

Año 10 → Edición 20 → 1<sup>er</sup> Trimestre 2018

# **CONFIABILIDAD INDUSTRIAL**

GERENCIA DE ACTIVOS + MEJORES PRÁCTICAS + ESTÁNDARES + MANTENIMIENTO + SEGURIDAD + RRHH

# 10 AÑOS

 @RCONFIABILIDAD

Una publicación de



# BUSHIDO PRO

*Ingeniería Japonesa en Sistemas de Sellado*

ESPECIALISTAS EN EQUIPOS ROTATIVOS Y ESTÁTICOS



energy **API** 682 4th Edition  
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE



## DISEÑO DE PRODUCTOS BAJO REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS

- SELLOS MECÁNICOS API 682.
- PLANES AUXILIARES API PARA SELLOS MECÁNICOS.
- PACKING API 622 PARA VÁLVULAS .

## SERVICIOS EN PRO DE UN MAYOR ÍNDICE DE CONFIABILIDAD

- INSPECCIÓN DE EQUIPOS EN CAMPO.
- ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN OPERACIONAL.
- INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE SELLADO.
- MONITOREO DE LA CONDICIÓN.
- REPARACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS.
- ADIESTRAMIENTO Y SOPORTE TÉCNICO.

***Confiabledad  
a su Alcance***

***Representante Oficial de Nippon Pillar Corporation of America***

**Oficina Principal:** Av. Circunvalación del sol, Sector F, Edificio Plaza II, Piso 3, oficina 301, Urb. Santa Paula, Edo. Miranda

**Sucursales:** Lechería y El Tigre. Edo. Anzoátegui

**Telefonos:** 0212-750.71.80 / 0281-281.12.64

**E-mail:** ventas@bushidopro.com



## CONFIABILIDAD APLICADA

- ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) SEGÚN SAE JA-1739.
- MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC).
- CURSO DE PREPARACIÓN PARA LA CERTIFICACIÓN CMRP.
- ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (ACR).
- AUDITORIA Y BENCHMARKING DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.
- GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN MANTENIMIENTO.
- INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD.
- ANÁLISIS DE COSTOS DE CICLO DE VIDA (ACCV).
- IMPLANTACIÓN DE GESTIÓN DE RIESGO INTEGRADA: ISO 31000.
- APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE RIESGO: ISO 31010.
- SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS: ISO 55000.
- ANÁLISIS RAM: CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIMIENTO (CDM).

## MANTENIMIENTO PROACTIVO

- BALANCEO DINÁMICO DE ROTORES INDUSTRIALES.
- ALINEACIÓN DE MAQUINARIA ROTATIVA.
- FUNDAMENTOS DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL.
- TECNOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LUBRICANTES INDUSTRIALES.

## INTEGRIDAD MECÁNICA

- FUNDAMENTOS DE INTEGRIDAD MECÁNICA.
- CONTROL DE CALIDAD COMO ELEMENTO DE INTEGRIDAD MECÁNICA.
- INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (IBR).
- METALOGRAFÍA APLICADA AL ANÁLISIS DE FALLAS.

## MÁQUINAS Y COMPONENTES

- MATERIALES REFRACTARIOS: SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS.
- FUNDAMENTOS METALÚRGICOS DEL PROCESO DE SOLDADURA.
- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL PARA OPERADORES.
- BOMBAS CENTRÍFUGAS: PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
- TURBINAS A GAS: PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
- TURBINAS A VAPOR: PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
- MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.
- FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLC'S.
- FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN DE SISTEMAS SCADA.
- SELLOS MECÁNICOS: TECNOLOGÍA, APLICACIONES Y MODOS DE FALLAS.

## INSPECCIÓN DE ACTIVOS

- ANÁLISIS DE VIBRACIONES NIVEL I SEGÚN ISO 18436-2.
- ANÁLISIS DE VIBRACIONES NIVEL II SEGÚN ISO 18436-2.
- FUNDAMENTOS DE TERMOGRAFÍA INFRARROJA.
- MONITORIZACIÓN DE CONDICIÓN Y EL PROCESO DE INSPECCIÓN DE ACTIVOS SEGÚN ISO 17359.
- REPARACIÓN, ALTERACIÓN E INSPECCIÓN DE RECIPIENTES A PRESIÓN BASADO EN API 510.
- REPARACIÓN, ALTERACIÓN E INSPECCIÓN DE RECIPIENTES A PRESIÓN BASADO EN NBIC.
- REPARACIÓN, ALTERACIÓN E INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍAS SEGÚN API 570.
- INSPECCIÓN, REPARACIÓN, ALTERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TANQUES SEGÚN API 653.
- PREPARACIÓN A LA CERTIFICACIÓN API 510.
- PREPARACIÓN A LA CERTIFICACIÓN API 570.
- PREPARACIÓN A LA CERTIFICACIÓN API 653.

## COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES

- LECTURA E INTERPRETACIÓN DE PLANOS DE PROCESOS ISA].
- REDACCIÓN DE INFORMES TÉCNICOS.
- MAPAS MENTALES: HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE Y MEJORAMIENTO.
- DINÁMICA DE GRUPOS: GESTIÓN HUMANA DE LA ORGANIZACIÓN.
- PNL: HABILIDADES PARA PENSAR, ACTUAR Y COMUNICARSE DE MANERA ASERTIVA.

- DIPLOMADO INSPECCIÓN PREDICTIVA DE EQUIPOS ROTATIVOS.
- DIPLOMADO INTEGRIDAD MECÁNICA.
- DIPLOMADO INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD.



# REFAMECA

DE ORIENTE RIF J-31167447-0



*La satisfacción de nuestros clientes  
es nuestra mejor referencia...*

## *Nuestra meta la excelencia*

- FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE MÁQUINAS Y EQUIPOS: Rotores, engranajes, ventiladores centrífugos y axiales, elementos de válvulas, sellos laberínticos, cojinetes, acoples especiales...
- DISEÑO Y FABRICACIÓN DE CAPSULAS (GRAPAS) PARA CORRECCIÓN DE FUGAS EN CALIENTE
- REPOTENCIACIÓN DE MÁQUINAS INDUSTRIALES
- SOLDADURAS ESPECIALES, SOPORTERÍA Y ESTRUCTURAS
- FABRICACIÓN DE PIEZAS EN FUNDICIÓN CON COMPOSICIÓN DE ALEACIONES ESPECIALES
- BALANCEO DINÁMICO DE PRECISIÓN
- SANDBLASTING Y PINTURA
- ALQUILER DE EQUIPOS, MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS
- SUMINISTRO DE PERSONAL TÉCNICO Y ESPECIALISTA
- REVESTIMIENTOS INDUSTRIALES
- DEMOLICIÓN E INSTALACIÓN DE REFRACTARIOS
- SUMINISTRO Y ALQUILER DE ANDAMIOS

# METALMECÁNICA DE PRECISIÓN

Carretera Rómulo Betancourt, Local N°1, Sector Los Potocos, Barcelona.

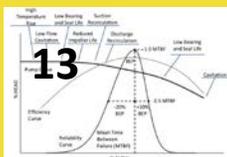
Telefax: (0281)808.47.21. Cel: 0414-815.25.46. e-mail: mercadeo@refameca.com.ve / refamecadeoriente@gmail.com

[www.refameca.com.ve](http://www.refameca.com.ve)



## En esta edición:

EDITORIAL.....	5
MEJORES PRÁCTICAS: 10 Cosas Que Un Supervisor De Mantenimiento Puede Hacer Hoy Para Mejorar La Confiabilidad De Los Equipos.....	6
LAS MÁQUINAS HABLAN: ¿Qué Nos Dice La Placa De Un Motor Eléctrico?.....	10
BOMBAS CENTRÍFUGAS: FACTORES CLAVES PARA SU SELECCIÓN...	13
LA OPINIÓN DE LOS EXPERTOS: Ingeniería De Confiabilidad, Respondiendo Tres Preguntas Claves.....	18
LA GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS.....	22
<b>DIRECTORIO INDUSTRIAL.....</b>	<b>26</b>
CONFIABILITIPS.....	27
HUMOR CONFIABLE.....	28
ESTANDARES INDUSTRIALES: Aplicación Del Estándar Api 579.....	30
CONFIABILIDAD APLICADA: Modelos Matemáticos De Cálculo De Criticidades De Activos Industriales.....	37
ENTENDIENDO LAS BASES DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA.....	44
BOLETÍN DE SEGURIDAD.....	50
GLOSARIO.....	52



Síguenos y se parte de la Confiabilidad



@RCONFIABILIDAD



www.linkedin.com/in/gtscca



CONFIABILIDAD.COM.VE

**Editor en Jefe**

David Trocel

david.trocel@confiabilidad.com.ve

**Ventas y Mercadeo**

Altair Bustillo

revista@confiabilidad.com.ve

**Colaboradores**

Evelio Chirinos

Edgar Fuenmayor

Douglas Plucknette

Fred Schenkelberg

Clistenes Pineda

Marc Gardella

Ned Rodríguez

Ernesto Primera

Camila Trocel

Sebastián Trocel

Una publicación de:



gente + tecnología + servicios

CC. Puente Real, No. N2B-48,

Barcelona, Anzoátegui, Venezuela.

0281-2779738, RIF: J-29573457-3



"Servir bien es nuestra norma, servirles mejor nuestro deseo..."

Antonio Varela / Presidente & Fundador / Electrin C.A.

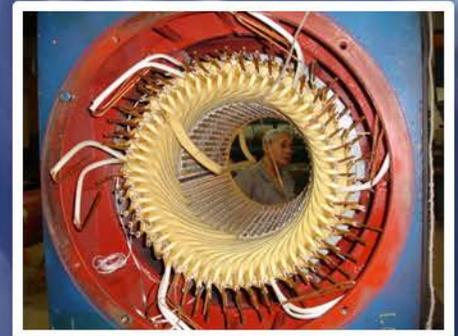


RIF. J-08018407-6

**ELECTRIN C.A.**  
**MOTORES ELÉCTRICOS**



- Bobinado y Servicio de Mantenimiento a Motores Eléctricos AC y DC
- Reparación de Generadores Eléctricos
- Reparación de Electrobombas Sumergibles y Horizontales
- Equipos de Diagnóstico y Prueba de Última Tecnología
- Balanceo Dinámico Computarizado de Equipos Rotativos hasta 8.000 Lbs
- Análisis de Vibraciones y Balanceo en sitio
- Prueba a Tensión Plena de Motores Eléctricos hasta 4160VAC 2500HP / 600VDC 400ADC



**NUEVA  
MÁQUINA  
DE  
BALANCEO  
HASTA  
9.000 KG**



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

**LEESON**

**FLYGT**

**BALDOR**

**ABB**

MIEMBRO ACTIVO DE:



Calle Sucre #128. Sector El Pensil - Puerto la Cruz - Estado Anzoátegui - Venezuela.

Teléfonos: +58 (281) 266.15.50 / 269.81.86 - Fax: +58 (281) 269.57.72 - e-mail: info@electrin.com

# ESTAMOS DE ANIVERSARIO



Pasaron 10 años desde que iniciamos este proyecto de editar una revista técnica enfocada en las áreas de Mantenimiento y Confiabilidad Industrial, no ha sido fácil, pero la pasión y el entusiasmo nos han mantenido motivados para vencer los obstáculos perseverando en el compromiso de aportar un grano de arena a la difusión de información y conocimientos para esta profesional, estudiosa, entusiasta y creciente comunidad de lectores que nos motivan con sus comentarios, sugerencias e invaluable apoyo.

Nos ha tocado editar esta revista número 20 en medio de una dura crisis social, económica y política que ha afectado todos los aspectos de la vida de nuestra Venezuela, sin embargo hemos estado comprometidos con la continuidad del proyecto y seguiremos trabajando duro en su evolución, adaptación y mejoramiento continuo, sabiendo que ya traspasamos las fronteras nacionales con lectores en toda Latinoamérica y más allá, lo que nos motiva a ser mejores para cumplir las expectativas de un público exigente, conocedor, con deseos de superación y mucho profesionalismo.

En este cumpleaños número 10 renovamos nuestro compromiso con la calidad y la educación; trabajando con la misma pasión, honestidad, fe y amor que nos hace ser cada día mejores.

Sigamos adelante...

## AGRADECIMIENTOS

La Revista Confiabilidad Industrial es producto de un trabajo en equipo, soportado en la confianza, la amistad, la colaboración y el voluntariado. Son muchas las personas a las que debemos agradecer que hoy estemos celebrando 10 años y que tengamos ganas de cumplir 100 más.

## A LOS PATROCINANTES

Sin ellos realmente sería imposible sustentar este trabajo, gracias por su confianza y constante apoyo a REFAMECA, ELECTRIN, PITS SOLUCIONES, ARGYMCA, SISVENCA, SONOTEST, TESTEK, ALTO TORQUE, SERVICIOS PYH, M&D MANTENIMIENTO PREDICTIVO, AVEPMCO, EMINCA, BUSHIDO, MRI y todas las empresas anunciantes que nos han apoyado durante estos 10 años.

## A LOS ARTICULISTAS

Colaboradores cuyo interés no es otro que contribuir con la difusión del conocimiento y de compartir su experiencia con la comunidad del Mantenimiento y la Confiabilidad Industrial, muchas gracias por su aporte incondicional, su valioso tiempo e invaluable disposición de enseñanza.

## A LOS LECTORES

Gracias a todos los suscriptores que día a día se unen a la comunidad de la Revista Confiabilidad Industrial, sus comentarios y críticas constructivas siempre serán bien recibidos, para ustedes es nuestro trabajo.

Quiero personalmente agradecer al equipo de trabajo en GTS Confiabilidad que contribuye con sus ideas, tiempo y dedicación.

Finalmente agradezco a mi familia por su apoyo y por las horas que les he quitado dedicándolas a este proyecto profesional.

*“Solo triunfa en el mundo quien se levanta y busca a las circunstancias, creándolas si no las encuentra”*

*George Bernard Shaw*

¿Cuál es su opinión sobre este tema?  
david.trocel@confiabilidad.com.ve

MEJORES PRÁCTICAS



# 10 COSAS

## QUE UN SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO PUEDE HACER **HOY** PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Por Douglas Plucknette, Allied Reliability Group, [www.alliedreliability.com](http://www.alliedreliability.com)

Hace unos meses escribí un blog como resultado de una conversación que tuve con un grupo de Técnicos de Mantenimiento que asistían a la Conferencia Internacional de Mantenimiento (IMC) del 2011. Mientras el grupo disfrutaba de la conferencia y aprendía algunas cosas nuevas, el consenso general fue que sentían que no podrían aplicar las herramientas y técnicas que estaban aprendiendo porque "la gerencia dice que respalda la confiabilidad, pero eso es solo de palabras, hablar es barato"

El blog resultante enumeraba diez cosas que los técnicos de mantenimiento podrían comenzar a hacer hoy para mejorar la confiabilidad, independientemente del nivel de apoyo que reciban del liderazgo. Puedes leer este blog en <https://accendoreliability.com/10-things-maintenance-tech-can-today-improve-reliability/>

Hoy decidí continuar el tema del blog con uno que aborda diez cosas que un Supervisor de Mantenimiento puede hacer hoy para mejorar la confiabilidad.

Así que les presento esta lista, sin un orden específico.

**Después de haber dedicado toda mi carrera al campo del mantenimiento y la confiabilidad, puedo decir con valentía que el Supervisor de Mantenimiento tiene un papel clave en la mejora continua, la salud y la viabilidad de la confiabilidad en su área y en cualquier planta. Por ello es extremadamente importante que las personas que trabajan en este rol comprendan cómo su liderazgo y su comportamiento serán la fuerza impulsora que demuestre la importancia del Mantenimiento y la Confiabilidad.**

## 1✓ ENFÓQUESE EN LOS MODOS DE FALLA.

Para quienes me conocen, no extrañarán que empiece por aquí. Una estrategia de mantenimiento basada en modos de falla es la única forma de garantizar la confiabilidad de diseño inherente de sus activos. Sin embargo, una y otra vez las empresas de todo el mundo intentan administrar y construir un plan de mantenimiento basado en ensayo y error. El problema con la estrategia basada en modos de falla es que lleva tiempo, pero recuerde este es un proceso de "mejora continua" y no se esperan resultados inmediatos. Como Supervisor de Mantenimiento, primero debe comprender el término **MODO DE FALLA** y luego comenzar a usarlo de manera regular, finalmente debe asegurarse de que cada uno de sus Técnicos de Mantenimiento lo entienda e identifica. Comprenda que en las últimas décadas, el papel del Técnico de Mantenimiento ha cambiado; la cultura del mantenimiento de emergencia y en demanda ha transformado a sus técnicos de profesionales capacitados en un grupo de "reemplaza componentes" a los que rara vez se les pregunta por qué el componente falló y en su lugar se refuerza el trabajo reactivo para cambiar rápidamente el repuesto o el equipo defectuoso.

***Su primera tarea es aprender acerca de los modos de falla, busque la ayuda especializada que lo eduque y forme a su personal.***

## 3✓ EXIJA MANTENIMIENTO DE PRECISIÓN.

Podría escribir un libro completo sobre la importancia del mantenimiento de precisión cuando se trata de operar una instalación de clase mundial, pero para un blog estoy limitado a un párrafo rápido. El mantenimiento de precisión tiene todo que ver con el tiempo que dura su equipo, especialmente los equipos rotativos: bombas, motores, cajas de engranajes, transportadores y mezcladores. Todo lo que gira debe diseñarse e instalarse con precisión, independientemente de cuán rápido gire. El mantenimiento de precisión incluye alineación de precisión, balanceo de precisión y torque de precisión, así como el uso de herramientas y equipos adecuados para cada trabajo que realiza su cuadrilla. En cuanto a los datos de los análisis de RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: MCC) que he realizado a lo largo de los años, hasta el 70% de las fallas experimentadas en el proceso de mantenimiento son el resultado de no utilizar técnicas de mantenimiento de precisión. Desde cajas de engranajes hasta interruptores de proximidad.

***Si quiere que dure mucho tiempo, ¡hágalo bien la primera vez!***

## 2✓ COMPRENDA LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.

Una de las cosas más frustrantes para el Supervisor de Mantenimiento es mantener un cronograma que le permita a su personal completar el trabajo planificado, incluidas las tareas de PM (Mantenimiento Preventivo) y PdM (Mantenimiento Predictivo), mientras sigue lidiando con las emergencias no programadas y el trabajo en demanda. La mejor manera de comenzar a lidiar con esto es realizar un ejercicio de análisis de criticidad para que pueda priorizar el trabajo en función de ello. El resultado de este análisis, bien ejecutado, le permitirá priorizar los trabajos. Un análisis de criticidad debe seguir una metodología sistemática y debe ser realizado por un equipo multidisciplinario con gente de operaciones, mantenimiento, calidad y seguridad.

## 4✓ PONGA LAS HERRAMIENTAS ADECUADAS EN LAS MANOS DE LAS PERSONAS ADECUADAS.

Tengo algunas preguntas favoritas para cada equipo de RCM con el que trabajo: ¿Cuántos de ustedes tienen su propio juego de torquímetros en su caja de herramientas? En 9 de cada 10 empresas con las que trabajo, la respuesta a esta pregunta es: "tenemos uno en el almacén, pero está bajo llave". La siguiente pregunta es, ¿cuándo fue la última vez que lo usaron? Luego pregunto ¿cuándo fue la última vez que fue calibrado? El mensaje aquí es bastante simple: si las personas no tienen las herramientas adecuadas para hacer su trabajo, usarán lo que tienen disponible. También quiero decir que alrededor de la mitad de las personas a las que les pregunto responden, que incluso si tuvieran los torquímetros, no tendrían tiempo de usarlos porque el trabajo se hace más lento. ¡En serio!... ¿Cuánto más lento? Luego comenzamos el análisis de RCM y dentro de los primeros 5 modos de falla alguien me dirá, "la polea falló porque los pernos se desprendieron por la vibración" ¿De nuevo, ¡en serio!...¿Cuándo fue la última vez que un perno del tren delantero de su automóvil o camión se desprendió? Tu vehículo vibra como loco por los baches en la carretera, así que ¿cómo es que varias veces al año no tienes que pararte a un lado de la carretera y colocar nuevamente los pernos? El mantenimiento de precisión requiere las herramientas adecuadas; asegúrese de que la gente los tenga y los use.

