

# PREDICTIVA 21



## JASON TRANTER

CEO Y FUNDADOR DE  
MOBIUS INSTITUTE

“Si bien pensé que era una idea fantástica, tomó un poco de tiempo tener éxito... Fueron años muy desafiantes.”

Aplicación de un sistema de identificación de lubricantes bajo la Norma DIN 51502-1990

Gaspar Soto

Caterpillar 3616; Detección de falla en termostato por medio de cámara infrarroja

Alirio Morón

Proceso de evaporación de petróleo y sus derivados

Edwin Reyes

# Índice

- 3** Editorial
- 5** Entrevista a Jason Tranter  
por Andrés González
- 12** Detección de falla en termostato del sistema principal agua del motor Caterpillar modelo 3616 mediante el uso de cámara infrarroja  
Alirio Morón
- 16** Fractal; La plataforma #1 de Mantenimiento Inteligente  
Silvia Toyos
- 19** Proceso de evaporación de petróleo y sus derivados en tanques de almacenamiento  
Edwin Reyes
- 27** 5 Aspectos indispensables al momento de seleccionar una solución informática para la gestión de mantenimiento en nuestra empresa  
Andrés Arocha
- 31** Análisis del contexto  
Armando Vittorangeli
- 38** La permeabilidad del mantenimiento  
Brau Clemenza
- 41** Lubricación de precisión Techgnosis  
José Páramo
- 45** ¿Quién es Eduardo Calixto? Entrevista  
por Montserrat Souza
- 51** Aplicación de un sistema de identificación de lubricantes bajo la norma DIN 51502-1990 a una máquina engomadora textil  
Gaspar Soto
- 59** Entrevista Angeles Ysidro  
por Predictiva21
- 61** Las plataformas de mantenimiento inteligente  
Silvia Toyos
- 63** Detección de temperatura anormal por daños en el asiento de la válvula compresora intera de cuarta etapa. Compresor dressenrand  
Alirio Morón
- 67** Lazos de corrosión  
Elimar Rojas
- 75** Tecnologías de la Industria 4.0 que están ayudando a modernizar la gestión de activos y el mantenimiento  
Javier García

# Editorial



**Andrés González**

Editor y CEO de Predictiva21

## Un abrir y cerrar de ojos

Pareciera que ayer apenas iba iniciando el año, en un abrir y cerrar de ojos nos encontramos finalizando el primer trimestre del 2022. Los proyectos siguen prosperando y cada vez estamos más contentos con el crecimiento que ha logrado el increíble equipo de trabajo con el que contamos. Para Predictiva21 siempre es un placer ser un medio para compartir el conocimiento que nuestros colegas se han esmerado en recopilar, investigar y redactar.

Esta edición contamos con artículos muy diversos como lo es la Detección de falla en termostato del sistema principal agua del motor Caterpillar modelo 3616 mediante el uso de cámara infrarroja y la detección de temperatura anormal por daños en el Compresor dresenrand, ambos redactados por Alirio Morón, el Proceso de evaporación de petróleo y sus derivados en tanques de almacenamiento escrito por Edwin Reyes, hablamos acerca de la plataforma Fracttal con Silvia Toyos, los 5 aspectos indispensables al momento de seleccionar una solución informática para la gestión de mantenimiento de Andrés Arocha, Análisis del contexto con Armando Vittorangeli, Brau Clemenza escribe de la permeabilidad del mantenimiento, Aplicación de un sistema de identificación de lubricantes bajo la norma DIN 51502-1990 de Gaspar Soto, Jean Rosales redacta acerca de la Industria 4.0 con el monitoreo online, leerán también acerca de las plataformas de mantenimiento inteligente con Silvia Toyos, los lazos de corrosión por Elimar Rojas y las Tecnologías de la industria 4.0 de Javier García.

Además, encontrarán entrevistas a Jason Tranter CEO y Fundador de Mobius Institute, quien nos cuenta acerca del reto que representaron los inicios de su empresa. Hablaremos con Eduardo Calixto, CEO de ECC, quien es una persona llena de alegría quien busca lograr un cambio en su entorno. También traemos una nueva dinámica para que conozcan al equipo detrás de la empresa, este mes les presentaremos a Angeles Ysidro, administradora y coordinadora de capacitación en Predictiva21.

Esperamos que sea una lectura nutrida y llena de información de utilidad, como siempre agradecemos el que nos sigan acompañando en cada edición.

Un abrazo grande.

### DIRECTORIO

Andrés Enrique  
González Giraldo  
Editor y CEO de Predictiva21  
[andres.gonzalez@predictiva21.com](mailto:andres.gonzalez@predictiva21.com)

Enrique Javier  
González Hernández  
Fundador y Chairman de Predictiva21  
[enrique.gonzalez@predictiva21.com](mailto:enrique.gonzalez@predictiva21.com)

Montserrat Souza  
Moreno  
Dirección Editorial  
Coordinadora de Marketing  
[montserrat.souza@predictiva21.com](mailto:montserrat.souza@predictiva21.com)

Alejandro José  
Godoy Rodríguez  
Director de Marketing  
[alejandro.godoy@predictiva21.com](mailto:alejandro.godoy@predictiva21.com)

Israel Granados  
Antonio  
Diseño Editorial  
Creador de Contenidos  
[israel.granados@predictiva21.com](mailto:israel.granados@predictiva21.com)

## 18 Abril

Técnicas de Análisis de Fallas y Solución de Problemas a través del Análisis de Causa Raíz RCA

## 23 Abril

Análisis de Costo-Riesgo-Beneficio, Costos en Ciclo de Vida, Vida Útil Remanente y Obsolescencia

## 02 Mayo

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

## 09 Mayo

Gestión y Optimización de Inventarios para Mantenimiento

## 23 Mayo

Generación de Planes Óptimos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

## 04 Junio

Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (RAM)

## 06 Junio

Planificación, Programación y Costos de Mantenimiento

## 04 Julio

Sistemas de Indicadores (KPI) para Evaluar la Gestión del Mantenimiento

## 20 Junio

Taller de Análisis de Criticidad (Detección de Oportunidades)

## 08 Agosto

Estándares de Planeamiento y Control de Mantenimiento

## 15 Agosto

Administración de Mantenimiento

## 22 Agosto

Gestión de Mantenimiento

## 29 Agosto

Gestión de Costos de Mantenimiento



[Conoce más](#)

# JASON TRANTER

CEO & FOUNDER OF MOBIUS INSTITUTE

Interview by Andrés González



# History and beginnings of Mobius

Mobius Institute was founded in 1999, but I was first involved with vibration analysis in my first year out of university (electrical and electronic engineering). I have been involved with vibration analysis, reliability improvement, and software development since that time.

At the ripe old age of 23, in 1986, my partner Georgie and I started a company called ARGO (you may know the story of “Jason and the Argonauts”). ARGO was focused on vibration analysis and the development of condition monitoring software. Back in those days, it was tremendously difficult to

acquire measurements, perform analysis, and generally perform effective and productive vibration analysis. Our “ALERT” software was focused on changing that.

In 1990, we sold the technology to a company called DLI Engineering (which has since been bought and sold a number of times and is now known as Symphony AI) and moved from Melbourne, Australia, to Bainbridge Island on the Puget Sound across the water from Seattle.

## How was Mobius born and where is the company headed?

For many years I was focused on developing software that would make it easier to perform vibration analysis. I spent countless hours thinking up new graphical and computational methods to extract useful information out of all that complex vibration data. But one day I realized that one of the biggest challenges was to ensure that our customers fully understood the failure modes, the instrumentation, and the science behind vibration analysis.

**Thus, the idea of Mobius was born.**

Rather than continuing to develop smarter software, I thought I could turn the process inside out and create training material that utilized software simulations that made it clear how the vibration would change as the machines failed,

how the data would change with different analyzer settings, and ultimately how to be successful in vibration analysis.

So, we moved back to Australia and started the Mobius Institute.

Our first product was called iLearnVibration. Rather than delivering live training courses, I created a highly interactive e-learning system so that, rather than attending a training course for three or four days and trying to understand everything, our customers could continue learning all year long.

**“While I thought it was a fantastic idea, it took a little while to become successful... They were very challenging years.”**



By 2004, the ISO standard 18436-2 was released, which defined how vibration should be taught, and the requests for live training courses were becoming more and more frequent. We therefore decided to find qualified partners around the world who could deliver training courses with our unique training tools and our material that met the requirements of the ISO standard, which would therefore enable far more people to be trained than if I were to deliver all the training myself.

We now have over 153 partners in over 95 countries, and we train 6000 people per year.

We also realized that we had a tremendous responsibility to the people we were educating and certifying, thus, the difficult (and expensive) decision was taken to split the business between **Mobius Institute** (primarily responsible for training and the delivery of the exams) and the **Mobius Institute Board of Certification** (MIBoC), which is run by independent committees in order to define and administer the entire certification process. Our certification programs are all accredited to ISO/IEC 17024, which I believe is tremendously

important but possibly not fully appreciated by everyone in our industry – I discussed this point in more detail in my answer related to certification.

But just as I was frustrated that vibration analysts did not understand the software I was developing, I then became frustrated that vibration analysts were frequently detecting the same fault conditions on the same machines. In the majority of cases, those fault conditions were avoidable.

So back in 2010, I decided to expand the role of Mobius Institute into reliability improvement. We developed iLearnReliability so that people could teach themselves and provide awareness training to others in the organization, and then, with the assistance of the reliability improvement committee of the Mobius

Institute Board of Certification, we established the Asset Reliability Practitioner (ARP) training and certification program.

The goal is to provide a growth path from basic reliability education (ARP-A) through technically detailed reliability engineering education (ARP-E) through to genuine leadership training to help people implement a successful program (ARP-L).

Given that so many reliability programs had failed, I also spent many years developing the Asset Reliability Transformation (ART) process to help people implement successful programs. I have since written three books and have others under development.

Our ultimate goal is to help everyone involved with condition monitoring and reliability improvement achieve their goals. We want them to have the education so that they are confident and competent, and we want them to become certified in a way that is respected, meaningful, and internationally recognized.



## What are your next career goals?

I am no longer young, and thus my career goals are simply to ensure that the Mobius Institute delivers the highest level of education and the most respected certification in condition monitoring and reliability improvement.

## Having been involved in the practice of vibration analysis and the development of a wide range of condition monitoring software, what are the biggest challenges you have faced?

There have been so many challenges, it is hard to whittle it down to a short, readable list.

Running a successful business over 22 years presents all manner of challenges, especially when you are working directly in over 50 countries with customers that come from over 150 countries. Every single staff member has their own hopes and aspirations, and it is my responsibility to ensure they can achieve their goals within our organization.

Traveling, developing the training, and running a business while also trying to raise two wonderful boys was certainly challenging.

But it is also my goal to create training that makes it as easy as possible for everyone, regardless of their prior education or their language, to learn the complex fields of condition monitoring and reliability improvement. Finding ways to create animations, and especially the software simulations, has been truly challenging. I could not count the many, many hours spent designing and developing those animations and simulations.

It has also been challenging to spread the word about what we are trying to achieve and the value of high-quality education and respected certification. It is very easy for someone to put together a PowerPoint presentation and a quick test in order to sell “training and certification.” It takes a long time to get the word out in so many countries that we do things differently, and we would like to think that we do it better.

But sadly, over the years we have had employees suffer serious health issues, we have been through global economic crises and pandemics, we have had companies try to cheat us, and I even suffered a very serious health issue – they have all been extremely challenging.

There have been plenty of challenges, which makes it all the more rewarding when customers write to us with such positive comments about what we have helped them achieve.

## What are your predictions for the future of Industry 4.0?

When I polish my crystal ball, I see some customers unhappy because they were sold on the promise of Industry 4.0 without truly understanding the challenges.

I like to say that as long as customers and vendors take a realistic approach, and they remember that Reliability 4.0 is required to achieve the goals of Industry 4.0, then it will be possible to

- Reduce the cost and reduce the measurement interval of the collected data with wireless sensors and fast (secure) networks.
- Automate more and more of the screening process (identifying the equipment whose condition has changed) with artificial intelligence (AI) via machine learning (ML).
- Automate more and more of the analysis process with AI and ML, while still having trained specialists available to verify the diagnoses.



## What are Mobius’s goals for Latin America?

We will do everything we can so that every aspiring reliability and condition monitoring practitioner can achieve their goals. We will help them to become educated so they are confident in their roles, and we will enable them to become certified under an accredited process so that they can be respected for their accomplishments.

We employ a great team of people who are focused on helping our customers and training partners be successful in Latin America. Thanks to that team, Latin America has been our fastest growing region over the past five years.

## In your opinion, what is the importance and value added by certification?

At the one extreme, a person can attend a commercial training course, learn “something” that will be “hopefully” beneficial in their future, hopefully not listen to too many sales messages, and then take a very basic and probably easy test, and then call themselves “certified.”

### That exists in our industry today.

Other organizations recognize a standard, say they “follow” it, but in reality, follow a subset of the requirements. They do not subject themselves to independent auditors, so no one is the wiser.

### This is very common in industry.

At the other extreme, a person can attend a training course with content that has been defined by an international independent standards committee (at the ISO) in order to ensure that a person is comprehensively educated to perform their job. And then, to be certified, they will prove that they have experience in the field, prove that they have been trained, and prove via a rigorous examination process that they have understood the majority of the topics covered.

And when the entire process is thoroughly examined and frequently audited by an independent, government-appointed accreditation organization that follows an international standard (ISO/IEC 17024), then I believe that a certified person can hold their head high in the knowledge that their certification truly means something. The same is true for the organizations that employ the certified practitioners and the organizations that engage certified consultants – they can have confidence in the capabilities of that person.

### Certification should mean something.

I can certainly say, hand on heart, that we have done everything at Mobius Institute to meet the highest standards possible. People should be proud to say that they are certified by Mobius Institute.

## Who was your hero when you were little? Who is now?

I have to be perfectly honest and say that I cannot think of anyone other than my father who I would have considered a hero when I was growing up, and even in recent times.

There are people I admire because they have made amazing technological advancements. There are people I admire because of their charity work. And there are people I admire because they have been patient with me over my life, sharing what they know about their unique industries and how they overcame challenges. I love asking questions, and I am eternally grateful to the people who were willing to provide answers.

## What are your favorite books?

I love to read, and on the long flights, and (in more recent times) during the long drives into the mountains, audio books make it easier to find the time to read/listen to books.

Here are some of my favorites – I know I will think of others later that should be on this list:

- All the Light We Cannot See – Anthony Doerr.
- A Gentleman in Moscow – Amor Towles.
- The Secret River – Kate Grenville.
- Educated – Tara Westover.
- Blood Meridian – Cormac McCarthy (and many more of his books).

(The books by Cormac McCarthy are not “nice” books – they are dark and quite nasty, but he is a brilliant author.)



## What is the most important thing for you in life?

When I was 17, I was very fortunate to meet Georgina Breedon. We have been together now for 42 years. My family is the most important thing in my life. We have two terrific boys, James and Michael, who are the most wonderful young men you could ever meet. I am so proud of them both.

As the owner of Mobius Institute, I feel a tremendous responsibility to our employees and to all of our customers around the world.

By educating and certifying reliability and condition monitoring practitioners, we are helping them be successful in their roles, achieve promotions and new job opportunities, and in some cases, keep their existing jobs. If we do our job well, our customers will keep rotating machinery and other critical assets running so that their plants can deliver on their promises to their customers. Of course, that can range from pharmaceutical companies to oil and gas offshore platforms, battle ships, wastewater treatment plants, and so many other organizations that deliver vital services, keep large numbers of people employed, and keep their employees, customers, and the environment safe from potentially deadly harm.

That responsibility weighs heavily on my shoulders and has been the driving force in investing in advanced training material that incorporates amazing 3D animations and software simulations.

In my personal life, I am passionate about surfing and getting out into nature, as far away from other people as possible. That may not sound like a very “social” thing to say, but thanks to Mobius’s success, we now own land in a very remote but beautiful location. I love traveling to that land, watching the kangaroos and other wildlife, and just being able to breathe deeply without the stress of deadlines and responsibilities.

**I can just be me.**



# PRECONLUB

9 Y 10 DE JUNIO  
DE 2022



HS HOTSSON  
Léon, Gto. (México)



**Contáctanos**

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



# Caterpillar 3616

Detección de falla de termostato  
mediante el uso de cámara infrarroja



**Alirio Morón**

Petróleos de Venezuela (PDVSA)

[morona123@gmail.com](mailto:morona123@gmail.com)



Las técnicas predictivas hoy en día es una fuente de soluciones para las actividades industriales, brindando comodidad y seguridad a la solución de fallas en un mejor tiempo en comparación con las técnicas tradicionales, en el caso de mi país hay empresas cuyos métodos de ensayos no destructivo pertenecen al departamento de integridad mecánica de equipos dinámicos y estáticos, pero existen otras empresas que la llaman mantenimiento bajo condición (CBM), dirigido a garantizar operaciones seguras, cumpliendo con la seguridad de las personas, ambiente e instalaciones, utilizando técnicas predictivas que generan información, que de una vez es analizada, se diagnostica se otorgan las recomendaciones pertinentes para encontrar fallas potenciales que pudiesen volverse fallas catastróficas afectando la confiabilidad y disponibilidad de los diferentes equipos instalados en alguna estación o planta, Por esta razón presentamos el siguiente estudio donde se demuestra la efectividad de las técnicas predictivas.

Como parte del desarrollo del plan de trabajo en la ejecución de técnicas predictivas se realiza monitoreo de condición al elemento conductor de la unidad motocompresora TAG MAQUINA 2204 la cual cuenta con 45674 hrs de operación y se encuentra ubicada en la estación compresora QE2, Venezuela, el equipo utilizado en esta oportunidad para adquisición de datos es una cámara infrarroja marca flir, modelo E64501, con el propósito de determinar el estado del sistema principal de agua del motor, con el cual se determina que la falla recurrente que origina paradas constante es proveniente de los termostatos de agua , utilizando los principios de análisis de la termografía y del subsistema de agua.

Para el diagnostico de condición en el motor de combustión interna, bajo la visión de mantenimiento basado en condición se usa el análisis de termografía como técnica principal, el uso de la cámara infrarroja en equipos reciprocantes se ejecuta mediante la colección y análisis de registros de termogramas, para el diagnostico de condición que se presenta.

## Análisis Técnico

Luego de realizado el monitoreo se hace el análisis respectivo de los termogramas, donde los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Por medio de los termogramas se detecta a afectación en el sistema principal, deficiencia en la regulación de temperatura, esta condición se aprecia desde que arranca la unidad, cuya falla afecta el equilibrio térmico de dicho sistema, hasta alcanzar el valor de parada de la unidad.



Fig 1. Imagen digital sistema principal. Fuente propia.

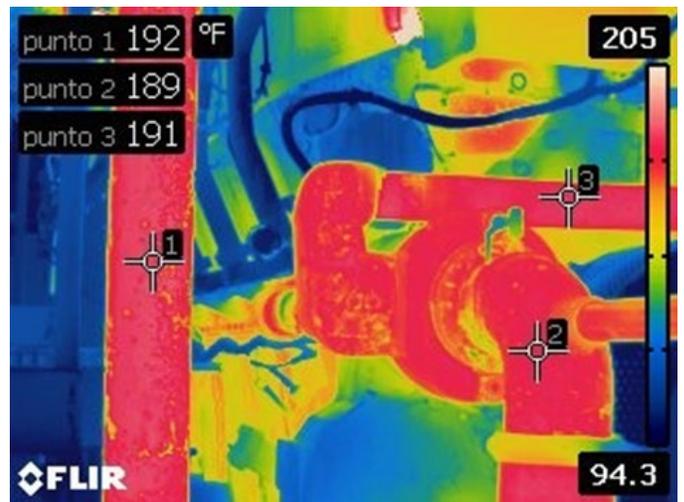


Fig 2. Termograma, paleta tipo arcoíris, a los 15 minutos de estar en servicio. Fuente propia.



Fig 3. Termograma, paleta tipo arcoíris, motor full carga. Fuente propia.

## Recomendación CBM

Basado en el análisis de los termogramas, en función de la operatividad del sistema principal agua se recomienda reemplazo de válvulas termostática del sistema principal de agua,

En conversación con el supervisor de mantenimientos y los técnicos involucrado en la búsqueda de la falla en cuestión, se define el reemplazo de las válvulas termostática del sistema de agua principal.

## Hallazgos y acciones correctivas

Se realiza la programación de la inspección del motor, el personal técnico atendió el aviso de mantenimiento y procede a realizar las recomendaciones.

Es importante comentar que estos termostatos tenían más de veinte mil horas de servicio, no se evidencio daños en los sellos del asiento, todo indica que los termostatos no están controlando de forma adecuada el paso del agua.



Fig 4. Imagen digital, termostato desmontado. Fuente propia.



Fig 5. Imagen digital, termostato desmontado. Fuente propia.

La detección oportuna de la operación anormal del sistema principal de agua con la cámara termográfica y el análisis del sistema, evitando problemas de mayor severidad, que implican componentes asociados a este subsistema y al manejo del gas.

## Verificación de condiciones de temperatura posterior a la intervención

Se realizo un monitoreo de temperatura con el uso de la cámara infrarroja posterior al reemplazo de las válvulas termostática, obteniendo los siguientes resultados:

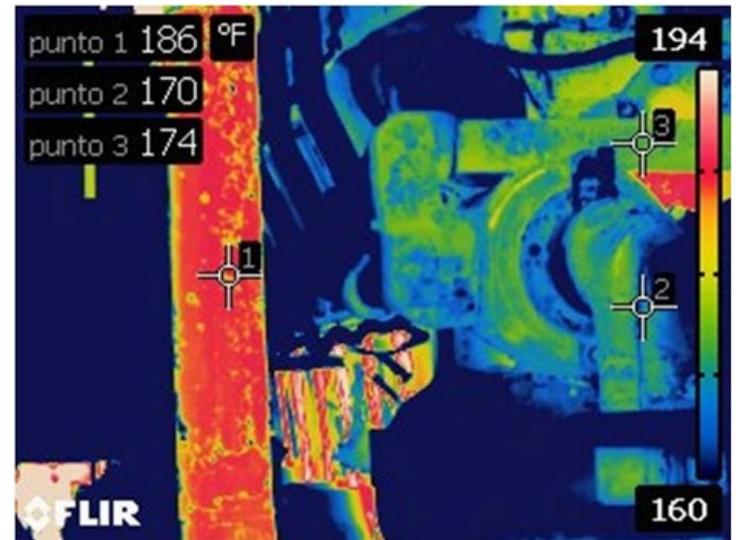
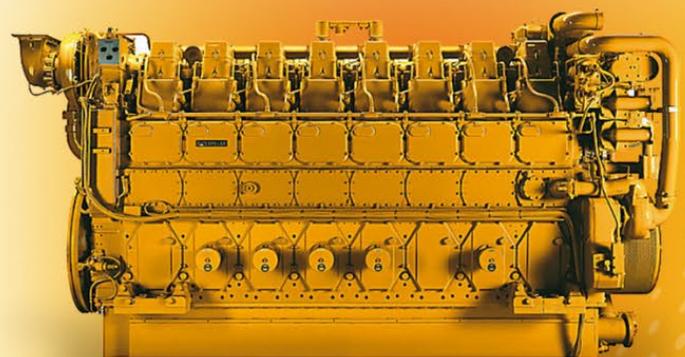


Figura 6. Termograma, posterior al mantenimiento correctivo.

Fuente propia.

Normalización de temperatura del sistema principal, esto representa una mejora significativa de las condiciones de temperatura por encima de 90% en pro del resguardo de la integridad de unos de los componente más importante y costoso del motor (cámara de combustión).



## Beneficios del diagnóstico

Los beneficios impactaron positivamente en ahorros por afectación al lucro cesante por incumplimiento en la entrega de gas a los clientes por parte de la empresa, se realizó la correcta planeación y programación para realizar la actividad.

PANORAMA DE COSTO DIAGRAMA P-F			
ESCENARIO	ACCION	VALOR \$	TOTAL \$
1.PREDICTIVO PREVENTIVO	H-H Trabajadas	5.4	5043,36
	Reemplazo de termostato 6I-4953	915,28	
	Reemplazo de sellos 3S-9643	199,68	
	12 hrs de Perdida de manejo de gas 77 MMSCFD	3923	
2.CORRECTIVO	Reemplazo de termostato	915,28	38178,01
	Reemplazo de sellos 3S-9643	199,68	
	H/H Trabajadas	8,55	
	Cámara de 4859701	23127,26	
	Kit cámara 4771358	1504,24	
19 hrs de perdida manejo de gas 77 MMSCFD	12423		

Tabla 1. Evaluación de costos en dólares.  
Fuente propia.

RELACION COSTO/BENEFICIO		AHORRO \$
Predictivo/correctivo	1:2,2	33134,65

Tabla 2. Relación Costo – Beneficio.  
Fuente propia.

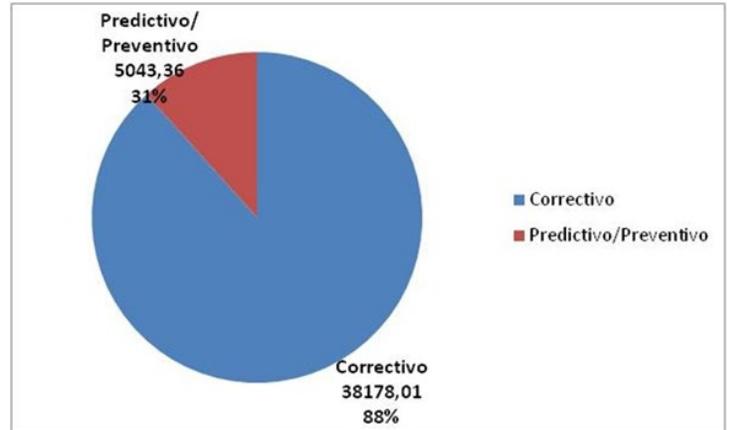


Figura 7. Comparativo del costo de mantenimiento.  
Fuente propia.

