

# SEMINARIO DE GESTIÓN MODERNA DE MANTENIMIENTO

Administración de Empresas

Este material de autoestudio fue creado en el año 2006 para la asignatura Administración de Empresas del programa Ingeniería Electromecánica y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.





# Seminario de Gestión Moderna de Mantenimiento

---

Ing. MSc. Oliverio García Palencia  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

EBSA Boyacá  
Tunja, 2 y 3 de Febrero 2006

# Agenda

---

- ◆ Introducción
- ◆ Filosofía del Mantenimiento
- ◆ Diez Mejores Prácticas
- ◆ Confiabilidad Operacional
- ◆ Estrategias de la Confiabilidad Operacional
- ◆ TPM, RCM, PMO, MIO
- ◆ Herramientas de la Confiabilidad Operacional
- ◆ CA, FMEA, FMECA, RCA, RBI
- ◆ Costo del Ciclo de Vida
- ◆ Mantenimiento Excelente
- ◆ Conclusiones.



# Agenda

---

## MÓDULO 1. FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO

- Misión del Mantenimiento
- Estrategias del Mantenimiento
- Diez Mejores Prácticas
- Gestión Técnica del Mantenimiento
- Confiabilidad Operacional
- Aplicaciones de la Confiabilidad Operacional
- Optimización del Mantenimiento
- Análisis de Costos del Mantenimiento
- Niveles de Medición de la Gestión.

# Objetivo

---

Analizar los principios, conceptos y metodologías inherentes a la Confiabilidad Operacional, considerando su importancia en el ámbito de la Gestión Moderna del mantenimiento y sus mejores prácticas.

## Objetivos estratégicos de las operaciones

- Flexibilidad
- Reducción de costes
- Mejora de la calidad
- Seguridad
- Conservación y transferencia de conocimientos
- Responsabilidad medio ambiente
- Educación y Formación

# Misión del Mantenimiento

---



El Mantenimiento Industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos industriales mediante programas de prevención de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo, para el logro de sus tres objetivos fundamentales:

- ◆ Disponibilidad de los Activos Fijos
- ◆ Conservación de los Activos Fijos
- ◆ Administración eficaz de los recursos.

# Elementos del Mantenimiento

---

- ◆ La Organización
- ◆ El Talento Humano
- ◆ La Disponibilidad de Equipos
- ◆ La Gestión de Materiales
- ◆ El Control de Costos
- ◆ EL Medio Ambiente
- ◆ La Confiabilidad de sus Activos.



# Impacto del Mantenimiento

---

- ✦ CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN
  - ◆ Mejora de la productividad de la planta
  - ◆ Aumento de la capacidad de los equipos
- ✦ COSTOS DE MANUFACTURA
  - ◆ Reducción de tiempos de mantenimiento
  - ◆ Reducción de los tiempos de paradas
- ✦ SEGURIDAD INDUSTRIAL
  - ◆ Reducción de fallas críticas y catastróficas
  - ◆ Mayor seguridad del personal
- ✦ SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES
  - ◆ Cumplimiento de las entregas
  - ◆ Alta Calidad de los Productos.



# Eras del Mantenimiento

---

PRIMERA GENERACIÓN: Hasta la segunda guerra mundial

SEGUNDA GENERACIÓN: Después de la segunda guerra mundial

TERCERA GENERACIÓN: Desde mediados de los ochenta

CUARTA GENERACIÓN: A partir del nuevo milenio.

## **Primera Generación**

Reparar en caso de  
Avería.

## **Segunda Generación**

Mayor disponibilidad  
de planta.  
Mayor vida útil de los  
Equipos.  
Más bajos costos.

## **Tercera Generación**

Mayor disponibilidad y  
Confiabilidad.  
Mayor Costo -Efectividad.  
Mayor seguridad.  
No deteriorar el medio ambiente.  
Mejor calidad de los productos.  
Mayor duración de los equipos.