***¡Su segunda tarea, compre las herramientas y póngalas a trabajar!***

## 5✓ REFUERCE LOS COMPORTAMIENTOS CORRECTOS.

Como mencioné anteriormente, la confiabilidad mejorada de los equipos solo puede venir de la identificación y mitigación de los modos de falla y el sostenimiento de esa mejora dependerá de su capacidad como líder para mantener ese esfuerzo. A medida que su gente comienza a aplicar técnicas de mantenimiento de precisión y también comienza a identificar las causas (modos de falla) de las fallas y a eliminarlas o mitigarlas, es importante reforzar estas conductas. Recuerde, en el pasado se ha reforzado continuamente la cultura del “apaga fuegos” para restituir la producción. Para cambiar este comportamiento, debes reforzar las nuevas habilidades a medida que ocurren y continuar reforzándolas para siempre. El poder del refuerzo positivo es una habilidad que todo Supervisor debe tener en su cinturón de herramientas, y algo que recomiendo para aprender y comenzar a utilizar estas habilidades es leer el libro *Gestión del Desempeño: Cambio De Comportamiento Que Impulsa La Eficacia Organizacional*, por Aubrey C. Daniels y James E. Daniels. Tomé un curso de dos semanas con el Sr. Daniels y puedo decir que su marca de liderazgo tuvo un profundo impacto en mi carrera. **¡Tarea número 3, lea el libro y ponga en práctica este conjunto de habilidades!**

## 6✓ UBIQUE Y ACTUALICE LOS PLANOS.

Trabajé con un equipo de RCM el año pasado en una máquina donde la última revisión fechada en los planos que utilizamos en el análisis fue en junio de 1972. ¿Qué precisión cree que tuvo este plano? Con los medios digitales y el software de hoy en día, la capacidad de almacenar y revisar los planos es más fácil hoy que nunca antes; sin embargo, este es un problema muy común. Casi nadie tiene idea de quién es dueño de los planos de la compañía y quién es responsable de hacer las revisiones. Así que ahora, tome un plano que esté desactualizado por varios años y como electricista de mantenimiento intente solucionar los problemas que pueden haber causado que su máquina se apague sin advertencia o alarma. El reloj sigue corriendo y, a medida que pasan los minutos, su máquina deja de ganar dinero, pero usted es la persona responsable de volver a ponerla en marcha. ¿Qué haces? Puedo decirte lo que la mayoría de la gente me responde; "¡Sustituyo los componentes hasta que encuentre el que falló!". La tarea 5 es hacer que alguien sea responsable de guardar sus planos y hacer que cada uno de sus técnicos sea responsable de realizar las revisiones.

***Los planos exactos son un gran ahorro de tiempo.***

## 7✓ APOYE A SU EQUIPO.

¿Recuerdan la conversación que tuve con el grupo en IMC? Sintieron que lo único que les impedía usar las herramientas y técnicas que habían aprendido era el apoyo de la gerencia. Como líder, tienes que saber que la alineación de precisión lleva tiempo extra y requiere de habilidades y herramientas de precisión, tienes que administrar los reportes de PdM que se entregan indicando posibles fallas y tomar las acciones de mantenimiento antes de que se presente la falla, si tu personal no ve que estás luchando para hacerlo, para asegurarte de que estas cosas se hagan, ellos volverán a los viejos malos hábitos. Es un hecho comprobado que combatir fuegos paga más cuando eres un Técnico de Mantenimiento, las empresas que realizan una gran cantidad de emergencias y mantenimiento en demanda trabajan sustancialmente más horas extras. Más horas extras significa más dinero para el Técnico. Algunas de las personas de su planta incluso preguntarán por qué los Técnicos de Mantenimiento querrían mejorar la confiabilidad. La respuesta es simple: los buenos técnicos se enorgullecen de su trabajo y se enorgullecen de eliminar los defectos. **¡Tiene que ser el líder para el que quieren trabajar!**

## 8✓ CUMPLA CON LOS CRONOGRAMAS.

Un buen mantenimiento requiere disciplina y esto comienza con el trabajo de planificación y programación. Si bien el Supervisor de Mantenimiento no es ni el Planificador ni el Programador, debe estar comprometido con el cumplimiento del cronograma y trabajar con el equipo de operaciones para garantizar que se complete todo el trabajo necesario. Esto incluye la demanda de emergencia diaria, el mantenimiento correctivo planificado y especialmente las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo. Independientemente de lo que algunos quieran creer, sus Técnicos de Mantenimiento evaluarán su compromiso con la confiabilidad de acuerdo a su relación de trabajo con operaciones para garantizar que las tareas de mantenimiento proactivo se lleven a cabo.

## 9 ✓ EXIJA BUENOS DATOS Y ÚSELOS ABIERTAMENTE.

Volviendo a las preguntas que me gustaría formular al facilitar los análisis de RCM: en una escala del 1 al 10, siendo 10 el mejor, ¿cómo calificaría el CMMS de su empresa? La respuesta típica aquí es alrededor de un 3 con la gente de mantenimiento, y cuando profundizo un poco más, escucho declaraciones como "nunca ha hecho lo que prometieron que haría, es confuso y no es más que un agujero negro". "Entramos al sistema, buscamos las partes como podemos, pero no vemos el beneficio". Su CMMS debe ser la base de la organización de mantenimiento. Tiene que ser capaz de capturar con precisión el historial de fallas y apoyar una planificación y programación efectiva al tener una lista de materiales precisa, jerarquía de equipos, planes de trabajo, procedimientos, planos y clasificación de criticidad. En la mayoría de los casos, los datos que se cargaron para iniciar el proceso fueron inexactos o más cortos de lo que se necesita para que el sistema funcione correctamente. Su trabajo será exigir que el sistema se actualice y se use. De nuevo, esta es una tarea enorme, pero necesitará esta herramienta para respaldar la mejora continua en todos los aspectos de mantenimiento y confiabilidad. Su cuarta tarea es encontrar una organización o departamento que esté utilizando efectivamente su CMMS y comience a realizar los cambios que necesita para su negocio. Más importante que esto: muestre a los Técnicos de Mantenimiento cómo está utilizando el sistema y obteniendo valor de él.

**Así que ahí lo tiene, dos manos llenas de consejos con la esperanza de que reconozca el viaje que tiene por delante y que el camino que elija no solo sea importante para usted, sino también para aquellos que lo siguen en este proyecto.**

## 10 ✓ SEA LA CARA DE LA CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO.

Lo sé, esto suena emocionante, especialmente para un joven ingeniero al que se le ha asignado el puesto de Supervisor de Mantenimiento como su primer paso de avance profesional. Entienda que este trabajo no será fácil, liderará a un equipo de personas que generalmente saben más sobre el proceso y las máquinas de las que ahora es responsable; esas mismas personas también saben que tiene poco conocimiento sobre lo que hacen, cómo lo hacen y si son buenos para eso. Y, si no se involucra en todo el proceso de mantenimiento, también saben que fallará miserablemente y será reemplazado por el próximo Ingeniero joven en la fila. La clave es involucrarse en el proceso; aprenda el negocio liderando a su equipo. Tengo que decir que veo esto todo el tiempo y que si fuera un joven ingeniero al que se le asignara este rol, solo lo haría trabajando directamente con los técnicos mano a mano durante los primeros 3 meses. Debe conocer las herramientas, las tecnologías y las técnicas para apoyarlas, y si no se le concede la capacidad de trabajar codo con codo, busque un buen mentor experimentado que lo guíe. Y si usted es uno de los pocos afortunados que se queman las pestañas en el mundo del mantenimiento y la confiabilidad antes de convertirse en Supervisor, no se sienta demasiado afortunado; el equipo que lidera tendrá expectativas aún más altas para usted.

Esta es una traducción del artículo original en inglés tomado de <https://www.linkedin.com/pulse/10-things-maintenance-supervisor-can-do-today-improve-doug-plucknette/>



Douglas Plucknette es el creador de RCM Blitz™, autor de *Reliability Centered Maintenance using RCM Blitz™* y de *Clean, Green and Reliable*, un best-seller sobre cómo reducir el consumo de energía en las plantas de fabricación a través de la confiabilidad de los equipos. Doug ha publicado más de 50 artículos sobre Mantenimiento y Confiabilidad, y ha sido orador destacado y principal en innumerables conferencias en todo el mundo. [plucknetted@alliedreliability.com](mailto:plucknetted@alliedreliability.com) / [www.rcmblitzblog.com](http://www.rcmblitzblog.com)

# LAS MÁQUINAS HABLAN

## ¿QUÉ NOS DICE LA PLACA DE UN MOTOR ELÉCTRICO?

david.trocel@confiabilidad.com.ve  
GTS Confiabilidad C.A.

Las especificaciones de diseño y las capacidades operativas de la maquinaria industrial representan información fundamental para los propósitos de operación eficiente y segura, el óptimo mantenimiento y la inspección efectiva. La placa de identificación es una fuente importante de información útil, y entenderla es clave para alcanzar estos propósitos. Los motores eléctricos típicamente representan la mayor cantidad de máquinas rotativas dentro de una instalación industrial, normas como NEMA MG 1-10.40 e IEC 34-1 definen los parámetros que deben ser incluidos en la placa de identificación de los motores eléctricos. En este artículo se muestra la información principal que aparece en una placa de identificación de un motor eléctrico de inducción, explicando de forma breve el significado de cada campo, se recomienda profundizar en el tema para detalles específicos.

**NEMA e IEC son muy similares en cuanto a la información de placa de un motor, con algunas diferencias de nomenclatura, sistema de unidades y normativas especiales de cada región.**

CUSTOM 8000 ASD™ INDUCTION MOTOR ADJUSTABLE SPEED DUTY	
MODEL	8000 ASD
POWER	100 HP
RPM BASE	1800
AMPERES	300
VOLTS	480 V(MAX)
PHASE	3
EFF	90.0 PF
SERVICE FACTOR	1.15
INSULATION CLASS	F
MAX. TEMP RISE	105 °C AT SF 1.15
TIME RATING	1
INVERTER TYPE	ASD
ALTITUDE	3300 (F)
SUITABLE FOR OPERATION FROM	0 TO 1800 RPM AT CONSTANT TORQUE
SUITABLE FOR OPERATION FROM	0 TO 1800 RPM AT CONSTANT POWER
CONSTANT VOLTS / HERTZ TO	480V / 60 HZ TO 1800 RPM
SERIAL NO.	123456789
TYPE	INDUCTION
FRAME	355
ENCLOSURE	TEFC
DRIVE END BRG	SKF
LUBRICANT	30
OPP. DRIVE END BRG	SKF
LUBRICANT	30
OIL PRESSURE	10 TO 15 PSI
PSI	
OIL FLOW	1.5 TO 2.0 GPM/BRG
TO	
GPM/BRG	
AMB. TEMP. (°C)	40 MAX 10 MIN
MAX	
MIN	
MANUFACTURING DATE	12/15
RPM AT CONSTANT TORQUE	1800
RPM AT CONSTANT POWER	1800
RPM AT VARIABLE TORQUE	1800
DIRECTION OF ROTATION FACING:	
WITH	PHASE SEQ.
WITH	PHASE SEQ.

**Ubique la placa de identificación de sus motores, protéjala y manténgala en buen estado. La radiación solar, la contaminación ambiental y la humedad afectan la condición y legibilidad de la placa.**

### VOLTAJE NOMINAL

Se expresa en voltios (V), es el voltaje de diseño, en el cual el motor tendrá un desempeño óptimo. El voltaje es un valor fijo, pero tiene una tolerancia de  $\pm 10\%$ . Algunos motores se diseñan para operar a más de un voltaje, en estos casos la placa indicará ambos valores. Cada voltaje de operación requiere una conexión diferente, y de ser el caso, la placa también indicará los esquemas de conexión para cada voltaje. El factor de potencia, el par, la eficiencia y la corriente son especificados sobre el voltaje y frecuencia nominales.

### DATOS DE MANUFACTURA

Es un campo relativamente libre para la nomenclatura del fabricante, se indica el tipo de motor que generalmente especifica si se trata de un motor de una fase o multifásico, de velocidad fija o multi-velocidad, entre otras características de construcción. Conocer el tipo de motor ayuda a encontrarlo en el catálogo del fabricante, con ello se accede a información de mantenimiento, dimensiones, repuestos, capacidades, etc., Junto con el serial, es el código de presentación del motor.

### EFICIENCIA

Se expresa como un porcentaje. La eficiencia es la relación de potencia mecánica de salida del motor dividida por la potencia eléctrica de entrada. Es un parámetro de evaluación de desempeño. El valor de placa se refiere a máxima carga. En la placa también se indica una clasificación de eficiencia especial, según IEC, se clasifican en IEC1, IEC2, IEC3, para eficiencia estándar (EFF1), alta eficiencia (EFF2) y eficiencia Premium (NEMA Premium) respectivamente.

### FRECUENCIA NOMINAL

Se expresa en hertz (Hz), es la frecuencia de suministro, típicamente son valores de 60 o 50 Hz. Cada país tiene un suministro estándar. Algunos motores se diseñan para operar con variadores de frecuencia, en estos casos la placa debe indicar el rango de estos valores.

### POTENCIA

Se puede expresar en HP o Kw e indica la salida mecánica al eje del motor. La potencia (P) es proporcional a la velocidad (RPM) y el torque (T), T es la fuerza de giro del eje. Dos motores pueden tener la misma potencia, pero si uno es más rápido, tendrá menos torque.  $T = P/RPM$ .

### FACTOR DE POTENCIA

"PF" o "P .F" o  $\cos \phi$ . Es una expresión de la relación de potencia activa (W) a potencia aparente (VA) expresada como un porcentaje. La placa indica el factor de potencia para el motor a plena carga. Un factor de potencia cercano 1 (100%) es lo deseable.

### CANTIDAD DE FASES

Se indica si es un motor de una fase o trifásico. Los motores de una fase pueden ser de uno o dos conductores vivos, para 115V o 230V respectivamente. Los trifásicos tienen tres conductores vivos.

### CORRIENTE NOMINAL

Se expresa en amperios (A), es el consumo de corriente del motor operando a su máxima carga, al voltaje y frecuencia especificada. Con fases desbalanceadas o una caída de voltaje por debajo de la tolerancia, la corriente cambia considerablemente.

### RPM NOMINAL

Se expresa normalmente en RPM, se refiere a la velocidad de giro del rotor a máxima carga. La RPM es variable en función de los niveles de carga del motor.

# DATOS DE PLACA EN MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN: INFORMACIÓN CLAVE

## ALIMENTACIÓN

## SALIDA MECÁNICA

## CONFIABILIDAD

## DESEMPEÑO

## CONSTRUCCIÓN

### TEMPERATURA/TIPO DE AISLAMIENTO

Se expresa con una letra, está referido para una vida útil de 20.000 horas a una determinada temperatura según la clase de aislamiento. El aislamiento clase A se clasifica para 105°C, el B para 130°C, el F para 155°C y el clase H para 180°C.

### CÓDIGO DE DISEÑO

Se designa con una letra, A, B, C o D, que describe las características de corriente y torque para el arranque del motor.

### CÓDIGO (KVA CODE)

Se designa con una letra, desde la A hasta la V. Este valor se usa para calcular los kVA y la corriente de entrada al arranque, según la tabla NEC correspondiente y la potencia de placa. Mientras mayor es la letra designada, mayor en la corriente de arranque por HP.

$$\text{KVA} = 20\text{HP} \times \text{valor de letra (kVA/HP)}$$

$$\text{Corriente Arranque} = 1000 \times \text{kVA} / 1.73 \times V$$

### RODAMIENTOS / COJINETES

Indica el modelo y tipo de rodamientos o cojinetes que usa el motor, tanto del lado libre como del lado acople. Es una designación estándar, sin una marca o fabricante particular. Pero algunos fabricantes incluso colocan un código propio asociado a un repuesto o número de parte interno.

### LUBRICACIÓN

Puede ser en esta placa o en otra adicional, pero se suele indicar el tipo de grasa o aceite que usan los rodamientos, igualmente las cantidades y frecuencias de lubricación.

### FRAME

Determina las dimensiones de la carcasa, las patas y altura de eje, información útil para el montaje, izamiento y alineación. Se designa con un código numérico o alfanumérico NEMA o IEC, cada código corresponde a un patrón dimensional y hay designaciones especiales.

### FACTOR DE SERVICIO

El factor de servicio es la fracción de sobrecarga que un motor puede soportar durante cortos periodos de tiempo, siempre que opere a la tensión y frecuencia nominales. Por ejemplo un motor 30 HP con un FS de 1,15 puede operar por cortos tiempos a 34 HP. No es una buena práctica operar con sobrecarga frecuentemente, esto disminuye la vida útil y disminuye el desempeño del motor.

### SERVICIO (DUTY)

Indica cuánto tiempo puede funcionar el motor a la carga nominal de forma segura. Una clasificación continua, "CONT", indica que el motor puede operar continuamente 24 horas/7 días. Otros motores diseñados para uso intermitente indicarán este tiempo en minutos, son motores de construcción más sencilla y por ende más baratos.

### SEGURIDAD

Es habitual ver en las placas algunas marcas relacionadas con certificaciones especiales o reconocimientos, por ejemplo CSA, que identifica a la Asociación Canadiense de Estándares. Otras marcas más específicas pueden indicar si un motor es apto para operar en ambientes explosivos, por ejemplo alguna clasificación UL, Ex, FM, etc.

### MÁXIMA TEMPERATURA AMBIENTE

(AMB) La placa de identificación indica la temperatura ambiente máxima a la que puede funcionar el motor y aún está dentro de la tolerancia de la clase de aislamiento en el aumento máximo de temperatura. A menudo se llama "AMB" en la placa de identificación y generalmente se da en °C. Si no se indica se asume 40°C.

### ALTITUD

Esta indicación muestra la altura máxima sobre el nivel del mar en la que el motor permanecerá dentro de su curva de temperatura de diseño, cumpliendo con todos los demás datos de la placa de identificación. Si la altitud no está indicada en la placa, la altura máxima sobre el mar es de 1000 metros.

### PROTECCIÓN

Clasifica el grado de protección contra el ambiente y el método de enfriamiento. Puede tener una clasificación IP para el grado de protección y una denominación ENCL que indica el tipo de enfriamiento y cerramiento de la carcasa, por ejemplo un ENCL tipo TEFC se refiere a Totally Enclosed Fan Cooled (Ventilador de Enfriamiento Totalmente Encerrado).

El motor dice mucho a través de su placa.



Los datos de placa son parámetros que deben ser siempre considerados para una operación confiable y eficiente, una inspección efectiva y un mantenimiento adecuado. Operar un motor fuera de los límites de diseño reducirá drásticamente su vida útil y su eficiencia. Operadores, inspectores y mantenedores deben entender todos estos parámetros y relacionarlos con la condición operativa y funcional del equipo.



Centro de Conocimientos que promueve y brinda experiencias, guías, prácticas, técnicas, herramientas, modelos y metodologías para la Gestión de Activos y Riesgos, Ingeniería de Confiabilidad, Mantenimiento y Maquinarias Rotativas, para el universo de profesionales de la ingeniería e industria mundial a través de programas de Formación, Capacitación, Investigación, y Desarrollo.



## Gestión de Activos y Riesgos:

- ISO-55000: Gestión de Activos Físicos.
- ISO-31000: Gestión del Riesgo.
- RBM. (Risk-Based Methods) Métodos Basados en Riesgo.

## Ingeniería de Confiabilidad:

- Técnicas de Confiabilidad.
- KPI. Indicadores Claves de Desempeño.
- BSC. Indicadores Balanceados de Gestión.
- Estudios RAM. Confiabilidad / Disponibilidad / Mantenibilidad.
- RCM. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- RCA. Técnicas de Análisis Causa Raíz.
- RBS. (Risk-Based Spare): Inventarios Basados en Riesgos.
- TPM. (Total Productive Maintenance): Mantenimiento Productivo Total.
- Lean Six Sigma.
- LCC. (Life Cycle Cost): Análisis de Costo de Ciclo de Vida.

## Maquinaria Rotativa:

- Selección, Aplicación y Operación de Sistemas de Bombeo.
- Mantenimiento de Bombas y Compresores.
- Mantenimiento Mayor de Bombas (Overhaul)
- Sellos Mecánicos y Sistemas de Sellado.
- Compresores: Reciprocantes, Centrífugos y de Tornillo.
- Confiabilidad de Sistemas de Bombeo.
- Turbinas a Gas: Operación y Mantenimiento.
- Confiabilidad de Turbinas a Gas.
- Cojinetes: Aplicaciones y Análisis de Fallas.
- Fundamentos de Hidráulica.
- Alineación de Equipos Rotativos.
- Lubricación Industrial.
- Análisis Metalúrgico de Fallas.

## Técnicas Predictivas:

- Análisis de Vibraciones Mecánicas.
- Análisis de Aceites Lubricantes (Tribología).
- Termografía Infrarrojo.
- Ruido Ultrasónico.

## MODALIDADES

Presenciales



Distancia (On-line)



Programas Avanzados

Diplomados

Cursos

Talleres



**PERSONAS**

Pirámide Evolutiva de la Confiabilidad  
All rights reserved. © MRI

Mobile City, Alabama - USA. 36695  
+1 251 285 0287 / +1 205 578 7025  
[info@machineryinstitute.org](mailto:info@machineryinstitute.org)

@MachineryRelia

MachineryInstitute

[www.machineryinstitute.org](http://www.machineryinstitute.org)



# BOMBAS CENTRÍFUGAS

## FACTORES CLAVES PARA SU SELECCIÓN



Por Ernesto Primera, MSc, CMRP, CQRM, CSSGB, VAIII.  
ASME Global Instructor & Speaker Bureau.  
Hydraulic Institute Industry Partner & Instructor.  
primeram2@asme.org / www.ernestoprimer.com / Twitter: @ernestoprimer

Seleccionar una bomba centrífuga entre las innumerables opciones disponibles puede ser desalentador, pero la decisión debe tomarse. Diversos factores tales como el flujo requerido, la altura diferencial, las condiciones de succión, etc., deben sopesarse frente a los costos de capital, el costo de la energía, los costos operativos y el costo de mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida.