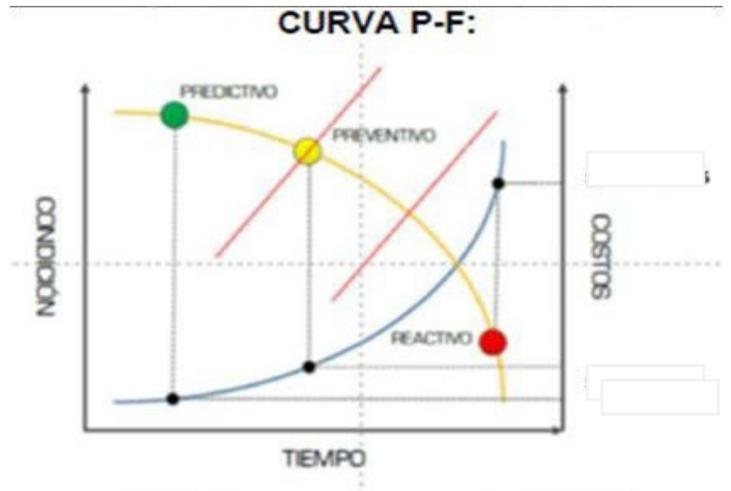


Figura 7. Curva P-F. Fuente propia.

## Conclusiones

- Se demuestra la efectividad del uso de la cámara infrarroja para determinar condiciones anormales en el funcionamiento de un motor de combustión interna.
- Se demuestra la relación costo beneficio que representa el uso de esta tecnología para evidenciar el núcleo de la falla, minimizando las horas hombres trabajadas y restableciendo las operaciones en un mejor tiempo en comparación con las técnicas tradicionales.
- Se evidencia el aporte significativo del mantenimiento CBM dentro de la compañía, donde la eficiencia de este ha evitado daños que pudieron haber afectado los indicadores corporativos.



# fractal

La plataforma **#1** de  
Mantenimiento Inteligente



Es una plataforma de mantenimiento, todo en uno, diseñada para que gestionas tu departamento de forma centralizada y digital. Tanto si eres gerente como si eres planificador, programador, técnico u ocupas otro rol, en Fractal hay una herramienta para ti.

Los gerentes pueden descargar informes personalizados en tiempo real, en cualquier momento y lugar que lo necesiten. Planificadores, técnicos y el resto del equipo trabajarán conjuntamente, coordinando todas sus actividades en tiempo real, para optimizar las labores de todo el plan de mantenimiento. Además, con nuestros dispositivos IoT y nuestro software de predicción de activos, dispondrás de todos los datos que necesitas para llevar a cabo una gestión del mantenimiento transversal y completa.

## ¿En qué consiste la plataforma Fractal?

En Fractal proporcionamos una solución para la gestión del mantenimiento de tus activos. Movilidad, IoT y Big Data trabajan para ti, para que realices tus operaciones de forma eficiente, segura y sostenible.

## La plataforma de mantenimiento Fractal te ofrece 3 servicios, en un único lugar:

### 1. Software de mantenimiento CMMS/GMAO: [Fractal One](#)

Fractal One te ofrece a ti y a tu equipo una gestión moderna de activos, tareas y realización de informes. Consulta los informes en tiempo real y haz que tu equipo ejecute sus planes de mantenimiento, genere órdenes de trabajo y cargue sus activos, de forma fácil y rápida.

Con Fractal One puedes programar operaciones de mantenimiento de forma sencilla, gestionar tus activos desde un único lugar, controlar tareas y operaciones programadas, analizar tus actividades en tiempo real, crear informes personalizados según las necesidades de tu empresa, y mucho más.

### 2. Software de mantenimiento predictivo: [Predictto](#)

Con la ayuda de la Inteligencia Artificial y el Machine Learning, Predictto te permite pronosticar el futuro de tus activos, sean del tipo que sean. Con sus modelos de degradación y confiabilidad se crearán predicciones de activos basadas en datos recogidos mediante análisis de vibraciones para el caso de los activos que se pueden monitorear. En el caso de los activos que no se pueden monitorear, dispones de nuestro Análisis Weibull que analiza datos provenientes de OT's y documentos previos de los que dispongas.

Con Predictto puedes crear modelos predictivos, determinar la confiabilidad de uno o varios activos y descubrir el momento en el que se presentará la falla para anticiparte. Predictto también te permite calcular cuál es el mejor momento para iniciar el ciclo de mantenimiento de ese activo, digitalizar los procesos de mantenimiento y gestionar activos en estado crítico.

Todo ello conectado con Fractal One, os permitirá a ti y a tu equipo elaborar estrategias de mantenimiento preventivo consolidadas y optimizar los costes de tu departamento.

### 3. Monitorización de activos a través de IoT: [Fractal X](#)

Fractal X es una familia de dispositivos con tecnología IoT y pantalla táctil que mide la calidad del entorno, el estado de tus activos, te permite notificar incidencias y crear solicitudes vinculándolas a tu plan de mantenimiento. Con Fractal X puedes realizar diferentes mediciones en multitud de activos. Estas mediciones se enviarán a Fractal One, donde dispondrás de todos los datos de forma centralizada.

Con Fractal X puedes monitorear en tiempo real el estado del sensor y la información de la variable (temperatura, calidad energética, horas de uso). Otra de sus funcionalidades es su generador de eventos por pantalla, donde se te notificarán las incidencias detectadas en los activos y se te generarán tareas de forma automática. Fractal X es una familia de dispositivos que se actualizan automáticamente, garantizando que los equipos cuentan con las mejores funcionalidades disponibles en todo momento.

Como puedes ver, Fractal es una suite completa de mantenimiento que te ofrece una solución transversal para todas tus necesidades. Si tú también quieres formar parte del Mantenimiento Inteligente del Futuro, ponte en contacto con nosotros a través de [ventas@fractal.com](mailto:ventas@fractal.com)

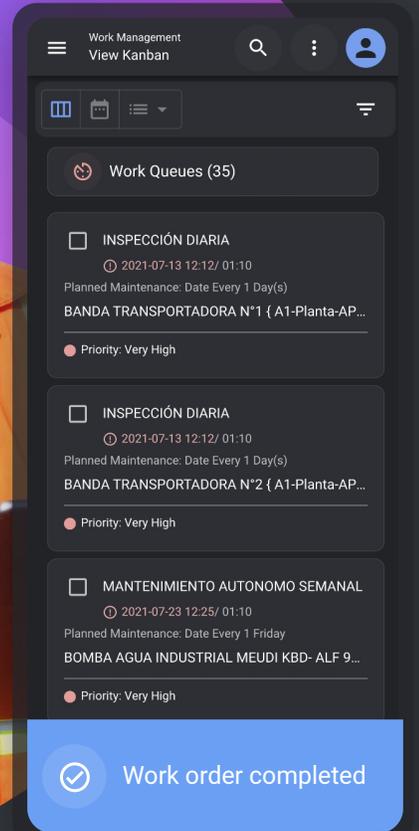


**Silvia Toyos**  
Content Manager en Fractal





# La plataforma #1 de mantenimiento inteligente



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



# Proceso de evaporación de petróleo y sus derivados en tanques de almacenamiento



**Edwin Reyes**

Mantenimiento, construcción de instalaciones de superficie y gestión gerencial. DELOT



## Introducción

El almacenamiento mediante tanques constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los hidrocarburos ya que actúa como un receptor para absorber las diferencias entre producción y demanda, más permitir un proceso de transporte estable y controlado. Pero la industria petrolera siempre se ha enfrentado con el problema de proveer almacenamiento a bajo costo y al mismo tiempo evitar pérdidas de los productos por evaporación del petróleo, sus derivados y además de minimizar el impacto ambiental por dichas emisiones.

Las pérdidas se producen, durante los procesos de almacenamiento y operación en los tanques atmosféricos. Aunque las pérdidas por evaporación, se han reducido progresivamente mediante mejoras implementadas en el diseño y construcción de los tanques, así como por aplicación de las mejores prácticas operacionales en los procesos de almacenamiento, en algunas instalaciones todavía son considerables.

Es de suma importancia controlar las pérdidas por evaporación, para esto es necesario la selección apropiada del tipo de tanque, dentro de los cuales se encuentran los tanques de techo fijo y techo flotante, o tanque de techo flotante interno, estos últimos han sido diseñados con enfoque en la disminución de las pérdidas. En los tanques de techo fijo las pérdidas por evaporización son considerablemente elevadas, ya que por su diseño son los menos recomendados para el almacenamiento de líquidos Inflamables.

La selección del tipo de tanques se basa en estudios, en donde se evalúa la reducción de evaporación versus el costo, así como impacto ambiental.

En los sistemas operacionalmente activos las pérdidas por evaporación se pueden reducir sustancialmente pero no eliminar, dicha reducción se puede lograr con la aplicación de programas de mantenimiento sobre todos los componentes y accesorios de los tanques, también con cambios en la construcción de techos, así como mediante la aplicación de mejores prácticas y procedimientos operacionales.

Las consecuencias debido a las pérdidas por evaporación, incluyen un descenso en el volumen de producto, disminución en su densidad ( $^{\circ}$ API del crudo) y emisiones contaminantes al ambiente, ya que se evaporan los componentes hidrocarburos más livianos, de aquí la importancia de cuantificar las pérdidas.

## 1. Proceso de evaporación en tanques de mantenimiento

### 1.1 Mecanismos de pérdida en Tanques de Techo fijo

La pérdida por evaporación total de un tanque de techo fijo es la suma de la pérdida de almacenamiento permanente y la pérdida de

trabajo, estas a su vez se subdividen en categorías:

- Pérdidas debido a respiración en el tanque que sucede en el estado de almacenamiento.
- Pérdida por llenado y vaciado del tanque en el proceso de trabajo.

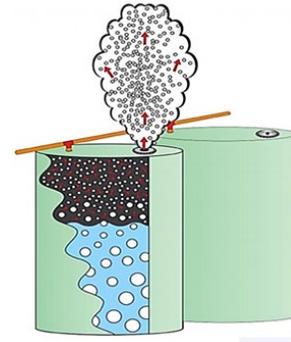


Fig. 1. Tanque Ventilando

### 1.1.1 Pérdida de almacenamiento

Varios mecanismos están involucrados en la pérdida por evaporación durante el almacenamiento. La fuerza impulsora principal para la pérdida de almacenamiento permanente de un tanque de techo fijo es el ciclo de calentamiento diario, que hace que la temperatura del espacio de vapor del tanque aumente durante las horas diurnas y disminuya durante las horas nocturnas. Este calentamiento hace que la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque se expanda y aumente de presión hasta el ajuste de presión de la válvula P V, momento en el que el vapor se ventila desde el espacio de vapor del tanque, lo que resulta en pérdida por evaporación. Después de la temperatura máxima del espacio de vapor, que normalmente ocurre en las primeras horas de la tarde, el enfriamiento hace que la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque disminuya su volumen específico y la presión. Cuando la presión cae por debajo de la configuración de vacío de la válvula P V, el aire ingresa al espacio de vapor del tanque, que luego se satura parcialmente con el vapor de reserva.

Durante las horas diurnas, el tanque está expuesto al calentamiento ambiental tanto por insolación solar como por intercambio de calor convectivo con el aire ambiente. El techo del tanque está expuesto a la insolación solar directa y difusa, así como al intercambio de calor por convección con el aire ambiente. El lado soleado de la carcasa del tanque está expuesto a la insolación solar directa, difusa y reflejada en el suelo, así como al intercambio de calor por convección con el aire ambiente. El lado sombreado de la carcasa del tanque está expuesto a una insolación solar difusa y reflejada en el suelo, así como al intercambio de calor por convección con el aire ambiente. Durante las horas nocturnas, el techo del tanque y la carcasa intercambian calor por transferencia de calor por convección con el aire ambiente, sin que haya insolación solar (Ver Fig. 2).

Este ciclo de calentamiento diario hace que el techo y la cubierta del tanque varíen en temperatura e intercambien calor con la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque. Durante el ciclo de calentamiento diario, la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque intercambia calor con la superficie interior del techo del tanque, la superficie interior de la carcasa del tanque y la superficie del líquido de reserva.

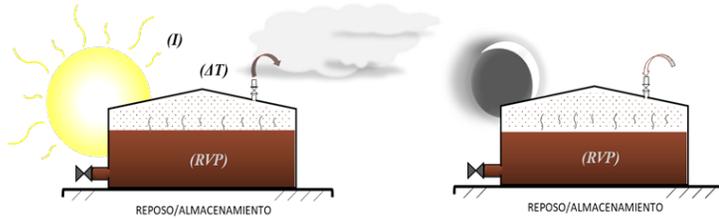


Fig. 2. Tanque Proceso Respiración.

Esta transferencia de calor provoca un movimiento convectivo de la mezcla de vapor de aire en el espacio de vapor del tanque. Además, durante el día, cuando se calienta el espacio de vapor del tanque, se transfiere algo de calor a la superficie del líquido, lo que hace que aumente la temperatura, lo que resulta en una mayor presión de vapor en la superficie del líquido.

La evaporación ocurre en la superficie del líquido a medida que el stock intenta establecer condiciones de equilibrio con la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque. El vapor de reserva evaporado de la superficie líquida se mezcla con la mezcla de aire y vapor y es conducido hacia arriba hacia el área de ventilación por las corrientes de convección que se inducen durante el ciclo diario de calentamiento. Además, la difusión del stock de vapor se produce desde la superficie del líquido hacia el espacio de vapor del tanque.

A medida que la temperatura de la superficie del líquido aumenta durante el ciclo de calentamiento diario, se evapora un stock adicional al tratar de establecer condiciones saturadas por encima de la superficie del líquido. En la parte superior del espacio de vapor del tanque, el vapor común se mezcla con el aire que fue atraído hacia el espacio de vapor del tanque a través de la válvula P V durante el ciclo de calentamiento diario anterior. Los efectos combinados de la convección y la difusión afectan el grado de saturación que ocurre en la parte superior del espacio de vapor del tanque. El efecto combinado de los mecanismos de pérdida anteriores da como resultado el movimiento del stock de vapor desde la superficie del líquido hacia el área debajo de la válvula PV, y finalmente a través de la válvula P V cuando la presión excede el ajuste de presión de válvula PV. El grado de saturación en el vapor ventilado depende de la velocidad de transferencia de masa del vapor de reserva desde la superficie del líquido a la parte superior del espacio de vapor del tanque por convección y difusión. Estos mecanismos típicamente resultan en estratificación de vapor, con la concentración de vapor más baja en la parte superior del espacio de vapor del tanque y acercándose a la saturación en la superficie del líquido.

### 1.1.2 Pérdida por trabajo

La pérdida del producto por el resultado del trabajo es el efecto combinado de la pérdida del llenado y del vaciado del tanque.

- **Mecanismos de pérdida de llenado**

Durante el llenado del tanque, a medida que aumenta el nivel de líquido de reserva, la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque se comprime hasta que su presión alcanza el ajuste de presión de válvula PV. En esta condición, se abre la válvula PV y se expulsa la mezcla de aire y vapor del espacio de vapor del tanque para mantener la presión del espacio de vapor cerca del ajuste de alivio de presión. En esta condición, un volumen de líquido que ingresa al tanque desplaza un volumen esencialmente igual de mezcla de aire y vapor del espacio de vapor del tanque. A medida que avanza el proceso de llenado del tanque, el grado de saturación en el vapor ventilado se aproxima a las condiciones de saturación. El grado de saturación en el vapor ventilado depende del intervalo de tiempo entre el proceso de llenado del tanque y el proceso previo de vaciado del tanque, durante ese período de tiempo, el stock intentó establecer condiciones de equilibrio en el espacio de vapor del tanque.

El método para estimar la pérdida de trabajo en ediciones anteriores de la norma API 19.1, suponía que el tanque se comporta como si estuviera ventilado libremente durante el proceso de llenado del tanque. En otras palabras, el método supone que el volumen de aire y vapor desplazado del tanque es igual al volumen de líquido que ingresa al tanque. Esta suposición es razonable para configuraciones de ventilación muy bajas (como el nivel típico de media onza por pulgada cuadrada). Sin embargo, a medida que aumenta la configuración de la válvula PV del respiradero, la suposición de ventilación libre puede volverse conservadora (es decir, dar como resultado una sobreestimación de la pérdida de trabajo). Cuando el ajuste de la presión de la válvula PV del respiradero es suficientemente alto, puede producirse una compresión significativa del espacio de vapor antes de que se abra la ventilación de la válvula PV. Los vapores comenzarán a condensarse si la compresión del espacio de vapor continúa después de que haya alcanzado condiciones saturadas, reduciendo así el volumen de vapores liberados a la atmósfera. El factor de corrección de configuración de la válvula PV, KB, se ha agregado al cálculo de la pérdida de trabajo para tener en cuenta la condensación que puede ocurrir con configuraciones de ventilación más altas. (Ver Fig. 3).

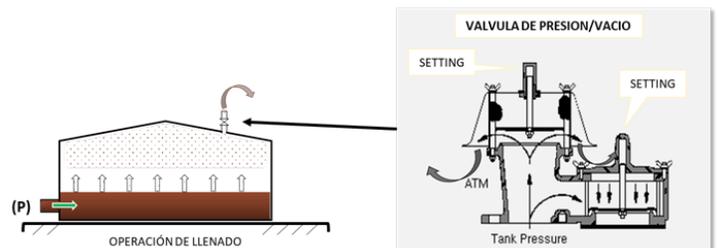


Fig. 3. Tanque Proceso Llenado.

• **Mecanismos de pérdida de vaciado**

Durante el vaciado del tanque, a medida que disminuye el nivel de líquido de reserva, disminuye la presión de la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque. Cuando la presión alcanza el ajuste de vacío de válvula P V, el aire ingresa al espacio de vapor del tanque a través de la válvula P V. Durante un proceso de vaciado rápido, el volumen de existencias eliminado del tanque es aproximadamente igual al volumen de aire que ingresa al espacio de vapor del tanque. La evaporación trata de establecer condiciones de equilibrio con el aire entrante por evaporación de la superficie líquida. El material evaporado de la superficie del líquido se mueve hacia arriba por convección y difusión y se mezcla con el aire que ha entrado en el espacio de vapor del tanque. La velocidad a la que el vapor de reserva tiende a saturar el aire entrante durante el vaciado del tanque puede reducir en cierta medida el volumen de aire entrante. Estos mecanismos tienden a dar como resultado la estratificación de los vapores en el espacio de vapor del tanque. No hay pérdida de vapores de existencias del tanque durante el proceso de vaciado, y la pérdida posterior de vapores de existencias se contabiliza en los mecanismos de pérdida permanente de almacenamiento y llenado (Ver Fig. 4).

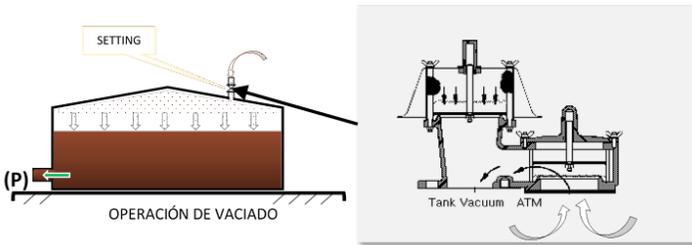


Fig. 4. Tanque Proceso Vaciado.

**1.2 Mecanismo de Pérdida en Tanque de Techo Flotante**

**1.2.1 General**

Cada Stock del líquido tiene una presión de vapor finita, que depende de la temperatura de la superficie y la composición del líquido, lo que produce una tendencia a la evaporación del líquido. A través de la evaporación, todos los líquidos tienden a establecer una concentración de vapores en equilibrio sobre la superficie del líquido. En condiciones completamente estáticas, se establecería una concentración de vapor de equilibrio, después de lo cual no se produciría más evaporación. Sin embargo, los tanques de techo flotante están expuestos a condiciones dinámicas que perturban este equilibrio y conducen a una evaporación adicional. Estas condiciones dinámicas son responsables de la evaporación continua, lo que resulta en pérdida de existencias y emisiones atmosféricas. En los tanques de techo flotante existen varios mecanismos por donde se producen las pérdidas por evaporación del producto. A continuación, estas son las siguientes:

- Deck-fitting Loss (Pérdida de accesorios de cubierta).

- Rim-seal Loss (Pérdida en el Sello-Aro Externo).
- Deck-seam Loss (Pérdida en costura de la cubierta).
- Withdrawal Loss (Pérdida por Adherencia en Pared).

Las pérdidas por evaporación de los EFRT ocurren principalmente durante el almacenamiento y están influenciadas significativamente por el viento ambiental en el sitio del tanque. Las fuentes de pérdida de almacenamiento permanente incluyen el sistema de sellado del borde o periferia y las penetraciones de ajuste a través de la cubierta de techo flotante. Las pérdidas relativamente menores resultan de la evaporación del líquido que se adhiere a la carcasa o pared del tanque a medida que se retira el stock del tanque (Ver Fig. 5).

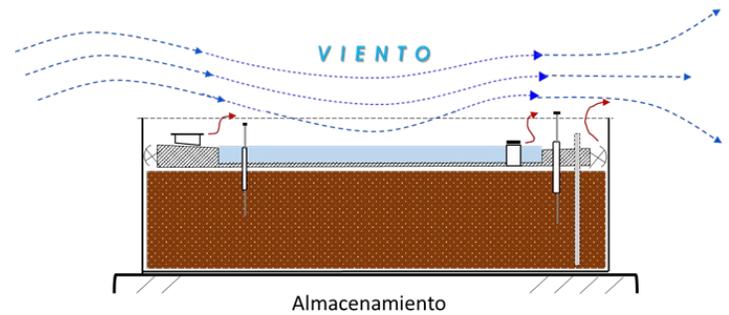


Fig. 5 Tanque EFRT Elementos que permiten la Evaporación

Para los IFRT con ventilación libre, se pensaba que el factor dinámico primario que promueve la evaporación es el movimiento del aire a través del espacio de vapor entre la plataforma flotante y el techo fijo, ya sea como resultado del viento externo o cambios de temperatura ambiente.

Cuando los resultados de cada prueba se analizaron estadísticamente para determinar el efecto de variar la velocidad del flujo de aire en el rango probado, se descubrió que no había un cambio estadísticamente significativo en la cantidad de pérdida por evaporación a medida que variaba la velocidad del flujo de aire. Como resultado, la velocidad del flujo de aire y por lo tanto, la velocidad del viento ambiental y los cambios de temperatura ambientales, no son parámetros significativos en la ecuación de pérdida por evaporación para los IFRT con ventilación libre.

Los CFRT tienen el tipo de techo flotante que es característico de los EFRT pero, al tener techos fijos con ventilación libre, el efecto de la velocidad del viento ambiental no es un parámetro en la ecuación de pérdida por evaporación para estos tanques. Los CFRT, por lo tanto, tienen la misma forma de ecuación de pérdida por evaporación que los IFRT, pero se aplican a los detalles de construcción de un techo flotante de tipo externo y por lo tanto, no tienen pérdidas en la costura de la cubierta.

**1.2.2 Rim-seal Loss (Pérdida en el Sello del Aro Externo)**

Los mecanismos de pérdida de vapor del sello del aro externo de la cubierta flotante son complejos. Sin embargo, se ha encontrado

que el viento es el factor dominante en la inducción de pérdidas de vapor de sellado de sello del aro externo del techo flotante de los EFRT. Las pruebas realizadas en un túnel de viento demostraron que el aire que fluye hacia arriba y sobre la parte superior de un EFRT produce una zona de baja presión sobre el techo flotante en el lado de viento del tanque. Esto da como resultado que el aire del lado del viento del techo flotante se mueva alrededor de la circunferencia del techo flotante sobre el sello del aro externo. Por lo tanto, un viento constante establece diferenciales de presión en el techo flotante, con presiones más altas en el lado del viento y presiones más bajas en el lado del sello. (La caracterización de los diferenciales de presión inducidos por el viento proporcionó un medio de convertir las tasas de flujo de aire a través del tanque de prueba en velocidades de viento equivalentes para EFRT).

### 1.2.3 Deck-fitting Loss (Pérdida de accesorios de cubierta)

Los accesorios que penetran en la cubierta del techo flotante son fuentes potenciales de pérdida porque pueden requerir aberturas que permitan que los vapores de stock fluyan desde el líquido almacenado a la atmósfera sobre el techo flotante. Aunque tales aberturas se sellan habitualmente, los detalles de diseño de los accesorios de la cubierta generalmente impiden el uso de un sello completamente hermético al vapor. Como resultado, algunos de los mecanismos discutidos en 1.2.2 para las pérdidas del sello del borde pueden causar pérdidas por penetraciones de accesorios de cubierta. Estos mecanismos incluyen la mezcla vertical, resultante de la difusión o la turbulencia del aire, de vapor a través de cualquier espacio entre el sello del accesorio de cubierta y el accesorio; expansión de cualquier espacio de vapor directamente debajo del sello del accesorio, como resultado de cambios de temperatura y presión; solubilidad variable de gases en el líquido directamente debajo del sello de ajuste; absorción de líquido por el accesorio de cubierta; y permeación de cualquier sello o junta de ajuste por vapor.

### 1.2.4 Deck-seam Loss (Pérdida en la costura de la cubierta)

Las cubiertas flotantes se hacen típicamente uniendo varias secciones del material de la cubierta, lo que da como resultado costuras y juntas en la cubierta. Esto se puede lograr por medios mecánicos, como atornillar o soldar. En la medida en que estas costuras no sean completamente herméticas al vapor, estas se convierten en una fuente de pérdida por evaporación. Las pérdidas por evaporación de la costura de la cubierta solo están asociadas con IFRT que tienen cubiertas con costuras atornilladas o remachadas.

### 1.2.5 Withdrawal Loss (Pérdida por Adherencia)

A medida que el techo flotante desciende durante la extracción de existencias del producto, parte del líquido almacenado queda adherido a la superficie interior de la carcasa o pared del tanque (y las columnas de soporte de techo fijo, si las hay) y queda expuesto a la atmósfera. En la medida en que las paredes húmedas o el producto adherido se mantengan expuestas, este se evaporará antes de que el área flotante quede nuevamente cubierta por el techo flotante

ascendente durante un proceso de llenado, posteriormente se producirán pérdidas por evaporación ya discutidas previamente.

