por las siglas en inglés OED).

## SMED en la Fórmula 1:

Un ejemplo muy interesante se puede apreciar en administración de PITS en la Fórmula 1; en donde una atención del vehículo – en plena carrera – para poder reabastecerlo y cambiarle de neumáticos; tomaba más de 10 min. En la actualidad, con la aplicación del SMED, dicha atención en boxes, puede demandar aprox. 6 a 7 seg.

# ¿Qué hacer con nuestras operaciones de fábrica?

**1. Preparación del personal:** Es necesario tener al personal asignado en dicho proceso; debe estar entrenado y reconocer la importancia de su labor; al momento de realizar los cambios de formatos, como impacta en la mayor disponibilidad de la fábrica.

**2. Sostener un plan de mantenimiento preventivo:** Es posible que Alta Gerencia, pueda considerar que el mantenimiento preventivo, sea un gasto innecesario; sin embargo, en base a mi experiencia, este tipo de labor, hace posible que indicadores generales de OEE (Eficiencia Global de Equipos), lleguen a estándares de clase mundial.

**3. Supervisión en el "gemba":** Si el jefe y/o gerente de fábrica; no está verificando in situ; no será posible reducir los tiempos y por ende, tener satisfactorios resultados con esta metodología. En mi forma de trabajo; hacía 3 recorridos por día por las fábricas; en las mañanas, al medio día y por las tardes; con el fin de:

**4. Definir KPIs:** Soy un apasionado por los indicadores; es la forma de demostrar la mejora, semana a semana; por ende, esto me demuestra que las acciones tomadas, están dando los resultados esperados. Para esto, es necesario entrenar al personal operativo, a levantar información y/o implementar un sistema, del cual puedas descargar información; con el fin de tabular y sintetizar en cifras que puedan ofrecerte el "big picture" del funcionamiento de la fábrica.

**5. Actividades de sostenimiento, tiene que estar "bien calibradas":** Como por ejemplo, las labores de limpieza, las actividades de mantenimiento y de control de calidad; tiene que estar muy alineadas, para poder asegurar que no se pierda tiempo "por goteo" (Es decir; demoras por falta o falla de un actividades secundaria).

**i)** Que el personal perciba la presencia e interés de los responsables de la fábrica, **ii)** Verificar que lo indicado y conversado con el personal operativo, se esté cumpliendo, **iii)** Asegurar que las buenas prácticas, se mantengan en el tiempo, **iv)** Buscar nuevas oportunidades de mejora.



# Explicación de las gráficas, de los retos:

Si recibimos como “herencia”; tiempos de preparación muy extendidos, de la fábrica para realizar el cambio de formato, esto nos permitirá que nuestras soluciones, concreten resultados a corto plazo.

Sin embargo; buscando la excelencia operativa, necesitamos seguir explorando nuevas formas de hacer las actividades; y así, llegar al mínimo tiempo de cambio de formato.