# Cuarta Generación del Mantenimiento

---

- ◆ Gerencia de Activos (AM)
- ◆ Confiabilidad Integral del Activo
- ◆ Mantenimiento Basado en el Negocio (BBM)
- ◆ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ◆ Análisis de Incertidumbre (RBI)
- ◆ Prevención del Mantenimiento (MP)
- ◆ Optimización Costo-Riesgo-Beneficio
- ◆ Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC)
- ◆ Modelos Mixtos de Confiabilidad (RMM)
- ◆ Optimización Integral del Mantenimiento (MIO).

# Estrategias del Mantenimiento

---

- ◆ Desarrollo Integral del Talento Humano
- ◆ Proyectar la Función del Mantenimiento para la Productividad
- ◆ Construir una Nueva Cultura de Mantenimiento
- ◆ Fomentar el Trabajo en Equipo
- ◆ Establecer panoramas de Riesgo y de Protección al Medio Ambiente
- ◆ Desarrollar Procesos de Reingeniería de Mantenimiento
- ◆ Gestionar de forma óptima la información en Mantenimiento.

# Gestión de Mantenimiento

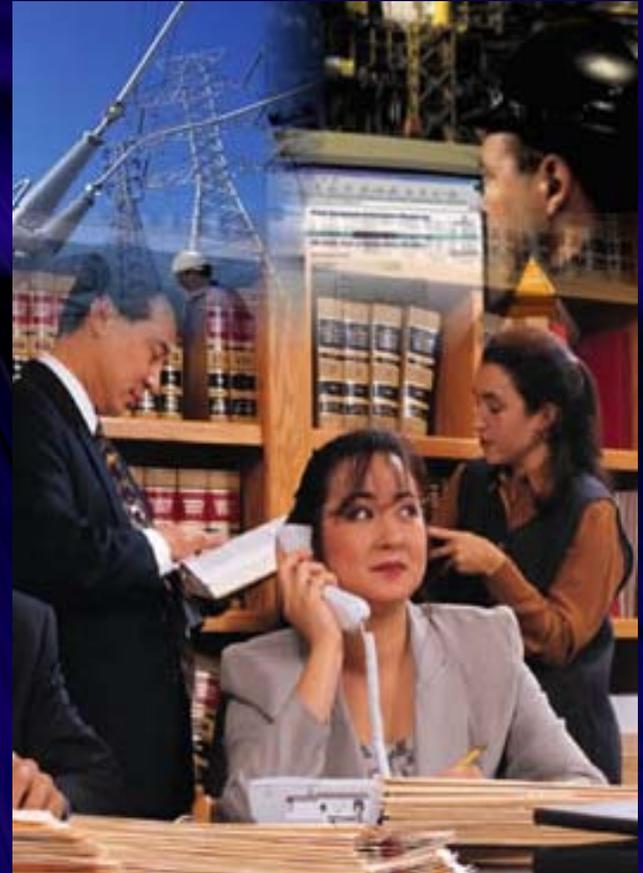
---

- ◆ Garantizarle al cliente interno o externo, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requiera con confiabilidad y seguridad total, durante el tiempo necesario para operar, con las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad.

# Gestión Técnica de los Procesos

---

- ✦ Eliminar o reducir el error humano
- ✦ Reducir el trabajo humano y sus costos
- ✦ Minimizar el consumo de energía
- ✦ Reducir el tamaño de plantas y de stocks intermedios
- ✦ Cumplir los reglamentos ambientales
- ✦ Alcanzar y mantener el resultado deseado.



# Nuevas Tendencias del Mantenimiento

---

- ◆ Mantenimiento Basado en Condición
- ◆ No hacer en vez de hacer
- ◆ Calidad de la Gestión Administrativa
- ◆ Prevención de Fallas en vez de Mantenimiento Preventivo
- ◆ Aumento de la Disponibilidad y Confiabilidad
- ◆ Centralización de Planeación y Programación
- ◆ Aplicación de Indicadores de Resultados
- ◆ Mantenimiento Eficiente y Oportuno.