## 2. Conceptos básicos

### Temperaturas ambientales; máximas, mínima y promedios (deg. R)

- Temperaturas ambientales: Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura correspondiente al lugar requerido.
- Temperatura Máxima: Es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas (como referencia).
- Temperatura mínima: Es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar entre las 06:00 y las 08:00 horas (como referencia).
- Temperatura Promedio: Es el promedio de la suma de la máxima y mínima temperatura, alcanzada durante el día, en el lugar de referencia.

### Factor de Insolación diario, promedio (I) (BTU/ft<sup>2</sup> Day)

- Factor de Insolación diario: Es cantidad de radiación solar recibida en un día y en un lugar específicos del sistema Tierra-atmósfera se llama insolación (radiación solar). La insolación está determinada por cuatro factores:
  - La constante solar.
  - La transparencia de la atmósfera.
  - La duración de la luz del día.
  - El ángulo con el que los rayos solares caen sobre la Tierra, la cual depende de la latitud de un lugar, ya que determina las diferencias estacionales en el grado de oblicuidad de los rayos solares directos, que inciden en él.
- Factor de Insolación Promedio: Es el factor obtenido del promedio diario, mensual o anual, de la radiación solar y el lugar específico del sistema tierra-atmosfera.



### Absorbancia solar ( $\alpha$ ):

La absorbancia solar de la superficie externa del tanque es una función adimensional del color, del estado de la pintura y del tipo de superficie, que afecta la emisión de vapores en todos los tanques de almacenamiento. Para determinar su valor puede determinarse por tablas y también calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\alpha_R + \alpha_S}{2}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{Absorbancia total} \\ \alpha_R &= \text{Absorbancia del techo} \\ \alpha_S &= \text{Absorbancia de las} \end{aligned}$$

### Altitud y Presión Barométrica:

- Altitud: Es la distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar (punto de referencia), esta altitud la medimos con un equipo llamado Altimetro.
- Presión Barométrica: Es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (101.325 KPa). Esta presión es medida por un equipo llamado Barómetro. Esta presión, se emplea para predecir o analizar el tiempo.

### Velocidad del Viento (mph)

El viento produce energía, porque está siempre en movimiento; se estima que la energía contenida en los vientos, es aproximadamente el 2% del total de la energía solar que alcanza la tierra. El contenido energético del viento depende de su velocidad.

Cerca del suelo, la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura; cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará ésta al viento. Es por ello, que sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas; no obstante, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra. El instrumento que mide la velocidad del viento, es el anemómetro. La velocidad del viento se mide preferentemente en náutica, en nudos, mph, o m/s y mediante la escala Beaufort: Esta es una escala numérica utilizada en meteorología que describe la velocidad del viento, asignándole números que van del 0 (calma) al 12 (huracán). Fue ideada por el Almirante Beaufort en el siglo XIX.

### Presión de Vapor de un Líquido

Podemos decir que cuando un líquido a una temperatura definida se coloca en un recipiente cerrado, el líquido se evaporará parcialmente para establecer una presión de vapor encima del líquido, que depende de la naturaleza de este y se encuentra en equilibrio constante a cualquier temperatura establecida. Esta presión es conocida como

presión de vapor del líquido. En tanto se mantengan ambas fases (gas y líquido) a la temperatura definida la presión en el sistema, se mantendrá constante Si se extrae o se suministra energía en forma de calor a éste sistema manteniendo constante la temperatura se condensará vapor o se evaporará líquido respectivamente para que el sistema conserve el equilibrio. La presión de vapor aumenta con un incremento de temperatura.

### Presión de Vapor

La presión de vapor es la presión de un sistema cuando el sólido o líquido se hallan en equilibrio con su vapor.

Los vapores y los gases, tienden a ocupar el mayor volumen posible y ejercen así sobre las paredes de los recintos que los contienen, una presión también llamada, fuerza elástica o tensión.

### Presión de vapor REID

Es la presión de vapor de un aceite crudo, condensados, gasolinas y otros productos del petróleo, que se almacenan en tanques. Esta presión permitirá determinar si un hidrocarburo líquido almacenado en un tanque, vaporizará o no a una temperatura de 100 °F (37.78 °C).

### Presión de Vapor Real (True Vapor Pressure)

Es una de la presión de vapor real (TVP) de un líquido derivado del petróleo, a una temperatura de 100 °F (37.78 °C), la cual es definida por la Presión de Vapor Reid.

### Constantes de la Ecuación de Vapor A, B, C

La ecuación de Antoine describe la relación entre la temperatura y la presión de saturación del vapor de sustancias puras.

La forma más usual de expresar la función de Antoine es:

$$P = 10^{(A - B/C + T)}$$

En esta fórmula P representa la presión de vapor de saturación expresada en milímetros de mercurio (mmHg), T es la temperatura que viene siendo la variable independiente y se expresa en .

A, B y C son las constantes o parámetros de la fórmula de Antoine.

La importancia de esta fórmula que a pesar de ser empírica, da una expresión analítica sencilla que puede ser usada con facilidad en los cálculos termodinámicos.

No existe un método teórico para obtener las constantes de Antoine, debido a que se trata de una relación empírica. Se obtienen a partir de la data experimental de cada sustancia y ajustando los tres parámetros A, B y C, de modo que minimicen la diferencia cuadrática (método de los mínimos cuadrados) de la predicción con los datos experimentales.

Existen tablas en los manuales de química donde se dan estas constantes para cada sustancia indicando los rangos máximos y mínimos de temperatura en la que son aplicables.

**Pendiente de destilación de un producto destilado (método ASTM D86)**

La pendiente, S, es la pendiente de los datos de destilación ASTM-D86 a 10% de volumen evaporado y puede calcularse a partir de los datos de destilación, la cual se calcula mediante la ecuación:

$$S = \frac{T_{15} - T_5}{10}$$

**Temperatura de la superficie del líquido (°R)**

Esta es la temperatura promedio diario de la superficie del líquido, T\_LA; la misma es determinada a 1/6 de la altura del líquido almacenado. Esta información está normalmente disponible a partir de registros de mediciones del tanque o de otros registros de operaciones; este registro es usado para calcular la presión de vapor del líquido almacenado, a la temperatura promedio diario de la superficie del líquido, P\_VA.

**Temperatura del Líquido en Almacenamiento (°R)**

La temperatura del líquido de almacenamiento, T\_B, es la temperatura media del líquido de las existencias en el tanque de almacenamiento. Esta información está normalmente disponible a partir de registros de mediciones del tanque o de otros registros de operaciones del tanque. Esta temperatura la podemos determinar, tomando las temperaturas a los tres niveles del líquido, como tope (se tomara a 1/6 de la superficie del líquido), a la mitad del líquido (1/2 del volumen del líquido) y a nivel de fondo (5/6 del volumen del líquido); estas temperaturas se suman y se dividen entre tres y el valor resultante, será el promedio de la temperatura del líquido; este promedio será obtenido del número de veces que se realizaran estas tomas, mientras el producto se encuentre almacenado.

**Peso Molecular del Vapor (Mv)**

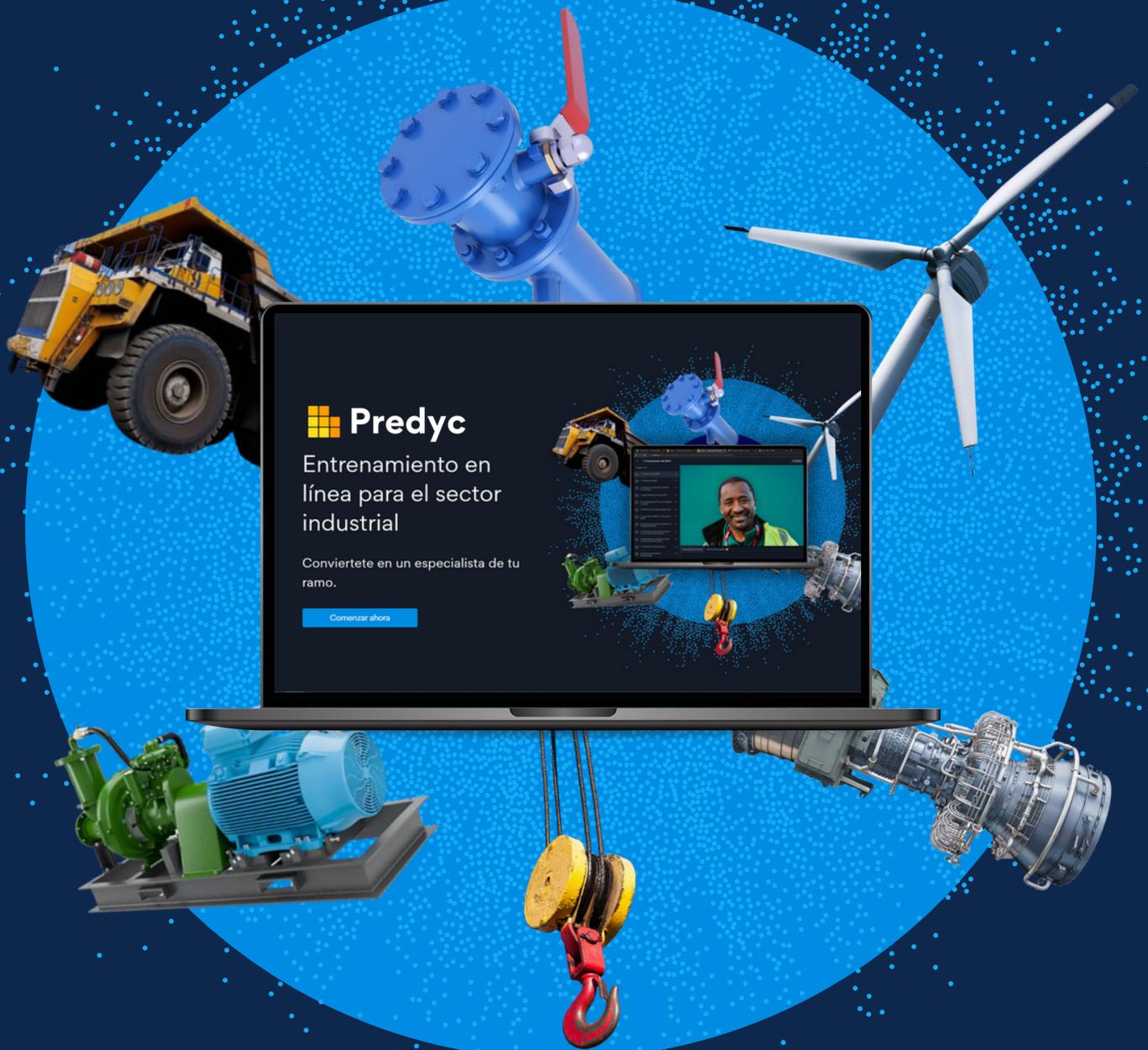
El peso molecular del vapor, M\_V puede ser determinado por el análisis de muestras de vapor, mediante la cromatografía o de cálculo de la composición del líquido; también podemos determinarla mediante su composición molar, utilizando un programa computacional para proceso.

**Cromatografía del Vapor**

Es la técnica para separar componentes de una mezcla, y su posterior análisis, basadas en que las distintas sustancias que forman los componentes de una mezcla se dejan arrastrar a diferentes velocidades sobre un soporte. El soporte puede ser papel, un gas, otro líquido, etc. Es un método físico de separación de componentes.



# CAPACÍTATE DONDE Y CUANDO TÚ QUIERAS



Conoce los cursos en  
[predyc.com](https://predyc.com)

# 5



**Andrés Arocha**  
Director de Operaciones CTN Global Ibérica



## Aspectos indispensables al momento de seleccionar una solución informática para la gestión de mantenimiento en nuestra empresa



## Introducción

Una adecuada gestión de mantenimiento empresarial en grandes industrias supone una actividad compleja, que requiere en primer lugar de personal muy bien capacitado y motivado para coordinar y ejecutar el trabajo inherente a esta actividad, y en segundo término disponer de las tecnologías más avanzadas y de una precisa coordinación con todas las demás áreas involucradas (operaciones, almacén, RRHH, administración, etc.) Este artículo se refiere precisamente a estas herramientas tecnológicas indispensables.

Estas tecnologías parten de soluciones informáticas, dispositivos de medición y de personal calificado debidamente entrenado para ejercer el control de las actividades de mantenimiento. El objetivo es sustituir los mantenimientos correctivos e incrementar gradual y sostenidamente de los mantenimientos preventivos; no es utópico pensar que pudiéramos llegar a tener una relación de mantenimiento preventivo / mantenimiento correctivo de 9:1 y para ello es preciso tener en cuenta los siguientes 5 tips:

## 1. Planificación y programación

Establecer un plan maestro anual, del cual luego se desprendan los planes trimestrales, mensuales y semanales, resulta fundamental. Sin estos planes no hay posibilidades de ejercer ningún control sobre las labores de mantenimiento. Está claro que estos planes serán ajustados y reajustados dada la dinámica propia de cada industria. A partir de aquí iniciamos la programación en el tiempo de nuestras órdenes de trabajo (OT's), considerando la disponibilidad de las cuadrillas de técnicos y trabajadores, la información básica disponible (Diagramas, planos, instrucciones especiales), las herramientas, los repuestos en nuestros almacenes, la coordinación con operaciones y los permisos de seguridad. Estas actividades son, en gran medida, la clave que nos conducirá a una gestión de mantenimiento exitosa que minimizará averías y paradas imprevistas de líneas de producción, accidentes laborales y otros daños.

Hoy en día resulta imposible llevar a cabo una planificación y programación de las órdenes de trabajo en grandes empresas sin una solución informática de última generación y actualizable que permita un control de las actividades antes descritas.

## 2. Movilidad

La movilidad mediante el uso de tabletas, teléfonos móviles y otros dispositivos similares constituyen hoy en día una herramienta invaluable que nos permite una comunicación, en tiempo real, y desde los equipos a mantener de: notificaciones de alerta, reporte de averías, creación y/o modificación de OT's, solicitud de materiales directamente al almacén, identificación de equipos y piezas por lectura de códigos de barra o códigos QR, reportes de avances, certificación de trabajos terminados, etc., todo ello como si estuviésemos en la oficina frente al ordenador utilizando el módulo de mantenimiento de nuestro sistema ERP.

El ahorro en tiempo y dinero que reporta esta herramienta es indudable.

La movilidad nos permite además, reportes fotográficos, acceso a datos históricos de todos los equipos que estamos inspeccionando, visualización de diagramas/planos o especificaciones, códigos de piezas a sustituir. Incluso permite, en muchas de sus funciones, la utilización de nuestra voz para generar instrucciones o notificaciones.

## 3. Indicadores de desempeño (KPI's)

La utilización de datos históricos relacionados con las actividades de mantenimiento, mediante reportes y gráficas, se convierte en indicadores muy útiles para la optimización de la gestión de mantenimiento. Mediante estos indicadores podemos detectar fallas reiterativas, sus causas, rendimiento comparativo de piezas iguales de diferentes marcas, eficiencia de las cuadrillas de trabajo y nos ayuda a mejorar lo que se conoce como "tiempo de llave", que no es



más que el tiempo efectivo de trabajo de una cuadrilla, descontando los tiempos de traslado, comidas, búsqueda de herramientas o piezas de recambio, etc. Dicho de otra manera, el tiempo efectivo de trabajo de una actividad específica.

Una adecuada utilización de esta herramienta nos permite detectar y mejorar las actividades de la gestión del mantenimiento, obteniendo como resultado significativos ahorros de tiempo y dinero para la empresa.

## 4. Permisos y seguridad

La normativa internacional y local relacionadas con seguridad, higiene y ambiente para los trabajadores es, con toda razón, muy exigente por lo que generalmente requiere de muchos documentos y firmas para la emisión de las autorizaciones y el aseguramiento de la implementación de las medidas preventivas contra accidentes, lo que se traduce en muchos casos en un proceso lento que retrasa la programación de las OT's.

Existen soluciones informáticas que resuelven esta coordinación entre el personal de mantenimiento y el de permisos y seguridad, estableciendo un sistema ágil de documentación, aislamiento de zonas de trabajo, generación de medidas de protección y seguridad de manera integrada entre departamentos y el ERP de la empresa. Alguna de estas soluciones incluso ayuda a la coordinación con producción para liberar las OT's.

## 5. Integración

Disponer de soluciones aisladas entre sí y del ERP de la empresa por muy buenas que éstas sean, conlleva grandes dificultades que además de poner en riesgo la calidad e integridad de los datos, genera dificultades en la transmisión entre módulos (exportación e importación), causando serios inconvenientes de comunicación e inestabilidad en el ERP.

La solución informática que cubra los 4 tips mencionados anteriormente debe integrar sus módulos en una sola plataforma y a la vez con el ERP de la empresa, garantizando la integridad de los datos, y generando un fluido intercambio de información entre módulos y áreas de trabajo en tiempo real.

### Conclusiones

En un mundo industrial como el actual, donde la competitividad es determinante, la gestión de los activos cobra una vital importancia no solo por aumentar el ciclo de vida y eficiencia de sus equipos e instalaciones, sino por evitar las paradas de planta inesperadas o las costosas reparaciones de emergencia. Por tal razón, luce indudable la conveniencia de invertir en soluciones informáticas que garanticen la estabilidad y tranquilidad operativa que todo gerente o director quisiera.

Esta solución informática debe ser escalable y contar con años de experiencia en los diversos tipos de industrias (Verticales), habiendo sido probada muchas veces por otras grandes empresas de nuestro sector y así beneficiarnos de lo que solemos llamar "Las mejores prácticas".

## SOLUCIONES DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP)

Brindamos Soluciones CloudSuite™ para cada industria con funcionalidades únicas que hacen la diferencia.

Infor ERP le ayuda a reducir costos, mejorar la eficiencia operativa y tomar decisiones más inteligentes. No va a necesitar de personalizaciones costosas o largas implementaciones.



### El ERP moderno para su sector de actividad

Obtenga más información sobre nuestras soluciones empresariales de software y cómo estas pueden ayudar a revolucionar su negocio.

Vamos a Conectar





# Análisis del contexto

## Base de cualquier plano o acción



**Armando Vittorangeli**

Coordinador del Área de Logística e Investigador  
Independiente. Foro Argentino de Defensa

[agvittorangeli@yahoo.com.ar](mailto:agvittorangeli@yahoo.com.ar)



**“Si conoces a los demás y te conoces a ti mismo, ni en cien batallas correrás peligro; si no conoces a los demás, pero te conoces a ti mismo, perderás una batalla y ganarás otra; si no conoces a los demás ni te conoces a ti mismo, correrás peligro en cada batalla.”**

- Sun Tzu. (722-481 a. C). La planificación de un asedio. “El arte de la guerra”.

## Resumen del artículo

El entorno en el que operan hoy las organizaciones es cambiante y complejo, la tecnología avanza con una rapidez asombrosa y las regulaciones cambian a la misma velocidad. Paralelamente la competencia es cada vez más despiadada y los costos más altos, al tiempo que los recursos se reducen al igual que los márgenes. Por ello cualquier organización que deba incorporar, modernizar o recuperar un sistema operativo, uno de gestión o simplemente un sistema de mantenimiento, debe poner mucha atención al entorno en el cual está inmersa, porque de no hacerlo estaría avanzando a ciegas con un serio riesgo de quedar fuera del juego. En este artículo resumiré la importancia del análisis del entorno y daré algunas pautas de cómo analizarlo.

## Artículo

El entorno en el que operan las organizaciones hoy en día no solo se ha ampliado, sino que también cambia constantemente. Los sistemas son cada vez más complejos y constantemente aparecen nuevas tecnologías y regulaciones dejando la sensación que cuando un proyecto se termina ya es viejo. Al mismo tiempo la competencia es cada vez mayor y más despiadada; los costos se incrementan y los recursos se van reduciendo. Por esta razón, cualquier sistema que incorpore una organización, ya sea un sistema operativo, uno de gestión o simplemente un sistema de mantenimiento, debe ser implementado analizando atentamente que pasa alrededor y dentro de ella, porque de no hacerlo estaría avanzando a ciegas.

Las Directivas ISO/IEC parte 1 - Anexo SL Apéndice 2 - Estructura armonizada para el SMS con orientación para su uso, especifica en la cláusula 4.1 como texto armonizado para todas las normas que “la organización debe determinar los temas externos e internos pertinentes para su propósito y que afectan su aptitud para alcanzar los resultados propuestos de su sistema de gestión xx.” Como se puede apreciar, el primer paso para iniciar la implementación de cualquier norma es analizar el “contexto de la Organización.”

Un adecuado análisis del contexto permitirá reconocer, comprender y determinar la importancia relativa los componentes del contexto, denominados “factores” y precisar cómo se relacionan o inciden sobre la organización.

En primer lugar, se debe comprender que toda organización es un “Sistema”, definido este como un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia. Una organización se considera un sistema abierto compuesto de varios subsistemas.

Benjamín Blanchard dice que un sistema es una “combinación de medios (como personas, materiales, equipos, software, instalaciones, datos, etc.), integrados de tal forma que puedan desarrollar una determinada función en respuesta a una necesidad concreta”, en resumen, son medios integrados para el logro de un objetivo.

Todo sistema está inmerso en el mundo y una organización y si es un sistema abierto, como son la mayoría de las organizaciones, recibe inputs que lo influyen y condicionan. Kast y Rosenzweig lo denominan “Suprasistema ambiental”.

Si bien todas las Normas ISO reconocen que la Organización está inmersa en un “mundo” particular al que llaman “Contexto” y que esta tiene que alcanzar sus objetivos dentro del mismo, la ISO 55.000 - 2014 propone un análisis detallado de ese “Contexto”, al que en la Cláusula 2.5.3.2. divide en externo e interno<sup>4</sup>. El primero incluye los entornos sociales, culturales, económicos y físicos, las restricciones regulatorias, financieras y de otro tipo, mientras que el segundo abarca la cultura organizacional y el ambiente, así como la misión, visión y valores de la organización, las Personas, Activos y Procedimientos que integran la Organización. En el esquema de la Figura 1 están representados los Contextos y los Factores que lo componen.

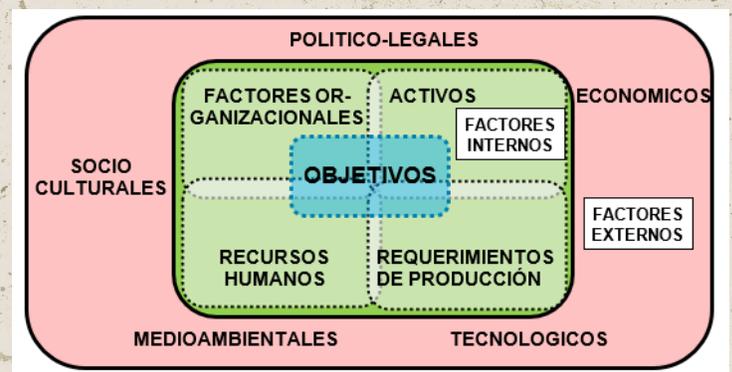


Figura 1. Definición de sistema. Diccionario de informática y tecnología.

Este “Contexto” no solo afecta a la Organización como un todo, sino que influye particularmente en cada sistema, subsistema o componente y lo hace con inputs diversos en relación con la función y objetivos cada uno. Por ejemplo, una variación en los plazos de entrega de materia prima afectará a toda la organización, pero ese input impactará de lleno en Logística y producción, en menor medida en mantenimiento y en nada en RR.HH., excepto que el CEO decida “reemplazar” al gerente de logística por este atraso.

Todos estos factores, en particular los externos, tendrán influencia en los componentes del sistema a lo largo de todo su Ciclo de Vida. Por ejemplo, una organización puede adquirir el mejor equipo, el más confiable y más mantenible, pero la planta en la cual se utilizará está situada en una región con un nivel de desarrollo humano muy básico, entonces es probable que encuentren que para operarla y mantenerla deben llevar personas de otro lugar hasta tanto los habitantes locales adquieran las competencias necesarias y eso podría llevar años. También se podría llevar un determinado equipo a una región donde sus regulaciones no permiten su operación; o tener la necesidad de instalarlo en un lugar donde no hay servicios básicos, como red eléctrica, de gas o de agua y para hacerlo funcionar se debe prever la energía, la obtención de agua y la provisión de combustible. Tampoco es lo mismo operar un equipo en una zona húmeda y templada al nivel del mar que en una zona seca, con viento y polvo, a 3000 metros de altura, indudablemente los requerimientos de mantenimiento serán diferentes.

Paralelamente podemos preguntarnos si los stakeholders son parte del contexto? Las normas ISO los analizan por separado, o sea, no los considerarían parte de él, pero la influencia que tienen sobre la organización podría llegar a ser muy importante, tanto desde el exterior como del interior de la misma, porque sus acciones pueden impactar positiva o negativamente en las decisiones de la organización. Los Externos son aquellos que no son parte de la organización pero tienen interés en sus resultados o acciones, por ejemplo los gobiernos, los entes reguladores, los proveedores y clientes, los sindicatos, una organización ambientalista local o simplemente los mismos vecinos y los Internos son aquellos directamente afectados por las actividades de la organización, como los accionistas y los trabajadores. A mi entender, el nivel en que pueden afectar al logro de los objetivos es tan importante que los incorporaré a los factores externos e internos del contexto.

Ahora bien, ¿todos los componentes del contexto afectan a una organización? Toda organización persigue un fin, determinado por la Misión, Visión, Valores y Objetivos Estratégicos y por esa razón los componentes del contexto que van a influir en ella son solo aquellos que afectarán el logro de sus objetivos. Por esta causa, antes de comenzar a analizar cada componente del contexto, es necesario comprender adecuadamente cuáles son los objetivos que se deben lograr para luego analizar los factores “a la luz” de esos objetivos, tal como ejemplifica la Figura 2. Caso contrario, se estará estudiando una cantidad inmensa de factores, muchos de los cuales carecen de

sentido para la Organización.