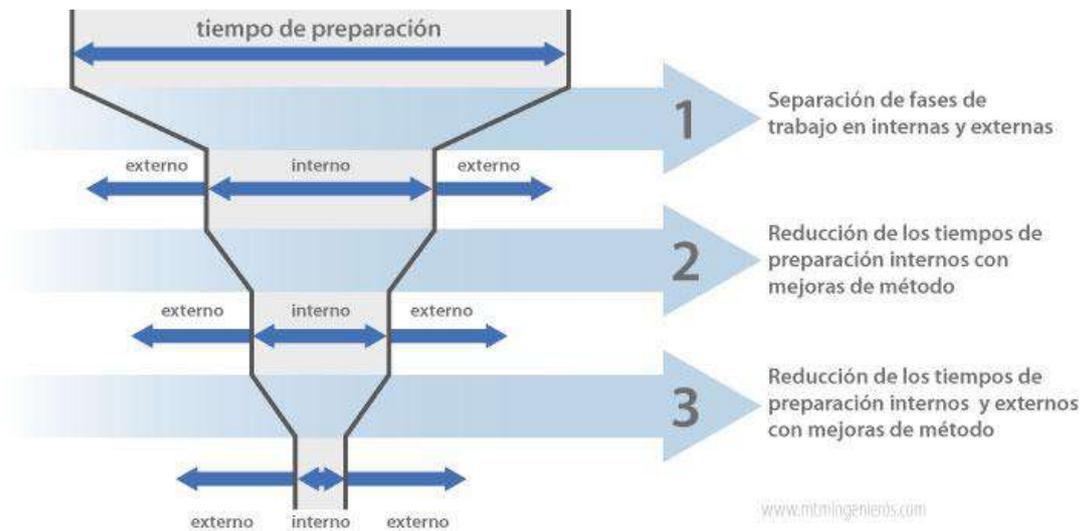
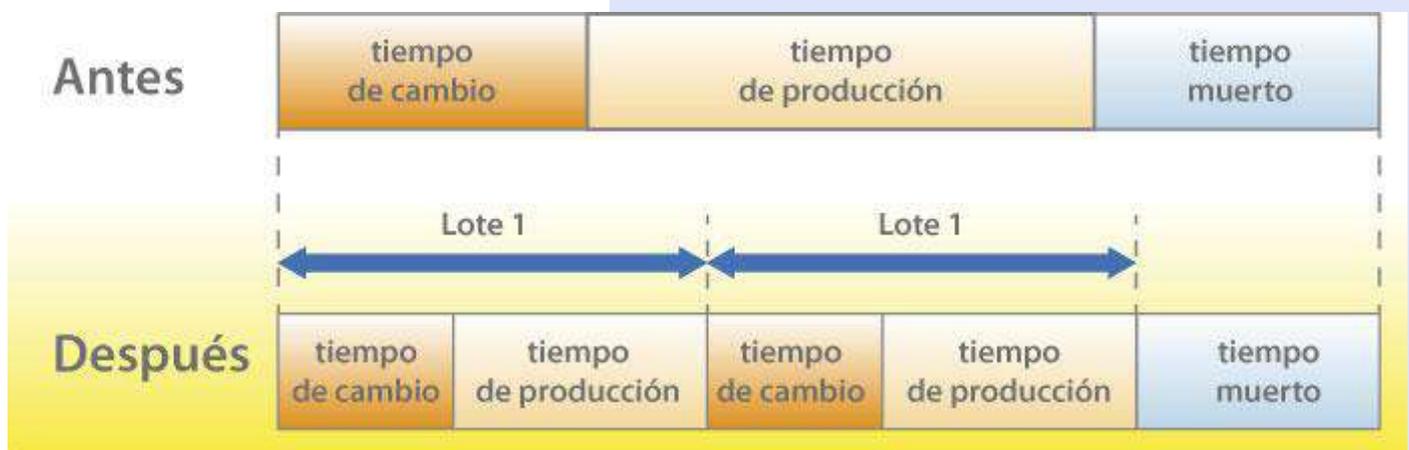


Figura 1. Reducción de tiempo de preparación.

Los resultados, son sorprendentes; cuando comenzamos a supervisar en el “gemba”; podemos lograr “lo que el libro dice”; es que: i) Aprovechar al máximo la capacidad de planta, ii) Reducción el tamaño de lote, y así, asegurar el mix de producto, iii).

Figura 2. Mayor mix de productos y menor tiempo muerto.



Fuentes:

(1): <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed>

# PROYECCION DEL IMPACTO DE LA GESTION DE LUBRIFICACION DE CLASE MUNDIAL EN LA CONFIABILIDAD DE ACTIVOS



**Marcela E. Rodríguez Montán**

Ing. Electromecánica, con certificaciones MLT I y MLA III  
CEO y Fundadora en PROACTIVE  
[mrodriguez@proactive-consultora.com](mailto:mrodriguez@proactive-consultora.com)

Boliviana nacida en la ciudad de Oruro. De profesión, Ingeniera Electromecánica de la Universidad Técnica de Oruro, 12 años dedicada al estudio y aplicación de la gestión de lubricación de clase mundial, iniciando desde mi tesis en la empresa SOBOCE (Bolivia) hasta ahora dirigir la empresa PROACTIVE (Bolivia), una consultora especializada en este mismo campo, contando con certificaciones personales como técnico en lubricación de maquinaria nivel I y analista de lubricantes nivel III por el ICML, además de estar pronta a las certificaciones MLE y CMRP.