### COSTOS OPERACIONALES

Los costos principales son representados por la energía consumida, el mantenimiento, el costo de adquisición y otros costos asociados a la operación. En este grupo, el costo de energía no solo es el mayor, sino que puede ser el más controlable partiendo de una buena selección basada en parámetros hidráulicos y rotodinámicos.

Este artículo se enfocará en los parámetros de diseño hidráulico tales como velocidad específica (Ns), velocidad específica de succión (S), altura neta positiva de succión (NPSH) y su margen, eficiencia de la bomba y algunas otras consideraciones mecánicas.

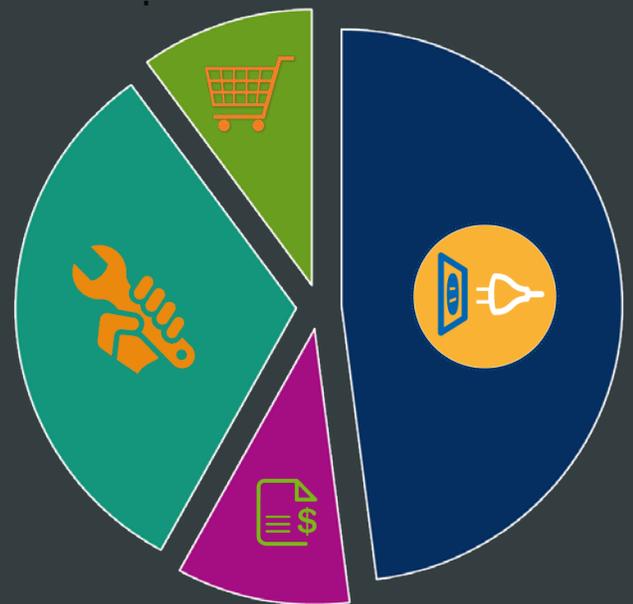


Figura 1. Costo típico del ciclo de vida para una bomba industrial de tamaño mediano  
Fuente: Instituto de Hidráulica.

## VELOCIDAD ESPECÍFICA

$$N_s$$
$$N_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$

$n$  = RPM

$Q$  = Caudal, m<sup>3</sup>/seg ó US GPM.

La geometría óptima de los rotores de una bomba está influenciada principalmente por la Velocidad Específica  $N_s$ , este es uno de un grupo de parámetros adimensionales que surge de un análisis de la ecuación física completa para el rendimiento de la bomba. En esta ecuación, las cantidades de rendimiento como la eficiencia hidráulica y la altura  $H$  se establecen para funciones del caudal volumétrico  $Q$ , velocidad rotativa  $N$  o velocidad angular, diámetro del rotor  $D$  o radio  $r$ , viscosidad, NPSHA y algunas cantidades que tienen menor influencia. El límite más bajo efectivamente es  $\Omega_s = 0.2$  ( $N_s = 500$  Aprox.) en donde aún se considera un impulsor, para valores más bajos lo típico es encontrar una rueda tipo "Barske" o disco de arrastre. Al mismo tiempo las mayores eficiencias son alcanzadas en bombas con grandes capacidades en el rango de  $N_s$  entre 2250 y 3000.

## VELOCIDAD ESPECÍFICA DE SUCCIÓN

La Velocidad Específica de Succión ( $S$ ), al igual que la Velocidad Específica del impulsor ( $N_s$ ), es un parámetro o índice de diseño hidráulico, excepto que aquí es esencialmente un índice descriptivo de las capacidades de succión y características de un determinado impulsor de primera etapa. La Velocidad Específica de Succión puede variar entre 3000 y 20000 según el diseño del impulsor, la velocidad, la capacidad, la naturaleza del líquido, las condiciones de servicio y el grado de cavitación. A partir de la experiencia, se han encontrado valores razonables de  $S$  para fines de estimación en el rango de 7000 a 12000 para agua, dependiendo de la velocidad de la bomba y del tipo de servicio bajo el cual opera la bomba. Las bombas que manipulan hidrocarburos pueden funcionar satisfactoriamente con valores de  $S$  hasta 15000 o más. Bombas con valores de  $S$  mayores a 11000 deben ser evaluadas y seleccionadas con mucho cuidado.

$$S$$
$$S = \frac{n \sqrt{Q}}{NPSH_3^{0,75}}$$

$n$  = RPM

$Q$  = Caudal, m<sup>3</sup>/seg ó US GPM.

## NPSHr y NPSHa

No menos importante es el análisis del margen entre "Altura Neta Positiva de Aspiración" disponible (NPSHa), siendo esta una característica del sistema, el producto bombeado, su presión de vapor y temperatura; y la "Altura Neta Positiva de Aspiración" requerida (NPSHr) que a su vez es inherente al diseño del impulsor y más específicamente al ojo de la succión del impulsor. Existen varios criterios sobre el NPSHr tales como 3%, 1%, 0% o incipiente, el criterio más ampliamente aceptado es 3% de caída de la altura. De la misma forma existen recomendaciones generales acerca del margen entre el NPSHa y NPSHr desde 10% sobre el NPSHr o no menos de 5 pies de altura sobre el NPSHr para agua; estos criterios son diferentes para hidrocarburos, productos criogénicos entre otros.

## EFICIENCIA

# n

La eficiencia de la bomba para una condición dada nos da una indicación del diseño hidráulico y mecánico. La importancia de la eficiencia en la selección de la bomba es debido al impacto directo en el costo de la energía total durante la vida de la máquina, así como también la confiabilidad y el costo de mantenimiento. Las máximas eficiencias alcanzables han sido extensamente estudiadas y existen gráficos basados en pruebas reales disponibles como buena referencia para evaluar los diseños. Como se muestra en la figura 2.

Por otro lado, la eficiencia en el punto nominal de operación puede diferir en gran escala con respecto al punto de mejor eficiencia de la bomba (BEP), y las repercusiones sobre este modo de operación de manera continua son conocidas, las mejores prácticas indican que el punto nominal de operación se debe encontrar dentro del rango preferido entre 80% y 110% del punto de mejor eficiencia (BEP). Así mismo es reconocido por las normas API, HI entre otras, tal como se muestra en la figura 3.

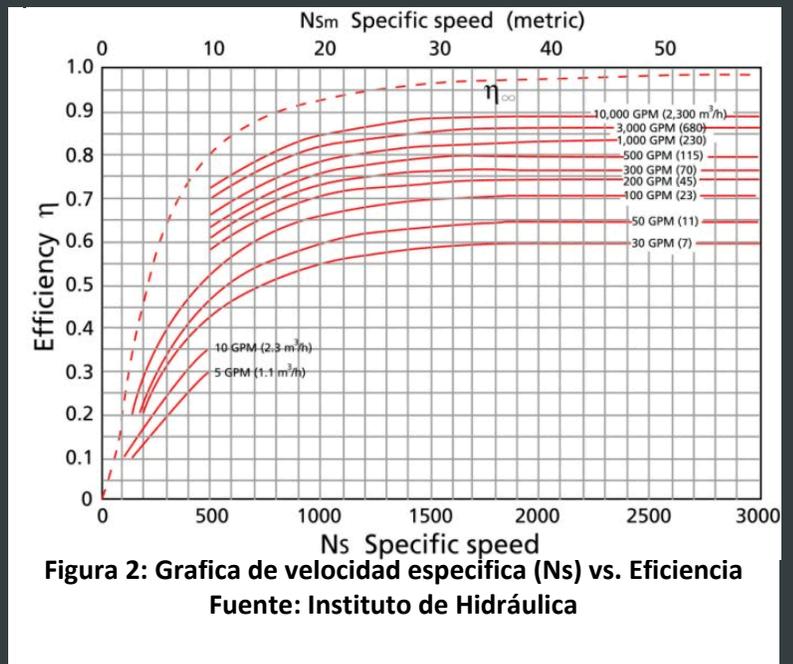


Figura 2: Grafica de velocidad específica (Ns) vs. Eficiencia  
Fuente: Instituto de Hidráulica

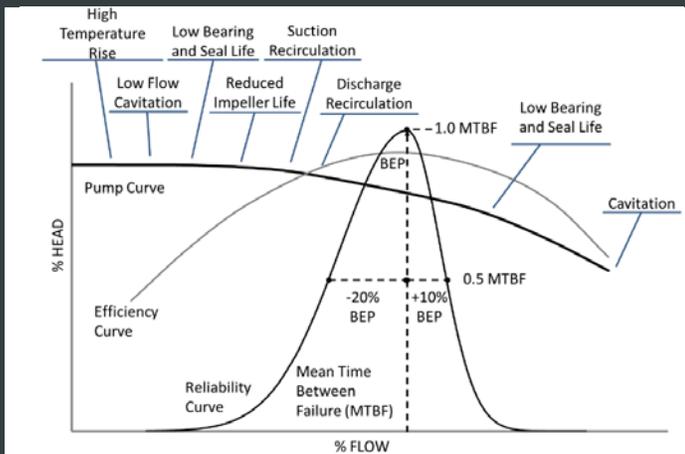


Figura 3: Curva de una Bomba Centrífuga, Eficiencia y Confiabilidad. Fuente: Instituto de Hidráulica

En lo que se refiere a curvas “estable” e “inestable”, y a la preferencia por curvas de Altura vs. Caudal “estables” (con un continuo aumento de la altura hasta el punto de cero flujos) en general y como requisito para el funcionamiento paralelo, se establece que, para operación en paralelo, un aumento mínimo del 10% del flujo nominal (no flujo normal) para cerrar o flujo cero es especificado. Se nota que muchas prácticas especifican un aumento del 5% para la operación con una sola bomba y un mínimo de 10% para bombas en paralelo. Sin embargo esta recomendación generaliza estos valores, como regla general la elaboración de la curva de sistema y el estudio de la interacción con la bomba podría arrojar resultados diferentes y hacer posible una operación exitosa por fuera de estos valores recomendados.

En cuanto al tamaño ineficiente del impulsor. En algunas especificaciones mencionan que el diámetro del impulsor no será mayor de 90 o 95 % del que puede aceptar la bomba, a fin de tener una reserva de carga. Si esta reserva se utiliza sólo un 5 % del tiempo, esas bombas funcionarán casi siempre a menos de su eficiencia.

## ASPECTOS MECÁNICOS

En adición a estos conceptos hidráulicos, es de igual importancia observar algunos elementos mecánicos del diseño, su relación con el desempeño de la bomba, la confiabilidad y el costo inicial.

La rotodinámica de la bomba es la segunda tarea del diseñador, siendo este tema crítico de incluir en la selección de las maquinas, y en algunos casos es recomendable realizar un análisis rotodinámico.

El análisis rotodinámico estándar se compone de cuatro partes:

- (a) Modelado del rotor y sistemas de cojinetes.
- (b) Análisis de velocidad crítica no amortiguado.
- (c) Análisis de respuesta de desequilibrio amortiguado.
- (d) Análisis de estabilidad de la dinámica del rotor.

En un diseño de bomba centrífuga, el diámetro del eje y el tamaño del cojinete pueden verse afectados por la deflexión permitida según lo determinado por la rigidez del eje, el peso del impulsor, las fuerzas radiales y torque a transmitir. Por tanto, es recomendable estudiar con atención durante el proceso de selección las siguientes características del diseño del rotor y estator-colector:

1. Rigidez del eje (diseño flexible versus rígido)
2. Tipo de colector (tipo voluta o difusor)
3. La distancia entre apoyos-cojinetes.
4. Tipo de cojinetes.
5. Velocidad en la punta del alabe.
6. Tipo de sellos anulares.
7. Potencia por etapa.

## CONCLUSIONES

**Es importante saber distinguir entre la mejor eficiencia alcanzable y la eficiencia sostenible. La eficiencia alcanzable no solo depende de la velocidad específica ( $N_s$ ) también depende de factores tales como el diseño del impulsor, las dimensiones relativas de las holguras internas, la rigidez relativa del diseño del eje (Particularmente cierto para bombas multietapas).**

**La eficiencia en el diseño de la bomba generalmente se puede mejorar utilizando altos coeficientes de altura, reduciendo las holguras internas, y reduciendo el diámetro del eje motriz este último también aporta al desempeño de la succión.**



**Ernesto Primera, BSc. MSc, CMRP - CQRM - CSSGB - VAIII - PCIM**

Técnico Superior e Ingeniero Mecánico del Complejo Educativo Antonio José de Sucre en Venezuela con Maestría en Mantenimiento Predictivo y Técnicas de Diagnóstico de la Universidad de Sevilla en España, actualmente cursando el PhD en Ingeniería Mecánica/Confiabilidad de Maquinarias Rotativas en la Mississippi State University en USA. Certificado CMRP, CQRM, CSSGB y Nivel III en Vibraciones Mecánicas. Acreditado Instructor para ASME, ASTM e Hydraulic Institute.



Asociación Venezolana de Profesionales  
de Mantenimiento y Confiabilidad

Impulsando  
el desarrollo  
a través de  
la inteligencia  
colectiva



[www.avepmco.org.ve](http://www.avepmco.org.ve)

 AVEPMCO

 @AVEPMCO

# INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD RESPONDIENDO TRES PREGUNTAS CLAVES

Los ingenieros resuelven problemas y optimizan las soluciones

Por: Fred Schenkelberg, FMS Reliability. [www.fmsreliability.com](http://www.fmsreliability.com)

Los retos de la ingeniería comienzan con preguntas. El trabajo de los ingenieros es responder esas preguntas. ¿Podemos crear una antena con suficiente alcance? ¿Cómo podemos hacer un automóvil de conducción autónomo y seguro? ¿Cuánto puede transportar un dron de entrega si tiene un alcance de 160 kilómetros? Los ingenieros de confiabilidad no son diferentes. Hacemos preguntas y trabajamos para responderlas y resolver los problemas en la búsqueda de proporcionar a la industria soluciones confiables. **En forma amplia y general, el Ingeniero de Confiabilidad encara unas pocas preguntas: ¿qué fallará?, ¿cuándo fallará? y ¿cuál será el impacto de una falla?** Las respuestas se utilizan para diseñar productos confiables, optimizar las cadenas de suministro y los procesos de ensamblaje, refinar las condiciones de garantía e identificar riesgos comerciales significativos.

## ¿QUÉ FALLARÁ?

Mi forma favorita de entender un producto es romperlo. ¿Qué puede y qué no puede hacer? ¿Qué pasa cuando se moja? ¿Qué tan bien funciona cuando uso guantes?, etc.

Los ingenieros pueden resolver problemas cuando conocen los detalles del problema. Saber cómo falla un producto permite mejorarlo y hacerlo más robusto si se desea. Cuando se trabaja para crear un producto más robusto y más confiable, afloran opiniones y conjeturas orientadas a alcanzar los objetivos.

Saber qué falla y bajo qué condiciones lo hace, proporciona los detalles necesarios para crear soluciones.

Saber cómo falla un producto incluye saber si la falla conduce a un problema de seguridad o no. Incluye saber si el diseño, la variabilidad de los componentes, el control del proceso u otras variables proporcionarán una solución probable.

Para responder a la pregunta ¿qué fallará? utilizamos herramientas como AMEF, HALT y pruebas ambientales. Capturamos información con la simulación de debilidades, fallas de prototipos, variaciones de línea de ensamblaje y componentes, resultados de proveedores, pruebas internas y de clientes y pruebas de campo.

***Las fallas potenciales y reales revelan lo que fallará.***



## ¿CUÁNDO FALLARÁ?

Una vez que comprendamos lo que fallará, la siguiente pregunta implica cuándo ocurrirá esa falla. ¿Cuánto tiempo antes de que estas juntas de soldadura fallen? ¿Cuánto tiempo antes de que la corrosión conduzca a la falla de este soporte? ¿Cuánto tiempo transcurrirá antes de que el desgaste del material produzca una grieta?

Los productos de consumo duran 5 años, los automóviles 10 años, los paneles solares 25 años. Si se producen demasiadas fallas del producto dentro del período de garantía o demasiado pronto de acuerdo con las expectativas del cliente, eso no es bueno para su organización o marca.

Si tiene objetivos de confiabilidad, y debería tenerlos, entonces es natural comparar los estimados de tiempo para fallar de su producto con esos objetivos. ¿La tasa de fallas de campo será lo suficientemente baja como para cumplir con nuestros gastos de garantía proyectados? ¿Experimentarán los clientes el bajo costo de propiedad esperado debido a pocas o ninguna falla del sistema?

Durante el desarrollo del concepto y el diseño inicial del producto, las estimaciones sobre cuándo fallará incluyen:

- Criterios de ingeniería.
- Comparaciones similares de productos / subsistemas.
- Física de modelos de falla y simulaciones.

Durante las etapas del ciclo de vida con prototipos, las estimaciones pueden incluir el uso de:

- Pruebas de vida de confiabilidad.
- Pruebas de entorno / estrés.
- Prueba de vida acelerada.
- Análisis de datos de campo.

***Saber cuándo algo fallará ayuda a saber si todavía es lo suficientemente confiable.***

Esta información, junto con las respuestas sobre ¿qué fallará? y ¿cuándo fallará? le permitirá a

## ¿CUÁL ES EL IMPACTO DE LA FALLA?

No todas las fallas son iguales. Algunas veces, lo que técnicamente es una falla pasa desapercibida o es tan leve que no justifica ninguna acción para afrontarla. Otras veces, una falla causa un daño catastrófico y hasta la pérdida de vidas.

**Saber qué y cuándo algo fallará, a menudo requiere que nos hagamos las preguntas "¿y qué?" ¿Qué pasa si esto falla? ¿Cuál es la consecuencia para nosotros, el ambiente, nuestra organización, el cliente, y la sociedad?**

El costo de una falla no es simplemente el costo de reemplazar o reparar el componente defectuoso. Sus clientes diseñan y fabrican un producto para proporcionar una función, para resolver un problema, para llevar a cabo tareas comerciales o domésticas. Considere el impacto potencial de una alarma de humo que no funciona durante la etapa inicial de un incendio en su casa.

Considere lo que sucede cuando un producto no funciona como se espera, por el tiempo que se espera o de manera confiable. En algún momento, la acumulación de fallas erosiona la confianza del cliente en la solución y en la capacidad de su marca de crear un producto valioso. Las ventas se vuelven más difíciles y costosas, la cuota de mercado se erosiona, etc.

Otra consideración sobre el impacto de una falla es la seguridad. Una falla que es un peligro serio para la seguridad debe ser considerada de alto impacto.

Además, considere la magnitud de las fallas potenciales. ¿Es probable que la falla ocurra solo en algunos casos o situaciones aisladas, u ocurrirá esta falla en la mayoría o en todos los productos? Una molestia relativamente menor que ocurre en cada producto todos los días podría ser un problema importante. La devolución de productos que ocurren dos veces sobre lo esperado puede destruir la rentabilidad.

***Considere el impacto de las fallas, incluidos los impactos financieros y de satisfacción al cliente.***

usted y a su equipo abordar los pocos problemas críticos para avanzar significativamente hacia la entrega al mercado de un producto confiable.

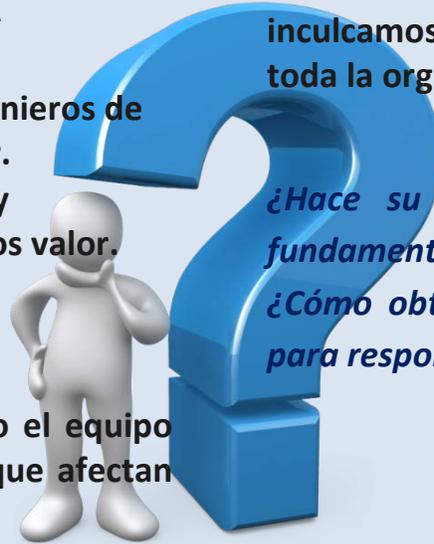
## **ENFÓQUESE EN RESPONDER LAS PREGUNTAS**

**Todo lo que hacemos como ingenieros de confiabilidad debe agregar valor. Enfocándonos en las preguntas y respondiéndolas bien, agregamos valor.**

**Nuestro trabajo permite a todo el equipo abordar y resolver problemas que afectan**

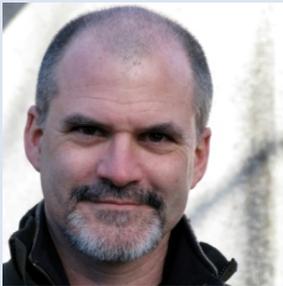
**la confiabilidad del producto. Al abordar las preguntas sobre qué, cuándo e impacto, y ayudar a nuestros equipos a formular y responder estas preguntas, inculcamos una cultura de confiabilidad en toda la organización.**

*¿Hace su organización estas preguntas fundamentales sobre la confiabilidad?  
¿Cómo obtienen la información necesaria para responderlas?*



Traducido del artículo original en inglés:

<https://accendoreliability.com/reliability-engineering-answering-3-questions/>



Fred Schenkelberg es una autoridad internacional en ingeniería de confiabilidad. Es el experto en confiabilidad de FMS Reliability, una firma de consultoría de administración y confiabilidad que fundó en 2004. Fred viene del equipo de confiabilidad de Hewlett Packard (HP) donde ayudó a crear una cultura de confiabilidad en toda la corporación. Su pasión es trabajar con equipos para mejorar la confiabilidad de los productos, la satisfacción del cliente y la eficiencia en el desarrollo de productos reduciendo los riesgos y los costos de garantía. Fred se especializa en desarrollo de programas de confiabilidad, análisis y diseño de pruebas de vida aceleradas, estadísticas de confiabilidad, evaluación de riesgos, planificación de pruebas y capacitación. Tiene una Licenciatura en Ciencias en Física de la Academia Militar de los Estados Unidos y una Maestría en Ciencias en Estadística de la Universidad de Stanford. [fms@fmsreliability.com](mailto:fms@fmsreliability.com).