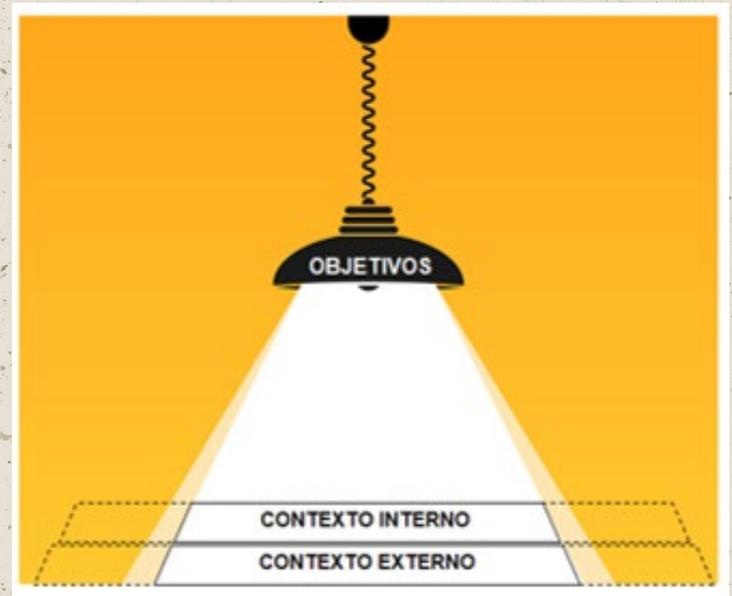


Figura 2. B. Blanchard. (1995) Ingeniería de Sistemas. ISDEFE (Sociedad Estatal Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España).

## Factores Externos

**Los Factores Externos son los siguientes:**

- Factores económicos: son todos los que tienen que ver con la economía y desarrollo de la organización. Algunos tienen carácter temporal, como las crisis, mientras que otros tienen carácter permanente, como el grado de desarrollo económico del país y la infraestructura disponible.
- Factores socioculturales: son las características propias de los pueblos. Las organizaciones deben considerar estos factores al formular sus estrategias de recursos humanos, porque afectan directamente la fuerza de trabajo. Por ejemplo, para la gestión del mantenimiento es muy importante analizar la capacitación básica y habilidades de las personas que habitan en cercanías de donde está o estará situada la organización porque esto puede condicionar tanto el perfil de puesto a formular (no se puede pedir lo que no hay), sino también la magnitud de la capacitación que es necesaria llevar a cabo antes que comiencen a trabajar.
- Factores político-legales: son el gobierno y la legislación existente en el lugar en el cual está implantada la organización, incluyendo la ambiental o ecológica. Las políticas del gobierno pueden limitar estrategias y también proporcionar oportunidades.
- Factores tecnológicos: son las facilidades tecnológicas existentes en el mercado y a las cuales se pueda tener acceso, tanto en forma local como global. Los adelantos

tecnológicos permiten mejorar la producción, siempre y cuando la gestión del mantenimiento esté en condiciones de soportarlos.

- Entorno o medioambiente: Lo componen el ambiente en el que opera en forma efectiva el sistema, por ejemplo: temperatura, vibraciones y choques, ruidos, humedad, condiciones climáticas, terreno, etc; la localización geográfica de la organización; los sistemas de transporte existentes; la capacidad logística local y todos aquellos factores fijos sobre los cuales la organización no tiene dominio y pueden afectar los activos y la gestión del mantenimiento.
- Stakeholders Externos: El término agrupa a muchos otros actores clave que se ven afectados por las decisiones de una organización. Generar confianza con estos es fundamental para el desarrollo armónico y exitoso de una organización.

La principal característica de estos factores es que la organización no puede dominarlos, solo en algunos casos puede influir sobre alguno, pero en general debe operar o “maniobrar” dentro del entorno que estos conforman. Por ejemplo, se podría influir sobre algunos stakeholders, o en caso de un entorno sociocultural pobre, instalar una escuela propia donde capacite jóvenes que luego entrarán a la organización o se volcarán al mercado laboral local, como parte de una responsabilidad social empresaria, pero no se pueden modificar factores legales, económicos, tecnológicos o medioambientales.

Para estudiar estos factores se puede utilizar el análisis PEST (factores Políticos, Económicos, Sociales y Tecnológicos). En algunas publicaciones se lo denomina PESTEL e incluye el Factor Medioambiental desde el punto de vista ecológico y separa el Factor legal del Político. También deberían agregarse las expectativas y requerimientos de los stakeholders externos.

#### El estudio de estos factores tiene un triple objetivo:

- Analizar la posible evolución y tendencias que puedan afectar al futuro de la organización.
- Diagnosticar qué evoluciones o tendencias se presentan como oportunidades y amenazas.
- Decidir las acciones más adecuadas para aprovechar las oportunidades y defenderse de las amenazas.
- La organización tiene que aprender a convivir con estos factores y para ello, debe formular estrategias que le permitan aprovechar las oportunidades que estos brindan y mitigar las amenazas que producen.
- Por ejemplo:
- Si existe una regulación estatal que permite adquirir con facilidades determinados activos y la organización necesita renovar en el corto plazo equipos como los promocionados,

se debería considerar la posibilidad de incorporarlos.

- Si hay normas de seguridad personal o ambiental cuyo incumplimiento constituye una amenaza, se deben tomar las acciones necesarias para que sean cumplidas.
- Si el medioambiente en el que se opera es agresivo para las maquinas, se deberá estructurar un plan de mantenimiento que mitigue o elimine los efectos que el mismo provoca.
- Si la organización está localizada en un área donde los factores socioculturales de la población son “pobres”, se debería formular una estrategia integral de RR.HH. que incluya acciones para capacitar adecuadamente a los trabajadores, para lograr la “aptitud” que se desea en ellos y a su vez evitar que, una vez formado, migre a otras organizaciones.

## Factores Internos

### Los Factores Internos son los siguientes:

- Factores organizacionales: Son los relacionados con la organización de la corporación, sus Políticas y Estrategias, su normativa interna (de seguridad del personal, de seguridad ambiental, comerciales, etc.), sus procedimientos, la cultura organizacional, la forma como se administran los recursos, las comunicaciones, la motivación, relaciones de grupos, sentido de pertenencia, etc.
- Recursos humanos: Cultura, liderazgo, nivel de educación y formación profesional, competencias, etc. Este es el verdadero corazón y alma de la organización, que moviliza todos los recursos a través de sistemas y procedimientos, planteando relaciones y en definitiva llevando a la organización a cumplir sus objetivos. Del liderazgo y el cumplimiento de las “competencias” fijadas para los integrantes depende el desarrollo y la supervivencia de la organización.
- Situación de los Activos: Estos son los bienes de capital que permiten cumplir con la función principal de la organización y los utilizados en los sistemas de apoyo. Debe analizarse su estado, antigüedad, utilización, nivel de obsolescencia, seguridad, comodidad para el operador, durabilidad, peligrosidad, etc.
- Requerimientos de Producción: Volumen de producción, capacidad de los equipos, calidad, etc. los perfiles de operación de los activos; o sea a qué estará sujeto el sistema durante su utilización y por cuánto tiempo.
- Los accionistas: Buscarán que la organización maximice sus utilidades a efectos de obtener mayores dividendos, pudiendo a veces no percibir el rumbo al que se dirige la empresa en el largo plazo y quedarse solo en el rédito que

podrían obtener en el corto plazo. Esto podría afectar la gestión de los activos en todo el ciclo de vida como así también las inversiones necesarias para maximizar la realización del valor a través de los activos.

Los Factores Internos determinarán las Fortalezas y Debilidades que tiene la organización, incluyendo los relacionados con la gestión del mantenimiento.

Determinadas las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, se deberá llevar adelante un análisis FODA, esquematizado en la Figura 3:

<b>PROPIAS DE LA ORGANIZACION</b>	<b>FORTALEZAS:</b> Atributos que permiten generar una ventaja competitiva sobre sus competidores	<b>DEBILIDADES:</b> Atributos que constituyen barreras para lograr la eficiencia de la organización
<b>EXTERNAS A LA ORGANIZACION</b>		
<b>OPORTUNIDADES</b> Factores positivos que se generan en el entorno y que pueden ser aprovechados.	Cómo <b>utilizar</b> las <b>Fortalezas</b> para <b>Aprovechar</b> las <b>Oportunidades</b>	Cómo <b>minimizar</b> las <b>Debilidades</b> para <b>no perder</b> <b>Oportunidades</b>
<b>AMENAZAS</b> Situaciones negativas, externas a la organización, que pueden atender contra ésta.	Cómo <b>utilizar</b> las <b>Fortalezas</b> para <b>Neutralizar</b> las <b>Amenazas</b>	Cómo <b>Minimizar</b> las <b>Debilidades</b> para <b>Evitar</b> las <b>Amenazas</b>

Figura 3. B1. Enfoque sistémico de las organizaciones. <https://gerencialisiutn.wordpress.com/2017/03/15/enfoque-sistemico-de-las-organizaciones/> Administración Gerencial. Ingeniería en Sistemas de Información. UTN-FRR.

El empleo adecuado de las Fortalezas permitirá a la organización maximizar las Oportunidades y neutralizar las Amenazas.

Respecto a las Debilidades, normalmente constituirán factores de riesgo y se deberán formular estrategias y/o introducir cambios que permitan reducirlas de forma tal que permitan aprovechar las Oportunidades que se disponen y paralelamente, minimizar los efectos de las Amenazas que surjan. Va de suyo que estos factores, al ser endógenos, deben detectarse y ser modificados mediante la implementación de acciones, las cuales deberán ser apoyadas desde los más altos niveles de conducción de la organización.

De este análisis cruzado, (Fortalezas vs Oportunidades, Fortalezas vs Amenazas, Debilidades vs Oportunidades y Debilidades vs Amenazas) surgirán determinadas conclusiones que permitirán definir los Factores Críticos de Éxito (FCE), que “son la cantidad limitada de áreas en las que los resultados, si son satisfactorios, asegurarán un desempeño competitivo exitoso para la organización. Son las pocas áreas clave en las que las cosas deben salir bien para que el negocio prospere. Si los resultados en estas áreas no son los adecuados, el trabajo de la organización durante el período será menor a lo deseado.”

Como se puede ver, el contexto condicionará el funcionamiento del sistema porque acciona sobre todos sus componentes, pero para

asegurar el éxito, los factores deben ser analizados desde el diseño del sistema, porque una vez que está construido es muy difícil y muy caro introducir modificaciones.

Cuando se diseña un sistema desde cero o se introducen modificaciones importantes al mismo, por ejemplo un upgrade, un revamping o una parada de planta mayor, el primer punto a analizar es la “Necesidad” del sistema, después la viabilidad tecnológica de lo que se pretende, para luego analizar y establecer los “Requerimientos Operativos”, que incluyen los siguientes tópicos:

- El despliegue operativo en términos geográficos y de tiempo oportunidad.
- El perfil de la misión que va a cumplir el sistema, identificando la principal y las alternativas o secundarias.
- Prestaciones y/o parámetros relacionados, definiendo las capacidades operativas o funciones básicas del sistema.
- Requisitos de utilización, indicando el uso previsto para sistema y sus componentes en el desempeño de su misión.
- Requisitos de efectividad, expresados cuantitativamente según sea aplicable.
- Ciclo de vida operativo, o sea el tiempo estimado que se espera esté el sistema en uso.
- Contexto en el que debería operar el sistema. (Ubicación geográfica, temperatura, humedad, Regulaciones locales, Nivel educativo local, etc.)

Una vez hecho esto, se debería definir el Concepto del Mantenimiento, que indica cómo debe ser diseñado para que sea apoyable e incluye:

- Niveles de mantenimiento.
- Políticas de reparación.
- Responsabilidades sobre el mantenimiento.
- Elementos de apoyo logístico.
- Requisitos de efectividad.
- Entorno o ambiente operacional.

El Concepto del Mantenimiento no es el Plan de Mantenimiento, pero constituye su base.

Al finalizar el proceso, debería estar en condiciones de responder a la pregunta “¿A qué estará sujeto el sistema durante su utilización y por cuánto tiempo?”

El establecimiento de los Requisitos Operativos es la base para el Diseño del Sistema y las siguientes preguntas deberían ser contestadas antes de proseguir:

- ¿Qué función o funciones desarrollará el sistema?
- ¿Cuándo será requerido el sistema para realizar su función y

durante cuánto tiempo?

- ¿Dónde se utilizará el sistema?
- ¿Cómo cumplirá su objetivo el sistema?

De este análisis surgirán Acciones Explícitas e Implícitas a llevar a cabo para desarrollar y construir o modificar el sistema. Las Explícitas son las derivadas directamente del propósito del sistema: ¿qué tengo que hacer para alcanzar los objetivos impuestos? Las Implícitas son todas aquellas acciones que coadyuvarán a que las acciones explícitas puedan desarrollarse. No son explícitas porque no surgen explícitamente de los objetivos a alcanzar y surgirán, normalmente, del análisis del contexto, de los Requerimientos Operativos y de su afectación a las acciones explícitas. Las explícitas, normalmente, están asociadas a las acciones que desarrolla la función principal y la implícitas, a los habilitadores o funciones de apoyo.

**Ejemplo:** Una empresa adquirió una nueva caldera para reemplazar la vieja y poco confiable que tiene instalada en su planta. La acción explícita es reemplazar la caldera. Al momento de formular las especificaciones técnicas, acción implícita, se analizaron varias opciones de calderas en función del vapor que debía entregar al sistema y pero no analizó adecuadamente el entorno, fundamentalmente las capacidades de los servicios básicos de la localidad en la que está instalada la fábrica y los requerimientos que tenía la caldera seleccionada para funcionar correctamente. Al ponerla en funcionamiento, la caldera no entregaba el vapor fijado en las especificaciones y producido el reclamo, el proveedor analizó el problema y surgió que el volumen de gas que entregaba el sistema de distribución de la localidad era inferior al requerido por la nueva caldera para funcionar. Obyiamente esto generó retrasos y mayores costos que se pudieron haberse evitado con un análisis de contexto detallado durante la etapa de diseño / rediseño del sistema.

También se deberían analizar los riesgos que acarrearán estos factores, de forma tal de generar la mayor cantidad posible de fortalezas y minimizar las debilidades, a fin de poder hacer frente a las amenazas que el contexto le presente a la organización y aprovechar las oportunidades que se manifiesten.

**Ejemplo:** Una empresa láctea, por razones operativas, debe ser instalada en una determinada locación donde la red eléctrica no es confiable, con cortes de energía aleatorios y con tiempos imprevisibles de restauración de la misma. La planta requiere de un suministro constante de energía para las cámaras de frío. La fragilidad del sistema eléctrico es una amenaza al sistema y representa un riesgo que debe ser anulado o mitigado. Una acción podría ser instalar una usina propia que trabaje en paralelo al suministro local y se active cuando la red se “caiga”, eliminando el riesgo, pero también surge una oportunidad, ya que se puede aprovechar esa facilidad instalada para disminuir los costos operativos si la tarifa es fraccionada por niveles de consumo y bandas horarias, operando la usina no solo cuando hay cortes, sino también

en la banda horaria en la que el valor de la energía es más oneroso.

Una organización está inmersa en un contexto que va a afectar a cada uno de sus sistemas de forma diferente en su camino para alcanzar los objetivos establecidos y eso no puede ser soslayado, porque si no se analizan todos los factores que componen el contexto y su influencia sobre cada sistema, las premisas sobre las que se base cada plan, cada diseño, cada curso de acción que se adopte, van a ser erróneas y eso puede conducir a un fracaso o a tener costos mayores en el Ciclo de Vida del Sistema y eso, en un ambiente de competencia feroz como el actual, puede dejarla fuera del juego.

## Bibliografía:

P. Betancur. Teoría General de Sistemas. <https://es.calameo.com/books/003005700a45d37930e77>

B. Blanchard. (1995) Ingeniería de Sistemas. ISDEFE (Sociedad Estatal Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España).

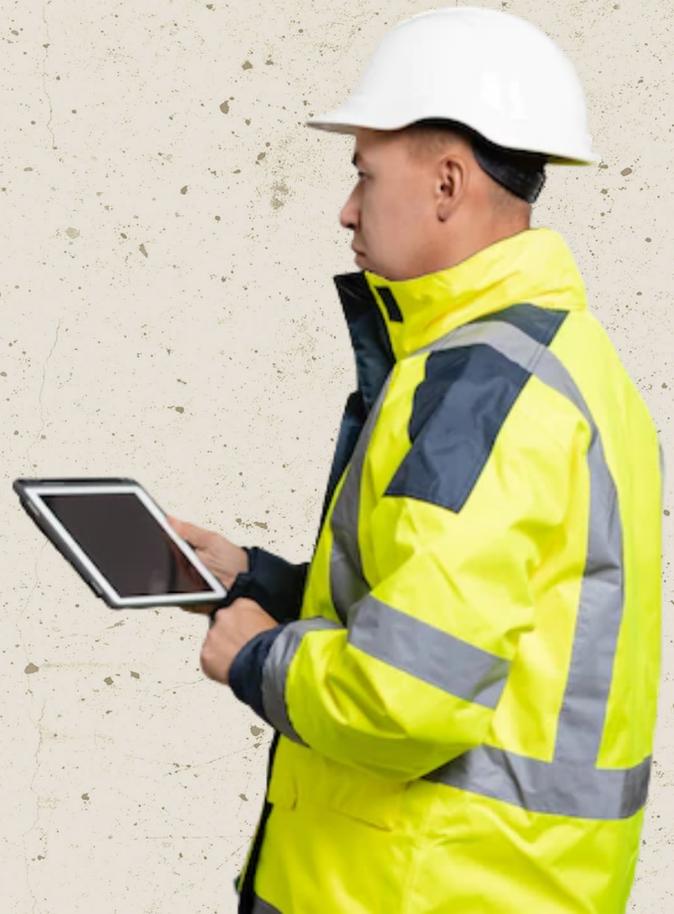
B. Blanchard. (1995) Ingeniería Logística. ISDEFE (Sociedad Estatal Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España).

ISO 55.000 – 2014.

Directivas ISO/IEC parte 1- Anexo SL Apéndice 2.

Enfoque sistémico de las organizaciones. Administración Gerencial. Ingeniería en Sistemas de Información. UTN-FRRe.

Sun Tsu. “El arte de la guerra”. Versión de Thomas Cleary.



# BUREAU VERITAS

## ANÁLISIS DE ACEITE

ANÁLISIS DE ACEITE | ANÁLISIS DE REFRIGERANTE | ANÁLISIS DE COMBUSTIBLE | ANÁLISIS DE GRASAS | ANÁLISIS DE FLUIDOS DE CORTE | ANÁLISIS DE FLUIDOS DE SISTEMAS HVAC | ANÁLISIS DE ACEITE PARA TRANSFORMADORES

La confiabilidad de las máquinas móviles e industriales comienza con un programa continuo de análisis de aceite. La red mundial de laboratorios de última generación de Bureau Veritas proporciona resultados precisos y fiables en los que puede basar su programa de mantenimiento predictivo. Contacte con nosotros.

LOAMS<sup>SM</sup> - Sistema de gestión de análisis de aceite

lubricante. Nunca ha sido más fácil para los gestores de equipos y el personal de mantenimiento optimizar la productividad utilizando datos de análisis de aceite usado en tiempo real.

### NUESTROS LABORATORIOS:

Los Angeles, CA  
3401 Jack Northrop Avenue  
Hawthorne, CA 90250  
Tel: +1 800-248-7778

Houston, TX  
12715 Royal Drive  
Stafford, TX 77477  
Tel: +1 800-248-7778

Chicago, IL  
2450 Hassell Road  
Hoffman Estates, IL 60169  
Tel: +1 800-424-0099

Atlanta, GA  
3385 Martin Farm Road  
Suwanee, GA 30024  
Tel: +1 800-241-6315

### CONTACTO:

Jorge Alarcon,  
Global Technical Manager OCM  
[jorge.alarcon@bureauveritas.com](mailto:jorge.alarcon@bureauveritas.com)  
[www.oil-testing.com](http://www.oil-testing.com)



BUREAU  
VERITAS

# La Permeabilidad del Mantenimiento



**Brau Clemenza**  
Consultor, Investigador y articulista  
[brclemenza@hotmail.com](mailto:brclemenza@hotmail.com)



“La Permeabilidad del Mantenimiento” es un concepto que lo escuché por primera vez hace más de 35 años, cuando inicié como ingeniero de campo en una firma de consultoría. Particularmente, pienso que tiene que ser obligatoriamente, parte del Life Cycle Cost” de los activos, aunque no se contempla en las infografías, esquemas, sea éste para un equipo importante, una instalación, una planta, etc. Definiendo este concepto de manera muy sencilla, decimos que: “La Permeabilidad del Mantenimiento” tiene que ver con el grado de facilidad o dificultad para intervenir los activos. Es una medida de “cuán rápido se interviene un activo”.

Antes de profundizar con este tema, quisiera comentar no sobre la importancia del indicador de “Disponibilidad” en la gestión, sino, dejarles algunas observaciones al respecto, que obviamente están relacionadas con esta Permeabilidad del Mantenimiento. Ahora bien, cuando nosotros hablamos de disponibilidad y observamos su formulación, tenemos que ésta viene expresada de la siguiente manera:

$$D = \frac{\sum T.E.O}{\sum T.E.O + \sum T.F.S}$$

**Donde:**

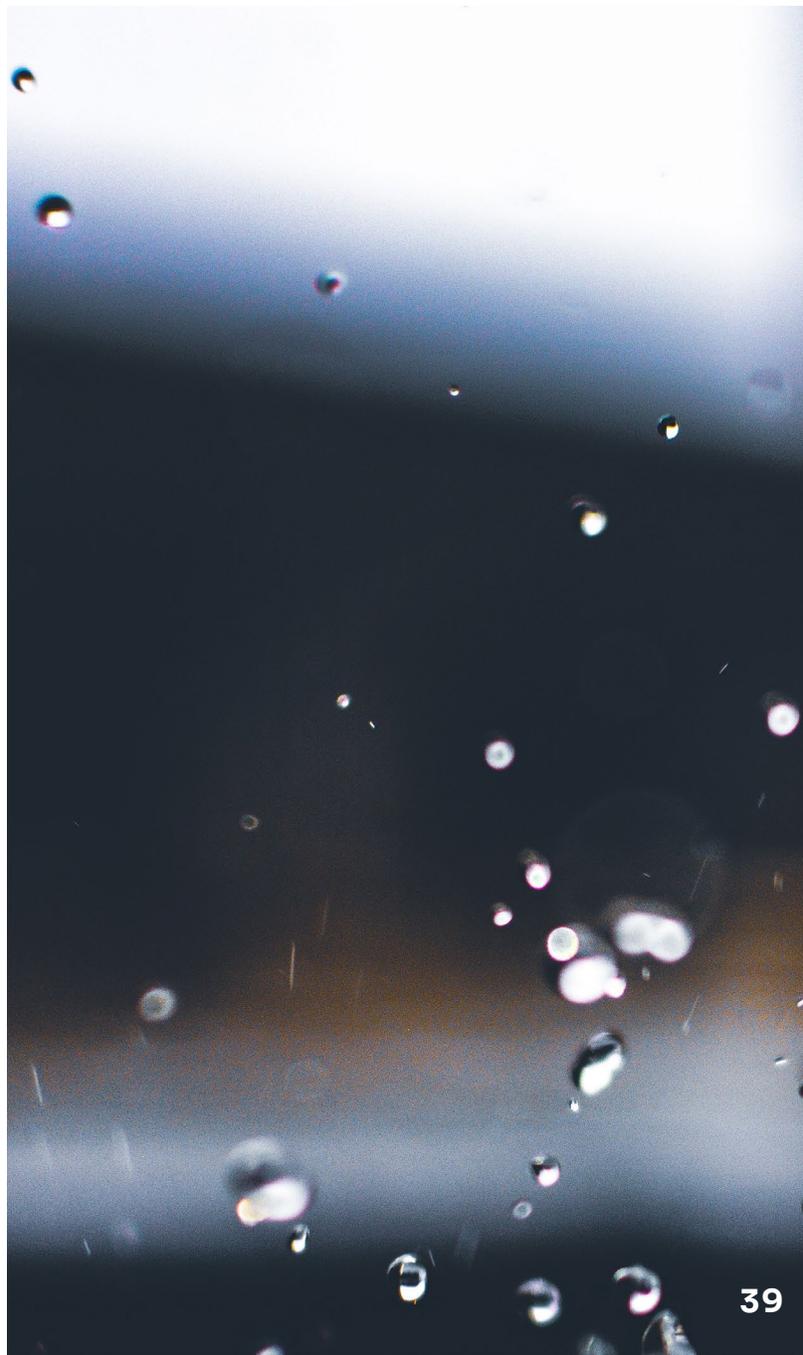
- T.E.O= Tiempos en Operación
- T.F.S= Tiempos Fuera de Servicios

Continuando con esta formulación, conozco solo una manera de lograr que los activos alcancen su máxima rentabilidad y es: operándolos, manteniéndolos y monitoreándolos correctamente. Con relación a esto último, cuando hablamos de “Mantener” siempre ha sido mi horizonte que todos los procedimientos de trabajos de intervención que se hagan a los activos sean correctivos o preventivos, deben estar elaborados, probados y corregidos una y otra vez hasta alcanzar una rutina de óptima calidad, y esta estrategia, debe comenzar con los activos críticos de la planta. En este mismo sentido, cómo podemos decir si un valor de “Disponibilidad” es correcto sino hemos medidos esos tiempos de intervención, en cuanto al tiempo que toma realizar un trabajo, desde el momento que iniciamos el trabajo de ejecución hasta que terminamos, ya que debido al dinamismo de la planificación y programación pueden variar estos tiempos, pero cuando tenemos definidas estas rutinas correctamente los tiempos de planificación serán obviamente mínimos. En mi canal de YouTube Brau Clemenza, hay un video dedicado a este tema.