# Características del Nuevo Mantenimiento

---

- ◆ Mayor Sentido de Pertenencia
- ◆ Mantenimiento como Gestión
- ◆ Análisis de Puntos Débiles
- ◆ Procedimientos Estandarizados
- ◆ Efectividad de Contratación y Adquisiciones
- ◆ Participación en la Selección de Tecnología
- ◆ Políticas de Reposición de Equipos
- ◆ Apropiación Económica de Inventarios
- ◆ Sistema de Gestión de Información
- ◆ Planeación y Programación de Actividades
- ◆ Mantenimiento Autónomo de primera línea
- ◆ Integración de Producción y Mantenimiento.



# Parámetros de Mantenimiento

- ◆ Confiabilidad,  $R(t)$
- ◆ Probabilidad de Falla,  $F(t)$
- ◆ Índice de Falla,  $\lambda(t)$
- ◆ Mantenibilidad,  $M(t)$
- ◆ Disponibilidad,  $D(t)$
- ◆ Efectividad global, (OEE)
- ◆ Tiempo Promedio Entre Fallas, (MTBF)
- ◆ Tiempo Medio Para Reparar, (MTTR).



# Diez Mejores Prácticas

- ◆ Trabajo en Equipo
- ◆ Contratistas Enfocados a la Productividad
- ◆ Integración con Proveedores
- ◆ Apoyo y Visión Gerencial
- ◆ Planificación y Programación Proactiva
- ◆ Mejoramiento Continuo
- ◆ Gestión Disciplinada de Materiales
- ◆ Integración de los Sistemas
- ◆ Gerencia de Paradas de Plantas
- ◆ Producción Basada en Confiabilidad.



# 10 Mejores Prácticas

---

## Dinámica Organizacional

- ◆ Organización basada en equipos de trabajo
- ◆ Contratistas orientados a la productividad
- ◆ Integración con proveedores de materiales y servicios
- ◆ Apoyo y Visión Gerencial.

## Procesos de Trabajo

- ◆ Planificación y programación proactiva
- ◆ Mejoramiento Continuo
- ◆ Gestión disciplinada de procura de materiales
- ◆ Integración de procesos y sistemas.

## Gerencia de Activos

- ◆ Gestión de Paradas de Plantas
- ◆ Producción Basada en Confiabilidad.



# Organización Basada en Equipos

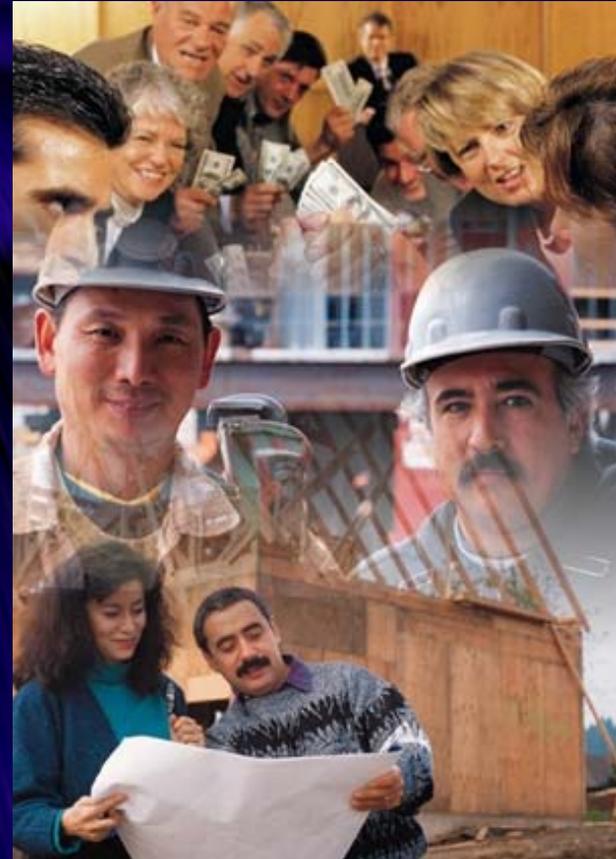
---

- ◆ Unidades básicas de negocio
- ◆ Objetos alineados entre el equipo de trabajo e individuales
- ◆ Auditoria, responsabilidad y credibilidad
- ◆ Incentivos por competencia y desempeño
- ◆ Apoyo del operador al mantenimiento
- ◆ Centros de soporte tecnológicos
- ◆ Adiestramiento basado en equipos de trabajo.