# TECNOLOGÍA PARA EL MANTENIMIENTO PROACTIVO



Una gama de productos y servicios adaptados a sus necesidades y presupuesto.



- 😊 ALINEACIÓN LÁSER
- 😊 BALANCEO DINÁMICO
- 😊 MEDICIONES GEOMÉTRICAS
- 😊 MONITOREO DE CONDICIÓN
- 😊 MONITOREO REMOTO
- 😊 HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS

[WWW.MYDMANTENIMENTOPREDICTIVO.COM](http://WWW.MYDMANTENIMENTOPREDICTIVO.COM)

CARACAS, VENEZUELA. RIF: J-30266236-2



58-414-8174180 / 414-3205349

[VENTAS@MYDMANTENIMENTOPREDICTIVO.COM](mailto:VENTAS@MYDMANTENIMENTOPREDICTIVO.COM)

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA VENEZUELA, ARUBAY CURAZAO DE:



PRÜFTECHNIK

# PASO A PASO DE UNA GESTIÓN DE RIESGO EN PROYECTOS

Por: Ned Rodríguez  
PITS Soluciones C.A.  
[www.pits.com.ve](http://www.pits.com.ve)  
[rodriguezned@pits.com.ve](mailto:rodriguezned@pits.com.ve)

La incertidumbre es parte de la naturaleza de todo proyecto, considerando que la ejecución de un proyecto puede ser vista como hacer algo que no se ha hecho antes, o al menos no en las mismas condiciones, que además la ejecución de un proyecto tiene como objetivo primordial generar un cambio, y los seres humanos naturalmente nos oponemos a los cambios porque estos nos resultan incómodos, entonces los proyectos desde su origen deben sortear o lidiar, por un lado, con la incertidumbre y por otro, con la resistencia de los interesados. Además la ejecución de los proyectos tiene las restricciones de alcance, tiempo y costo que el entorno, los clientes y los ejecutores le imponen, por lo que resulta altamente necesario ir más allá de lo evidente para ser exitosos en tan importante área profesional, de tan alto impacto en lo social y económico, como lo es la ejecución de proyectos.

## PASO 1: PLANIFICACIÓN

**El primer paso es definir como realizaremos la gestión de los riesgos, en este momento decidimos cuáles herramientas, métodos, técnicas, dinámicas, escalas de valores, roles, posibles acciones y presupuesto utilizaremos para realizar la gestión de los riesgos en nuestro proyecto.**

**Comúnmente estas definiciones son aportadas por la organización ejecutora a través de los activos de procesos o a través del sistema de gestión de proyecto, el cual estará enmarcado dentro del sistema de gestión de calidad.**

## PASO 2: IDENTIFICACIÓN

Una vez establecido nuestro marco de trabajo iniciamos la verdadera gestión identificando los riesgos de nuestro proyecto, para este paso se debe contar con la participación del equipo de proyecto, por medio de Tormentas de Ideas, Grupos Focales, Delphi, FODA, entrevistas, encuestas, revisión de documentación del proyecto, consulta a expertos y cualquier otra herramienta estructurada de levantamiento de información. El objetivo en este punto es encontrar la mayor cantidad de riesgos relevantes o pertinentes.

**Además del equipo de proyecto resulta conveniente involucrar a clientes, proveedores y a miembros de la organización ejecutora que no sean parte del equipo. Aquí aplica mas es mejor!**

Los riesgos deben ser identificados a través de varios elementos que lo definen; Causa, Evento e Impacto. Es opcional en este punto identificar una acción para su atención, esta acción sólo tendría un carácter preliminar y sería revisada en pasos posteriores para ser ajustada.

#	Tipo de Riesgo	Descripción Riesgo	Causa	Impacto			Probabilidad
				Tiempo	Alcance	Costo	
1							
2							
3							

EJEMPLO DE REGISTRO DE RIESGOS

Para cerrar este segundo paso registramos todos los riesgos que hayan sido identificados y creamos el **Registro de Riesgos**.

## MEJORES PRÁCTICAS

Para completar la identificación tipificamos los riesgos según una **Matriz de Desagregación de Riesgos**.

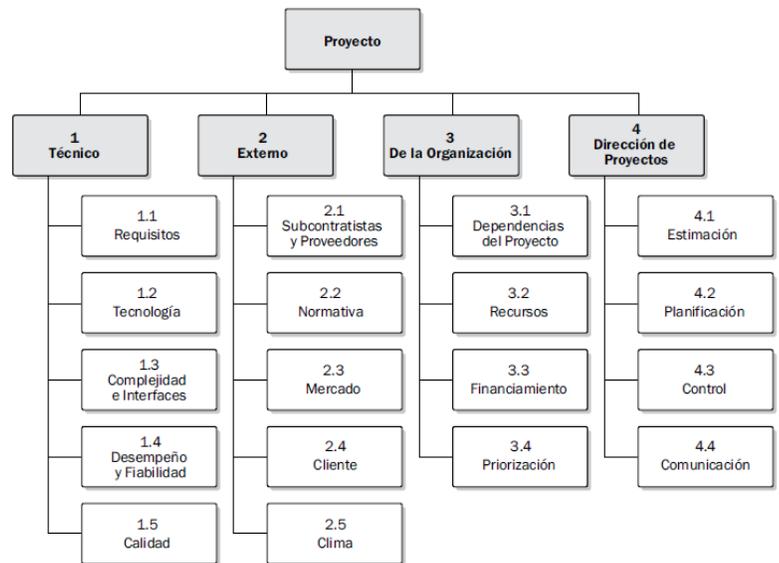
Identificar igual número de Amenazas y de Oportunidades, realizar el esfuerzo por igualar ambos números, ya que es común que los ejercicios de identificación se focalizan en las Amenazas.

Involucrar al mayor número posible de miembros del equipo y a la Dirección de la organización.

Validar con el cliente, el patrocinador y con el resto del equipo el resultado del ejercicio de identificación.

Registrar toda la información generada durante la identificación.

Identificar al menos un riesgo por cada tipo contemplado en la **Matriz de Desagregación de Riesgos**.



MATRIZ DE DESAGREGACIÓN DE RIESGOS



## PASO 3: ANÁLISIS

Completado el ejercicio inicial de identificación de riesgos procedemos a analizar cada riesgo identificado, típicamente se le asignan valores cualitativos; Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo a los elementos Probabilidad e Impacto, estos valores pueden ser dados por un grupo de expertos en cada área o aspecto asociado al riesgo. Esta valoración se hace con el fin de clasificar y ordenar la atención de los riesgos, a aquellos de mayor combinación Impacto Probabilidad se les prestará mayor atención, así mismo a los de menor combinación Impacto Probabilidad se les prestará menor atención, llegando incluso a aceptarse el riesgo. Esta escala de valores debe ser definida en el primer paso.

Severidad		Probabilidad de Ocurrencia				
		Muy Alta	Alta	Medio	Baja	Muy Baja
Impacto	Muy Alto	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Media
	Alto	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Media
	Medio	Alta	Alta	Alta	Media	Baja
	Bajo	Media	Media	Media	Media	Baja
	Muy Bajo	Media	Media	Baja	Baja	Baja

MATRIZ DE PROBABILIDAD – IMPACTO

## MEJORES PRÁCTICAS

Utilizar una escala de valores con mínimo cuatro posibles valores, esto obliga a quienes analizan a considerar un mayor número de opciones y el análisis puede ser más preciso.

Registrar toda la información generada durante el análisis.

Crear una forma de análisis común para todos los proyectos, generando históricos que permitan ver tendencias estadísticas y posteriormente mejorar el proceso de análisis mismo.

Mantener el proceso de Análisis lo más sencillo posible, en caso de tener muchos riesgos o riesgos de probabilidad e impacto muy altos en proyectos complejos y de alto impacto, considerar técnicas avanzadas de Análisis de Riesgos, tales como: Simulación, Análisis de Sensibilidad o Evaluación de Escenarios.

Evitar la parálisis por análisis, definir tiempos y recursos para la actividad, mantenerse dentro de éstos al realizar el proceso.

## PASO 4: ATENCIÓN

Una vez ubicados todos los riesgos en la matriz definimos las estrategias que serán utilizadas para la atención de los mismos, para iniciar la actividad: **Definición de la Respuesta a los Riesgos.**

### ESTRATEGIAS DE ATENCIÓN

DE OPORTUNIDADES	DE AMENAZAS
EXPLOTAR	ELIMINAR
MEJORAR	MITIGAR
COMPARTIR	TRANSFERIR
ACEPTAR	ACEPTAR

Cabe destacar que las estrategias Explotar y Eliminar tratan de influir exclusivamente sobre la probabilidad del riesgo, procurando llevarla a cero o a uno según sea Amenaza u Oportunidad correspondientemente. Por otro lado, las estrategias de Mejorar y Mitigar buscan afectar tanto a la Probabilidad como al Impacto, disminuyendo uno o ambos parámetros para el caso de las Amenazas y aumentando uno o ambos para el caso de las Oportunidades.

Posterior a la definición de las posibles estrategias preparáramos las acciones concretas, esto pasa por definir: acciones a tomar, fechas para su ejecución, dueños o responsables de las acciones, recursos requeridos, los resultados esperados, acciones de monitoreo oportunas, eventos que nos indiquen su proximidad (Disparadores).

Las acciones que sean definidas deben ser incorporadas en el resto de los elementos del proyecto: alcance, cronograma, presupuesto, plan de calidad, plan de recursos humanos, plan de comunicaciones, plan de adquisiciones y contratación y plan de gestión de los interesados.

Para verificar que lo anterior se haya cumplido entonces se repite el Análisis de los riesgos, se estiman las probabilidades e impacto, para lo cual cada área del proyecto devolverá al área de gestión de riesgo la información del estado de aquellos riesgos que positiva o negativamente le afectan.

La gestión de riesgos en proyectos se reconoce como un proceso iterativo, el intercambio de información y acciones de atención desde y hacia las distintas áreas del proyecto y el área de gestión de riesgos es permanente, este intercambio se realizará tantas veces como sea necesario hasta alcanzar un nivel de riesgo aceptable. La aversión a los riesgos es justamente el nivel de riesgo que soy capaz de aceptar en mi proyecto, este concepto aplica tanto en lo personal como en lo organizacional.



Cada área tomará entonces las acciones y ajustará sus planes, métodos de trabajo, actividades, recursos, costos, acuerdos, entre otros y según sea necesario, de esta manera se bajará el nivel de riesgo del proyecto. Al tomar estas acciones el equipo de proyecto tendrá menos riesgos tipo Amenazas y mejores o un mayor número de Oportunidades.

## PASO 5: MONITOREO Y CIERRE

Finalmente, llegamos a la actividad de **Monitorear los Riesgos**, de acuerdo a una frecuencia planificada, evaluamos el estado de las acciones de atención y sus resultados, evaluamos el estado de los riesgos: impacto y probabilidad, revisamos la estrategia definida y, de ser necesario, definimos nuevas acciones de atención y cerramos el riesgo, en caso de que aplique. En este proceso de Monitoreo pudieran identificarse nuevos riesgos, con lo cual reiniciaríamos los procesos de análisis y preparación de respuesta.

## MEJORES PRÁCTICAS

Definir una frecuencia adecuada, que no sea muy alta y nos genere cansancio o desgaste, que termine siendo improductiva o contraproducente, pero tampoco muy baja que permita que los eventos nos sorprendan.

Planificar y celebrar reuniones de gestión de riesgo disciplinadamente, con la misma formalidad que las reuniones de seguimiento del proyecto, con los participantes correctos, en un lugar apropiado, con una agenda permanente y en un horario oportuno.

Monitorear especialmente a los Disparadores y anticiparse a la ocurrencia de los eventos.

Crear Planes de Contingencia, Planes de Gestión, Reservas de Contingencia y Reservas de Gestión adecuadas en término de tiempo y recursos.

Asignar explícitamente las responsabilidades de monitoreo

Registrar toda la información generada durante el Monitoreo.

Una forma de ver a la Gestión de Riesgo:

*“Consiste en resolver hoy los problemas que se nos presentarán mañana”*



En un próximo artículo hablaremos sobre el tratamiento de riesgos residuales, secundarios, los indicadores más usados en la gestión de riesgos, ejemplos de riesgos y su tratamiento, ejemplo de monitoreo y posibles estados de los riesgos, roles en la gestión de riesgos, Planes de Contingencia, Planes de Gestión, Reservas de Contingencia y Reservas de Gestión, etc.



### **Ned Rodríguez ,PMP, PMI-SP, PMI-RMP, PRINCE2**

Es Ingeniero de Sistemas de la Universidad de Los Andes en Venezuela. Con una maestría en Gerencia de Proyectos en la Universidad Católica Andres Bello. Está certificado como un Profesional de la Gerencia de Proyectos (PMP-SP-RMP) por el *Project Management Institute*. Es miembro de SEI, QAI, PMI y AVEPMCO. Acumula más de 25 años de experiencia como un practicante de la Gerencia de Proyectos en empresas como SIDOR y PDVSA. Ned es Gerente General de PITS Soluciones donde es Consultor en la evaluación, planificación y administración de proyectos para distintos clientes y negocios. Puedes contactar con Ned en [rodriguezned@pits.com.ve](mailto:rodriguezned@pits.com.ve)

# DIRECTORIO INDUSTRIAL

SERVICIOS + PRODUCTOS + TECNOLOGÍA + RECURSOS HUMANOS

J-31167447-0



**METALMECÁNICA DE PRECISIÓN**

Fabricación, Rectificación, Soldaduras Especiales, Sandblasting, Pintura, Repotenciación de Maquinaria, Servicios de Mantenimiento Industrial

0281- 808.47.21  
refamecadeorientecantv.net

MANTENIMIENTO PREDICTIVO C.A.



**TECNOLOGÍAS PARA EL MANTENIMIENTO PROACTIVO**

WWW.MYDMANTENIMIENTOPREDICTIVO.COM

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA VENEZUELA, ARUBA Y CURAZAO DE:



J-08018407-6



**MOTORES ELÉCTRICOS**

Mantenimiento en general de motores AC & DC, Generadores y Electrobombas, Balanceo Dinámico, Pruebas Eléctricas Especializadas, Análisis de Vibraciones.

www.electrin.com

0281-2661550 / 2698196  
info@electrin.com



**Argymca**  
Consultores en Confiabilidad y Mantenimiento

- Aplicación de Metodologías de Confiabilidad.
- Análisis Costo-Beneficio. (Inventario, Mito, Inversión, etc)
- Análisis y Solución de Problemas Repetitivos.
- Diagnóstico integral de Instalaciones y Equipos.
- Diseño de Planes de Mantenimiento e Inspección.
- Análisis del Costo de Ciclo de Vida.

**Planes de capacitación InCompony**

Teléfonos: 58-281-274.43.54 / 58-281-635.07.02 / Fax: 58-281-286.74.06

SERVICIOS RHYCA



**MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS**

Calibración de Instrumentos de Laboratorio, Equipos de Balanceo, Máquinas de Ensayos, Análisis de Vibraciones, Detección de Radiación, Medición de Fuerza y Tensión.

www.kelk.com

0286-9522441 / 0416-3901966  
jpatiarroyo@cantv.net



**ALTO TORQUE**  
INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

PROFESIONALES AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA

Representante exclusivo:



www.altotorque.com.ve  
+58 269 2486621 - info@altotorque.com.ve



**EMINCA**  
MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS

- Fabricación de Bobinas.
- Mantenimiento y Reconstrucción.
- Inspección y Análisis.
- Venta de motores, generadores, bombas de agua.

0414 894 2817 / 0414 868 9819

WWW.EMINCA.COM



**AC** Academia de Confiabilidad  
Centro de Estudios Avanzados de Mantenimiento Industrial

**CAPACITACIÓN CON VALOR PARA LA INDUSTRIA**

ACADEMIADECONFIABILIDAD.COM

J-31075887-5



**Pits SOLUCIONES**

PROYECTOS Y TECNOLOGÍA

Consultoría en Gerencia de Proyectos, Adiestramiento Especializado, Recursos Humanos, Tecnología de Información, Planificación y Control de Proyectos.

www.pits.com.ve

0281-2869704 / 3176627  
info@pits.com.ve

J-2857457-3

**GENTE + TECNOLOGÍA + SERVICIO**



Mantenimiento Predictivo, Adiestramiento Industrial, Balanceo Dinámico in Situ, Alineación Láser, Monitoreo de Vibraciones, Termografía Infrarroja, Ultrasonido.

www.confabilidad.com.ve

0414-8174180 / 0281-2812441  
academia@confabilidad.com.ve

**BUSHIDO PRO**

義 勇 仁 礼 誠 名 譽「名 譽」 忠 義

**SISTEMAS DE SELLADO**

Sellos Mecánicos API 682 + Packing API 622, Planes Auxiliares API

MANTENIMIENTO, 0212-750.71.80  
REPARACIÓN, 0281-281.12.64  
INSTALACIÓN, INSPECCIÓN, CAPACITACIÓN.

ventas@bushidopro.com

J-31502848-4



**SISVENCA**

SERVICIOS DE FACILITY MANAGEMENT

INDUSTRIA + COMERCIO + SALUD

Mantenimiento, Limpieza, Logística, Caleta, Almacén, Transporte, Seguridad...

0414-084.11.53  
gerencia@sisvenca.com.ve

WWW.SISVENCA.COM.VE

SI DESEA PUBLICAR A SU EMPRESA ESCRÍBANOS A:  
REVISTA@CONFIABILIDAD.COM.VE

## MANTENIMIENTO PROACTIVO



### ALMACENANDO ADECUADAMENTE LOS LUBRICANTES EN SU PLANTA

Ser proactivo es adelantarse a un problema y tomar todas las previsiones para mantenerlo bajo control. ISO 13372 define Mantenimiento Proactivo como aquel que enfatiza en la identificación y corrección sistemática de las causas raíces de las fallas. El Mantenimiento Proactivo se centra en el control y la precisión de actividades rutinarias esenciales como torque, ajustes y tolerancias, alineación y balanceo de precisión, limpieza extrema, procedimientos de trabajo predefinidos, operación bajo las especificaciones de diseño, lubricación de excelencia, filtración óptima, entre otras acciones proactivas.

### MEJORES PRÁCTICAS PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LUBRICANTES



La Lubricación de Excelencia asegura que se lubrique con la cantidad correcta, en el momento correcto y en el sitio correcto; pero además asegura que el lubricante llegue a la máquina limpio, seco y con la calidad adecuada, para ello es fundamental un proceso de almacenamiento y manejo efectivo que comience desde la procura y el ingreso del lubricante a la planta. Entre varios factores que afectan las características de los lubricantes, el manejo y almacenamiento incorrecto es uno de los más críticos, generando problemas como contaminación con sólidos, agua, refrigerante, combustibles y mezcla con otros lubricantes. El calor, la humedad, largos periodos de almacenamiento y deficientes procedimientos de manejo son aspectos que deben ser considerados para asegurar la confiabilidad del lubricante.



El área de almacenamiento de los lubricantes debe ser un sitio seguro y protegido, especialmente adaptado para el manejo de productos peligrosos, debe tener espacios adicionales para almacenar herramientas, paños de limpieza, graseras, bombas, filtros, mangueras, etc.

Para definir su tamaño y disposición es importante analizar:

- Tasa de consumo: según tipos, para asegurar que se almacenan las cantidades correctas.
- Capacidad de almacenamiento: cuánto espacio disponible tiene para definir máximos y mínimos de acuerdo al consumo.
- Tiempos de entrega: el proveedor debe facilitar los tiempos y stock de acuerdo a los tipos y cantidades.

### ASPECTOS DE SEGURIDAD

- Sistema de autorización de acceso.
- Alarmas de humo e incendio.
- Sistemas de control de fuego.
- Sistemas de drenaje adecuados.
- Sistema de contención de fugas.
- Demarcación de zonas de trabajo y de almacenaje.
- Tener siempre disponible y al alcance las Hojas de Seguridad de los Productos.
- Espacios predefinidos para almacenamiento de distintos tamaños de reservorios: tanques, barriles, galones, pailas, aceiteras, graseras.



### ERGONOMÍA DEL PERSONAL Y PROTECCIÓN DE LOS PRODUCTOS



- Ventilación e iluminación adecuadas.
- Sistemas de izamiento y movilización interna.
- Rack para el almacenaje horizontal de los barriles.
- Sistemas de llenado cómodos, limpios y seguros para las aceiteras y graseras.
- Sistema de control de temperatura y humedad.
- Uso de guantes y equipos de protección personal.

### CONTROL DE CALIDAD

- ✓ Manual de procedimientos de recepción y despacho.
- ✓ Sistema de recepción, despacho del lubricante y control de inventario.
- ✓ Procedimiento para el muestreo y control de calidad del aceite en almacén.



### IDENTIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES

El uso incorrecto y la mezcla de lubricantes es una falla común derivada muchas veces de una mala identificación de los reservorios en almacén y de los envases para la lubricación (aceiteras y graseras).

❗ La etiqueta debe indicar: tipo de lubricante, viscosidad, número de lote, marca, datos del proveedor, fecha de fabricación, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

❗ Es una buena práctica establecer un código de colores.

❗ Asegúrese de que todo el personal entiende la información.



Es recomendable el almacenamiento en zonas interiores de manera de controlar los aspectos ambientales como la lluvia, el sol y el polvo. Pero no siempre esto es viable por distintas razones, si el almacenamiento es en zonas exteriores, se debe proteger de la intemperie, disponer de techos para generar sombra y protegerlos de la lluvia. En estos casos es fundamental instalar en los reservorios respiraderos con filtros para evitar el polvo y la humedad.

**TODAS ESTAS SON RECOMENDACIONES GENERALES, DISEÑAR UN ÁREA DE ALMACENAMIENTO Y UN SISTEMA DE MANEJO DE LUBRICANTES DEBE SER UN TRABAJO CONSCIENTE Y SISTEMÁTICO QUE PRIORICE LA SEGURIDAD DEL PERSONAL Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO.**



## PAPÁ CONFIABLE

**Mi amor nuestro activo esta cavitando, tiene una fuga por el sello, debe ser lubricado y necesita un control de vibraciones.**



**¿Qué dijo?**

**El bebe tiene hambre, el pañal está full, hay que ponerle crema y necesita que lo abracen. Es que acaba de recibir su certificación CMRP.**





**CONSULTORÍA**  
**FORMACIÓN**  
**PROYECTOS**



Su aliado en desarrollo gerencial...

A C R Seguridad e Higiene Ambiental  
 A l c a n c e Planificación de Proyectos  
 Confiabilidad Gerencia de Proyectos  
 Madurez de GP Desarrollo Gerencial  
 Certificaciones ISO Parada de planta  
 Estimación de costos Primavera P6  
 Indicadores de gestión Valor ganado  
 Certificaciones del PMI Six Sigma  
 Equipo de alto desempeño Calidad  
 Administración de Contrato C M M i  
 Evaluación de Proyectos A P U  
 Control y Seguimiento P M P  
 Oficina de Proyectos O P M 3  
 Gestión de Procura C O A C H I N G  
 Gestión de Riesgo Análisis de falla  
**Pits Soluciones** Microsoft Project  
 P M I - R M P Lean Manufacturing  
 H A Z O P Confiabilidad Humana  
 C M R P Tecnología de Inspección  
 R C M Tecnologías de Información

Centro Comercial "MT", Local P1-17, Av. Intercomunal, Sector Las Garzas, Lechería, Edo. Anzoátegui.  
 Venezuela. (0281) 286.97.04 / 317.66.27 pits.capacitacion@gmail.com / info@pits.com.ve

Síganos y forme parte de una comunidad  
 apasionada por la profesionalización en Gerencia de Proyectos y Capacitación Empresarial

pitsca

@pitsca

PitsSoluciones

[www.pits.com.ve](http://www.pits.com.ve)

# ESTÁNDARES INDUSTRIALES

## APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR API 579

UN CASO DE ESTUDIO BASADO EN MÉTODOS Y NORMAS VIGENTES

*Evelio Chirinos, Ing. MSc.*

*Edgar Fuenmayor, CMRP*

Los códigos y normas de diseño ASME y API para equipos presurizados establecen las reglas para el diseño, fabricación, inspección y pruebas de recipientes, sistemas de tuberías y tanques de almacenamiento nuevos. Estos códigos no consideran el hecho de que los equipos se degradan mientras están en servicio y que las deficiencias debido a este proceso de degradación o las presentadas desde su fabricación original, pueden afectar la integridad del sistema. La Práctica Recomendada API 579-1/ASME FFS-1 pone a disposición de la industria petroquímica un compendio de métodos para la evaluación de la integridad estructural de equipos que contienen defectos o daños identificados, asimismo comprende la evaluación de las condiciones metalúrgicas y los análisis de las tensiones para indicar con mayor precisión si el equipo es apto para el servicio previsto en el diseño o si por el contrario el defecto de fabricación o deterioro en servicio amenazan su integridad mecánica. Dichos análisis ofrecen una base sólida para establecer decisiones y permitir que el componente siga funcionando como está o se deben alterar sus variables operacionales, reparar, monitorear o reemplazar el equipo.

**Durante su operación, los recipientes, tanques o tuberías están sometidos a mecanismos de deterioro que comprometen su integridad mecánica. La decisión de intervenir o reemplazar oportunamente un determinado equipo representa uno de los elementos fundamentales en la Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad de la industria Petroquímica, Gas y Petróleo. Una intervención o reemplazo postergado no solo puede afectar la producción, sino además incrementar el riesgo a la seguridad integral de una instalación industrial.**

**El objetivo fundamental de este trabajo es la aplicación del estándar API 579 a un activo físico, con características similares a los recipientes horizontales de almacenamiento de Ácido Sulfúrico fabricados de acuerdo con la norma ASME Sección VIII, División 1, donde se considera la presión de diseño de 345 kPa (50 psig) o incluso por debajo de 100 kPa (15 psig). Los procedimientos seguidos, según la norma, permitirán determinar la integridad actual del componente respecto a un estado de deterioro específico, así como la proyección de su vida remanente. Para este caso de estudio será considerada la Sección 5 del API 579: *Evaluación de pérdida de espesor localizada.***

**Uno de los componentes más importantes en plantas de Cloro son los recipientes de almacenamiento fabricados en acero al carbono, en especial aquellos que almacenan ácido sulfúrico concentrado, debido a que el material se corroe cuando está en contacto con este compuesto químico, el uso de este material para el diseño ha sido una opción económica para estas aplicaciones a temperaturas ambiente. Sin embargo al no ser protegidos adecuadamente pueden incurrir en un proceso de corrosión y/o erosión acelerada.**

# EL CASO DE ESTUDIO: TANQUE DE ACIDO SULFÚRICO.

Las plantas de Cloro utilizan como materia prima la sal común de la cual mediante un proceso de descomposición electrolítica, se obtiene cloro (Cl<sub>2</sub>), soda cáustica (NaOH) e hidrógeno (H<sub>2</sub>). El gas cloro proveniente de las celdas electroquímicas está saturado con vapor de agua, la cual es removida en las Torres de Secado mediante la utilización de ácido sulfúrico concentrado siendo este producto químico un eficaz deshidratador de la corriente de producción de Cloro.

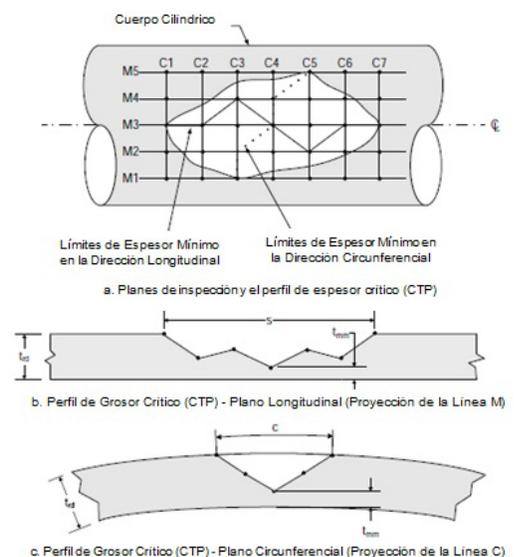
Un tanque horizontal, que presta servicio para el almacenamiento de ácido sulfúrico al 98%, presentó una condición de deterioro en la superficie externa producto del derrame de ácido sulfúrico diluido proveniente de una línea de Ø 1-1/2" ubicada en la plataforma superior al tanque. Este derrame ocasionó un ataque localizado provocando un deterioro (adelgazamiento) progresivo del material contenedor del compuesto químico, tal y como se muestran en la Fotografía 1 frente a esta formulación era necesario evaluar exhaustivamente la integridad operacional del recipiente, recurriendo al método de evaluación para adecuación de servicio API 579.

Es importante mencionar que la inspección se realizó con el recipiente en servicio, ya que se debe mantener la inyección constante de Ácido Sulfúrico a las torres de secado de Cloro. Las mediciones de profundidad del defecto se tomaron con ayuda de un PIT GAGE Manual.

<b>DATOS DEL RECIPIENTE CONSTRUIDO SEGÚN ASME SECCIÓN VIII DIV. 1</b>	
MATERIAL DEL CUERPO	<b>SA-285 Gr.C</b>
PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO	<b>3,5 Kg/cm<sup>2</sup> @ 45°C</b>
RADIO INTERNO DEL RECIPIENTE	<b>1372 mm</b>
ESPESOR NOMINAL	<b>13 mm</b>
PERDIDA DE ESPESOR UNIFORMA	<b>2,5 mm</b>
TOLERANCIA A LA CORROSIÓN	<b>3,175 mm</b>
EFICIENCIA DE LA SOLDADURA	<b>0,85</b>
DIMENSIÓN LONGITUDINAL DEL DEFECTO	<b>127 mm</b>
DIMENSIÓN CIRCUNFERENCIAL DEL DEFECTO	<b>228 mm</b>
DISTANCIA A LA DISCONTINUIDAD ESTRUCTURAL PRINCIPAL MÁS CERCANA	<b>250 mm</b>



**Fotografía 1. Condición externa del recipiente**



**Figura 1. Perfiles de Inspección.**

## PASOS DE LA EVALUACIÓN

**1** Determinar los planos de inspección circunferencial y longitudinal del defecto. La tabla 1 muestra los resultados, la figura 1 muestra el esquema de las cuadrillas para la medición.

PLANO DE INSPECCIÓN LONGITUDINAL	PLANO DE INSPECCIÓN CIRCUNFERENCIAL CTP							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
<b>M1</b>	11,5	11,1	11,0	10,2	11,7	11,1	11,3	10,2
<b>M2</b>	11,3	8,2	7,7	7,7	8,0	8,3	8,2	7,7
<b>M3</b>	11,1	8,0	7,7	7,2	7,5	7,9	8,4	7,2
<b>M4</b>	10,5	7,8	7,4	8,2	8,0	8,2	9,1	7,4
<b>M5</b>	11,7	11,4	11,5	11,2	11,3	11,4	11,1	11,1
	10,5	7,8	7,4	7,2	7,9	7,9	8,2	

Tabla 1. Evaluación de pérdida de espesor localizada

**3** Determinar el espesor de pared ( $t_c$ ) y el espesor uniforme de la zona de daño ( $t_{rd}$ ) establecida por las mediciones en el momento de la inspección. Se determinan mediante las Ecuaciones 3 y 4.

$$t_c = t_{nom} - LOSS - FCA \quad [3]$$

$$t_{rd} = t_{nom} - LOSS \quad [4]$$

**2** Determinar los espesores mínimos Circunferenciales y Longitudinales, en cuerpos cilíndricos.

a) Esfuerzo circunferencial cuando  $P \leq 0.385SE$  y  $t_{minC} \leq 0.5R$  (Juntas longitudinales). Se determina mediante la Ecuación 1.

$$t_{min}^C = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad [1]$$

b) Esfuerzo longitudinal cuando  $P \leq 1.25SE$  y  $t_{minL} \leq 0.5R$  (Juntas circunferenciales). Se determina mediante la Ecuación 2.

$$t_{min}^L = \frac{PR}{2SE + 0,4P} + t_{sl} \quad [2]$$

**Dónde:**

P = Presión de diseño  
R = Radio interior  
S = Valor del esfuerzo del material  
E = Eficiencia de la junta  
 $t_c$  = Espesor de pared  
 $t_{sl}$  = Espesor requerido para cargas suplementarias.

$$t_{min}^C = 4,62mm$$

**4** El cálculo del espesor remanente  $R_t$ . Se realiza empleando la Ecuación 5.

$$R_t = \frac{t_{mm} - FCA_{ml}}{t_c} \quad [5]$$

**5** Cálculo del parámetro de longitud ( $\lambda$ ). Ecuación 6.

Donde el diámetro se determina empleando la Ecuación 7.

$$\lambda = \frac{1.285_s}{\sqrt{Dt_c}} \quad [6] \quad D = 2R + 2*(LOSS + FCA) \quad [7]$$

**6** Determinar el Factor ( $M_t$ ) considerando el parámetro de defecto longitudinal ( $\lambda$ ) y el espesor remanente ( $R_t$ ) para carcasas cilíndricas, cónicas y esféricas (Ver Tabla 5.2 de la API 579-2016).

**Nota:** Es muy probable que se deba realizar una interpolación.

**7** Comprobación de los criterios de aceptación para el tamaño del defecto utilizando las Ecuaciones 8, 9 y 10. Se debe comprobar que los resultados arrojados cumplan con los tres criterios de aceptación del Nivel 1 de la norma API 579-2016.

$$(R_t) \geq 0,20 \quad [8]$$

$$(t_{mm} - FCA) \geq 2,5mm \quad [9]$$

$$L_{msd} \geq 1,8\sqrt{Dt_c} \quad [10]$$

**8** Se debe determinar si chequear el criterio para un defecto tipo Ranura (Groove) o si es aplicable a una categoría de área local delgada (LTA).

**10** Determinar si la extensión longitudinal del defecto ( $\lambda$ ) es aceptable. Mediante la figura 2: **Criterios de selección de nivel 1 para la pérdida de metal local para una carcasa cilíndrica.**

Habiendo calculado el espesor remanente  $R_t=0,55$  y la longitud del defecto  $\lambda=1,15$ . Ubicamos los valores en la Figura 5.6 de API 579-2016. En este caso el resultado indica que la longitud del defecto es inaceptable. Se debe recalculer la presión de trabajo máxima admisible MAWPr (Nivel 2).

**9** Determinar el factor de resistencia remanente. Ecuación 11.

$$RSF = \frac{R_t}{1 - \frac{1}{M_t} x (1 - R_t)} \geq 0.90 RSF_a \quad [11]$$

**11** Recalculer la presión de trabajo máxima admisible (MAWPr) tanto circunferencial como longitudinal, utilizando las Ecuaciones 12 y 13.

$$MAWPr^C = \frac{SEt_c}{R + 0,6t_c} \quad [12]$$

$$MAWPr^L = \frac{2SE(t_c - t_{sl})}{R - 0,4(t_c - t_{sl})} \quad [13]$$

Una vez calculada la presión de trabajo máxima admisible tanto circunferencial como longitudinal, debemos tomar el mínimo valor.

**12** Calculado factor de resistencia restante basado en la extensión meridional de la LTA y el factor de resistencia restante admisible. Si  $RSF < RSF_a$ , el MAWP reducido puede ser calculado usando la Ecuación 14.

$$MAWPr_r = MAWP \frac{RSF}{RSF_a} \quad [14]$$

$$MAWPr_r > P_{Diseño}$$

La extensión longitudinal del defecto es aceptable. Sin embargo es importante evaluar la extensión circunferencial del defecto

**13** A partir de la CTP circunferencial, se determina ( $\lambda_c$ ) utilizando la Ecuación 15.

$$\lambda_c = \frac{1.285 C}{\sqrt{Dt_c}} \quad [15]$$

**15** Calcular el factor de resistencia a la tracción utilizando la Ecuación 16.

$$TSF = \frac{E_C}{2 * RSF} \left( 1 + \frac{\sqrt{4 - 3E_L^2}}{E_L} \right)$$

[16]

**14** Comprobar los siguientes criterios.

$$(\lambda_c) \leq 9 \quad \left( \frac{D}{t_c} \right) \geq 20$$

$$0,7 \leq E_C = 0,85 \leq 1,0$$

$$0,7 \leq E_L = 0,85 \leq 1,0$$

$$0,7 \leq RSF \leq 1,0$$

**16** Habiendo calculado el espesor remanente  $R_t=0,55$  y la longitud del defecto circunferencial  $\lambda_c=2,06$ . Ubicamos los valores en la Figura 5.8 y Tabla 5.4 de API 579-2016. Donde el resultado indica que la longitud del defecto es aceptable y el espesor remanente  $R_t$  es mayor que el  $R_{t\_mínimo}$  0,2.

$$R_{t\_calculado} > R_{t\_min} = 0,2$$

## RESULTADO PRELIMINAR

El resultado de la evaluación realizada mediante la norma API 579 - 2016 concretamente con la Sección 5: "Evaluación de pérdida de espesor localizado". Arrojó que el defecto es considerado aceptable mediante los criterios establecidos en el Nivel 1. Sin embargo es de hacer notar que al calcular el valor de la longitud del defecto en sentido circunferencial ( $\lambda_c = 2,06$  mm) revela un deterioro creciente (adelgazamiento) por corrosión en comparación con el valor calculado en sentido longitudinal. Por lo antes mencionado se recomendó entregar el recipiente a mantenimiento programado a corto plazo, con el firme propósito de conocer el grado de deterioro ocasionado por el derrame de ácido sulfúrico diluido. Es importante mencionar una vez más que la inspección del recipiente se realizó en servicio por ser un activo físico necesario para el funcionamiento del área de secado de Cloro.



Fotografía 2. Descripción física del defecto

## CONCLUSIONES

Gracias a la evaluación en servicio realizada al recipiente de almacenamiento de ácido sulfúrico al 98% mediante API 579 – 2016, se evitó una falla catastrófica que pudo haber generado alto riesgo al personal, ambiente e instalación, por tal motivo se definieron las acciones correctivas necesarias para restablecer la confiabilidad y continuidad operacional del recipiente.

Es muy importante acotar que los procedimientos de la Sección 5, pueden usarse para evaluar los componentes sujetos a pérdidas de metal local por corrosión / erosión y daño mecánico que superan o prevén exceder la tolerancia a la corrosión antes de la siguiente inspección programada. La pérdida de metal local puede ocurrir en la superficie interior o exterior del componente. Los tipos de defectos que se caracterizan como pérdida de metal local se definen de la siguiente manera:

- a) Pérdida de metal local (LTA),
- b) Defecto tipo Ranura y
- c) Defecto tipo Surco.

En el caso particular de estudio mediante la aplicación de API 579 a un activo físico, se sospechó inicialmente la pérdida de metal local (LTA) debido a las características del defecto observado en la inspección visual inicial. Desde luego habiendo realizado la evaluación con el recipiente en servicio y asumiendo la condición de alto riesgo al personal evaluador. No obstante el resultado arrojado de la intervención del equipo, muestra que el defecto es del tipo Ranura debido a las características presentadas en la fotografía 2.

## RESULTADO FINAL

Debido a la recomendación emitida en el análisis de integridad mecánica realizada con API 579-2016. Se entrega a mantenimiento el recipiente. La primera recomendación fue aplicar limpieza por chorro abrasivo metal blanco (SSPC-SP5) a toda la superficie externa del tanque. Prestando mayor atención en la zona evaluada con API-579.

## HALLAZGO

Se localizó defecto tipo Ranura en sentido circunferencial de hasta 1,2 metros de longitud y 8,5 milímetros de profundidad. Asimismo se evidenció áreas con picaduras localizadas cercanas a discontinuidades estructurales (cordones de soldadura circunferenciales). Es importante mencionar que la longitud de la pérdida de metal es mucho mayor que su ancho.

En la opinión particular de los autores, los resultados esperados en una estimación cuantitativa realizada a un determinado equipo en servicio son sumamente importantes, ya que muestran al evaluador un panorama significativo de los posibles daños presentes en equipos con ciertas características físicas situados en la industria Petroquímica. Es cierto que se deben establecer condiciones necesarias para realizar una inspección integral de un determinado equipo, pero ésta metodología permite mitigar sin lugar a dudas la incertidumbre, ya que esta representa un fenómeno muy complejo y que se puede definir como el conjunto de todas las posibilidades que pueden ocurrir en un momento dado frente a uno o varios eventos en la realidad física y que por una determinada o indeterminada cantidad de factores presentes puede alterarse un resultado esperado.

#### REFERENCIAS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS.

- a. API 579-1/ASME FFS-1, June, 2016. Fitness-For-Service.
- b. NACE SP0294-2006 Práctica estándar. Diseño, Fabricación e Inspección de Sistemas de Tanques de Almacenamiento para Ácido Sulfúrico Concentrado Fresco y Procesado a Temperaturas Ambientales.
- c. Edgar Fuenmayor. Análisis de Reemplazo de un Activo Basado en Costos de Ciclo de Vida. Revista Confiabilidad Industrial N° 11. Venezuela. 2011. [www.confiabilidad.com.ve](http://www.confiabilidad.com.ve)
- d. Edgar Fuenmayor, José Duran y Luis Sojo: 'Decisión de Reemplazo o Reparación de un Equipo', 2011. [www.gestionpas55.com](http://www.gestionpas55.com).
- e. ISO 55000 Gestión de activos físicos.



Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP) con 16 años de experiencia como líder en el diseño e implementación de herramientas de Ingeniería de Confiabilidad e Ingeniería de Mantenimiento enfocadas en la mejora de la confiabilidad y disponibilidad de equipos y sistemas instalados en plantas petroquímicas, gas, petróleo y manufactura en Venezuela. [edgarfuenmayor1@gmail.com](mailto:edgarfuenmayor1@gmail.com)



Ingeniero con 10 años de experiencia en la principal industria petroquímica de Venezuela, centrado en las áreas de mantenimiento mecánico e inspección de equipos estáticos, implantando metodologías de confiabilidad a través de la aplicación de modelos estadísticos totalmente innovadores y de gran impacto. [evelioch30@gmail.com](mailto:evelioch30@gmail.com)

## NOTA SOBRE API 579-1/ASME FFS-1 2016 Fitness-For-Service

Las evaluaciones de aptitud para el servicio (FFS) son evaluaciones de ingeniería cuantitativa que se realizan para demostrar la integridad estructural de un componente en servicio que puede contener un defecto o daño, o que puede estar operando bajo una condición específica que podría causar una falla. Este Estándar proporciona una guía para llevar a cabo evaluaciones de FFS usando metodologías preparadas específicamente para equipos presurizados.

La práctica recomendada 579 fue preparada por un comité del American Petroleum Institute con representantes de la Chemical Manufacturers Association, así como algunos individuos asociados con industrias relacionadas. Surgió de un documento de recursos desarrollado por un Programa Conjunto de la Industria en Fitness-For-Service administrado por The Materials Properties Council. Aunque incorporó las mejores prácticas conocidas por los miembros del comité, se escribió como una práctica recomendada en lugar de como un estándar o código obligatorio. Mientras que API estaba desarrollando la metodología de Aptitud para el Servicio para la industria petroquímica y de refinación, la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME) también comenzó a abordar los problemas de integridad posteriores a la construcción. Al darse cuenta de la posibilidad de superposición, duplicación y conflicto en estándares paralelos, ASME y API formaron el Comité Conjunto de Aptitud para el Servicio en 2001 para desarrollar y mantener un estándar de Aptitud para el Servicio para equipos operados en una amplia gama de procesos, fabricación y industrias de generación de energía. Se pretendía que esta colaboración promoviera la adopción generalizada de estas prácticas por parte de los organismos reguladores. El Comité Conjunto incluyó a los miembros originales del Comité de API que escribieron la Práctica recomendada 579, complementada por un número similar de miembros de ASME que representan áreas similares de experiencia en otras industrias, tales como productos químicos, generación de energía y pulpa y papel. Además de los representantes de los propietarios, incluyó la participación internacional sustancial y expertos en la materia de universidades y empresas de consultoría.

J-40187861-0



# Soluciones Especializadas

desarrolladas por profesionales



## Contáctenos

**Principal**  
Punto Fijo, Estado Falcón  
+58-269 2486621

**Colombia**  
Alto Torque Ingeniería SAS  
Bogotá - Colombia  
+57 318 4376130

**Oriente**  
Lechería, Estado Anzoátegui  
+58-281 2822621

**USA**  
AT Engineering & Solutions, LLC  
Miami, Florida  
+1 (305) 6245606

[Info@altotorque.com.ve](mailto:Info@altotorque.com.ve)

[www.altotorque.com.ve](http://www.altotorque.com.ve)

Distribuidor autorizado



## MECANIZADO EN SITIO



- Equipos Propios
- Mayor Productividad
- Validación de resultados con Tecnología láser

**Torno portátil montaje externo**  
Capacidad para mecanizar cara externa e interna de haces tubulares, bridas, etc. Diámetro máx. 1981 mm (78 pulg.)

**Torno portátil montaje interno**  
Capacidad para mecanizar cara externa de bridas, etc. Diámetro máx. 3048 mm (120 pulg.)

**Tornos portátiles montaje interno**  
Capacidad para mecanizar cara externa de bridas, etc. Rango de operación, desde diámetros de 19 mm (3/4 pulg.) hasta 914 mm (36 pulg.)

**Fresa portátil montaje vertical u horizontal**  
Bancada longitud máx. 2006 mm (79 pulg.)

**Corte en frío de tuberías grandes**  
Diámetros entre 60 y 75 pulg.

## INTEGRIDAD DE JUNTAS MECÁNICAS



### El Objetivo **Cero Fugas** es ALCANZABLE

- Una planta promedio experimenta 180 fugas al año
- De las 180 fugas, entre 1 y 4 son de Alto Impacto

**PROYECTO 1** - Identificar juntas críticas  
- Elaborar procedimientos basados en mejores prácticas para personal de campo

**PROYECTO 2** - Capacitar (teoría/práctica) al personal involucrado, para adquirir competencias y demostrar competencias según normativa internacional

**PROYECTO 3** - Plan de aseguramiento y control de calidad para validar el cumplimiento de las especificaciones  
- Documentar intervenciones para futuros requerimientos

## SALUD DE ACTIVOS



**01** Enfoque bajo lineamientos de un proceso de trabajo

Habilitar la mejora continua del desempeño de los activos **02**

**03** Capacitación con Certificación Internacional

Aplicación de las siguientes técnicas **04**

- Análisis de Vibraciones
- Termografía de Infrarrojos
- Análisis de Aceite
- Análisis de Motores

## TECNOLOGÍA LASER



Tecnología de última Generación Laser Tracker (Faro Advantage)

Mediciones en 2D o 3D (alto volumen) 80 metros con precisión de 16 micras (0.0006 pulg.)

Mayor Productividad

Mejor Trazabilidad

- Aplicaciones
- Centrado
  - Nivel
  - Planitud
  - Paralelismo



# WWW.ALTOTORQUE.COM.VE

# MODELOS MATEMÁTICOS DE CÁLCULO DE CRITICIDADES DE ACTIVOS INDUSTRIALES

Por: **Dr. Marc Gardella, Ph.D.**  
**Director SIMRO CONSULTING**

Sant Ferrán, 210-212, 08205 Sabadell (Barcelona-España)  
 simroconsulting.com / marc.gardella@simroconsulting.com

La complejidad tecnológica y de gestión que se vislumbra en las empresas industriales está llevando a la necesidad de optimizar los recursos aportados para extraer el máximo rendimiento. Para ello, se necesita una planificación de actividades acorde con los requerimientos de las instalaciones, el orden de esta planificación se puede hallar mediante modelos de estudio de prioridades o criticidad de instalaciones. Es habitual definir la criticidad de un activo o instalación mediante variables o parámetros técnicos e incluso económicos; pero, en toda actividad empresarial existen variables funcionales, legales, de disponibilidad, productividad, etc. El presente estudio determina la criticidad mediante la ponderación de variables que participen directa o indirectamente en la función o funciones de los activos e instalaciones. Dichas variables o también llamadas características, se agrupan por tipos de características, como define Gardella M [8,9]. Definiendo que características intervienen en cada activo o instalación, se calcula su criticidad como la suma de las ponderaciones de cada una de dichas características. Cuantas más variables utilizadas más precisión en el resultado, pero se requieren más recursos para llevar a cabo el cálculo. Encontrar el equilibrio entre la precisión o fiabilidad del resultado con los recursos aportados, es el gran objetivo de los usuarios del presente estudio. Se presenta un caso de estudio donde se calcula la criticidad de 10 activos mediante 3 cantidades de variables diferentes; obteniendo resultados parecidos, que difieren en su precisión.

## NOMENCLATURA

$C$	Valor de criticidad de un equipo o instalación.
$T_i$	Tipo característica.
$V_{T_{ij}}$	Variable criticidad.
$P_{T_{ij}}$	1 ó 0, según corresponda o no la variable de criticidad de un tipo de característica.
$i$	Número de característica.
$j$	Número de variable de criticidad.
$R_k^I$	Valor inferior de rango criticidad k.
$R_k^S$	Valor superior de rango criticidad k.
$S_k$	Valor de rango criticidad k.
$k$	Rango criticidad k.

## IMPORTANCIA DE LA CRITICIDAD

El estudio de criticidades, tal y como comenta August, J [1] de activos e instalaciones es esencial para estructurar y establecer la estrategia de la actuación de un Departamento de Mantenimiento. Con este análisis se puede determinar las prioridades en la utilización de los recursos humanos y tecnológicos, descrito por Souris J [2]. Amendola L [3] nos dice que el propósito común en una industria de fabricación continua, es el mínimo de paradas de las plantas al mínimo coste posible; para llegar a la máxima eficiencia.

**La base de una buena planificación en mantenimiento, es la capacidad que se dispone de definir qué tan crítico es un activo o instalación [4].**

Ya que con ello, se podrá determinar la prioridad en la asignación de recursos preventivos, afirmación de Gómez de León FC [5]. De este modo se facilita que los costes de los mismos se reduzcan y aumente la eficiencia tanto de Mantenimiento como Producción, Ingeniería, Seguridad, Calidad, Compras.

Para definir la criticidad de activos e instalaciones, se debe disponer de un procedimiento o método que la determine; así como, de una correcta ponderación de su valor. Hay varias formas de cálculo y ponderación de criticidad tal como comenta Martorell S [6,7], que utilizan la seguridad, calidad y producción como herramientas midiendo la repercusión humana, medioambiental o económica en cada uno de estos conceptos.

## ESTADO DEL ARTE

Varios autores describen el cálculo de criticidad utilizando el método que contempla varios aspectos operativos como pueden ser Seguridad y Medio Ambiente, Calidad, Producción y Mantenimiento; varios niveles de impacto, que pueden ser 4; con lo que se utiliza una matriz de 4x4 para calcular la criticidad de plantas, procesos, subprocesos y equipos; estos niveles de impacto de aspectos operativos tienen consecuencias, algunas de ellas se miden en dinero, tal y como definen Moubray J y Bilinton R [10,11]. Dicho método es válido para obtener resultados basados en rangos de impacto económico amplios y que puede generar la misma criticidad en activos e instalaciones de similares características; pero, no iguales [12].

Se vislumbra la necesidad de tomar toda la instalación como un conjunto y definir una cantidad de variables que participan con el activo, no solo variables de diseño y proceso (temperatura, presión, caudal, intensidad, tensión, productividad, fluido, reacción, almacenaje,...) sino también comerciales, calidad, legales, variables de disponibilidad,... (Satisfacción del cliente, valor producto, ISO 14000, ATEX, intercambiabilidad, recambios disponibles en almacén, previsión futura del producto,...), tal y como propone You-tern T [13].

De este modo Gómez de León Hijes FC [14], describe la clasificación de activos e instalaciones como la definición de características o multicriterios basados en características de seguridad, funcionales, operacionales, mantenimiento, intercambiabilidad, etc, basados en los estudios de Romero C [15]. Además hay criterios económicos y de frecuencia de aparición del fallo. Con todo ello, se define un tipo de mantenimiento más o menos intenso, en función de la mayor o menor criticidad.

El presente estudio de cálculo de criticidad, se basa en el estudio de Gómez de León Hijes FC [14]; pero, da otro enfoque a la definición de características; así como da la posibilidad de utilizar más o menos cantidad de variables o características de criticidad, en función de los resultados que se quieran obtener y los recursos disponibles.

## METODOLOGÍA

El desarrollo y proceso de cálculo se basa en la asignación de un valor numérico a variables que miden la criticidad de equipos o instalaciones. Dichas variables se agrupan en tipos de características, que son atributos similares que definen y determinan funciones internas como externas de los activos e instalaciones, a los cuales se está midiendo su criticidad. Los tipos de características son del tipo económico, técnico, productivo e incluso legal; ya que variables de cada uno de estos tipos de características influyen en la actividad de los equipos o instalaciones.

El valor numérico asignado a cada variable es entero y se determina dentro de un rango de valores comparativos con el resto de variables que miden la criticidad. En función del sector industrial al cual se realiza el estudio de cálculo de criticidad, los valores numéricos de cada una de las variables pueden variar considerablemente. No es lo mismo la variable intercambiabilidad de componentes o equipos en instalaciones de una industria Petroquímica que los de una industria Nuclear, ya que la industria Petroquímica dispone de multitud de procesos físico-químicos con gran cantidad de máquinas diferentes situadas en diferentes localizaciones; en cambio, en la industria Nuclear, a pesar de su complejidad, dispone de 3 procesos muy determinados con equipos de mucha responsabilidad pero poco numerosos y variados.

Tomando como referencia a Creus A [16], la cantidad de tipos de características y variables por cada una de ellas, será función de la precisión o fiabilidad del resultado de criticidad que se quiera obtener. Por tanto, en un estudio de criticidad donde existan poca cantidad de variables la fiabilidad del resultado de criticidad es menor que en un estudio que dispone de gran cantidad de variables. Pero, por contrapartida, el estudio de poca cantidad de variables necesita de menos recursos para su cálculo; mientras que el de gran cantidad de variables necesita de muchos recursos para resolverlo.

Una vez definidas los Tipos de Características, las variables de criticidad de cada una de ellas y ponderadas numéricamente todas las variables; es necesario, decidir cuantas variables de cada Tipo de Característica se van a utilizar en cada estudio. De un estudio a otro se pueden cambiar la configuración de la selección de variables que entran en juego; pero, un estudio comprende el cálculo de criticidad de varios equipos o instalaciones de una misma planta industrial.

**Si se pretende escoger diferentes configuraciones, para equipos o instalaciones de una misma planta industrial los valores de criticidad obtenidos no se podrán comparar entre sí y no se podrá determinar qué equipo o instalación es más crítico; con lo que, el estudio de criticidad no tendrá valor.**

El valor de criticidad de un equipo o instalación, viene expresado mediante la ecuación 1.

$$C = \sum (V_{T_{ij}} \cdot P_{T_{ij}}) \quad \forall i \text{ y } \forall j \quad (1)$$

Una vez se ha definido la criticidad, es el momento de establecer grupos de severidad de criticidad por los cuales se considera que un equipo o instalación es más o menos crítico que otro.

$$R_1^I = 0 \quad (2)$$

$$R_k^I = R_{k-1}^S + 1 \quad \forall k \quad (3)$$

$$R_k^S = R_k^I + S_k \quad \forall k \quad (4)$$

## CASO DE ESTUDIO: Definición de características

El presente caso de estudio muestra una organización de cálculo de criticidades por el método de Características de los Equipos. Los tipos de características se pueden observar en la tabla 1. Los tipos de fiabilidad del cálculo de la criticidad son 3, y la cantidad de variables por tipo de característica se representa en la tabla 2.

TIPOS DE CARACTERÍSTICAS	
1	Tipo de Equipo
2	Tipo de Proceso
3	Producto de Trabajo
4	VARIABLES TÉCNICAS
5	VARIABLES FUNCIONALES
6	VARIABLES LEGALES
7	VARIABLES ECONÓMICAS
8	VARIABLES DE INTERCAMBIABILIDAD

Tabla 1- Tipos de Características

TIPOS DE CARACTERÍSTICAS	Nº VARIABLES		
	FIAB. 1	FIAB. 2	FIAB. 3
Tipo de Equipo	5	60	490
Tipo de Proceso	5	20	150
Producto de Trabajo	3	15	40
VARIABLES TÉCNICAS	10	85	1.200
VARIABLES FUNCIONALES	3	12	44
VARIABLES LEGALES	3	25	250
VARIABLES ECONÓMICAS	4	50	300
VARIABLES DE INTERCAMBIABILIDAD	2	15	100
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>282</b>	<b>2.574</b>

Tabla 2- Cantidad de variables por Tipos de Fiabilidad

Como se observa en la tabla 2, para cada tipo de fiabilidad de la criticidad se tiene una cantidad diferente de variables de cada tipo de características. Con ello, se consigue mayor precisión utilizando el tipo de fiabilidad 3 que el de fiabilidad 2 y el de fiabilidad 1; pero, por contrapartida, se necesita más recursos para utilizarlo.

Se muestran en las tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 las variables de cada tipo de característica y su ponderación en criticidad, del tipo de Fiabilidad 1.

TIPOS DE EQUIPO		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Equipos Rotativos	80
2	Intercambio de Calk	110
3	Depósitos	75
4	Valvulería	45
5	Equipos Eléctricos	60

Tabla 3- Tipos de equipos de Fiabilidad 1

TIPOS DE PROCESO		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Producción	210
2	Logística	280
3	Calidad	190
4	Servicios	325
5	Auxiliares	170

Tabla 4- Tipos de procesos de Fiabilidad 1

PRODUCTO DE TRABAJO		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Materia Prima	400
2	Producto Acabado	420
3	Productos de Servicios	450

Tabla 5- Producto de trabajo de Fiabilidad 1

VARIABLES TÉCNICAS		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Geometría	38
2	Transmisión	18
3	Estanqueidad	50
4	Dinámica	15
5	Estática	100
6	Materiales	40
7	Eléctricas	100
8	Productivo	140
9	Seguridad	150
10	Confiabilidad	210

Tabla 6- Variables técnicas de Fiabilidad 1

TIPOS DE PRODUCCIÓN		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Continuo	150
2	Discontinuo	110
3	Bajo pedido	90

Tabla 7- Tipos de producción de Fiabilidad 1

VARIABLES LEGALES		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Reglamentación Industrial	120
2	Medio Ambiente	180
3	Seguridad	160

Tabla 8- Variables legales de Fiabilidad 1

VARIABLES ECONÓMICAS		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Coste	235
2	Valor activo	135
3	Stock disponible	230
4	Precio producto	310

Tabla 9- Variables económicas de Fiabilidad 1

VARIABLES DE INTERCAMBIABILIDAD		
Nº ORDEN	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Reparable	45
2	Existencia de recambio	75

Tabla 10- Variables de intercambiabilidad de Fiabilidad 1

Dado la gran cantidad de variables de los tipos de características del tipo de fiabilidad 2 y 3, solo se muestran las tablas 11, 12 y 13 de Fiabilidad 2. Una vez mostrado el desarrollo de los tipos de Fiabilidad 1; se indica, que el desarrollo del tipo de Fiabilidad 2 y 3 consiste en definir más cantidad de intervalos de las variables mostradas en el tipo de Fiabilidad 1.

El impacto humano, medioambiental y económico de cada una de las variables o características de todos los Tipos de Características, no se muestra debido a su complejidad; dicho impacto trabaja en unos rangos adecuados al tipo de industria donde se implanta, dichos impactos son acometidos en Casal J [17]. Para cada tipo de fiabilidad, los rangos de impacto se dividen en más o menos partes según dispongan de más o menos variables para cada característica.

TIPOS DE PROCESO		
Nº	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Reacción	280
2	Transformación	250
3	Destilación	220
4	Fusión	310
5	Mezcla	190
6	Recepción materia prima	150
7	Producto semielaborado	240
8	Producto elaborado	195
9	Empaquetado	140
10	Etiquetado	180
11	Calidad de producto	260
12	Calidad de proceso	200
13	Calidad humana	230
14	Agua	250
15	Gas	280
16	Electricidad	265
17	Comunicación	350
18	Oficinas	125
19	Laboratorio	210
20	Mantenimiento	190

Tabla 11- Tipos de procesos de Fiabilidad 2

Los valores de criticidad de las características, se definen en función de la importancia que tiene en las funciones directas e indirectas del activo o instalación a que se está calculando la criticidad. En el presente estudio los valores de criticidad van de 15 a 450 en Fiabilidad 1; 1 a 500 en Fiabilidad 2 y 1 a 544 en Fiabilidad 3. Dichos valores se toman como referencia mínima y máxima de criticidad de características y las demás se ponderan dándole un valor relativo y proporcional a la importancia o consecuencia humanas, medioambientales y económicas.

VARIABLES TÉCNICAS					
Nº	VARIABLES	CRITICIDAD	Nº	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Longitud >10 m	70	44	Presión de diseño 1	100
2	Longitud 1 a 10 m	40	45	Presión de diseño 2	55
3	Longitud < 1 m	25	46	Presión de diseño 3	20
4	Diámetro >1 m	90	47	Temperatura de trabajo	295
5	Diámetro 250 a 1 m	60	48	Temperatura de trabajo	240
6	Diámetro 50 a 250 mm	35	49	Temperatura de trabajo	130
7	Diámetro < 50 mm	10	50	Temperatura de trabajo	90
8	Altura > 3 m	60	51	PxV 1	90
9	Altura 500 a 3 m	35	52	PxV 2	40
10	Altura < 500 mm	15	53	DN 1	25
11	Volumen 1	110	54	DN 2	15
12	Volumen 2	80	55	DN 3	8
13	Volumen 3	50	56	DN 4	6
14	Peso 1	33	57	PN 1	30
15	Peso 2	20	58	PN 2	16
16	Peso 3	12	59	PN 3	9
17	Tipo transmisión 1	25	60	PN 4	7
18	Tipo transmisión 2	20	61	Material 1	90
19	Tipo transmisión 3	10	62	Material 2	65
20	Tipo transmisión 4	7	63	Material 3	40
21	Tipo cierre 1	130	64	Material 4	25
22	Tipo cierre 2	50	65	Material 5	15
23	Tipo cierre 3	30	66	Intensidad 1	120
24	Material junta 1	210	67	Intensidad 2	90
25	Material junta 2	155	68	Intensidad 3	60
26	Material junta 3	110	69	Voltaje 1	150
27	Material junta 4	70	70	Voltaje 2	100
28	Material junta 5	30	71	Voltaje 3	40
29	Potencia 1	180	72	Caudal 1	140
30	Potencia 2	120	73	Caudal 2	90
31	Potencia 3	55	74	Caudal 3	60
32	R.P.M. 1	10	75	Caudal 4	35
33	R.P.M. 2	5	76	NPSH 1	140
34	Tipo reductor 1	30	77	NPSH 2	100
35	Tipo reductor 2	15	78	NPSH 3	70
36	Rendimiento 1	110	79	Producción horaria	180
37	Rendimiento 2	75	80	Disponibilidad/anual	310
38	Presión de trabajo 1	230	81	Productividad	280
39	Presión de trabajo 2	170	82	Protección IP 1	140
40	Presión de trabajo 3	120	83	Protección IP 2	95
41	Presión de prueba 1	150	84	Fiabilidad	250
42	Presión de prueba 2	90	85	Mantenibilidad	205
43	Presión de prueba 3	40			

Tabla 12- Variables técnicas de Fiabilidad 2

TIPOS DE PRODUCCIÓN		
Nº	VARIABLES	CRITICIDAD
1	Continuo 365 días / año	350
2	Continuo 300 a 364 días / año	200
3	Continuo 24 horas/día	180
4	Continuo 16 horas/día	140
5	Continuo 8 horas/día	80
6	Discontinuo > 75 % ocupación	290
7	Discontinuo 50 a 75 % ocupación	220
8	Discontinuo 25 a 50 % ocupación	140
9	Discontinuo < 25 % ocupación	50
10	Pedidos semanales	120
11	Pedidos mensuales	80
12	Pedidos anuales	40

Tabla 13- Tipos de Producción de Fiabilidad 2

## CASO DE ESTUDIO: Cálculo criticidad a 10 activos

Se calcula la criticidad de 10 activos (2 reactores, 2 tanques, 3 bombas, 1 intercambiador, 1 agitador y 1 polipasto). El valor de criticidad para cada uno de los equipos, calculado con el tipo de Fiabilidad 1 es el que se muestra en la tabla 14.