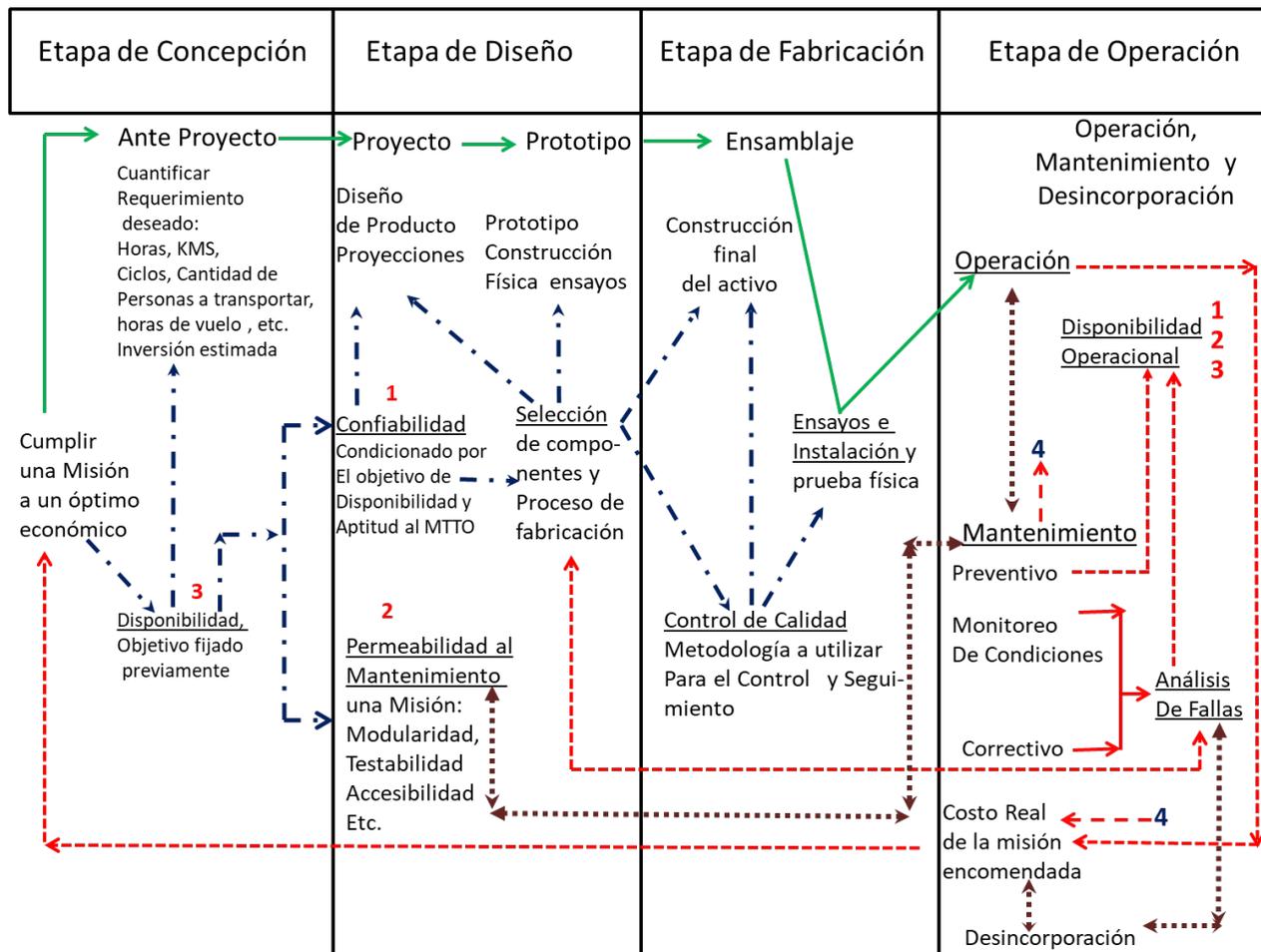
Ahora bien, cuando tenemos definidas todas estas rutinas con seguridad podemos disminuir los T.F.S y allí entra a jugar un papel muy importante la Permeabilidad del Mantenimiento, en cuanto a la rapidez, seguridad y calidad con que se hagan los trabajos. Esta permeabilidad tiene que ver con tres factores, y que a continuación

se describen sencillamente:

“La Modularidad”, que es la capacidad para meter y sacar tarjetas, módulos, componente, etc. y lo podemos ver en mayor grado en la automatización, robótica, material rodante (trenes), aviones etc. El segundo factor tiene que ver con la “Accesibilidad”, que es el grado de facilidad o dificultad para llegarle al equipo y hacer la intervención más rápida. El tercer elemento es el de “Testabilidad” que es la capacidad para probar componentes o partes de los activos igualmente de manera fácil, rápida y segura. Por esta razón cuando se diseñan plantas, cada activo debe tener facilidad de intervención para disminuir estos tiempos de intervención. Una estrategia puede ser Single Minutes Exchange of Dies (SMED) del TPM para los cambios de moldes, piezas y componentes, cuando la planta requiere de modificaciones que contribuyan a disminuir estos tiempos.



A continuación, dejo por medio de este esquema mi representación del Ciclo de Vida del Activo y como se inserta la Permeabilidad del Mantenimiento en este proceso.



- Fases de Elaboración del Activo
- - - Retroalimentación de la Operatividad del Activo
- · - · - Influencia de la Confiabilidad y la Permeabilidad en el Mantenimiento
- - - Interacción entre Mantenimiento y Operaciones

**PERMEABILIDAD:** Capacidad para realizar mantenimiento (facilidad de intervención y herramientas)



# Lubricación de precisión Techgnosis

Selección del tipo de aceite y cálculo de viscosidad para lubricación de engranes industriales sometidos a alta carga



**Ing. José Páramo**  
Presidente Grupo Techgnosis  
[joseparamo@grupo-techgnosis.com](mailto:joseparamo@grupo-techgnosis.com)



<p>ACERO - ACERO</p>	<p>SINFÍN - CORONA BRONCE</p>	<p>TEMPERATURA DE OPERACIÓN</p>
PAO + EP	PAG	> 80°C
MINERAL ALTO IV+EP	MINERAL ALTO IV + ÁCIDOS GRASOS *	-10°C < T < 80°C
PAO + EP	PAG	< -10°C

Tabla 1. Selección experta de lubricantes para engranajes con alta carga - Temperatura

### Notas:

1. Aceites compuestos (COMPOUND).
2. Engranajes con alta velocidad y sin carga (por ejemplo en turbo generadores) pueden ser lubricados con aceite tipo turbina (R&O). Para engranajes abiertos de baja velocidad usan asfalto (cada vez menos) o sintéticos (PAO'S) de muy alta viscosidad.

Estudios tribológicos han demostrado que un espesor óptimo mínimo de película para reducir el desgaste e incrementar la vida de los elementos lubricados es de 0.001 pulgadas (25.4 micras = 1000 micro-pulgadas). NOTA El espesor típico de película lubricante es de 0.5 a 20 micras.

En base a un trabajo experimental desarrollado por Crook y Archard, se establece la Siguiente formula para la viscosidad mínima necesaria en cSt (centiStokes) a la temperatura de operación

$$Vg = h^2 / \left[ 0.1089 * d^2 * np * \left( \frac{mG}{mG + 1} \right) \right]$$

Ecuación 1.

### Donde:

- **Vg** = Viscosidad en cSt a la temperatura de operación del engrane
- **h** = Espesor de película en micro-pulgadas. Si h = 1000 micro-pulgadas se tiene el espesor óptimo mínimo de película
- **d** = Diámetro de paso o primitivo (Pitch Diameter) del piñón en pulgadas
- **np** = Velocidad del piñón en RPM
- **mG** = Relación del engranaje = Radio del inducido / Radio del motriz (Piñón)

### Ejemplo

Usando esta fórmula, calcular la viscosidad mínima requerida en cSt a la temperatura de operación de los engranajes. El piñón tiene 5 » de diámetro de paso y el engrane acoplado con el piñón tiene 20 » de diámetro de paso. ¿Qué tipo de aceite selecciona si la temperatura de operación es de 50 °C y los engranes de acero-acero sometidos a alta carga?

- Velocidad del piñón 1800 RPM
- Velocidad del piñón 3600 RPM
- Velocidad del piñón 10000 RPM

### Respuestas

En todos los casos, de la Tabla 1, dada la temperatura considerada, se puede utilizar un aceite mineral de alto Índice de Viscosidad con aditivos EP (Extrema Presión), dado que se trabaja por arriba de los -10°C y por debajo de los 80°C.

- $Vg = 1000000 / [0.1089 * 25 * 1800 * (4/5)] = 255 \text{ cSt @ Temperatura de operación (TO)}$
- $Vg = 1000000 / [0.1089 * 25 * 3600 * (4/5)] = 128 \text{ cSt @ Temperatura de operación (TO)}$
- $Vg = 1000000 / [0.1089 * 25 * 10000 * (4/5)] = 46 \text{ cSt @ Temperatura de operación (TO)}$

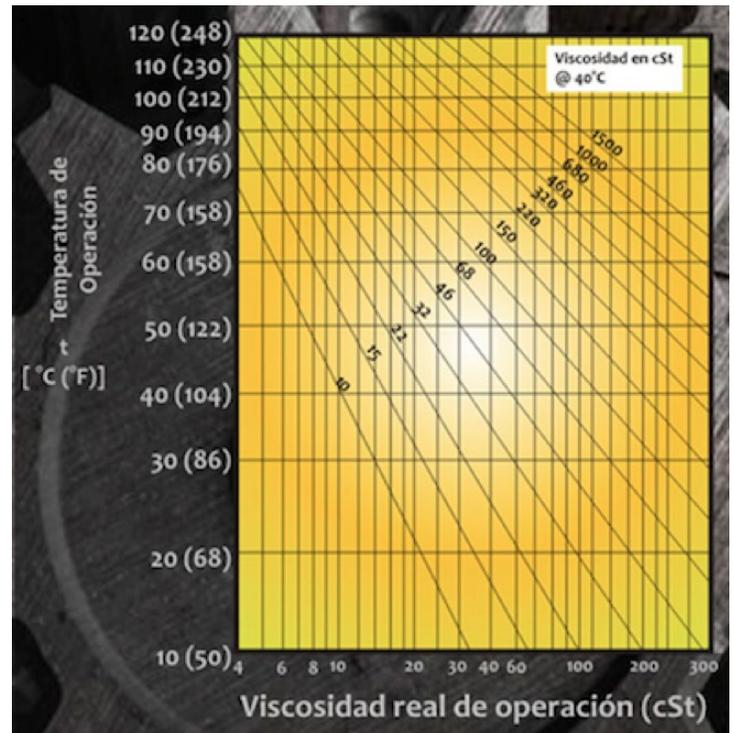


Tabla 2. Conversión de viscosidad requerida a la temperatura de operación a grados ISO

Con la Tabla 2 (Válida para aceites minerales de Índice de Viscosidad (Superior a 90) se obtiene de viscosidad comercialmente disponible en grados SO (cSt @ 40°C).

- a. Con 255 cSt y @ 50°C se requiere un aceite ISO 320.
- b. Con 128 cSt y @ 50°C se requiere un aceite ISO 150.
- c. Con 46 cSt y @ 50°C se requiere un aceite ISO 68.

**Notas:**

- 1. Para un engrane corona-sinfin, tomar el diámetro de paso del gusano.
- 2. Leer en la Tabla 2, el valor más cercano de viscosidad ISO donde se crucen la Temperatura de operación y la viscosidad requerida.
- 3. Para este ejemplo, la relación mG es de  $20 \gg / 5''$ , o sea, 4 y, entonces  $mG / (mG + 1) = 4 / 5$ .
- 4. Si se requiriera utilizar un aceite sintético, tipo PAO, por ejemplo, entonces, preguntar al proveedor del lubricante o consultar a Techgnosis, para determinar qué aceite dará la viscosidad requerida a la temperatura de operación.
- 5. Usando la fórmula de Crook y Archard es posible determinar el cálculo inverso, o sea conocida la viscosidad real, se calcula h y, si este es menor a  $0.001 \gg$  (o sea  $1000$  micro pulgadas), se tendrán condiciones no óptimas de lubricación y se justificará el incremento de la viscosidad.





# RCTI

## Experto en Lubricación y Control de la Contaminación

Cuerpos de Conocimientos que incluye: ISO 18436-4 CAT I y TICD-ED-1910/90. Con este entrenamiento se puede presentar examen de certificación del ICML MLT I y MLA I

**25 al 28  
de Abril**

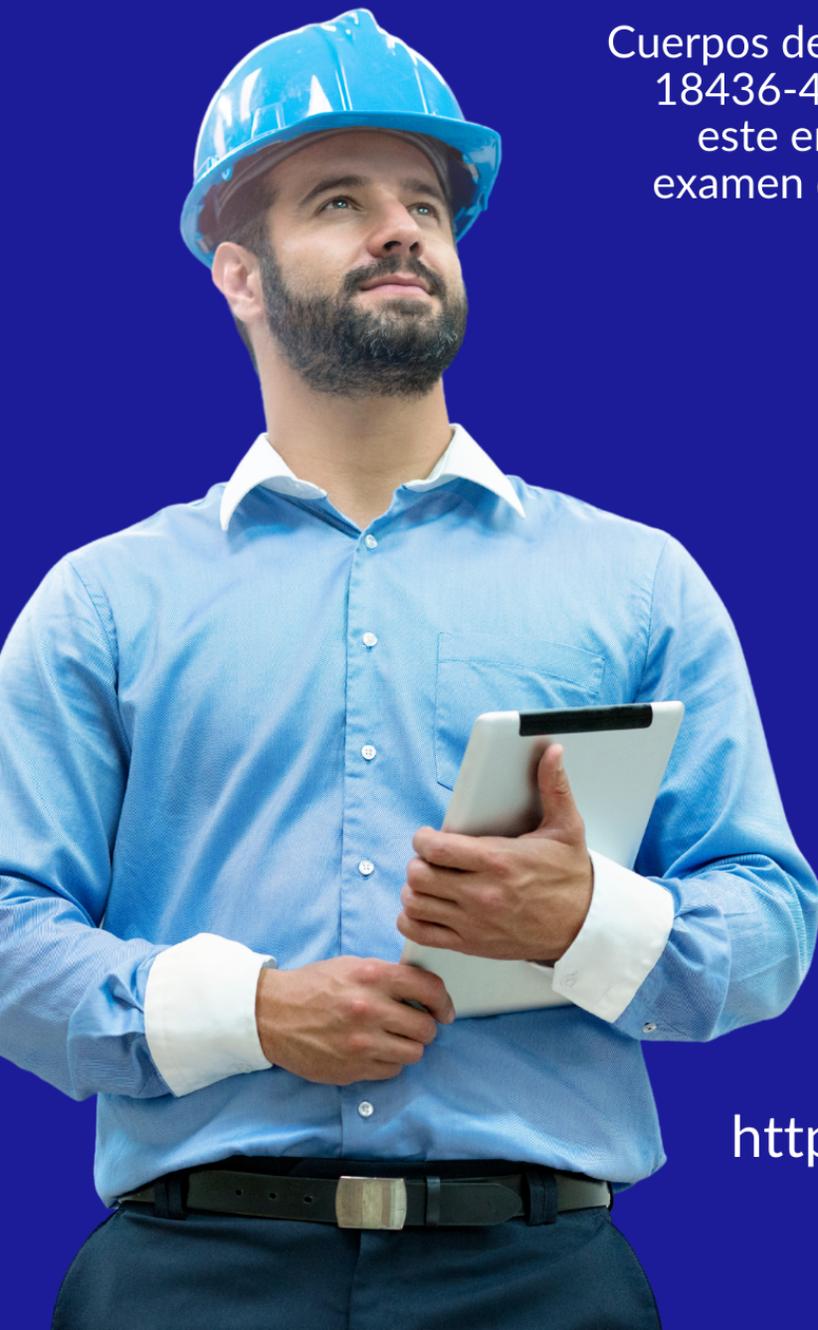


TECHGNOSIS  
INTERNATIONAL  
CERTIFICATION  
DIVISION



**Contáctanos**

<https://grupo-techgnosis.com>



# Las 3 lecciones más importantes que he aprendido en estos 20 años.

¿Quién es Eduardo Calixto?





**E**duardo Calixto es una energía muy positiva, creativa, alegre y divertida. Padre de Leonardo Calixto y Carla María Calixto, casado desde hace 10 años con Isabel Katrin Calixto quien me hace muy feliz. Somos latinos que no juegan fútbol como nos gustaría jugar pero bailamos muy bien.

### ¿En qué proyectos está **Eduardo Calixto Consultant?**

ECC empezó en 2015 con un pequeño proyecto en el Reino Unido para ferrocarriles, luego un proyecto de industria aeroespacial cerca de seguridad funcional para Radares cuando trabajé como consultor. El ECC entonces comienza ganar fuerza cuando me involucré en un proyecto para Molinari en la implementación del programa de RAMS en Austria para APU (Unidad Auxiliar de Fuerca), después seguí con una implementación de RAMS para Rollingstock para Stadler como parte integrante de un equipo de consultores, después fue la implementación de RAMS para Flight Simulation y consultoría de RAMS para Rollingstock whellset en China.

En Gestion de activos trabajé desde el 2014 con un parceró ENKELT en el desarrollo del software Integrity Pro. La Implementación de Activos ocurrió en varias plataformas de óleo.

Actualmente, estoy trabajando en un joy venture pare desarrollar soluciones de Inteligencia Artificial.

# Como fundador y CEO de ECC, ¿Cuáles son los principales retos que tiene la industria y cómo se podrían solucionar?

Los mayores desafíos en la industria desde mi experiencia son tres:

1. Poder vender la idea de Confiabilidad, Gestión de Activos y Seguridad como práctica de excelencia para el logro de productos de alto performance.
2. Convencer a las empresas para que vayan más allá de los estándares, especialmente en Europa.
3. Para mostrar a toda la gente que el trabajo es algo que necesita ser intensivo, pero con el placer y felicidad. Tenemos que trabajar haciendo lo mejor, pero felices y alegres y no más con el concepto de trabajar duro. La manera como trabajamos tiene una gran influencia en el resultado.

## ¿Cuáles han sido tus mayores logros profesionales? ¿cuáles son los siguientes objetivos en tu carrera?

El mayor logro de éxito en mi carrera fue ser capaz de implementar el Programa de Ingeniería de Confiabilidad durante la fase de diseño en muchas refinerías brasileñas con ayuda de mis colegas operativos, técnicos y gerentes de proyectos y permitir que estas refinerías lograsen un alto rendimiento. Eso demuestra que la ingeniería de confiabilidad realmente funciona.

Otro gran éxito fue implementar el programa de Gestión de Riesgos en Refinerías y Plantas Mineras y mejorar la seguridad al mantener el riesgo bajo un nivel accesible y reducir el nivel de accidentes.

La tercera es ser capaz de escribir libros para documentar todos mis conocimientos en los campos de RAMS, Gestión de Activos, Inteligencia Artificial y de alguna manera inspirar a nuevas generaciones de ingenieros.



## En estos más de 20 años de experiencia trabajando en los campos de Gestión de Activos, Ingeniería de Confiabilidad y Seguridad para la Industria del Petróleo y Gas, ¿qué es lo más importante que has aprendido?

Yo diría que las 3 lecciones más importantes que he aprendido en estos 20 años fueron:

1. Comprender las culturas de los países y las organizaciones pues eso influirá en la implementación de los programas de Gestión de Activos, Confiabilidad y Mantenimiento.
1. Comprender el perfil, la motivación, la naturaleza de la resistencia al cambio y la expectativa de las personas que trabajan contigo y las que tendrán interfaz durante la implementación de los programas de Gestión de Activos, Confiabilidad y Mantenimiento.
1. Ver la Gestión de Activos, Fiabilidad y Mantenimiento como un programa a lo largo del ciclo de vida y no como un conjunto de métodos o normas a implementar. Los elementos principales de estos programas son el liderazgo, la cultura, la estructura organizacional, la inversión en recursos y procesos. Sin embargo, para lograr un alto rendimiento, esta implementación del programa comenzará con una estrategia que será parte del negocio organizacional. Los elementos adicionales son la implementación de los mejores métodos. Así, la aplicación correcta de todos estos factores le dará una buena oportunidad de lograr y mantener un alto rendimiento de un producto o un sistema durante la operación.

## Sabemos que tienes varios libros publicados, hablemos un poco de ellos, ¿cuál es el enfoque de cada uno? ¿tienes pensado escribir sobre algún otro tema?

El primer libro fue lanzado en 2012. Gas and Oil Reliability Engineer: Modeling and Analysis. El libro incluye conocimientos teóricos y prácticos de la aplicación de proyectos reales de ingeniería de confiabilidad en la industria del petróleo y gas.

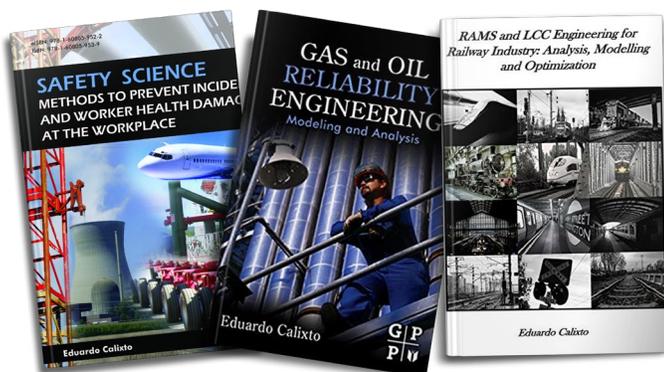
La segunda versión de este libro fue lanzada en 2016 con muchos más ejemplos, incluyendo casos reales de aplicaciones de ingeniería de confiabilidad basado en proyectos que trabaje alrededor del mundo.

En 2018 escribí el libro Safety Science Methods to prevent incident and health damage in workplace. Este libro es la aplicación de métodos de seguridad pura relativa a la análisis de riesgos cualitativos y cuantitativos, errores humanos aplicados a la seguridad, métodos de investigación incidente, normas y la implementación del programa de seguridad.

En el mismo año escribí la ingeniería RAMS and LCC Engineering applied to Railway Industry: analysis modelling and optimization aplicada a la industria de ferroviaria. Este libro abarca mi experiencia en la industria ferroviaria en los últimos 10 años en relación con los métodos de RAMS como parte de la implementación del programa de RAM.

Mi último libro fue publicado en 2021, Artificial Intelligence for Maintenance 4.0. Este libro muestra un concepto moderno de mantenimiento como Prognostic Health Management y Machine Learning aplicado al mantenimiento con varios ejemplos aplicados en el campo del mantenimiento.

Todos los libros son el contenido de la formación ECC. Como parte de la formación, todos los participantes reciben una copia del libro. Además, hay un entrenamiento en línea donde toda la explicación del contenido del libro y cómo construir los ejemplos paso a paso están disponibles.



**EDUARDO CALIXTO**  
CONSULTING

## Si no trabajaras en lo que trabajas actualmente, ¿a qué te hubiera gustado dedicarte?

Me gustaría trabajar en el proyecto social alrededor del mundo para ayudar a las personas que necesitan ayuda especialmente los niños y los jóvenes para construir un mundo mejor en el futuro para todos. Estoy involucrado en el proyecto Safe Soil de la Fundación ISHA, pero me gustaría tener más tiempo para dedicar a este tipo de proyectos sociales. Cuando era más joven trabajé en un proyecto llamado AJTKD, este era un proyecto deportivo que tiene como objetivo enseñar artes marciales a los niños en Brasil y ayudar a continuación en su inclusión social.

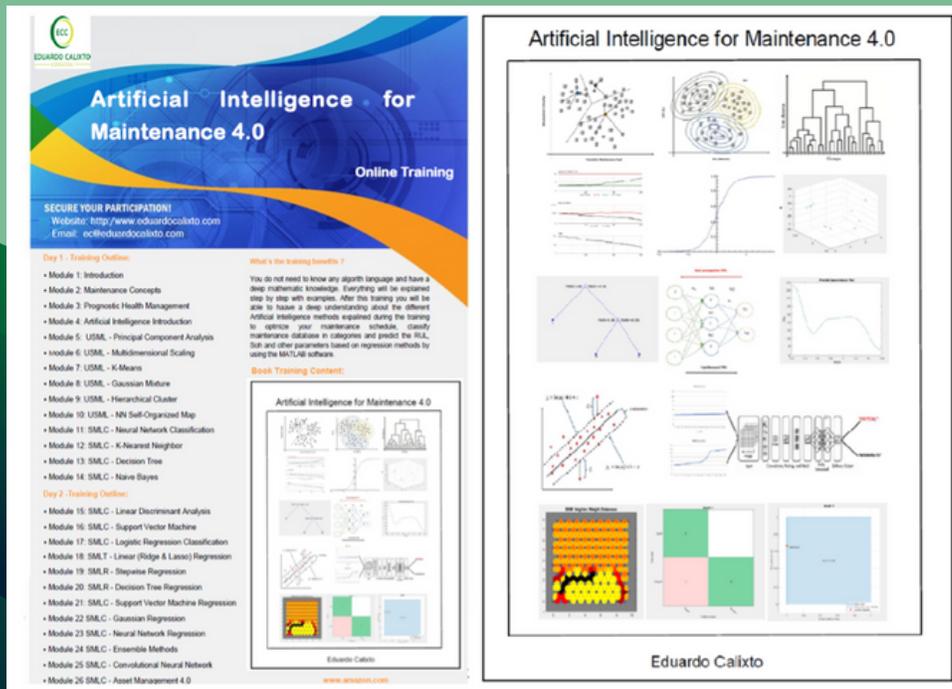


## ENTRENAMIENTO PRESENCIAL Y EN LÍNEA CON CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

- Inteligencia Artificial para Mantenimiento 4.0 (Software Matlab)
- Confiabilidad del Equipos: Análise de Vida útil (Software Weibull – HBK/ Reliasoft)
- Confiabilidad de los Sistemas: Análise RAM (Software Blocksim – HBK/ Reliasoft)
- FMEA y RCM ( Software RCM++ / XFMEA – HBK/ Reliasoft)
- Seguridad de Processos ( Software FTA Blocksim – ALOHA - Bowtie)
- Gestión de Activos Físicos ( Software Integrity PRO)
- Gestión de Integridad de Activos Físicos ( Software Integrity PRO)
- Confiabilidad Humana

AGENDA ENTRENAMIENTO

LIBRO DISPONIBLE EN AMAZON



The image displays the book cover and a preview of the content for "Artificial Intelligence for Maintenance 4.0".