Soy amante del desarrollo personal y profesional, me defino como una emprendedora diaria lista para los altibajos del día, y cuando cruzo palabras con una mujer de este rubro, es impresionantes aprender de las capacidades que podemos explotar y demostrar hoy en día.

Recuerdo que hace poco más de 5 años, los lineamientos para implementar una gestión de lubricación de clase mundial se basaban en las mejores recomendaciones de estudiosos de la materia con muchos años de trayectoria.

A partir de septiembre de 2019 contamos con toda esa valiosa experiencia convertida en una norma guía diseñada para dirigirnos en línea recta a una estrategia óptima para una gestión de lubricación de excelencia. Dicha norma es la ICML 55: Estándares de Gestión de Activos Lubricados, promovida justamente por el Concilio Internacional de Lubricación de Maquinaria (ICML). A continuación, una descripción gráfica de las 12 áreas de oportunidad que son analizadas en esta norma.



Figura 1. Las 12 áreas integradas de un programa de lubricación.  
 (Fuente de información: ICML 55)  
 (Fuente de imagen: Proactive-consultora.com)

Si bien estos lineamientos ya se encuentran normalizados, personalmente veo aún bastante amigable agrupar estas 12 áreas de oportunidad en las conceptualizadas hace años atrás, siendo estas:

**Validación y determinación del lubricante correcto.**  
Lubricantes correcto

**Prácticas adecuadas de recepción, almacenamiento y manipulación del lubricante.**  
Herramientas adecuadas.

**Prácticas correctas de aplicación del lubricante en la maquinaria.**  
Disponibilidad de la maquinaria para ser lubricada,  
Herramientas adecuadas.

**Administración del programa de lubricación:**

Habilidades del personal  
Rutas de inspección  
Programa de análisis de lubricantes  
Resolución de problemas con análisis de causa raíz  
Análisis de ahorro de energía  
Implementación de indicadores.

**Disposición ecológica:**

Análisis de reacondicionamiento de lubricantes  
Disposición final adecuada.



Figura 2. Ciclo de un programa de lubricación de clase mundial.  
(Fuente de información: Diplomado Noria, Lubricación de clase mundial)  
(Fuente de imagen: Proactive-consultora.com)

# Pero... ¿Cómo demostramos que nuestros esfuerzos impactan positivamente en la confiabilidad de la maquinaria?

Esta pregunta se responde netamente con INDICADORES, cuyas variables deben ser medidas y controladas óptima y objetivamente, a lo largo de toda la implantación, implementación y mejora continua del programa de lubricación; con un enfoque dirigido a su impacto en la confiabilidad de la maquinaria y los costos (ahorros) asociados.

Para este entendido, este artículo propone una perspectiva de distintas empresas del rubro industrial en Bolivia, en cuanto a la aplicación de indicadores que validen los beneficios de cada área del ciclo de un programa de lubricación (Figura 2). Por ejemplo:

## 1. Validación y determinación del lubricante correcto

Las actividades más importantes relacionadas a esta área van dirigidas a determinar el lubricante adecuado para un activo lubricado o validar que el actual utilizado lo sea. Esto incluye que muchas veces, las recomendaciones OEM deban ser analizadas y ajustadas al entorno operacional de cada activo. Esta primera fase nos permitirá establecer los pilares de un plan de lubricación, como ser:

- El lubricante adecuado.
- La cantidad correcta a aplicar (Carga inicial del grasa o aceite, y cantidades de relubricación o rellenos periódicos, en el caso de equipos con aceite)
- Frecuencia de relubricación, cambio de aceite y/o rellenos, si amerita)
- Responsables de las tareas de lubricación. Las variables y/o indicadores a medir y controlar para estos objetivos pueden ser:
  - Disminución en la temperatura de operación
  - Ahorro de consumo de energía (por menor fricción fluida entre moléculas del lubricante al aplicar la cantidad y el tipo adecuado)
  - Ahorros en consumo (volumen) de lubricantes
  - Ahorro de costos en la compra de lubricantes (por estandarización de marcas y tipos de lubricantes)
  - Suministro adecuado de stock por parte de proveedores (por correcta planificación de stock)

## 2. Prácticas adecuadas de recepción, almacenamiento y manipulación del lubricante.

Esta fase hace referencia al establecimiento de prácticas y procedimientos adecuados para la recepción de lubricantes desde nuestros proveedores, a través de consideraciones de control de calidad; condiciones adecuadas de almacenamiento y control de inventario de dichos lubricantes y de manipulación de estos. En este sentido, las variables a considerar para este objetivo serán:

- Establecimiento de condiciones de recepción y aceptación de productos con los proveedores.
- Cantidad de lubricantes recepcionados, versus los sometidos a control de calidad.
- Cantidad de lubricantes devueltos a proveedor por anomalías en el control de calidad.
- Ótimo cumplimiento de niveles de seguridad y mínimos, de disponibilidad de lubricantes en almacenamiento.
- Óptima rotación de stock de lubricantes (grasas y aceites), evitando que estos se degraden prematuramente o sufran algún cambio físico-químico que afecte en su aplicación a la maquinaria.
- Óptimas condiciones físico-químicas del lubricante antes de ingresar a la maquinaria
- Mínima contaminación del lubricante cuya fuente provenga del almacenamiento y/o manipulación del lubricante (este dato obtenido de las conclusiones de un análisis causa raíz)



**Figura 3. Almacén de lubricantes, SOBOCE Warnes (Bolivia).**  
(Fuente: Propia)

### 3. Prácticas correctas de aplicación del lubricante en la maquinaria.

Las actividades de esta área responden a aquellas que involucran el acondicionamiento de la maquinaria para recibir un adecuado y ergonómico proceso de lubricación, procedimientos de aplicación del lubricante (grasa o aceite) en la maquinaria correspondiente, como engrase inicial o reengrase de rodamientos, procedimientos de cambio de aceite, remoción de contaminantes sólidos del mismo, establecimiento de planes y rutas de inspección de equipos, análisis sensorial (a través de los sentidos) de condiciones normales o anormales de operación, rutas de limpieza de puntos de lubricación o áreas de trabajo, etc. En sí, todas aquellas actividades que involucren ejecutar operativamente el plan de lubricación diseñado en el primer punto y mantener el entorno operacional del activo lo más limpio posible. Para este efecto, las siguientes variables ayudarán con la medición y control de estas:

- Cumplimiento de tareas de inspección de rutina
- Porcentaje de anomalías detectadas por inspecciones, versus las subsanadas o controladas.
- Cumplimiento de ejecución del plan de lubricación
- Ergonomía del personal lubricación por uso adecuado de herramientas
- Efectividad en tiempo del cumplimiento de las tareas de lubricación

■ Mejora en indicadores de Mantenibilidad

■ Mínima contaminación del lubricante cuya fuente proviene de la aplicación del lubricante en la maquinaria (este dato obtenido de las conclusiones de un análisis causa raíz)

■ Adecuada provisión de EPP's para cumplimiento de tareas



**Figura 4. Aplicación, por condición, del lubricante en la maquinaria.**  
(Fuente: Google)

### 4. Administración del programa de lubricación.

La administración del programa es el área que más enfoque y refuerzos requiere, ya que una adecuada gestión y control serán vitales para el logro de objetivos y proyección "visual" de los resultados a los altos mandos. En esta, las actividades involucradas serán: Optimización dinámica continua del plan de lubricación diseñado, establecimiento de un programa efectivo de análisis de lubricantes, prácticas y planes de control de contaminación, estrategias de monitoreo de condición y análisis causa raíz, estrategias de mejora de la ejecución del plan de lubricación, análisis de consumos de energía, implementación de indicadores, etc.