## Contratistas Orientados a la Productividad

- ◆ Pagos de contratos por productividad
- ◆ Visión de socio estratégico
- ◆ Contratación con alcances y planes bien definidos
- ◆ Control de gestión formal
- ◆ Base de datos consolidada de proveedores y contratistas.



# Integración con Proveedores

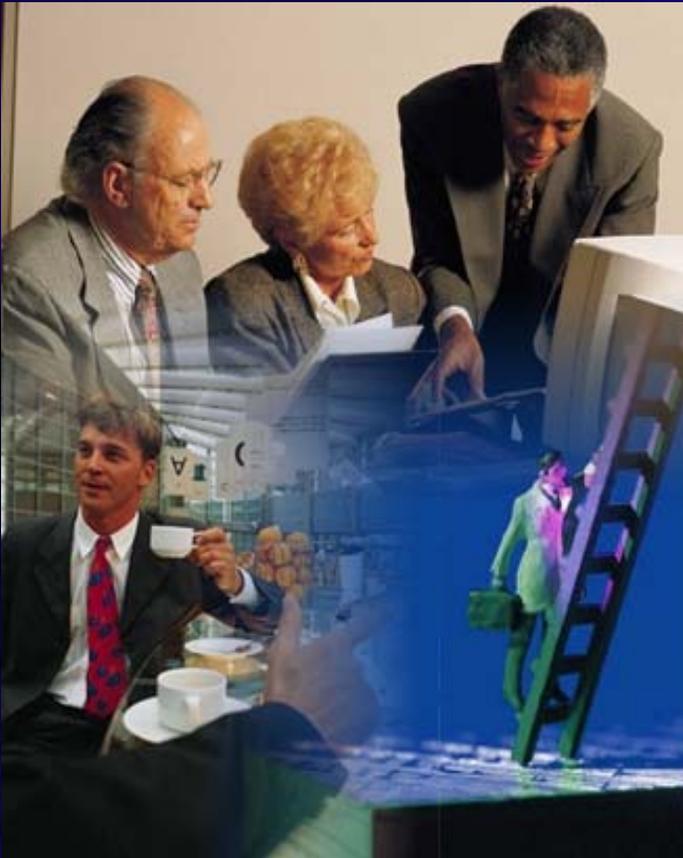
---



- ◆ Programas de mejoramiento continuo
- ◆ Proveedor gerencia el inventario
- ◆ Evaluación, control de gestión formal
- ◆ Procedimientos certificados de los procesos (ISO 9000)
- ◆ Transferencia tecnológica
- ◆ Base consolidada de proveedores.

# Apoyo y Visión Gerencial

---



- ◆ Involucramiento activo, visible y permanente
- ◆ Incentivar y facilitar el "benchmarking"
- ◆ Desarrollar y apoyar planes a corto, mediano y largo plazo en las áreas de ingeniería y confiabilidad, alineados con los objetivos del negocio.