**Book Cover (Left):** Features the title "Artificial Intelligence for Maintenance 4.0" and "Online Training". It includes contact information: "SECURE YOUR PARTICIPATION! Website: <http://www.eduardocalixto.com> Email: [ecc@eduardocalixto.com](mailto:ecc@eduardocalixto.com)".

**Content Preview (Right):** Shows various charts and diagrams related to maintenance and AI, including a tree diagram, a scatter plot, a bar chart, a line graph, a network diagram, and a heatmap.

**Table of Contents (Left):**

- Day 1 - Training Outline:**
  - Module 1: Introduction
  - Module 2: Maintenance Concepts
  - Module 3: Prognostic Health Management
  - Module 4: Artificial Intelligence Introduction
  - Module 5: USML - Principal Component Analysis
  - Module 6: USML - Multidimensional Scaling
  - Module 7: USML - K-Means
  - Module 8: USML - Gaussian Mixture
  - Module 9: USML - Hierarchical Cluster
  - Module 10: USML - NN Self-Organized Map
  - Module 11: SMLC - Neural Network Classification
  - Module 12: SMLC - K-Nearest Neighbor
  - Module 13: SMLC - Decision Tree
  - Module 14: SMLC - Naive Bayes
- Day 2 - Training Outline:**
  - Module 15: SMLC - Linear Discriminant Analysis
  - Module 16: SMLC - Support Vector Machine
  - Module 17: SMLC - Logistic Regression Classification
  - Module 18: SMLT - Linear (Ridge & Lasso) Regression
  - Module 19: SMLR - Stepwise Regression
  - Module 20: SMLR - Decision Tree Regression
  - Module 21: SMLC - Support Vector Machine Regression
  - Module 22: SMLC - Gaussian Regression
  - Module 23: SMLC - Neural Network Regression
  - Module 24: SMLC - Ensemble Methods
  - Module 25: SMLC - Convolutional Neural Network
  - Module 26: SMLC - Asset Management 4.0

**What's the training benefits?**  
You do not need to know any algorithm language and have a deep mathematic knowledge. Everything will be explained step by step with examples. After this training you will be able to have a deep understanding about the different Artificial Intelligence methods explained during the training to optimize your maintenance schedule, classify maintenance database in categories and predict the RUL, SdH and other parameters based on regression methods by using the MATLAB software.

**Book Training Content:**

Artificial Intelligence for Maintenance 4.0

Eduardo Calixto

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

VISITA NUESTRAS PÁGINAS WEB

LATIN AMERICA 2022

ONLINE TRAINING

# Aplicación de un sistema de identificación de lubricantes

Bajo la norma DIN 51502-1990  
a una máquina engomadora textil



**Gaspar Soto**  
Coordinador de proyectos OMC SAS  
[gaspar.soto@udea.edu.co](mailto:gaspar.soto@udea.edu.co)



## Introducción

Todos los fabricantes de lubricantes industriales y automotrices le asignan un nombre a cada uno de sus productos y este nombre en muchos de los casos obedece a una referencia comercial que incluye la marca de la casa fabricante pero que da pocas luces sobre las características del lubricante. Además, esta forma básica de identificación basada en el nombre del fabricante no facilita los procesos de: caracterización, actualización, homologación, equivalencia y reducción de inventario de lubricantes en la planta. Veamos un ejemplo: es posible que en diferentes plantas de su compañía se tengan equipos con similar contexto operacional y por ende sus mecanismos lubricados requieran características similares de lubricantes y sin saberlo en la planta "A" se use el lubricante "X" y en la planta "B" se use el lubricante "Y" y que los lubricantes "X", "Y" tengan las mismas características, solo se diferencian en la marca y como solo se identifican por su nombre y éste es diferente entonces, se incurre en la imprecisión de creer que ambos lubricantes son diferentes y que ambos se requieren cuando en realidad uno solo de ellos puede satisfacer las necesidades de ambos equipos. Esta situación se puede superar desde la llegada por primera vez del lubricante a su planta si en vez de identificarlo por su nombre comercial se utiliza un sistema de identificación de lubricantes normalizado (SILN).

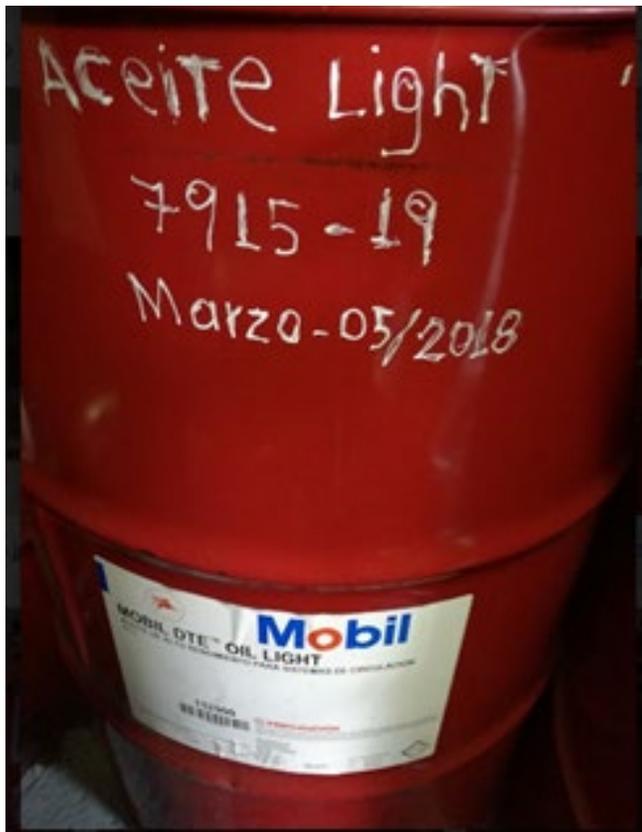


Fig. 1. Ejemplo de un lubricante que solo se identifica por su nombre comercial.

## Norma DIN 51502-1990

**Deutsches Institut für Normung** – El instituto alemán de normalización en Agosto el año 1990 expidió la norma 51502 que trata la designación y marcas para lubricantes, contenedores, equipos y puntos de lubricación. Esta norma no maneja colores, solo códigos alfanuméricos y figuras geométricas de tamaño conocido que ayudan mucho a caracterizar el lubricante desde su identificación. Como se puede observar en la Fig.2. el tipo de lubricante se puede identificar según la forma geométrica así:

- Grasa mineral: la forma geométrica que le corresponde es un triángulo.
- Grasa sintética: La forma geométrica que le corresponde es un rombo.
- Aceite mineral: La forma geométrica que le corresponde es un cuadrado.
- Aceite sintético: La forma geométrica que le corresponde es un cuadrado con una bisectriz central.

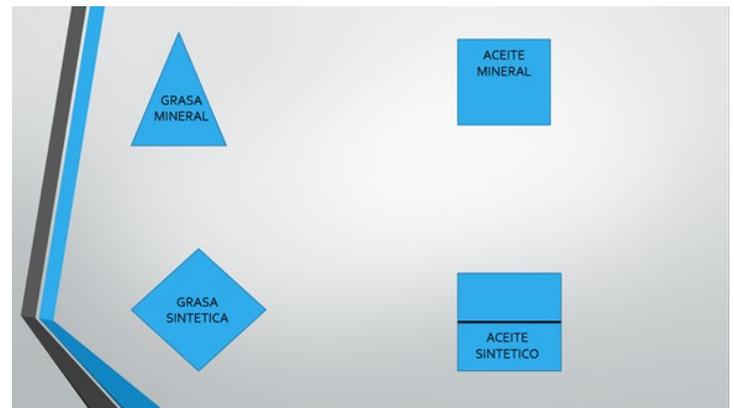


Fig. 2. Símbolos geométricos de identificación según DIN 51502-1990.

A continuación, se describirán los códigos alfanuméricos que dispone la norma de manera separada para grasas y aceites.

# Sistema de identificación para las grasas lubricantes

Tipo de Grasa Lubrificante	Código de Letras	Símbolo	Código de Letras Adicional	Líquidos Sintéticos o Parcialmente Sintéticos	Código de Letras Adicional	Máxima Temperatura de Aplicación	Reacción Frente al Agua según DIN 51807
Grasas lubricantes para motores automotrices, copias y superficies deslizantes de acuerdo con la DIN 51502	K	Grasas lubricantes con aceite base Mineral	E	Ester orgánico	C	+60°C	0-40 o 1-40
Grasas lubricantes para engranajes en aceites de acuerdo con la DIN 51502	G	Grasas lubricantes con aceite base Mineral	FK	Líquidos perforados	D	+60°C	2-40 o 3-40
Grasas lubricantes para engranajes abiertos, acciones mecánicas (lubricantes adherentes sin betún)	OG	Grasas lubricantes con aceite base Mineral	HC	Hidrocarburo sintético	E	+80°C	0-40 o 1-40
Grasas para cojinetes y juntas. Menor exigencia que la letra K	M	Grasas lubricantes con aceite base Mineral	PH	Acido ester fosfórico	F	+80°C	2-40 o 3-40
			PG	Pulverificables	G	+100°C	0-90 o 1-90
			SI	Acetes de silicona	H	+100°C	2-90 o 3-90
			X	Otros	K	+120°C	0-90 o 1-90
					M	+120°C	2-90 o 3-90
					N	+140°C	o acuerdo
					P	+160°C	A acuerdo
					R	+180°C	o acuerdo
					S	+200°C	o acuerdo
					T	+220°C	o acuerdo
					U	más de +220°C	o acuerdo

Código de Letras	Materiales Lubrificantes	Consistencia NLGI	Penetración trabajada de acuerdo con DIN ISO 2117
D	Para aceites lubricantes con aditivos detergentes, ej. aceite hidráulico HLFD	000	44.5 mm a 47.5 mm
E	Para lubricantes, que son usados mezclados con agua, ej. refrigerante miscible con agua, refrigerante SF2	00	40.0 mm a 43.0 mm
F	Para lubricantes con aditivos lubricantes sólidos (grafito, bisulfuro de molibdeno), ej. aceite lubricante CLIF	0	35.5 mm a 38.5 mm
L	Para aceites con ingredientes activos para aumentar la protección contra la corrosión y/o el empujamiento, ej. aceite CL00 de acuerdo a DIN 51517	1	31.0 mm a 34.0 mm
M	Para lubricantes refrigerantes miscibles con agua y con componentes de aceite mineral, ej. SFM lubricante refrigerante	2	26.5 mm a 29.5 mm
S	Para lubricantes refrigerantes miscibles con agua y con aceite base sintética, ej. refrigerante SF5	3	22.0 mm a 25.0 mm
P	Para lubricantes con ingredientes activos para reducir la fricción y el desgaste en la zona de rozamiento directo sólo para aumentar la capacidad de carga, ej. aceite CLP 300 de acuerdo con DIN 51517	4	17.5 mm a 20.5 mm
V	Para lubricantes diluidos con solventes, ej. Aceite lubricante aceite BB-V de acuerdo con DIN 51513	5	13.0 mm a 16.0 mm
		6	8.5 mm a 11.5 mm

Código de Letras Adicional	Mínima Temperatura de Servicio
-10	-10 °C
-20	-20 °C
-30	-30 °C
-40	-40 °C
-50	-50 °C
-60	-60 °C

**CODIFICACION DE GRASAS DE ACUERDO A LA NORMA DIN 51502**

**K P HC 2 K -20**

Fig. 4. Esquema de identificación para los aceites según DIN 51502-1990.

## Pasos para la aplicación del sistema de identificación de lubricantes en una máquina engomadora textil

1. **Taxonomía de la máquina:** La máquina se debe descomponer en las principales zonas de máquina que son las fronteras geográficas de acuerdo con cada función y etapa del proceso.

Para este ejercicio se descompuso la máquina en las siguientes zonas:

- Cabeza de máquina.
- Mesa de tensión.
- Encerador.
- Secado.
- Pre secado.
- Cajas de goma A y B.
- Autoclaves de preparación de goma.
- Tanques de almacenamiento de goma.
- Atriles 1 y 2.

En la fig.5 se tiene un esquema general de partes de una engomadora textil cualquiera para ilustrar la taxonomía de una máquina de este tipo.

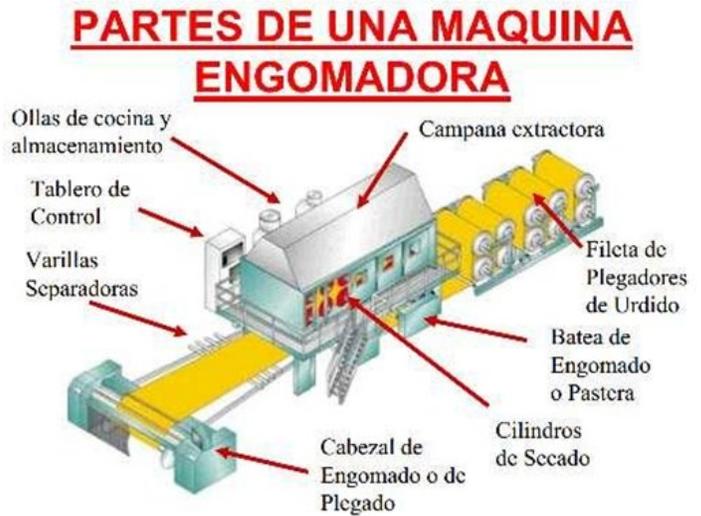


Fig. 5. Esquema general de partes de una engomadora textil.

2. **Construir la carta de lubricación:** Para cada zona de máquina se deben listar los equipos lubricados, la cantidad de puntos de lubricación, el inventario de los lubricantes aplicados, la cantidad de lubricante aplicado, las tareas de lubricación y la frecuencia de ejecución de dichas tareas. Para el ejercicio de identificación de la lubricación de la engomadora textil ya se contaba con la carta de lubricación.
3. **Aplicar la norma DIN 51502:** Cada lubricante relacionado en la carta de lubricación se debe identificar según la norma. Como ya sabemos que la norma utiliza figuras geométricas se hace relevante utilizar gráficos y fotografías para hacer más didáctico el sistema de identificación de lubricantes y por ende más fácil de usar y de socializar.

IDENTIFICACION DE LUBRICANTES	
GRASAS	DIN 51502
• PLEXBAR M-2	• K 2 N-10
• BESMOLY EH-2	• K 2 M-20
• BESLUX K.B.L	• K 00 N-10
• MOBILUX EP-0	• K 0 K-10
• MOBILUX EP-2	• K 2 K-20
• UNISILKON L50/2 (sintética)	• K SI 2 S-50

Fig. 6. Listado de grasas con identificación según la norma.

### IDENTIFICACION DE LUBRICANTES

ACEITE	DIN 51502
• MOBIL DTE 24	• HLP 32
• MOBIL DTE 25	• HLP 46
• MOBIL HEAVY MEDIUM	• HLP 68
• MOBIL VACUOLINE 528	• CL 150
• MOBIL VACUOLINE 533	• CL 220
• MOBIL VACUOLINE 537	• CL 320
• MOBIL VACUOLINE 1419	• CGR 220

Fig. 7. Listado de aceites lubricantes con identificación según norma (parte1).

### IDENTIFICACION DE LUBRICANTES

ACEITES	DIN 51502
• MOBIL GEAR 600XP 150	• CLP 150
• MOBIL GEAR 600XP 220	• CLP 220
• MOBIL GEAR 600XP 460	• CLP 460
• MOBIL PYROLUBE 830 (sintético)	• E 220
• KLUBER HOTEMP PLUS (sintético)	• E 320
• MOBIL GLYGOYLE 30	• PGP 220

Fig. 8. Listado de aceites lubricantes con identificación según norma (parte 2).

**4. Identificar los lubricantes en cada mecanismo de la máquina:**

Toda máquina sin excepción tiene una identificación a través de la placa del fabricante (ver fig. 9) de igual manera es importante que en cada mecanismo de la máquina exista total claridad sobre el lubricante aplicado. Para lograr este objetivo se recomienda complementar la carta de lubricación con fotografías reales de los mecanismos y su respectiva identificación bajo norma DIN 51502 del lubricante.



Fig. 9. Placa de identificación del fabricante de la máquina.



Fig. 10. Identificación del cabezote motriz en la cabeza de la engomadora Benninger Zell.

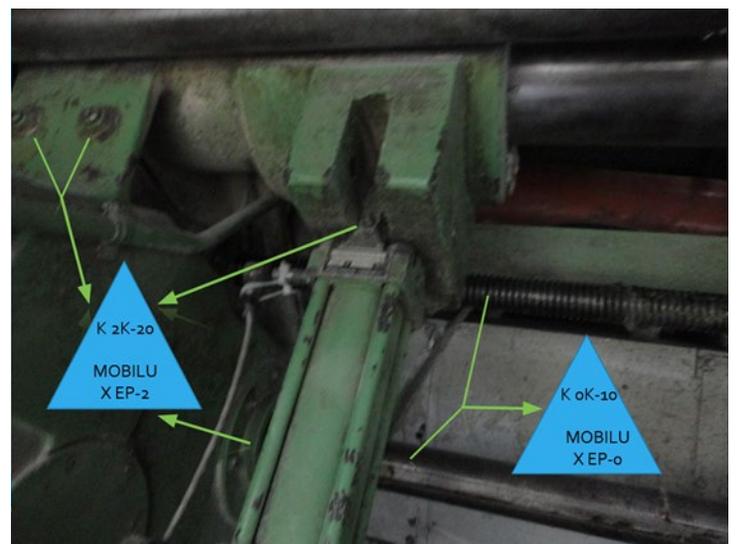


Fig. 11. Identificación de los puntos de lubricación en rodamientos y articulaciones del cabezote motriz. Elaboración propia.



Fig.12. Sistema hidráulico tensor de la cadena de la secadora de la Engomadora Benninger Zell. Fuente propia.



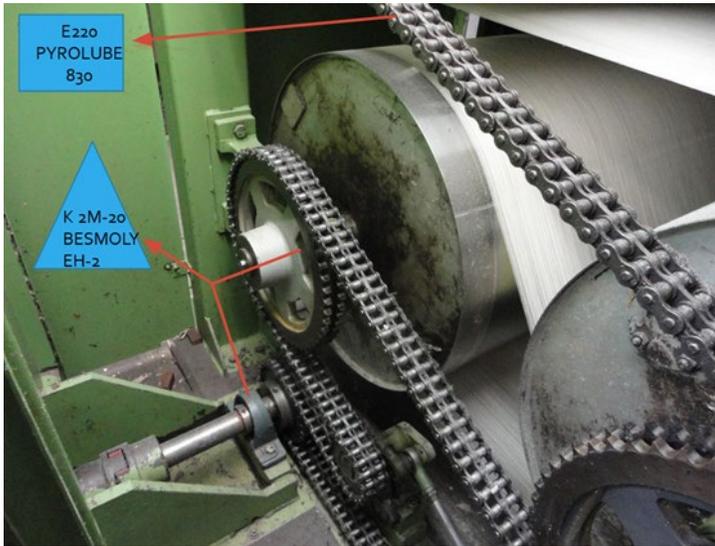


Fig. 13. Transmisión de la secadora de la engomadora Benninger Zell. Fuente propia.

5. **Identificar los recipientes y herramientas de transferencia de lubricante:** Los recipientes y herramientas que transportan los lubricantes desde el cuarto de lubricación hasta la máquina también deben estar plenamente identificados. Existen varios métodos para realizar la marcación uno de ellos es por medio de pintura, otro es mediante el diseño de elementos de identificación en stickers fabricados en materiales especiales y resistentes al calor y al contacto con sustancias químicas.



Fig. 14. Identificación de recipientes por medio de pintura. Fuente propia.



Fig. 15. Identificación de recipientes por medio de stickers. Fuente propia.



Fig. 16. Identificación de pistolas engrasadoras. Fuente propia.

6. **Identificar los sitios de almacenamiento:** Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa, suena a trabalenguas, pero es un principio básico de organización que no se puede violar para evitar confusiones a la hora de utilizar un lubricante específico se requiere que el lubricante tenga una ubicación específica tanto en el almacén como en los cuartos de lubricación de las diferentes plantas. La única forma de garantizar que siempre se ubique en el mismo sitio es identificando el sitio según la norma DIN 51502.



Fig.17. Identificación del cuarto de lubricación bajo norma DIN 51502. Fuente propia.

## Cibergrafía

[1] Sitio web oficial del instituto DIN para la norma 51502. (Consulta en abril 02 de 2022) <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nmp/publications/wdc-beuth:din21:1579423>

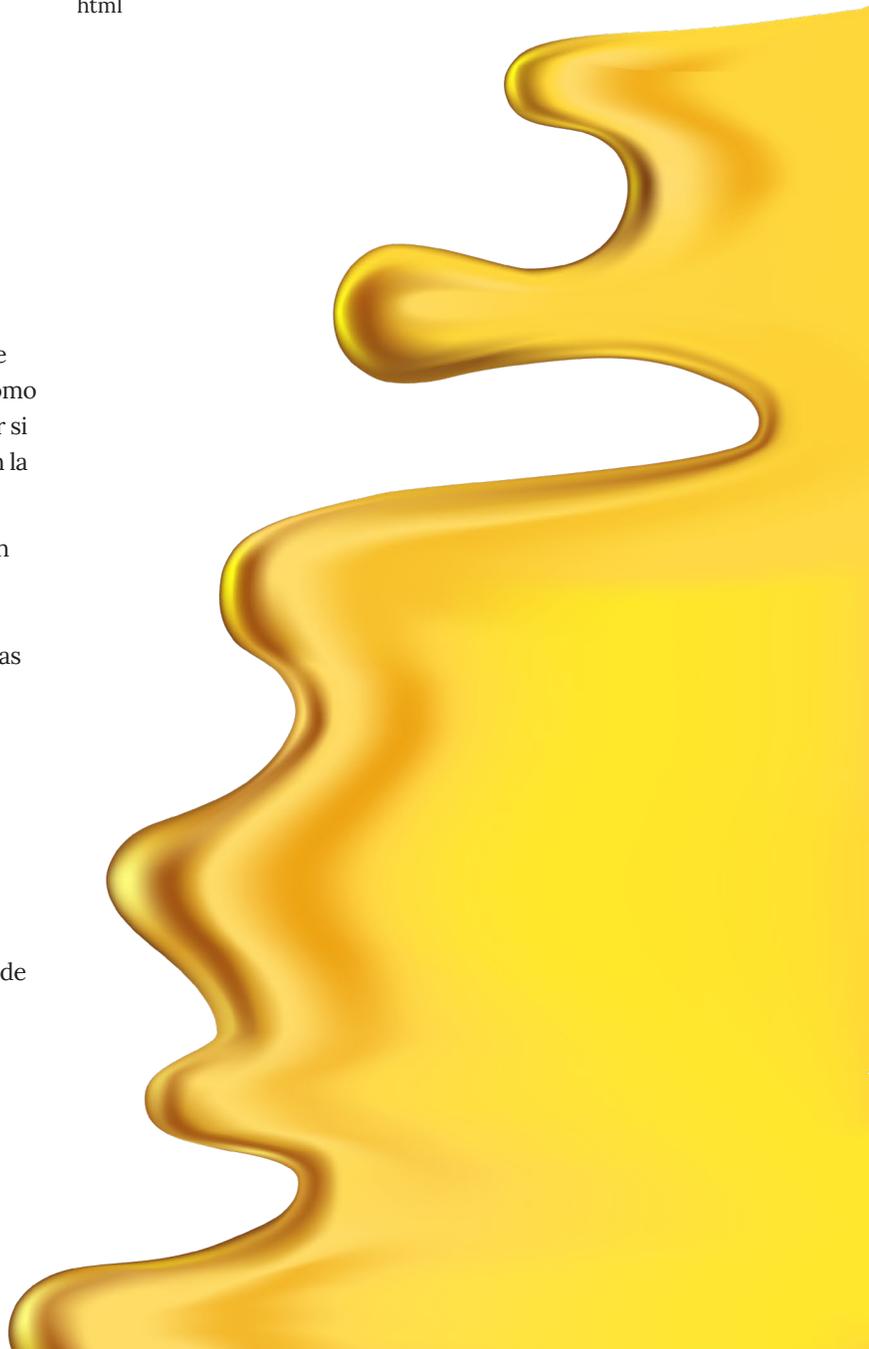
[2] Sitio web de un fabricante de lubricantes de origen español en el cual está muy bien resumida y explicada la norma DIN 51502 para el caso de las grasas. (consultada en abril 02 de 2022) <https://www.olipes.com/eu/es/Comunicaci%C3%B3n/documentos-de-interes/grasas-lubricantes-clasificacion-din-51502-e-iso-6743-9>

[3] Documento de la firma de J.F. ingenieros SRL de Perú compartido por el usuario José Farro a través de la plataforma Scribd. (consultada en abril 02 de 2022) <https://es.scribd.com/document/234004261/Lubricantes-DIN>

[4] Trabajo de grado para optar al título de ingeniería textil. Autora: Germania Elizabeth Ceballos Universidad del Norte. Ecuador 2015. (consulta en Abril 02 de 2022) <https://docplayer.es/77181533-Universidad-tecnica-del-norte.html>

## Conclusiones

- Un sistema deficiente de identificación puede facilitar los errores humanos que ocasionan catástrofes como contaminación cruzada entre lubricantes minerales y sintéticos.
- Es cierto que implementar un sistema de normalizado de identificación de lubricantes (SILN) requiere hacer uso de una inversión económica y de un recurso tan preciado como el tiempo, pero la relación costo beneficio es ganar-ganar si se mira desde la óptica del aumento en la confiabilidad en la lubricación en la planta.
- Acudir a un proveedor experto en servicios de lubricación puede hacer la implementación menos traumática y los técnicos de su planta se pueden concentrar en el cumplimiento de los planes y rutas de lubricación mientras el proveedor realiza la implementación.
- Socializar el SILN con todo el personal ejecutor de las tareas de lubricación, mantenimiento y operación es clave para que todos hablen el mismo idioma y para que la caracterización de los lubricantes de la planta sea de conocimiento público dentro de la compañía.
- La implementación de un SILN debe ser una iniciativa impulsada por la gerencia o dirección de mantenimiento de manera transversal a todas las plantas.