Las variables sujetas:

- Cumplimiento a planes y frecuencias de revisión de documentos y estrategias (como el plan de lubricación y posibles actualizaciones)
- Elaboración de procedimientos escritos de ejecución, para todas las áreas del programa y en lineamiento con las normas ISO implementadas
- Establecimiento de objetivos de limpieza del aceite en la maquinaria.
- Planes y proyecciones de rediseños de sistemas y/o equipos para mejoras en operación

- | Implementación de un programa adecuado de análisis de lubricantes en función a la criticidad de los activos.
- | Establecimiento y cumplimiento óptimo de niveles de alerta predictivos y proactivos en los resultados del análisis de aceite.
- | Equipos con disponibilidad de un muestreo de aceite ergonómico (como puertos de muestreo), versus los que no.
- | Adecuado establecimiento de frecuencias de muestreo, según criticidad y etapa de vida útil de la maquinaria
- | Niveles normales en presencia de contaminantes de la maquinaria
- | Óptimo tiempo medio entre fallas, etc.
- | Programa de entrenamiento especialidad al personal dedicado a estas tareas (entre lo más importante)



**Figura 5. Procedimiento adecuado de toma de muestra de aceite.**  
(Fuente: Propia)

## 5. Disposición ecológica.

Finalmente, tenemos a las actividades dedicadas a cerrar el ciclo del programa de lubricación con una alta responsabilidad ecológica. Muchas empresas pueden diferir en sus procedimientos de disposición adecuada de lubricantes y otros residuos peligrosos; sin embargo, la gran mayoría coinciden en la venta de estos a empresas recicladoras ó, dependiendo del volumen consumido, tener un procedimiento propio de disposición. En cualquier de los casos, será importante contar con las certificaciones correspondientes que validen adecuados procedimientos.

Analizando las variables mencionadas en cada área del ciclo de un programa de gestión de lubricación, podemos notar que contamos con todas aquellas que

son parte de los indicadores macro relevantes en este proceso, El OLE (Overall Lubrication Effectiveness), el de Confiabilidad y Disponibilidad.  
OLE = %PM lubricación x %Control de contaminación x %Salud del lubricante

### Donde:

| %PM lubricación= % cumplimiento de tareas de lubricación (efectuarlas correctamente).

| %Control de contaminación = % de máquinas dentro de las metas de control de contaminación (Mantener el lubricante limpio, seco y frío).

| %Salud del lubricante = % de máquinas dentro de las metas de salud del lubricante (Conservar el lubricante en condiciones óptimas).

$$\text{Confiabilidad} = R(t) = e^{-\lambda t}$$

### Dónde:

$\lambda$ : Tasa de fallo = 1 / MTBF (MTBF: Tiempo Medio entre Fallas)  
 $\lambda = f/n$  (f: cantidad de fallos durante un periodo de tiempo, y n: unidades probadas)

y,

Disponibilidad = Tiempo de Producción u Operación (Uptime) x 100 / Tiempo Requerido

Con las bases e indicadores adecuadas, responsables y objetivamente medidas, podremos proyectar el impacto de los esfuerzos de la gestión de lubricación en la Confiabilidad de los activos y los retornos de inversión esperados por el negocio en sí.

### Bibliografía:

- "Fundamentos de lubricación y análisis de aceite", Proactive, 2020
- ICML, <https://info.lubecouncil.org/icml-55-standards/>
- Noria Latin América, <https://noria.mx/lublearn/como-medir-el-exito-del-programa-de-lubricacion/>
- Proactive-consultora, [www.proactive-consultora.com/blog/](http://www.proactive-consultora.com/blog/)