CÁLCULO CRITICIDAD TIPO FIABILIDAD 1 PARA 10 EQUIPOS												
TIPO CARACTERÍSTICA	VARIABLES	CRITICIDAD	FIABILIDAD 1									
			REACTOR 1 2453	REACTOR 2 2493	TANQUE 1 2833	TANQUE 2 2833	BOMBA 1 1763	BOMBA 2 2428	BOMBA 3 1728	INTERCAMBIADOR 2433	AGITADOR 1798	POLIPASTO 798
tipos de equipo	Equipos Rotativos	80					1	1	1	1	1	1
	Intercambio de Calor	110	1	1								1
	Depósitos	75			1	1						
	Valvulería	45										
	Equipos Eléctricos	60										
	tipos de procesos	Producción	210	1	1				1		1	
Logística		280								1		
Calidad		190										
Servicios		325			1	1	1					1
Auxiliares		170										1
productos de	Materia Prima	400							1			
	Producto Acabado	420	1	1					1	1		
	Productos de Servicios	450			1	1	1					1
variables técnicas	Geometría	38	1	1	1	1					1	
	Transmisión	18					1	1	1		1	1
	Estanqueidad	50	1	1	1	1		1	1	1		
	Dinámica	15					1	1	1		1	1
	Estática	100	1	1	1	1					1	
	Materiales	40	1	1	1	1		1	1	1		
	Eléctricas	100					1	1	1		1	1
	Requerimiento Productivo	140	1	1	1	1		1		1		
	Seguridad	150	1	1	1	1		1		1		
	Confiabilidad	210	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
tipos de producción	Continuo	150		1	1	1	1					1
	Discontinuo	110	1									
	Bajo pedido	90						1	1	1		
variables legales	Reglamentación Industrial	120	1	1	1	1		1		1		
	Medio Ambiente	180	1	1	1	1		1		1		
	Seguridad	160	1	1	1	1		1		1		
variables económicas	Coste	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Valor activo	135	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Stock disponible	230			1	1						
	Precio producto	310										
variables de intercambiabilidad	Reparable	45	1	1	1	1	1			1		1
	Existencia de recambio	75						1	1			1

Tabla 14- Valor de criticidad de 10 equipos con el tipo de Fiabilidad 1

CÁLCULO CRITICIDAD DEL TIPO FIABILIDAD 2 PARA 10 EQUIPOS												
TIPO CARACTERÍSTICA	VARIABLES	CRITICIDAD	FIABILIDAD 2									
			REACTOR 1 4100	REACTOR 2 3690	TANQUE 1 4425	TANQUE 2 4035	BOMBA 1 1557	BOMBA 2 2896	BOMBA 3 1276	INTERCAMBIADOR 2890	AGITADOR 1200	POLIPASTO 587
tipos de equipo	Agitador	120										1
	Bomba rotodinámica	100						1	1	1		
	Polipasto	45										1
	Intercambiador de calor de tubos	120										1
tipos proceso	Tanque	240			1	1						
	Reactor	140	1	1								
	Reacción	280	1	1	1	1		1		1		
	Transformación	250										
tipos producto	Destilación	220		1								
	Almacenaje producto elaborado	195								1		
	Agua	250						1				1
	Agua	220							1			1
variables técnicas	Líquido	140		1						1		
	Grasa	110									1	
	Hidrógeno	500			1							
	Amoniaco	500	1		1	1						
	Diámetro >1 m	90										1
	Volumen 1	110	1	1	1							
	Volumen 2	80		1								
	Tipo transmisión 2	20					1					
	Tipo transmisión 3	10							1	1	1	
	Tipo transmisión 4	7										1
variables técnicas	Tipo cierre 1	130							1	1	1	
	Material junta 1	210	1	1	1							
	Material junta 2	155		1								
	Potencia 2	120					1					1
	Potencia 3	55							1	1	1	
	Presión de trabajo 1	230			1							
	Presión de trabajo 2	170	1		1							1
	Presión de trabajo 3	120		1								
	Temperatura de trabajo 1	295	1	1	1							
	Temperatura de trabajo 2	240		1								
variables técnicas	PxV 2	40										1
	Material 1	90	1	1								
	Material 2	65		1	1							1
	Intensidad 3	60							1	1	1	1
	Caudal 2	90				1						
	Caudal 3	60					1	1				
	Producción horaria	180		1								
	Disponibilidad/anual	310	1	1	1							
	Productividad	280							1		1	
	Protección IP 2	95								1		
variables técnicas	Fiabilidad	250	1	1	1	1		1	1			
	Mantenibilidad	205		1	1	1				1	1	1

Tabla 15- Valor de criticidad de 10 equipos con el tipo de Fiabilidad 2, parte primera

El presente estudio de cálculo de criticidad selecciona 17 variables del total; 1 variable para los Tipos de Características, tipos de equipo, tipos de procesos, productos de trabajo, tipos de producción y variables de intercambiabilidad; 2 para variables económicas; 3 para variables legales; 7 para variables técnicas. Cada uno de los tipos de Fiabilidad, selecciona la misma cantidad de variables de cada una de los Tipos de Características. Con ello, se consigue mostrar las diferentes precisiones y fiabilidades de cada uno de ellos.

CRITICIDAD EQUIPOS POR TIPOS DE FIABILIDAD			
	FIABILIDAD 1	FIABILIDAD 2	FIABILIDAD 3
REACTOR 1	2.453	4.100	4.553
REACTOR 2	2.493	3.530	3.518
TANQUE 1	2.833	4.425	5.161
TANQUE 2	2.833	4.035	4.170
BOMBA 1	1.763	1.557	1.471
BOMBA 2	2.428	2.916	3.118
BOMBA 3	1.728	1.276	1.372
INTERCAMBIADOR	2.433	2.850	3.022
AGITADOR	1.793	1.200	1.195
POLIPASTO	798	587	573

Tabla 16- valores de criticidad de 10 equipos para tipos de fiabilidad 1, 2 y 3

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los tipos de fiabilidad indicados, muestran una variación del resultado provocado por la mayor precisión de cada una de las variables puestas en juego en cada uno de los estudios.

La diferencia entre valores de Fiabilidad 1 y 2 es notable, ya que los resultados de fiabilidad 1 son obtenidos con poca cantidad de variables. Pero, en el caso de fiabilidad 2 al utilizar 282 variables los resultados ya son satisfactorios.

Existe diferencia entre los valores de criticidad de fiabilidad 2 y 3; pero, ya no son tan grandes como antes; porque aunque se tenga mayor precisión en fiabilidad 3 es a partir de unas 250 variables cuando el resultado entra en la franja satisfactoria. Obteniendo una mayor calidad y precisión en el estudio de fiabilidad 3 en el que entran en juego más de dos millares de variables.

## REFERENCIAS

[1] August J, Applied Reliability Centered Maintenance. PennWell Books. 1999.

[2] Souris J, El mantenimiento fuente de beneficios. Díaz de Santos. SA: Edit; 1992.

[3] Amendola L. Dirección y Gestión de Paradas de Planta "The Theory of Constraints"; Turnaround – Shutdowns Maintenance. Espuela de Plata. Sevilla, 1999.

[4] Levitt J. The Handbook of Maintenance Management. Industrial Press Inc. New York, 1997.

[5] Gómez de León FC. Tecnología del mantenimiento industrial.: Edit. Servicio de publicaciones Universidad de Murcia, 1998.

[6] Martorell S, Muñoz A, Serradell V. Age-dependent models for evaluating risks and cost surveillance and maintenance of systems. IEEE Trans Reliab 1996; 45/3:433-41.

[7] Martorell S, Sánchez A, Serradell V. Age-dependent reliability model considering effects of maintenance and working conditions. Reliability Engineering System Saf 1999;64(1):19-31.

[8] Gardella M. Mejora del método RCM a partir del AMFEC en Industrias Químicas. Parte 3. Ingeniería y Gestión de Mantenimiento. Págs 40-49. Editorial Alcion. Madrid. Abril 2006.



### Marc Gardella PhD

Es Ingeniero Industrial de la Universidad Politécnica de Catalunya España con más de 15 años de experiencia en Dirección de Departamentos de Ingeniería y Mantenimiento en empresas industriales Manufactureras y de Procesos de diferentes sectores como Químico, Papelero, Automoción, Metalúrgico. Fundador de empresas de Mantenimiento Predictivo. Director de la consultoría SIMRO CONSULTING con funciones de definición de estrategias comerciales en mercados Español y Latinoamericano. Consultor Sénior en Proyectos de Optimización de Costes Operacionales a través del conocimiento detallado de la cadena Objetivos-Personas-Activos. Distribuidor para Centro América de la marca alemana PRUFTECHNIK [www.pruftechnik.com](http://www.pruftechnik.com)

## CONCLUSIONES

Dado los resultados obtenidos, el cálculo de la criticidad por el método de características intrínsecas de un activo o instalación, permite diferenciar entre activos más críticos que otros con alta precisión. De este modo, se ordenarán de mayor a menor criticidad los activos, instalaciones y plantas y se asignarán recursos preventivos de mantenimiento para evitar la aparición de incidencias que interrumpan la actividad normal de las mismas. Los objetivos a conseguir en toda actividad productiva son la mayor disponibilidad, seguridad, fiabilidad y mantenibilidad de activos; para obtener la mayor rentabilidad de dicha actividad.

Es necesario destacar que se deben utilizar una cantidad de variables en concordancia con la diversidad y cantidad de equipos a los que se mide la criticidad. Si se calcula la criticidad a unas pocas decenas de equipos y muy diferentes entre sí, no es necesario un gran volumen de variables; pero, si se mide la criticidad a varios millares de equipos y muy parecidos, es necesario una gran cantidad de variables para poder expresar las diferencias entre ellos y determinar la criticidad de cada uno.

[9] Gardella M, Egusquiza E, Goti A. Maintenance Managers' Empowerment by using a Money Based RCM. Conferences Proceedings Book. IADAT. Julio 2006.

[10] Moubray J. Reliability - Centered Maintenance. Industrial Press Inc. 2001.

[11] Billinton R. "Power System Reliability Evaluation". Gordon and Breach, Science Publishers. 1.970.

[12] Dhillon B. Engineering Safety: Fundamentals, Techniques, Applications. World Scientific. 2003.

[13] You-tern T, Kuo-Shong W, Lin-Chang T. A study of availability centered preventive maintenance for multi-component systems. Reliability Eng System Saf 2004.

[14] Gómez de León FC, Ruíz J. Maintenance strategy base on a multicriterion classification of equipments. Reliability Engineering & System Safety. 91 (2006) 444-451.

[15] Romero C. Análisis de las decisiones multicriterio. ISDEFE. Madrid: Edit, 1996.

[16] Creus A. Fiabilidad y Seguridad. Marcombo. 2005.

[17] Casal J; Montiel H, Planas E, Vílchez J, Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC; 1999.



# SERVICIOS DE FACILITY MANAGEMENT PARA PLANTAS E INDUSTRIAS



## SERVICIOS DE COBERTURA QUE OFRECEMOS



MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN, ÁREAS CORPORATIVAS INDUSTRIALES, ADMINISTRATIVAS, ÁREAS VERDES...



SERVICIOS LOGÍSTICOS DE CARGA, DESCARGA, CALETA, ALMACENAMIENTO Y CUSTODIA.



SERVICIOS COMPARTIDOS.



CONTROL DE ACCESO, SEGURIDAD.

**12 AÑOS DE EXPERIENCIA EN SERVICIOS DE FACILITY MANAGEMENT  
CONOCIMIENTOS + RECURSOS + DISPONIBILIDAD**

**WWW.SISVENCA.COM.VE**



@facilityvenezu1  
@infosisvenca



0414-084.11.53  
gerencia@sisvenca.com.ve

# ENTENDIENDO LAS BASES DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA



Por: Ing. Clístenes Pineda  
Academia de Confiabilidad  
[www.academiadeconfiabilidad.com](http://www.academiadeconfiabilidad.com)  
[cpineda@academiadeconfiabilidad.com](mailto:cpineda@academiadeconfiabilidad.com)

Dentro de la industria sobre todo la asociada al petróleo, gas, y procesamiento de químicos, un término que se escucha con frecuencia es el de Integridad Mecánica. Pero al tratar este tema con las personas, las opiniones sobre dicho término son diversas. Alguna de las dudas que se pueden destacar son las siguientes: ¿Cuál es su origen? ¿Qué significa? ¿En qué etapa del ciclo de vida del activo se aplica? ¿Qué tipo de equipos involucra? ¿Quién es el responsable de gestionarla? ¿Qué se requiere para garantizarla? ¿Integridad Mecánica es un departamento dentro de la empresa, una metodología de evaluación de riesgo, un programa que hay que ejecutar, un elemento para toma de decisiones o una cultura de la organización? Las respuestas a estas preguntas las iré respondiendo de manera sencilla en el desarrollo de este artículo.

## ¿Por Qué Integridad Mecánica?

Antes de entrar en una definición de Integridad Mecánica (IM) me gustaría indicar que ésta es uno de los 14 elementos requeridos por la regulación norteamericana para la seguridad de los procesos 29 CFR 1910.119 de la OSHA. Esta normativa entró en vigor en 1992 y respondió a una gran preocupación que se generó en la década de los 80s por accidentes con gran cantidad de decesos asociados a explosiones y fugas catastróficas de productos químicos peligrosos, como lo fueron el desastre de Bophal (India) donde murieron 2500 personas y la tragedia de Phillips Petrochemical Plant (EEUU) donde murieron 24 personas y fueron lesionadas otras 128.

# ¿Qué es Integridad Mecánica?

La manera más simple de definir Integridad Mecánica que hasta el momento he encontrado es “lograr la contención de sustancias peligrosas dentro de los equipos y tuberías de procesos”, es decir, evitar fugas. Pero en realidad me gusta más una mezcla entre las definiciones de la regulación 1910.119 de la OSHA y el Programa de Prevención de Fugas Accidentales de California (CalARP) 19 CCR 2760.5, que diría algo como lo siguiente: *Es el proceso mediante el cual se garantiza que los equipos críticos son diseñados e instalados correctamente, así como también operados, mantenidos y reemplazados apropiadamente, de tal manera de prevenir fallas y fugas accidentales con sus respectivas consecuencias*

De esta última definición, aparte de responder qué significa IM, también podemos aclarar la interrogante asociada al ciclo de vida del activo. Dentro de una organización se debe garantizar la Integridad Mecánica durante todo el ciclo de vida del activo, en este caso la instalación industrial en sí. Para cumplir con ello, en el momento del proyecto se debe contar con las normativas, estándares técnicos y de calidad, los procedimientos y el personal calificado que aseguren el diseño, la fabricación, procura, construcción e instalación.



CICLO DE VIDA DE UN ACTIVO INDUSTRIAL

Por otro lado, es una buena práctica (aunque no limitativa) que durante la fase de diseño se desarrollen documentos técnicos, procedimientos, análisis (Corrosión, riesgo, confiabilidad, etc) y planes (Inspección, pruebas y mantenimiento) que ayudarán en las fases de operación, mantenimiento y desincorporación. En caso contrario habrá que hacerlo una vez puesta en marcha la instalación.

# ¿QUÉ TIPO DE EQUIPOS INVOLUCRA IM?

La respuesta dependerá del criterio y el método definido por cada organización para identificarlos. Uno de los criterios más comunes que se utilizan es el riesgo y el método, el análisis de criticidad. Ahora, es frecuente escuchar en diversas empresas que IM se relaciona exclusivamente con los equipos estáticos y esto déjenme decirles que es un completo error. Cuando hablamos de evitar fugas y sus consecuencias, esto no sólo se refiere a pérdidas de contención en el cuerpo, boquillas o uniones bridadas de recipientes a presión, tanques, hornos y tuberías ¿O es que acaso una bomba o un compresor no puede fugar por los sellos o la carcasa? Además cuando hablamos de evitar la ocurrencia de este evento debemos incluir la instrumentación asociada al control que nos permite detectar condiciones anormales, así como también la instrumentación asociada a los sistemas de seguridad, ya que estos ayudan a mitigar el efecto de la falla.



Es importante resaltar que cada organización debe definir el criterio con el cual seleccionará los equipos que deben incluirse en un programa de Integridad Mecánica. Para ejemplificar mencionaré algunas familias de equipos que deben considerarse:

**EQUIPOS ESTÁTICOS:** Recipientes, tanques, hornos y tuberías y sus componentes, válvulas de seguridad, etc.

**EQUIPOS ROTATIVOS:** bombas, compresores y sus respectivos equipos conductores (motores, turbinas), etc.

**INSTRUMENTACIÓN:** cuya función sea prevenir, detectar y/o mitigar eventos de fugas.

**EQUIPOS DE CONTENCIÓN:** Diques, sumideros, piscinas y sistemas de recolección de agua entre otros.

**SISTEMAS UTILITARIOS:** tales como: Sistemas de nitrógeno (para aislamiento de atmosferas explosivas o por riesgo de asfixia al personal), sistemas de comunicación de emergencia, por mencionar algunos.

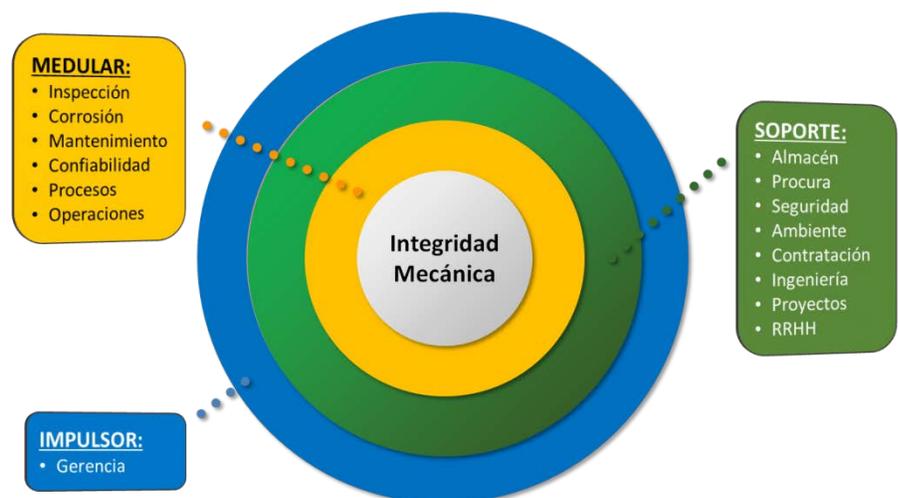
**COMPONENTES ESTRUCTURALES:** a prueba de fuego (Fireproofing) o de aislamiento: Muros de contención, bunkers, etc.

**EQUIPOS PARA RESPUESTA Y CONTROL DE EMERGENCIAS:** asociadas a fuga, incendios y explosiones tales como: sistema contra incendio, sistema de diluvio, sistema de alarma para el personal, entre otros.

## ¿QUIÉN ES EL RESPONSABLE DE INTEGRIDAD MECÁNICA DENTRO DE LA INSTALACIÓN?

En cuanto a la cuestión relacionada con la responsabilidad de la Integridad Mecánica dentro una instalación, nuestra primera respuesta seguramente sería: De los inspectores y/o los ingenieros de inspección. Quizás nuestra segunda respuesta sería: De los ingenieros de corrosión o confiabilidad. Esta respuesta sería condicionada por la creencia de que ellos son los que manejan la información de la condición de los equipos y que con eso sería suficiente para garantizar IM. Ciertamente, el personal que desempeña estos roles, son los encargados de desarrollar planes de inspección, pruebas y mantenimiento, que en algunos casos son ejecutados por ellos mismos; analizan la información recolectada durante dicha ejecución para determinar la condición de los equipos, así como también analizan el riesgo asociado a dicha condición. Por otro lado, durante los proyectos, normalmente se involucran para garantizar la calidad de los trabajos y la preparación de documentación y análisis que serán requeridos luego del arranque del nuevo equipo o instalación. Estas actividades cumplen con algunos de los elementos que debe tener un Sistema de Gestión de Integridad Mecánica como se los mencionaré más adelante, pero no son suficientes.