# LLEGA AL PÚBLICO QUE ESTÁS BUSCANDO

CONTRATA NUESTROS  
PAQUETES DE MERCADEO



CONTÁCTANOS



# Diferentes modalidades de capacitación



Cursos en vivo

**PREDICTIVA**



Cursos grabados

 **Predyc**



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

**PREDICTIVA21**

# Angeles Ysidro

**¿Quién es Ángeles Ysidro?, ¿cuál es tu función en P21?**

Bueno, básicamente soy la parte administrativa de Predictiva21, actualmente funjo como administradora y como coordinadora de capacitación, este último cargo más asociado a la parte logística y administrativa del área de capacitación.

Mis roles están asociados a la parte contable y de registros de la empresa así como las relaciones con los proveedores, clientes y personal interno.

**¿Cuánto tiempo llevas siendo parte del equipo de Predictiva21? ¿Cuál ha sido la experiencia más satisfactoria que has tenido en ese tiempo?**

Estoy en el equipo desde 2020 cuando se iniciaron las operaciones en México, sin embargo, al principio estuve de forma externa haciendo actividades administrativas específicas, pocos meses después me invitaron a incorporarme de tiempo completo en el proyecto. Inicé en la parte administrativa y posteriormente en la coordinación de cursos.

Creo que la experiencia más satisfactoria ha sido y es hasta el día de hoy ver cómo el equipo ha ido creciendo y como se ha ido expandiendo el proyecto.

## ¿Cómo fue el año pasado para la empresa? ¿qué crecimientos y lecciones dejó el 2021?

Puedo definir el 2021 como un año de aprendizaje sin duda. Fue un año de nuevas experiencias tanto para la organización como para mí en el ámbito laboral ya que me ayudó a crecer en mi área profesional en la operación del día a día de la empresa.

2021 fue también un año retador para Predictiva21, para crecer como empresa, como equipo, con nuevas estrategias para expandir nuestra comunidad y darnos a conocer un poco más en el ámbito de las capacitaciones tanto para las empresas como para los profesionales independientes.

## ¿Cuál sería tu trabajo soñado?

No tengo un trabajo claramente soñado, sin embargo, tengo muy definido que mi trabajo debe ser uno que me haga sentirme productiva, apropiada y satisfecha en mi asignación. Esto me permite amar lo que hago, saber que mi participación verdaderamente está aportando para lograr el fin común de la organización.

Así mismo debe ser un trabajo que me permita tener un equilibrio entre la vida profesional y personal, una organización con sentido humanista y afable.

## ¿De qué te sientes agradecida con la vida?

De presentarme tantas oportunidades para progresar, y hablo en todos los sentidos, en mi vida personal, profesional y laboral. Agradezco el poner en mi camino personas buenas que me han inspirado a mejorar cada vez y de personas que me han brindado la oportunidad de trabajar con ellos, una de esas personas ha sido el sr. Enrique González y Andrés González a quienes agradezco enormemente la oportunidad de colaborar con ellos.

Agradezco mucho la salud y mi familia.



# Las plataformas de mantenimiento inteligente



**Silvia Toyos**  
Content Manager en Fractal



Las plataformas de Mantenimiento Inteligente conforman una de las últimas tecnologías disponibles en el mercado para la gestión del mantenimiento.

## Pero... ¿conoces qué es una PMI?

Una Plataforma de Mantenimiento Inteligente, es una suite de soluciones que combinan una serie de aplicaciones y tecnología totalmente interconectada para que gestionen toda tu operación de mantenimiento-IoT, IA, personas, edificios, software, activos... como un conjunto.

Estas plataformas, aunque varíen internamente, combinan tecnologías como el software CMMS/GMAO, el IoT y el mantenimiento predictivo de activos para que puedas optimizar tu plan de mantenimiento basándote en predicciones inteligentes que te permiten aplicar mantenimientos preventivos en el caso de que sea necesario y ahorrar costes de forma mensual y anual, entre otras muchas ventajas.

Las principales características de una PMI es que, por una parte, están diseñadas para ser conectadas con una amplia variedad de recursos externos convirtiéndolas en herramientas muy flexibles y, por otra parte, es que procesan todos los datos que se extraen de la IA, el

Machine Learning y el IoT, para reconocer tendencias y realizar sugerencias inteligentes que se te proporcionan con el objetivo de optimizar tu plan.

## ¿Cuáles son las principales ventajas de las PMI?

Una de las principales ventajas que supone contar con una PMI es que te proporciona un análisis mucho más completo de los datos. Si, por ejemplo, ya contabas anteriormente con un software CMMS/GMAO, este tipo de plataformas que también utilizan hardware IoT y mantenimiento predictivo interconectados con softwares de este tipo, complementarán a todas las actividades que ya venías realizando.

Evidentemente, contar con una PMI supone realizar una inversión, en cierta forma, más elevada que si solo cuentas con el software CMMS/GMAO o con algunas de estas tecnologías por separado. Sin embargo, contar con una herramienta PMI, significa centralizar toda la información de tu plan de mantenimiento en un solo lugar.

Una ventaja muy importante es que, debido a su constante actualización e integración de nuevas apps, la PMI que utilices evolucionará con el

desarrollo de tu empresa. Es decir, que, dentro de 15 años, cuando tu empresa tenga nuevas necesidades, no vas a tener que cambiar de PMI, simplemente se tendrán que conectar nuevas aplicaciones a la misma. Además, contarás con todos los datos que el equipo de mantenimiento ha ido integrando en ella a lo largo de todos los años de uso.

## ¿Para quién es ideal el uso de una Plataforma de Mantenimiento Inteligente?

En general, las PMI están especialmente indicadas para cualquier empresa cuyos procesos de mantenimiento han visto una mejora tras la utilización de herramientas como un software GMAO/CMMS o herramientas de Gestión de Activos Empresariales.

Especialmente, también para las grandes industrias como la hotelera, la de servicios, el mantenimiento en centros comerciales, o la industria del Facility Management, contar con una PMI es una gran ventaja porque les permite centralizar todo ese gran volumen de información de sus activos, recursos, tareas, fechas límite, OTs, entre otros factores.

Las aplicaciones móviles, dentro de las PMIs, son un punto muy a favor a la hora de conectar a los equipos en terreno, darle acceso a los técnicos a los documentos que necesitan, y controlar la ubicación de los mismos mediante funcionalidades como el GPS. Esto es, especialmente beneficioso, para empresas que cuentan con proveedores para realizar las tareas técnicas.

La aparición de Plataformas de Mantenimiento Inteligente (PMI) han supuesto un gran paso hacia adelante en la gestión del mantenimiento eficiente.

Punto 124

°F

Cuadro

Máx. 147

Mín. 104

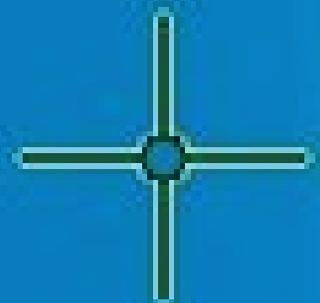
# Detección de temperatura anormal por daños en el asiento de la válvula compresora interna de cuarta etapa

Compresor dressenrand



Alirio Morón

Petróleos de Venezuela (PDVSA)  
moronaj23@gmail.com



 **FLIR**

Dist. = 5.0 Trefl=68.0  $\epsilon$  = 0.95

Las válvulas compresoras es un componente crítico en el compresor. Ella debe ser capaz de operar confiablemente mientras se expone a menudo a fatiga, corrosión, erosión, y el efecto de gotas de líquidos, Junto con los anillos de pistón y la empaadura , la válvula requiere generalmente mantenimiento y esfuerzo de ingeniería para mejorar la confiabilidad.

El diseño de las válvulas compresoras debe cumplir con buenas características de flujo para minimizar perdidas de caudal y potencia, un mínimo volumen muerto en el asiento y la guarda, mínima presión diferencial para abrir, evitando al mismo tiempo impactos y fluctuación.

Los estudios de campo han demostrado que la válvula compresora es el componente más reemplazado en los compresores reciprocantes, por esta razón es importante el monitoreo constante de este componente ya que afecta la confiabilidad del equipo, que en algunos casos generan daños profundos en otros componentes tales como crucetas, barra pistón, anillos, es por ello que el objetivo principal promover las técnicas predictivas como son las frecuencias sincronizada y cámara infrarroja ,de esta manera evitar daños catastróficos y que no impacte severamente en el manejo de gas.

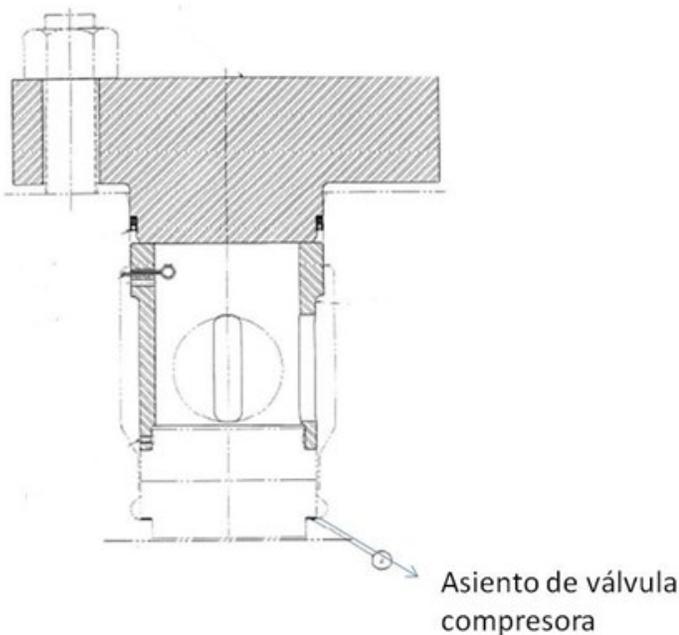


Fig N° 1. Dibujo mecánico de la posición del asiento de válvula compresora Dresserrand, modelo 2HHVL-2. Fuente propia.

marca flir, modelo P-660, a un compresor reciprocante, marca Dresser rand, modelo 2HHVL-2 & 14 stroker , TAG de la maquina es HP-4300, ubicado en la planta compresora de PDVSA – Boquerón, Venezuela

### Inspección con cámara infrarroja

Es un método de inspección predictiva que consiste en captar y analizar imágenes a partir de la radiación infrarroja emitida por un objeto, sin la necesidad de acercarse y tocar dicho cuerpo.

La condición normal de operación de referencia de un equipo, subsistema será aquel que demuestre un patrón de funcionamiento optimo. Cualquier alteración en sus características geométricas, físicas u operacionales como: paso de liquido al cilindro compresor, sólidos incrustados en el interior de la válvula, asientos dañados deformados , selección de internos inadecuados, mala instalación, provocaran una variación detectable en su condición de térmica, por lo tanto podemos realizar una inspección termografica, los resultados se observaran en los históricos, permitiendo tomar decisiones oportunas , de esta manera se podrá planificar un mantenimiento .

Para llevar a cabo una inspección termografica en un compresor reciprocante debe estar en funcionamiento, conocer acerca del equipo y la relación de compresión, la temperatura ambiente, entre otros.

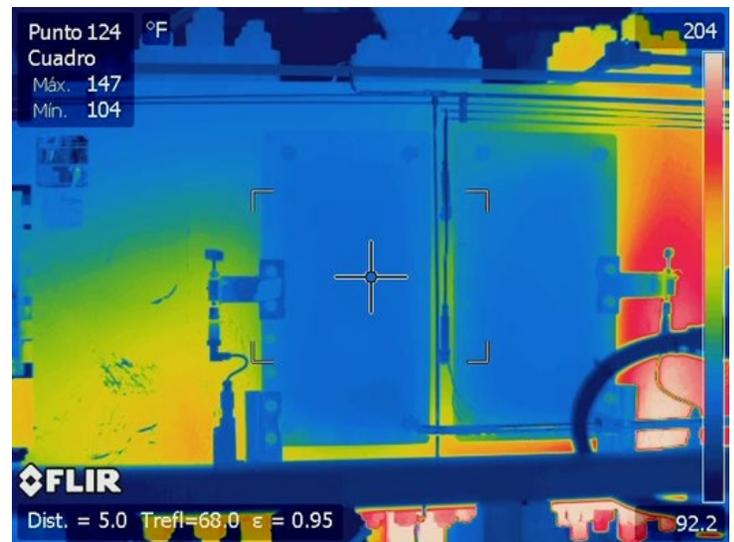


Fig N° 2. Termograma cilindro compresor Dresser rand, modelo 2HHVL-2. Fuente Propia

## Análisis Técnico

### Método de inspección

Las técnicas de mantenimiento predictivo mas comunes para la inspección de válvulas compresoras son los equipos de análisis dinámico bajo frecuencia sincronizada y la cámara infrarroja, en esta oportunidad presentamos una inspección con cámara infrarroja

## Recomendación CBM

- Al momento de estar en campo ubicarse en área segura adecuada para capturar el termograma.
- Determinar los datos de operación (datos de procesos).
- Descubrir el componente ( eliminar aislamiento u otras interferencia).

- Realizar la inspección por personal calificado.
- Análisis de resultado, entrega de resultado.

De forma general, en los compresores recíprocos Dresser rand, modelo 2HHVL-2 utilizan válvulas compresoras manejan gas 80% CH<sub>4</sub>, las imágenes térmica deberían mostrar valores de temperatura similar al gas de producción entrando al cilindro compresor, en el caso de la descarga son temperaturas mucho más elevado todo dependiendo de su rango de compresión, al variar este equilibrio térmico es cuando se generan los daños en las válvulas compresoras .

En dicha inspección se observa la interrupción del equilibrio térmico ya explicado, En conversación con el supervisor de mantenimientos y los técnicos involucrado en la búsqueda de la falla en cuestión, se define el reemplazo de las válvulas compresora lado interno (Crank).

### Hallazgos y acciones correctivas

Se realiza la programación de la inspección del compresor, el personal técnico atendió el aviso de mantenimiento y procede a realizar las recomendaciones.

Al momento del desarmado se pudo evidenciar el asiento de la válvula compresora fracturado, no se encuentra daños en el interior de la válvula, quiere decir que la falla es propiciada por el asiento de la válvula compresora recomendada,

La detección oportuna de la operación anormal de las válvulas compresoras con la cámara infrarroja y el análisis del sistema, se evita problemas de mayor severidad, que implican componentes asociados a este subsistema y al manejo del gas.



Fig N° 3. Termograma cilindro compresor Dresser rand, modelo 2HHVL2 .  
Fuente Propia.

### Verificación de condiciones de temperatura posterior a la intervención

Se realizó un monitoreo de temperatura con el uso de la cámara infrarroja, posterior al reemplazo de las válvulas compresoras, obteniendo los siguientes resultados:



Fig 4. Termograma cilindro compresor Dresser rand, modelo 2HHVL2.

Reducción de temperatura de la succión del compresor en su cuarta etapa, estabilización de la temperatura de descarga, esto representa una mejora significativa de las condiciones de temperatura por encima de 90% en pro del resguardo de la integridad de unos de los componente más importante y costoso del compresor (cigüeñal del compresor).

### Beneficios del diagnostico

Los beneficios son varios, se evitaron daños en otros componentes asociados al asiento de la válvula compresora, la afectación inyección de gas se minimizo, se realizó la correcta planeación y programación para realizar la actividad.

PANORAMA DE COSTO DIAGRAMA P-F			
ESCENARIO	ACCION	VALOR \$	TOTAL \$
1.PREDICTIVO PREVENTIVO	H-H Trabajadas	3,66	489,66
	Gasset Circ Rin G7065560599D	70	
	Perdida de inyección 4hrs	416	
2.CORRECTIVO	H-H Trabajadas	3,66	13787,12
	Válvula Compresora succión MLH56043EG1	4879,12	
	Válvula compresora descarga	4932,34	
	Gasset Circ Rin G7065560599D	140	
	Flexiseal W151211F	3000	
	Perdida de inyección 8 hrs	832	

Tabla N° 1. Evaluación de costo en dólares.

RELACION COSTO / BENEFICIO		AHORRO \$
PREDICTIVO/CORRECTIVO	1: 28,15	13297,46

Tabla N° 2 Relación Costo - Beneficio

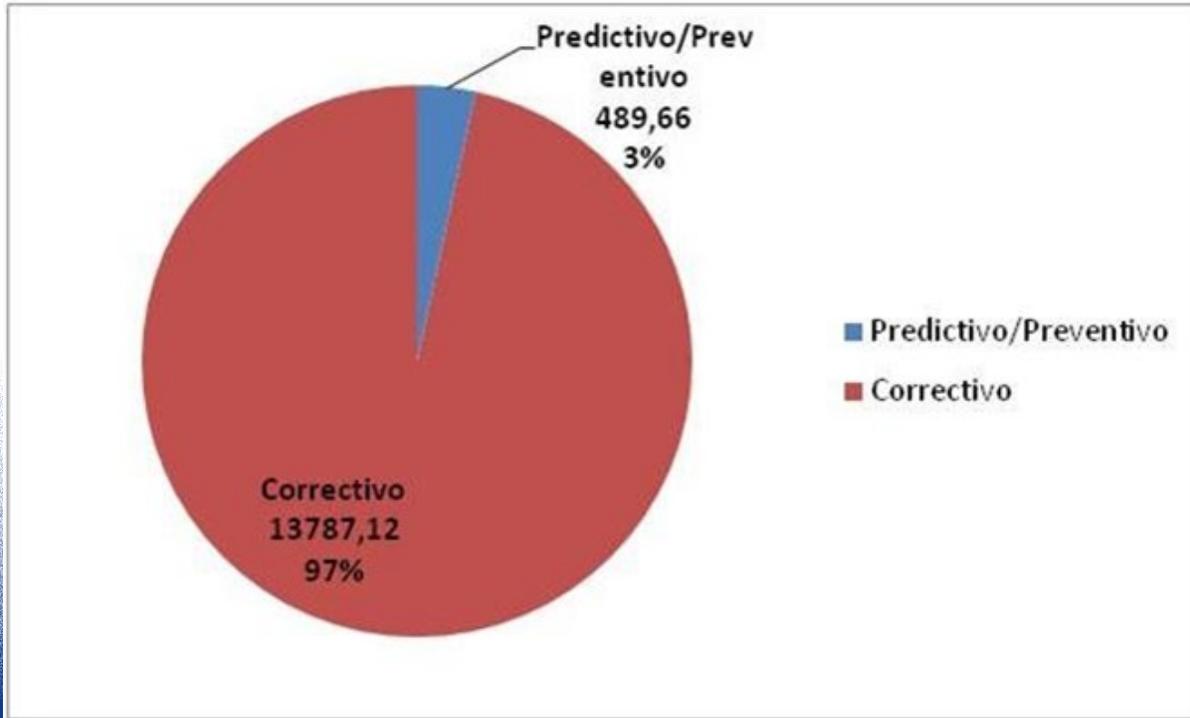


Figura N° 5 Comparativo Costo de mantenimiento

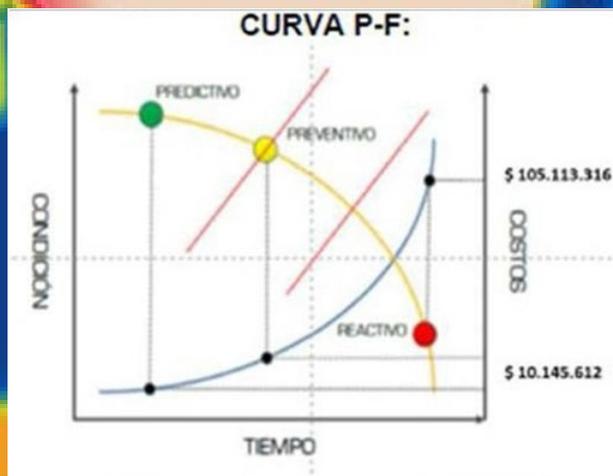


Figura N° 6 Curva P-F

# Lazos de corrosión

Como parte fundamental de la  
metodología de inspección  
basada en riesgo



**Elimar Rojas**

Consultor Senior & Ejecutivo, Asesor Técnico en Procesos,  
Confiablez, Riesgo, Incertidumbre e Integridad

[elimar.rojas@gmail.com](mailto:elimar.rojas@gmail.com)



La metodología de Inspección Basada en Riesgo (IBR o RBI por sus siglas en inglés: “Risk Based Inspection”), está soportada principalmente en las normas API-RP-580, API-RP-581 y la norma API-RP-571 que plantea los mecanismos de degradación aplicables, con el propósito de generar planes o programas de inspección que permitan reducir o mitigar la probabilidad de ocurrencia y por ende el riesgo en caso de ocurrir la pérdida de contención de los involucrados en el proceso, sistema o instalación bajo estudio, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 1.

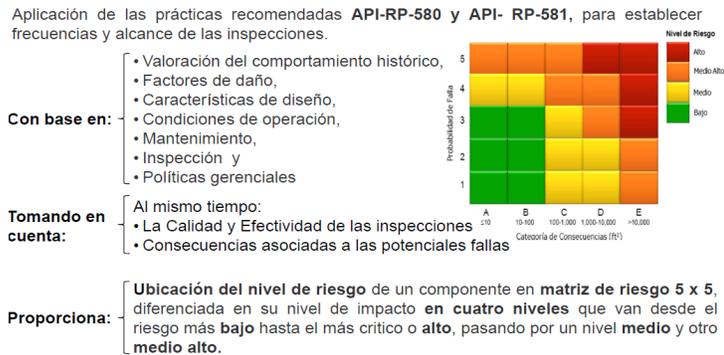


Figura 1. Metodología IBR.

Se usan métodos que guíen hacia un proceso uniforme y efectivo de selección y definición de tareas de inspección de los equipos o componentes en estudio, con base en la identificación de los mecanismos de daño o deterioro, la condición y velocidad de corrosión, soportado en la valoración del comportamiento histórico (en caso de estar disponible), características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales en conjunto con la calidad y efectividad de la inspección que permitan estimar la probabilidad de ocurrencia y cuantificar las consecuencias para determinar los niveles de riesgo entre aplicar o no los planes de inspección basado en riesgo, proponiendo acciones específicas a los equipos o componentes que mayor riesgo presenten y generales a los de menor riesgo, permitiendo controlar el riesgo y el uso adecuado de los recursos destinados a la gestión del mantenimiento, con beneficios técnicos y económicos a las personas, entorno, seguridad e instalaciones.

## Los principales etapas, pasos o actividades secuenciales para la aplicación de la metodología de Inspección Basada en Riesgo (IBR) son:

1. Recolectar – recopilar y validar la información.
2. Sistematizar o Identificar los nodos de estudio con los equipos a evaluar, momento en el cual:
  - Se identifican de los Mecanismos de Daño: Corrosión, Agrietamiento, etc., con base en: (1) Tipo de Materiales, (2) Condiciones Operacionales, (3) Fluidos manejados, (4) Condiciones ambientales, (5) Configuración de los

equipos para a definir lo lazos de corrosión, entre otros.

- Se identifican los grupos de inventario, considerando (1) los sistemas de aislamiento (válvulas), (2) detección (3) mitigación, entre otros.
3. Valorar el riesgo, donde se:
    - Evalúan las frecuencia o probabilidades de ocurrencia de la falla, con base en la determinación de los factores de daño de cada uno de los mecanismos de deterioro previamente identificados.
    - Evalúan / Determinan las consecuencias de la falla con base en lo grupos de inventario previamente establecidos, ya sea por consecuencia en área de afectación (Ej. Recipientes de presión) o consecuencia financiera (Ej. Tanques).
    - Valoran / Cuantificación del Riesgo mediante la localización de cada componente o equipo considerado en el análisis dentro de la matriz de riesgo establecidas para el análisis.
  4. Establecer los planes de mantenimiento e inspección óptimos para asegurar la integridad mecánica de los componentes/equipos/sistemas y mantener la continuidad operacional en la instalación.
  5. Desarrollar un Análisis Costo-Riesgo-Beneficio, de la forma en que se puedan realizar las actividades de inspección y acciones de mantenimiento, mediante la cuantificación y asignación de los recursos.
  6. Identificar áreas de atención y mejora y validar los resultados y recomendaciones del IBR.
  7. Ciclo de mejora continua una vez se obtengan los resultados de implantar los planes de inspección y acciones de mantenimiento recomendadas por el IBR, con el fin de evaluar / revisar sus indicadores clave y retroalimentar el proceso.

Como puede apreciarse, el paso 2, considera la sistematización y el desarrollo de los lazos de corrosión es una etapa fundamental y crítica en la aplicación de la metodología de inspección basada en riesgo, que requiere un análisis cuidadoso y detallado que requiere del suficiente conocimiento del diseño, los equipos, el proceso, los mecanismos de falla y las condiciones de operación para realizarlo, por tanto, los documentos asociados con la selección de los materiales son pieza fundamental, ya que consideran los escenarios considerados en su diseño y selección.

En tal sentido, se deben considerar todos los modos básicos de degradación al identificar los mecanismos de daño para cada uno de los componentes (equipos, tuberías) de la instalación, entre los que se encuentran:

- Adelgazamiento interno debido a la corrosión o erosión.
- Adelgazamiento externo debido a la corrosión.
- Agrietamiento.
- Cambios metalúrgicos.
- Fuerzas mecánicas, etc.

Lo anterior permitirá evaluar las consecuencias y los métodos de mitigación en etapas posteriores de la aplicación de la metodología de inspección basada en riesgo

Así mismo, proporciona lineamientos para gestionar proactivamente los riesgos por corrosión, identificar y monitorear los daños, y brindar opciones de control de la corrosión en las fases de operación y mantenimiento del ciclo de vida de los activos de cualquier instalación.

Además, requerirá revisiones periódicas, con base en la evaluación de desempeño de la instalación, auditorías, hallazgos de pruebas, inspecciones o mantenimiento mayor, cambios en: el diseño, composición química de la alimentación, capacidad y parámetros operativos o posterior a la actualización de un estudio previo de IBR, entre otros.