Pensemos por un momento el efecto que puede tener para la integridad de un equipo operarlo fuera de las condiciones para las que fue diseñado. Es posible que piensen que este escenario no es tan común, ya que para ello las organizaciones deben contar con operadores capacitados y procedimientos operacionales claros y precisos que mitiguen esto. Ahora ¿Qué pasa cuando no se cuenta con esto en las organizaciones? Y las preguntas más importantes serían ¿Cuándo estos eventos ocurren, se registran? ¿Los operadores entienden el efecto de operar bajo estas condiciones en la integridad del equipo? De esta manera busco ejemplificar que los operadores deben estar involucrados y comprometidos con la gestión de Integridad Mecánica. De esta manera ellos se hacen corresponsables de dicha gestión. Por otro lado, cómo se manejan las desviaciones del proceso químico que afectan los materiales de los equipos y quien vela por el aseguramiento de la calidad de los trabajos de reparación de los equipos, es allí donde se deben involucrar y comprometer el personal de ingeniería de procesos y mantenimiento respectivamente.



ANILLOS DE RESPONSABILIDAD EN IM.

Las funciones descritas en los párrafos anteriores son del personal que desde el punto de vista de Integridad Mecánica cumplen con funciones medulares. Ahora, quien debe tener la visión, el liderazgo, el deber de auditar y exigir los resultados en cuanto a IM es la Gerencia. Es imposible implementar y garantizar la mejora de un Sistema de Gestión de Integridad Mecánica sin el entendimiento, apoyo, seguimiento y control de la Gerencia. Por otro lado, dentro de las empresas hay funciones que soportan la gestión de Integridad Mecánica, tales como: Almacén, procura, seguridad, ambiente, contratación, ingeniería, proyectos y RRHH.

# ¿QUÉ SE REQUIERE PARA CUMPLIR CON IM?

La estricta respuesta a esta interrogante es cumplir con los 6 requisitos de la regulación 29 CFR 1910.119(j) de la OSHA:

**1 Selección de equipos (Aplicación).**

**2 Procedimientos escritos.**

**3 Entrenamiento en actividades del proceso de mantenimiento.**

**4 Inspecciones y pruebas.**

**5 Manejo de deficiencias.**

**6 Aseguramiento de la calidad.**

En lo particular me parece mejor el enfoque dado por el Centro para la Seguridad de los Procesos (CCPS por sus siglas en inglés) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE por sus siglas en inglés), en donde se expande a diez (10) elementos con los cuales se deben cumplir para gestionar un Programa de Integridad Mecánica adecuadamente. Brevemente estos 10 elementos son:

**1 Responsabilidad de la Gerencia:** Este requerimiento se refiere a como tanto los gerentes como los supervisores pueden contribuir al éxito en la gestión de un Programa de IM por medio de una adecuada comunicación y la aplicación efectiva de conocimientos, habilidades y recursos dentro de la organización. Es deber de la gerencia y sus líneas de mando de hacer cumplir las políticas y procedimientos que sustentan el Sistema de Gestión de la empresa dentro del cual se debe enmarcar el programa de IM, así como también deben monitorear y controlar el desempeño a través de indicadores y auditorías.

**2 Selección de equipos:** En este punto lo que se pretende indicar es que cada organización debe establecer el criterio de selección de los equipos que incluirá dentro del programa IM, basado en la leyes y regulaciones del país donde opere, sus políticas y objetivos estratégicos. Es importante indicar que para lograr esto se debe documentar los criterios seleccionados (esto incluye el nivel de detalle, es decir, si se incluye el equipo individualmente o como parte de un sistema).

**3 Inspección, prueba y mantenimiento preventivo (ITPM por sus siglas en inglés):** El objetivo de este requerimiento es que la organización debe desarrollar e implementar un programa ITPM. Esto implica identificar las actividades requeridas para garantizar la IM de los equipos, bajo el criterio que aplique (cumplimiento, tiempo o riesgo), establecer su frecuencia, planificarlas, ejecutarlas y monitorear su desempeño, de tal manera de asegurar la mejora continua.

**4 Competencias y entrenamiento:** Con este requerimiento lo que se busca es resaltar la importancia del desarrollo de competencias y cómo el entrenamiento juega un papel clave en dicho objetivo. Con esto se asegura que solamente personal calificado ejecute tareas de IM de manera apropiada y consistente, disminuyendo así los errores humanos que influyen en la tasa de fallas de los equipos.

**5 Procedimientos escritos:** Otro elemento que ayuda a asegurar que las tareas y actividades del programa IM se ejecuten de manera adecuada, segura y consistente. Normalmente, estos procedimientos están alineados con el sistema de gestión de la organización. Para lograr esto la organización debe designar los recursos suficientes para el desarrollo, implementación y mejora continua de los procedimientos.

**6 QA/QC:** Este requerimiento se refiere a que la organización deben garantizar que se cumplan todos los elementos de aseguramiento de calidad y control que están establecidos en el sistema de gestión de la organización durante el ciclo de vida de los activos declarados en el programa de IM.

**7 Gestión de deficiencias de equipos:** El objetivo de este requerimiento es que las organizaciones tengan planes efectivos para reconocer y reaccionar ante las deficiencias de los equipos. Estas deficiencias normalmente son identificadas durante la evaluación de condición realizada a partir de los resultados de las tareas ITPM (Incluyendo la fabricación, construcción y/o instalación), por una observación de un desempeño del equipo por debajo del esperado o por una condición durante la operación normal,

**8 Gestión de riesgo:** Este requerimiento se refiere a cómo la organización debe abordar la gestión del riesgo asociado a IM, de tal manera que sea integrado dentro del sistema de gestión de la organización y como éste puede soportar el desarrollo de las tareas ITPM y el proceso de toma de decisiones.

**9 Implementación:** Un elemento importante es lograr que los elementos antes mencionados sean implementados dentro de la organización, por lo cual la organización debe contar con un plan y estrategia de implementación donde se manejen buenas prácticas que logren gestionar el cambio organizacional, el presupuesto y los recursos para alcanzar la meta trazada. Dependiendo de la complejidad y el tamaño de la organización se puede tratar como un proyecto y aplicar procesos de gestión de proyecto para lograr la implementación.

**10 Mejora continua:** Una vez que se cumplen con la implementación de los elementos anteriores del programa de IM se debe cumplir con la mejora continua. Dentro de las actividades que deben realizarse tenemos: Conducción del programa de auditorías, establecimiento de un sistema de monitoreo del desempeño (indicadores) y lecciones aprendidas de las fallas de los equipos basado en el proceso de análisis causa raíz

# SISTEMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD MECÁNICA (SGIM)

Integridad Mecánica **No es un departamento**, aunque en algunas organizaciones haya un departamento con su nombre, la responsabilidad es compartida por diversos actores dentro de la empresa. **No es una metodología de evaluación de riesgos**, aunque dentro de IM se utilicen metodologías para análisis y evaluación del riesgo, cómo puede ser Inspección Basada en Riesgo (IBR).

**IM ES UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA.**

Aunque en la bibliografía podemos encontrar recurrentemente el uso del término de Programa (y dentro del artículo lo he usado con la idea de ser coherente), en este caso apelaré a la visión de procesos de trabajo de la norma ISO 9001, por lo cual, recomendaría llamarlo como un Sistema de Gestión de Integridad Mecánica (SGIM), el cual debe estar enmarcado dentro del Sistema de Gestión Integral de la organización. De esta manera la asignación de recursos, el desarrollo de procedimientos y la mejora continua se pueden justificar más fácilmente. Por otro lado, al estar definido de esta manera, también se alinearía con el esquema de gobernabilidad de la organización, en el cual los procesos dan soporte a los objetivos estratégicos y se convierte en un elemento para toma de decisiones, tal cual como lo hacen empresas de clase mundial como Chevron o Dupont, por ejemplo.



**EJEMPLO DE ESQUEMA DE GOBERNABILIDAD ORGANIZACIONAL BASADO EN EL SISTEMA DE GESTIÓN DE EXCELENCIA OPERACIONAL (OEM) DE CHEVRON CORPORATION.**

Implementar un Sistema de Gestión de Integridad Mecánica, SGIM, es una tarea que involucra aspectos técnicos, organizacionales y culturales. Es importante que todo el personal entienda el proceso, su alcance y beneficios, de tal manera de hacerlo sustentable en el tiempo. Cumplir adecuadamente con cada uno de los elementos que componen un SGIM le permite a las organizaciones tomar decisiones coherentes, que agreguen valor al negocio y mantengan la armonía con la seguridad integral y la producción. Instalar una Cultura de Integridad Mecánica requiere del apoyo y el esfuerzo de todos los niveles de la organización.



Clístenes Pineda es Consultor Sénior en Confiabilidad e Integridad Mecánica, Ingeniero de Materiales con postgrado en Confiabilidad de Sistemas Industriales en la Universidad Simón Bolívar. Con varias Certificaciones Intencionales, tales como: Profesional en Gerencia de Proyectos (PMP); PMI (Project Management Institute) desde el 2012 y como auditor de Sistemas de Gestión de Riesgo ISO 31000 por ERCA. Ha estado certificado como Inspector de Tuberías y Analista de IBR según los estándares API 570 y 580 respectivamente. Practicante de metodologías tales como IBR, MCC y ACR, así como también del uso sistemas de gestión ERP/APM.



# SERVICIOS DE FACILITY MANAGEMENT PARA INSTALACIONES COMERCIALES



## SERVICIOS DE COBERTURA QUE OFRECEMOS

 MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DE INSTALACIONES Y EQUIPOS, JARDINERÍA Y PAISAJISMO, SANITIZACIÓN DE TANQUES, SISTEMAS DE AGUA Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.



SERVICIOS DE COMEDORES INDUSTRIALES, ADMINISTRACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS, SERVICIOS LOGÍSTICOS.



SERVICIOS COMPARTIDOS.



CONTROL DE ACCESO, SEGURIDAD Y PROTOCOLO.

**12 AÑOS DE EXPERIENCIA EN SERVICIOS DE FACILITY MANAGEMENT  
CONOCIMIENTOS + RECURSOS + DISPONIBILIDAD**

**WWW.SISVENCA.COM.VE**



**@facilityvenezu1  
@infosisvenca**



**0414-084.11.53  
gerencia@sisvenca.com.ve**



## ACTITUD DE MANEJO DEFENSIVO

revista@confiabilidad.com.ve

En muchos países, los accidentes de tránsito siempre están entre las principales causas de muerte violenta. La conducción de vehículos, bien sean personales o asignados por nuestro trabajo, es una actividad rutinaria en la vida moderna, el exceso de confianza es una de las causas más comunes de accidentes cuando conducimos vehículos particulares o de carga, motocicletas y hasta bicicletas o lanchas. La base del manejo defensivo es tener una actitud mental positiva, conocer y mantener el vehículo en buenas condiciones, conocer las condiciones de la carretera y considerar anticipadamente los errores de los otros. El manejo defensivo es una actitud de conducción basada en técnicas, procedimientos y comportamientos proactivos con el objetivo de prevenir accidentes de tránsito. El manejo defensivo considera los riesgos propios del conductor, los pasajeros y los de otros conductores.

### ACTITUD MENTAL Y CONDUCTA PROACTIVA

Un conductor debe asumir una actitud profesional ante el manejo, entender que él, sus acompañantes y los otros conductores en la vía son afectados por su conducta.

Debe mantenerse alerta, cuidadoso y considerado. Para viajes largos, fuera de la rutina, es importante planificar el recorrido, los horarios, los servicios en la vía, hacer el viaje mentalmente.

En carreteras solas no se confíe, vea los espejos frecuentemente, los tres, y los instrumentos para estar atentos y no relajarse demasiado.

La vista debe estar adelante para anticipar situaciones. Si otro vehículo quiere rebasarlo, que lo haga, no lo impida, usted es el profesional. No caiga en desafíos ni en provocaciones innecesarias.

### LO BÁSICO Y FUNDAMENTAL



USAR SIEMPRE EL CINTURON DE SEGURIDAD Y HACER QUE SUS ACOMPAÑANTES LO USEN.



NO INGERIR ALCOHOL, NI DROGAS, NI MEDICAMENTOS AL CONDUCIR.



NO USAR EL CELULAR, NI EL GPS CUANDO MANEJE.



RESPECTAR LAS SEÑALES DE TRÁNSITO.



REVISAR FRECUENTEMENTE LA CONDICIÓN DE NEUMÁTICOS, ACEITE, REFRIGERANTE, FRENOS, LIMPIEZA DE VIDRIOS, MANTENIMIENTO.

### DEBE CONOCER EL VEHÍCULO Y SUS LIMITACIONES

#### ANTE VEHÍCULOS GRANDES Y/O LENTOS



Siempre tenga un espacio de seguridad alrededor de su vehículo, mantenga una separación suficiente que favorezca su distancia de reacción.

- No ubicarse cerca a los puntos ciegos.
- No conducir muy próximos al vehículo grande; una vez que lo adelante, reingrese al carril cuidadosamente.
- Estar preparados para las fuertes corrientes de aire al pasar a un vehículo grande.
- Ante un vehículo lento no pierda la paciencia, adelántelo cuando sea seguro hacerlo.

### ¿POR QUÉ OCURREN LOS ACCIDENTES?

- 1 NO HAY CONCIENCIA DE SEGURIDAD.
- 2 IMPRUDENCIA.
- 3 FALTA DE DISCIPLINA.
- 4 CONDICIONES PELIGROSAS DEL CAMINO.
- 5 DESPERFECTOS DEL VEHÍCULO.
- 6 DESCONOCIMIENTO DEL VEHÍCULO.
- 7 ALTA VELOCIDAD.
- 8 FALTA DE PERICIA.

### ESPEJOS RETROVISORES



Los tres espejos de un vehículo trabajan en conjunto. Así cuando un vehículo salga del espejo central, inmediatamente debe aparecer en el espejo lateral. Los espejos retrovisores laterales deben ajustarse de tal manera que su propio vehículo no aparezca, así disminuye el llamado "punto ciego"

EL MANEJO DEFENSIVO ES PROACTIVO, SE RESPETA Y SE DA PRIORIDAD AL DERECHO DE LOS PEATONES Y LOS CICLISTAS, CON UNA ACTITUD DE CORTESÍA Y CONSIDERACIÓN.

Un conductor defensivo y proactivo se mantiene atento y vigilante ante la impulsividad de los niños, la distracción de las personas, la lentitud de las personas de la tercera edad y requerimientos especiales de las personas con discapacidad.



### CONCEPTOS IMPORTANTES DEL MANEJO DEFENSIVO



El tiempo de reacción en promedio es de 1 a 0,5 segundos; pero ante el estrés, sueño, cansancio, distracciones (teléfono), influencia del alcohol y drogas el **tiempo de reacción aumenta!**

La distancia de frenado es afectada por factores como: condición de la vía (seco, nieve, lluvia, aceite), tipo de carretera (asfalto, gravilla), condición del vehículo (frenos, amortiguación, neumáticos).

# ESPECIALISTAS EN LA FABRICACIÓN DE BOBINAS, RECONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS

J-30097574-6



-  **EQUIPOS** : MOTORES AC Y DC, GENERADORES, BOBINAS, MÁQUINAS DE SOLDAR, BOMBAS DE AGUA.
-  **APLICACIONES**: INDUSTRIA, COMERCIO, RESIDENCIAL.
-  **SERVICIOS**: MANTENIMIENTO, RECONSTRUCCIÓN, REDISEÑO, ANÁLISIS, INSPECCIÓN, METALMECÁNICA.
-  **VENTA**: GENERADORES, MOTORES, BOMBAS DE AGUA, SISTEMAS DE CONTROL ELÉCTRICOS.



24/7 SERVICIO TÉCNICO  
0414 894 2817  
0414 868 9819



GOPERACION@EMINCA.COM



SEDES:  
PUERTO ORDAZ, BOLÍVAR  
CAGUA, ARAGUA.



MIEMBRO DE **EASA**  
The Electro-Mechanical Authority

**WWW.EMINCA.COM**





# G L O S A R I O

## ANÁLISIS DE RIESGOS

Proceso llevado a cabo para comprender la naturaleza del riesgo y determinar su amplitud.

Según ISO 31000 el Análisis del Riesgo proporciona las bases para la evaluación del riesgo y la toma de decisiones sobre su tratamiento. El análisis del riesgo incluye la estimación del mismo.

## CONSECUENCIA

Resultado de un evento que afecta a los objetivos.

Un evento puede dar lugar a un rango de consecuencias. La consecuencia puede ser cierta o incierta y puede implicar efectos positivos o negativos sobre los objetivos de la organización. Las consecuencias pueden ser expresadas cualitativa o cuantitativamente.

## CONTEXTO

Definición de los parámetros internos y externos que deben considerarse para gestionar el riesgo y acotar el alcance y los criterios del riesgo.

## CONTEXTO EXTERNO

Ambiente externo en el cual la organización desea lograr sus objetivos. El contexto externo puede ser el ambiente cultural, social, político, legal, financiero, tecnológico, competitivo, en general cualquier influencia que tenga impacto en los objetivos y relaciones con las partes interesadas.

## CONTEXTO INTERNO

Según ISO 31000 el ambiente interno es donde la organización desea lograr sus objetivos. Puede ser la estructura organizacional, las políticas, funciones, estrategias, las capacidades de la organización, los flujos de información y procesos para tomar decisiones e incluso la cultura de la organización.

## EVENTO

Presencia o cambio de un conjunto particular de circunstancias. Según ISO 31000 un evento es una o más ocurrencias, pudiendo tener varias causas.

## INVOLUCRADOS

Persona u organización que puede afectar o **verse afectada** por una decisión o actividad.

## MATRIZ DE RIESGO

Herramienta que permite clasificar y visualizar los riesgos mediante la definición de categorías de consecuencias y de su probabilidad.

## NIVEL DE RIESGO

Magnitud de un riesgo o de una combinación de varios. Se expresa en términos de combinación de la probabilidad y las consecuencias de los mismos.

## NORMA ISO 31000

ISO 31000 Gestión de Riesgos – Principios y Guías es una Norma Internacional disponible para cualquier organización, pública o privada, de cualquier sector y de cualquier tamaño, interesada en el análisis y la administración de los riesgos a los que está expuesta. ISO 31000 no se puede utilizar con fines de certificación, pero la norma proporciona una guía para los programas de auditoría internos o externos. Las organizaciones que la utilizan pueden comparar sus prácticas de gestión de riesgos con un punto de referencia reconocido internacionalmente, proporcionando principios sólidos para la gestión eficaz y el gobierno corporativo.

## RIESGO

El diccionario de la RAE define el riesgo como una contingencia o proximidad a un daño.

ISO 31000 define riesgo como **el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos**.

El **efecto** es una desviación sobre lo que se espera, ya sea positivo o negativo. Normalmente el riesgo viene expresado como una combinación de las **consecuencias** de un evento y la **probabilidad** de que ocurra.

La **incertidumbre** es un estado de deficiencia de información asociada a la comprensión o conocimiento de un evento, su consecuencia o probabilidad.

Los **objetivos** pueden tener enfoques diferentes (financieros, salud, ambientales o seguridad) y pueden aplicar para diferentes niveles de la organización.

## RIESGO RESIDUAL

Es aquel riesgo que subsiste, después de haber implementado los controles. También es conocido como riesgo retenido. Puede ser que contenga un riesgo no identificado.



# Academia de Confiabilidad

Centro de Estudios Avanzados de Mantenimiento Industrial

## FORMACIÓN Y CONSULTORÍA EN GESTIÓN DE ACTIVOS

**CONFIABILIDAD,  
PRODUCCIÓN  
Y MANTENIMIENTO**

CAPACITACIÓN CON VALOR PARA LA INDUSTRIA

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

[WWW.CONFIABILIDAD.COM.VE](http://WWW.CONFIABILIDAD.COM.VE)



 [www.linkedin.com/in/gtscca/](http://www.linkedin.com/in/gtscca/)

 [@CONFIABILITIPS](https://twitter.com/CONFIABILITIPS)



## SERVICIOS PARA LA CONFIABILIDAD INDUSTRIAL

### INSPECCIÓN INTEGRAL DE ACTIVOS



- ANÁLISIS DE VIBRACIONES
- RUIDO ULTRASÓNICO
- TERMOGRAFÍA INFRARROJA
- PROGRAMAS DE MONITORIZACIÓN DE CONDICIÓN

### MANTENIMIENTO PROACTIVO



- BALANCEO DINÁMICO
- LUBRICACIÓN
- ALINEACIÓN LÁSER

### CAPACITACIÓN PROFESIONAL



- PROGRAMAS DE TUTORÍA
- CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS
- TÉCNICAS DE INSPECCIÓN
- METODOLOGÍAS DE CONFIABILIDAD



# Gente + Tecnología + Servicios