Cada unidad de proceso se divide en lazos de corrosión (LC o CL, por sus siglas en inglés) con los principales mecanismos de daño y se marcará en cada diagrama de flujo de proceso (DFP o PFD, por sus siglas en inglés) con colores distintivos y únicos que mostrarán el grupo de tuberías y equipos dentro de cada lazo de corrosión. Tal como se puede observar en la Figura 2, la cual muestra un DFP con seis (6) lazos de corrosión, considerando once (11) diferentes mecanismos de daño.

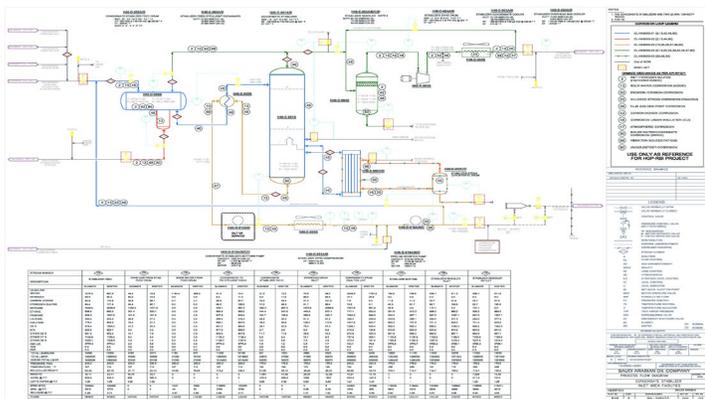


Figura 2. Ejemplo Lazo de Corrosión.

Por tanto, un lazo de corrosión es una forma práctica de describir, comprender y verificar los mecanismos de degradación en una instalación y consta de un grupo de activos (sistema de tuberías y equipos) agrupados con condiciones de proceso similares, contruidos de materiales similares y que comparten amenazas similares de corrosión/degradación. o mismos mecanismos de daño activos/potenciales (DM, por sus siglas en inglés) según lo indicados en los estándares:

- ASME PCC-3 Tabla A-1.
- API-RP-580: Risk Based Inspection, Apéndice A-Mecanismos de Deterioro.
- API-RP-571: Mecanismos de Daño que Afectan Equipos Fijos en la Industria de Refinación.

De los cuales los mecanismos de daño por fabricación de soldadura están fuera del alcance de la mayor parte de los estudios de IBR.

El mecanismo de daño (DM) es un fenómeno que induce cambios micro y/o macro nocivos para el material, los cuales son perjudiciales para la condición del material o sus propiedades mecánicas. Los mecanismos de daño suelen ser incrementales, acumulativos e irrecuperables, y comúnmente están asociados con:

- Adelgazamiento.
- Ataque químico.
- Fluencia o “creep”.
- Erosión.
- Fatiga.
- Fractura.
- Fragilización o “embrittlement”.
- Envejecimiento térmico.

Para comprender los mecanismos de daño es importante analizar la probabilidad de falla, la selección de intervalos, ubicaciones y técnicas de inspección apropiados; la capacidad de tomar decisiones (por ejemplo, modificaciones al proceso, selección de materiales, monitoreo) que puedan eliminar o reducir la probabilidad de un mecanismo de daño específico.

Además, la identificación de los mecanismos de daño y modos de falla creíbles para el equipo incluido en un análisis de riesgo es esencial para la calidad y la efectividad del análisis de riesgo.

Las directrices establecidas permitirán: asegurar un riesgo mínimo previsible sobre la seguridad y la confiabilidad; asegurar la máxima esperanza de vida de los equipos o identificar áreas de aplicaciones de nuevas tecnologías.

Con base en base a lo anterior, algunos de los principales desafíos contra la corrosión son:

- **Agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC-Stress Corrosion Cracking):** SCC es el agrietamiento inducido por la influencia combinada de la tensión de tracción y un ambiente corrosivo (ver Figura 3).



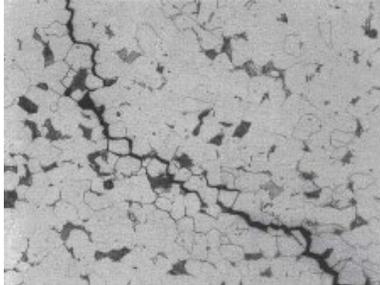
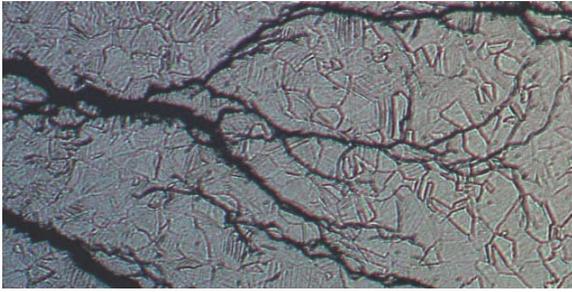


Figura 3. Corrosión bajo tensión

El impacto de SCC en un material generalmente se encuentra entre el agrietamiento en seco y el umbral de fatiga de dicho material. Los esfuerzos de tracción requeridos pueden estar en forma de esfuerzos aplicados directamente o en forma de esfuerzos residuales.

La deformación y el conformado en frío, la soldadura, el tratamiento térmico, el mecanizado y el esmerilado pueden introducir tensiones residuales. La magnitud y la importancia de tales tensiones a menudo se subestiman.

Las tensiones residuales creadas como resultado de las operaciones de soldadura tienden a aproximarse al límite elástico. La acumulación de productos de corrosión en espacios confinados también puede generar tensiones significativas y no debe pasarse por alto. SCC generalmente ocurre en ciertas combinaciones específicas de aleación-ambiente-esfuerzo.

Por lo general, la mayor parte de la superficie permanece sin atacar, pero con grietas finas que penetran en el material. En la microestructura, estas grietas pueden tener morfología intergranular o transgranular. Macroscópicamente, las fracturas por SCC tienen una apariencia frágil.

El SCC se clasifica como una forma catastrófica de corrosión, ya que la detección de grietas tan finas puede ser muy difícil y el daño no es fácil de predecir.

- **Corrosión localizada:** puede adoptar muchas formas, como picaduras que dan lugar a numerosas cavidades superficiales, corrosión galvánica selectiva en la región entre dos metales electroquímicamente diferentes, ataque de corrosión selectivo a lo largo de una zona afectada por el calor de soldadura (HAZ-heat affected zone), ataque de corrosión en grietas resultantes de la concentración de especie(s) química(s) agresiva(s), o ranurado local debido al impacto (ver Figura 4).

En general, cuanto más resistente es una aleación a la corrosión general, más probable es que la corrosión, si se produce, sea localizada.

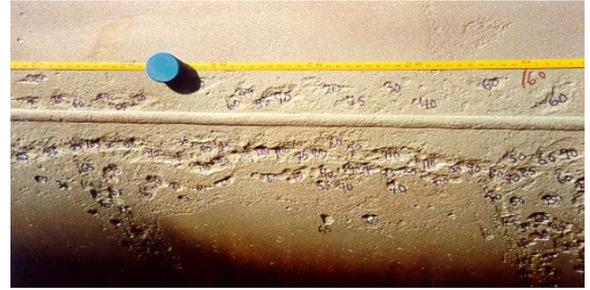


Figura 4. Corrosión Localizada.

- **Erosión-Corrosión:** es la aceleración en la tasa de ataque de corrosión en el metal debido al movimiento relativo de un fluido corrosivo y una superficie metálica.

El aumento de la turbulencia causado por las picaduras en las superficies internas de un tubo puede provocar un rápido aumento de las tasas de erosión y, finalmente, una fuga (Ver Figura 5).



Figura 5. Erosión-Corrosión.

Una combinación de erosión y corrosión puede conducir a tasas de picaduras extremadamente altas. La selección de materiales juega un papel importante en la minimización de los daños por erosión y corrosión.

Se debe tener precaución cuando se predice el comportamiento de erosión-corrosión sobre la base de la dureza. Una alta dureza en un material no garantiza necesariamente un alto grado de resistencia a la erosión-corrosión.

Las características de diseño también son particularmente importantes; los diseños que crean turbulencia, restricciones de flujo y obstrucciones son indeseables por lo que deben evitarse los cambios bruscos en la dirección del flujo, en lo posible; y en cuyo caso colocar accesorios que disminuyan su impacto.

- **Corrosión bajo el aislamiento (CUI-Corrosion under Insulation):** es cualquier tipo de corrosión que ocurre

debido a la acumulación de humedad en la superficie externa del equipo aislado, por al menos uno de muchos factores (filtración, falla del aislamiento, condensación, entre otros), siendo la entrada de agua el problema clave en CUI.

La corrosión en sí es más comúnmente corrosión por cloruro, ácida o alcalina. Se debe tener especial cuidado durante el diseño para no promover la corrosión al permitir que el agua ingrese al sistema, ya sea directa o indirectamente por acción capilar. La humedad puede ser externa o puede estar presente en el propio material aislante. La corrosión puede atacar el revestimiento, el material de aislamiento o el equipo propiamente dicho (Ver Figura 6).



Figura 6. Corrosión bajo aislamiento.

Para equipos de alta temperatura, el agua que ingresa a un material aislante y se difunde hacia adentro eventualmente alcanzará una región seca en la tubería caliente o en la pared del equipo. Junto a esta región seca hay una zona en la que los poros del aislamiento están llenos de una solución salina saturada. Cuando ocurre una parada o cambio de proceso y la temperatura de la pared metálica disminuye, la zona de solución salina saturada se mueve hacia la pared metálica. Al recalentarse, la pared estará temporalmente en contacto con la solución saturada y puede comenzar el agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Los ciclos de secado/humectación en los problemas asociados con CUI son un fuerte acelerador del daño por corrosión, ya que provocan la formación de una química cada vez más agresiva que puede conducir a los peores problemas de corrosión posibles, por ejemplo: agrietamiento por corrosión bajo tensión y fallas catastróficas prematuras del equipo.

- **Corrosión externa:** puede resultar en la reducción gradual del espesor de la pared del equipo o tubería y la consiguiente pérdida de resistencia.
- Puede ocurrir de manera relativamente uniforme sobre la superficie de un área (a veces denominada corrosión general) o en puntos aislados (corrosión localizada) debido a las condiciones ambientales en el exterior del equipo o tubería (Ver Figura 7).



Figura 7. Corrosión Externa.

Esta pérdida de resistencia podría provocar fugas o rupturas debido a las presiones internas, a menos que se repare el componente.

Por lo general, la superficie externa del equipo o tubería está recubierta para evitar que el ambiente o suelo circundante u otras condiciones ambientales entren en contacto con el material, evitando así el proceso de oxidación.

- **Corrosión general:** la corrosión de ataque general avanza más o menos uniformemente sobre una superficie expuesta sin una localización apreciable; lo que conduce a un adelgazamiento relativamente uniforme en los materiales de láminas y placas y un adelgazamiento general en un lado o en el otro (o ambos) para las tuberías. Se reconoce por una rugosidad de la superficie y generalmente por la presencia de productos de corrosión (ver Figura 8).

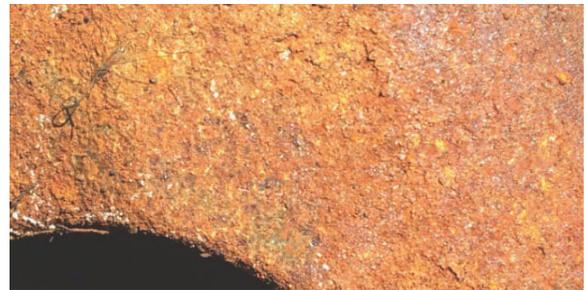


Figura 8. Corrosión General o uniforme.

El mecanismo del ataque típicamente es un proceso electroquímico que tiene lugar en la superficie del material. Las diferencias en composición u orientación entre pequeñas áreas en la superficie del metal crean ánodos y cátodos que facilitan el proceso de corrosión.

La corrosión general es causada con mayor frecuencia por la mala aplicación de materiales en ambientes corrosivos, la corrosión general a menudo se puede tolerar porque el efecto de la pérdida de metal es relativamente fácil de evaluar y se pueden hacer concesiones en el diseño inicial.

Algunas de las estrategias recomendables para el adecuado manejo de la corrosión o métodos de prevención, control y mitigación que deben considerarse, se encuentran:

- Selección de materiales: desde un punto de vista puramente técnico, una respuesta obvia a los problemas de corrosión



sería utilizar materiales más resistentes a la corrosión. Siendo en muchos casos, este enfoque, una alternativa económica a otros métodos de control de la corrosión.

La resistencia a la corrosión no es la única propiedad que se debe tener en cuenta al seleccionar los materiales, pero es de gran importancia en las industrias de procesos químicos.

Por ejemplo, el acero al carbono es el material más utilizado; sin embargo, con mayor capacidad y contaminantes, los aceros inoxidables se especifican cada vez más para resistir altas velocidades y ataques agresivos.

En todo caso, se deben realizar los análisis de los fluidos a transportar o contener, así como sus contaminantes y condiciones de proceso para su adecuada selección.

- **Selección de revestimientos protectores:** Los revestimientos se aplican sobre diversas estructuras y equipos operativos externa o internamente para proteger contra la corrosión/erosión, actuar como barreras térmicas, evitar el ensuciamiento, etc.

Los revestimientos pueden ser orgánicos, metálicos, cerámicos o compuestos y se pueden usar como películas de barrera para evitar las picaduras y la corrosión, la erosión y los ataques químicos inducidos por microbios.

Se aplican, externa o internamente en inmersión, enterrados, atmosféricos y bajo aislamientos. Existen diferentes tecnologías de recubrimiento que se pueden especificar y personalizar para adaptarse al propósito además de otras estrategias de manejo de la corrosión. Por ejemplo:

- Se pueden usar recubrimientos epoxi especiales rellenos de cerámica que contienen pigmento antibacteriano para proteger los codos de las tuberías, las cajas del intercambiador y las válvulas internas de la corrosión por MIC (microbiological induce corrosion). Además, el recubrimiento especial para los tubos de los rehervidores aplicados por inundación puede evitar las picaduras y la corrosión debajo de los depósitos.
- Los recubrimientos de encapsulación de óxido o epoxi tolerantes a la superficie se pueden usar durante el trabajo de mantenimiento de la estructura de acero con un alto lavado con agua en lugar de la limpieza con chorro abrasivo.
- Los tipos de revestimiento viscoelástico o epoxi 100 % sólido se utilizan para proteger los desagües enterrados y las tuberías ascendentes de acero para agua contra incendios, debido a corrosión del suelo según la temperatura.
- Los revestimientos de inmersión se utilizan para proteger equipos y tuberías de acero al carbono e

inoxidable contra picaduras y agrietamiento por corrosión bajo tensión de cloruro bajo aislamiento térmico y protección contra incendios.

- Se pueden usar tipos de recubrimientos aislantes térmicos de película delgada (40 - 100 mils) con recubrimientos primarios anticorrosión en lugar del aislamiento convencional, para reducir el riesgo de corrosión debajo del aislamiento térmico.
- Se pueden usar recubrimientos epoxi rellenos de cerámica para proteger los codos de las tuberías, las placas de tubos del intercambiador y las válvulas internas de la corrosión y la erosión.
- **Monitoreo de la corrosión:** el manejo exitoso de la corrosión se obtiene mediante la creación de un historial de resultados de monitoreo y la correlación de esos datos con los resultados reales de pruebas e inspecciones (T&I) o Inspección en marcha.

Los métodos siguientes pueden utilizarse para monitorear el comportamiento de la corrosión:

- Cupones de Corrosión.
- Sondas de Corrosión.
- Pruebas no destructivas (NDT) o en línea (OSI).
- Análisis de laboratorio.
- Análisis de productos de corrosión.
- Recuentos de hierro.
- Recuento de bacterias.
- Análisis de salmueras.
- Composición de los fluidos manejados o transportados.
- Monitoreo de cambios en las variables del proceso; es decir, presión, temperatura y/o flujo.
- Análisis de fallas.
- Inspección visual.

Los cupones de corrosión y las sondas en línea se utilizan a menudo para estudiar la eficacia de los programas de inhibidores de la corrosión o los efectos de los cambios de procesos específicos sobre la corrosión. Sin embargo, no miden con precisión la corrosión localizada (picaduras). Las lecturas se deben usar para crear un indicador de pérdida de índice de corrosión a través de la tendencia de los datos. Siempre que este indicador muestre una tendencia ascendente, el ingeniero de corrosión revisará la inhibición de la corrosión y los parámetros del proceso de las tuberías y el equipo de la planta.

Recientemente, los métodos no intrusivos han mejorado y se han vuelto más confiables para monitorear la corrosión en sistemas



donde no se pueden usar técnicas intrusivas, como en ubicaciones de alta velocidad o ubicaciones de alta presión. La mayoría de estas tecnologías se encuentran actualmente en evaluación. Algunas de las siguientes técnicas avanzadas de pruebas no destructivas o NDT pueden ser de utilidad en la inspección progresiva de equipos y tuberías:

- Mapeo de UT automatizado (P-Scan): este método se utiliza para inspeccionar recipientes y tuberías en busca de corrosión, ampollas de hidrógeno y grietas ambientales, en particular para las tuberías.
- Escáner UT avanzado: esta técnica se usa para inspeccionar tuberías y equipos a temperaturas elevadas (550 °F) y se usa para verificar el agrietamiento y la formación de ampollas por pasos.
- Tiempo de Difracción de Vuelo (TOFD): Este sistema se utiliza para detectar y dimensionar metales base y defectos de soldadura (grietas) en recipientes a presión y tuberías.
- **Técnicas de Inspección:** La inspección normalmente se refiere a la evaluación de la calidad de alguna característica en relación con un estándar o una especificación.
- Equipo: la inspección visual (VT), la medición de el espesor aleatorio por ultrasonido (UT) y la prueba de partículas magnéticas fluorescentes húmedas (WFMP) se usan comúnmente para verificar la corrosión localizada y el agrietamiento ambiental.
- Tubería: Varias técnicas como espesor ultrasónico aleatorio (UT), onda de corte UT (UTSW) de soldaduras y radiografía (RT) se utilizan para detectar pérdida de metal, corrosión preferencial de soldadura y agrietamiento fino.

Algunas de las recomendaciones para la inspección son:

- Para Interno: Realizar 10% MFL (Magnetic flux leakage) de tubos, 100% VT con medidas de UT aleatorio o 50% VT y UT aleatorio.
- Para Externa: 50% UTT de CML's (condition monitoring locations); 100% de los CML's usando UTSW manual, AUT o radiografía.
- Para CUI: 100% inspección visual externa y 100% perfil o radiografía en tiempo real de daño o área sospechosa.

Así mismo, se deben evaluar nuevas tecnologías para obtener mejores resultados debido a las actividades de inspección que se deben realizar, es decir:

- **Sistema de monitoreo de erosión-corrosión con abrazadera en línea:** El sistema de monitoreo es un dispositivo no intrusivo que permite medir el daño por

corrosión o erosión en el sistema de tuberías. Se basa en técnicas acústicas de ondas de cordero guiadas.

El uso del enfoque no intrusivo brindará flexibilidad en la selección de las ubicaciones de monitoreo en áreas congestionadas donde las herramientas necesarias para mantener los dispositivos intrusivos pueden no tener espacio para funcionar.

Se puede mejorar la seguridad y confiabilidad de la planta al identificar y monitorear la pérdida en el espesor de la pared de la tubería. La corrosión detectada por estos dispositivos podría abordarse mediante la implementación de medidas adecuadas de mitigación de la corrosión.

- **Recubrimientos protectores:** entre los que destacan:
  - Recubrimiento aislante térmico: Se aplica como alternativa al aislamiento existente en equipos, tuberías y válvulas.
  - Revestimiento de PTFE para tubería/brida de instrumentación: Previene la corrosión por estancamientos y ayuda a un mejor control del proceso.
  - Revestimiento de vidrio: Puede ser utilizado en sondas de termopozo de temperatura.
  - Recubrimientos cerámicos: Puede ser utilizado para tubos calentadores y refractarios.
  - Recubrimiento del tubo del intercambiador de calor: se puede aplicar tanto en la superficie externa como interna de los tubos.
- **Prueba de componentes de aislamiento:** utiliza el método de corriente de Foucault pulsada para medir el espesor de pared promedio restante bajo el aislamiento de acero al carbono de baja aleación/objeto ferromagnético y analizar su descomposición y es el método más confiable para la detección de corrosión.

Es una técnica excelente para aplicar en objetos que están aislados y también se puede aplicar en objetos que son de difícil acceso o de costo extremo. El rango de aplicación es enorme ya que contribuye a reducir significativamente los costos de inspección. Esta tecnología de corriente de Foucault pulsada es una excelente herramienta en línea para posicionar más trabajos de inspección durante el apagado o los trabajos de mantenimiento periódico.



## Bibliografía

API-510: "Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration".

API-570: "Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems".

API-RP-571: "Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in Refining Industry".

API-RP-572: "Inspection Practices for Pressure Vessels".

API-RP-574: "Inspection Practices for Piping System Components".

API-RP-580: "Risk-Based Inspection".

API-RP-581: "Risk-Based Inspection Technology".

ASME PCC-3: "Inspection Planning Using Risk Based Methods".





**Javier García**  
Product Manager de IBM  
Maximo para Solex



# Tecnologías de la Industria 4.0

Que están ayudando a modernizar  
la gestión de activos y del  
mantenimiento

**Es necesario comprender el rol creciente de la tecnología en la gestión de activos. La rápida innovación y el constante progreso de la tecnología, en particular en la última década, ha transformado radicalmente la gestión de activos. En muchas industrias, se han eliminado intermediarios, se han comprimido las cadenas de valor y se han reducido costos. A diferencia de las revoluciones industriales anteriores, las tecnologías de la industria 4.0 permiten obtener información en tiempo real, en cualquier lugar del planeta, y analizarla para tomar mejores decisiones.** Incluso, con ello ahora es posible predecir fallos en los activos. **¿Cuáles son esas tecnologías que ofrecen tales ventajas? Sobre eso nos centramos en este artículo.**

## ¿Qué es la industria 4.0?

El concepto de **industria 4.0** está presente desde alrededor del 2011. Se ha definido como la tendencia hacia la **automatización e intercambio de datos en las tecnologías de producción**. Consiste en la transformación digital de los procesos de producción y de la creación de valor. Para ello, se emplean sistemas físico-cibernéticos, que son la base de la industria 4.0. Es lo que llamamos máquinas inteligentes. Utilizan **sistemas de control modernos**, softwares incorporados y disponen de una dirección en internet para conectarse al internet de las cosas (IoT). De esta forma, los productos y **los medios de producción están interconectados y pueden “comunicarse”**. Esto permite nuevas formas de producción, **la creación de valor y la optimización en tiempo real**.

## La industria 4.0 en la gestión de activos

La industria 4.0 ha permitido dejar atrás prácticas y modelos intensivos en la mano de obra. Asimismo, tiene el potencial de generar grandes cambios cuando se trata de desplegar estrategias de **mantenimiento predictivo y de gestión de activos**. La implementación de la industria 4.0 en plantas y procesos, así como en las actividades de gestión de activos, da lugar a un **incremento en el rendimiento de la maquinaria**, en la productividad y en la rentabilidad. Igualmente, ofrece **oportunidades significativas para mejorar la seguridad y la confiabilidad del equipo**.

Por eso, en la actualidad, muchos líderes de activos están buscando aprovechar tecnologías como la **inteligencia artificial (IA)**, **los gemelos digitales**, **el internet de las cosas**, entre otros.

## La nube

Se trata de una red enorme de servidores remotos diseñados para almacenar y administrar datos, ejecutar aplicaciones o entregar contenido o servicios a los que se puede acceder desde cualquier dispositivo conectado a Internet.

La nube **permite gestionar activos de forma remota y acceder a los datos que se necesitan desde cualquier parte del mundo y en cualquier momento**. Esto proporciona **flexibilidad**, así como una **visibilidad y un control** inigualables de todos los activos de la empresa desde cualquier dispositivo móvil, como un celular.

La nube también se ha convertido en un espacio para guardar de forma segura información de los activos, de gran utilidad en caso de desastres.

## La inteligencia artificial (IA)

Hace referencia al uso de computadoras para imitar las funciones cognitivas humanas. Su uso ofrece grandes posibilidades en la gestión de activos.

En la actualidad, existen soluciones impulsadas por inteligencia artificial que permiten obtener una **mejor comprensión de los activos críticos y mejorar su rendimiento**. En combinación con la analítica avanzada, la IA puede analizar grandes cantidades de datos e identificar patrones operativos. Como consecuencia, ayuda a **identificar problemas y anomalías con más rapidez y tomar mejores decisiones de mantenimiento predictivo para reducir el tiempo de inactividad**.

## Internet de las cosas

La IoT es un sistema de dispositivos computarizados o de máquinas mecánicas o digitales que tienen la habilidad de transferir información por una red sin requerir intervención humana.

La IoT permite a las empresas **rastrear de forma activa información específica sobre los activos a través de sensores adheridos a ellos**. Estos sensores recopilan datos que luego son enviados a una plataforma en la nube. A continuación, los datos son analizados y transformados en información sobre el uso, el ambiente o la condición de los activos. Esto puede ser utilizado para **enviar alertas en tiempo real, realizar analítica predictiva o crear informes automáticos**.

## Gemelos digitales

Se trata de representaciones virtuales de activos físicos que replican las mismas dinámicas y los mismos componentes que conforman los objetos físicos.

Un gemelo digital puede ser **una gran herramienta para el mantenimiento predictivo**. Al analizar los datos históricos y el historial de fallos, es posible anticipar cuándo ocurrirá un fallo, dejando tiempo para planificar el trabajo de mantenimiento.

De igual manera, **permite comparar el rendimiento en tiempo real con el rendimiento de un modelo**. Con esta función es posible detectar cómo el activo se desvía de su gemelo digital en términos de producción, calidad, entre otros indicadores.

Sin duda, **las tecnologías de la industria 4.0 seguirán jugando un rol crucial en el futuro de la gestión de activos**, pues aún no han llegado a su máximo potencial.

# PUBLICA TU ARTÍCULO TÉCNICO

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

[ARTICULOS@PREDICTIVA21.COM](mailto:ARTICULOS@PREDICTIVA21.COM)

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