# Planificación y Programación Proactiva

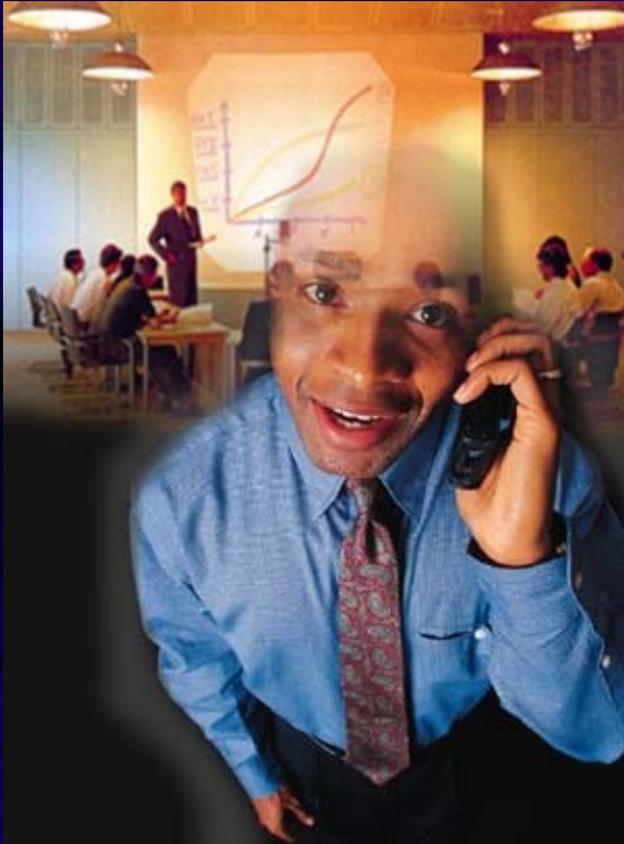
---



- ◆ Gerenciar las actividades en función del impacto total sobre el negocio
- ◆ Planificar y programar las actividades con el uso de contadores múltiples
- ◆ Orientación de los planes basados en maximizar la productividad de las instalaciones.

# Mejoramiento Continuo

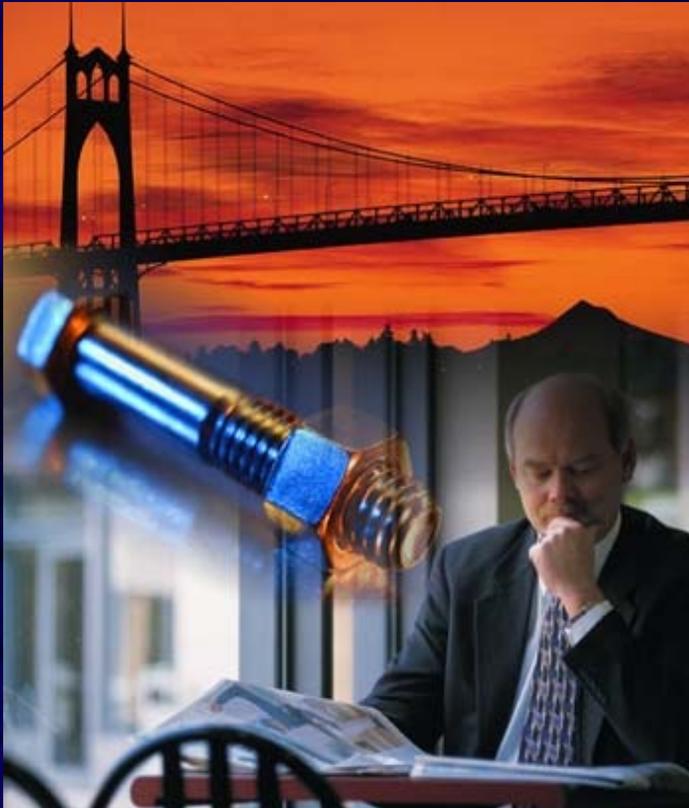
---



- ◆ Equipos de trabajo formales y permanentes
- ◆ Adiestramiento orientado en las necesidades del negocio
- ◆ Amplia difusión de los logros
- ◆ Publicación de los indicadores de gestión
- ◆ Procesos continuos de Benchmarking
- ◆ Reconocimiento a los empleados.

# Gestión Disciplinada de Materiales

---



- ◆ Procesos de procura de documentos y certificados con ampliación a nivel corporativo
- ◆ Acuerdos y convenios previos de precios
- ◆ Convenios homologados a largo plazo
- ◆ Uso de sistemas y tecnologías de los proveedores.

# Integración de Sistemas

---



- ◆ Integración de las actividades funcionales de los procesos
- ◆ Gerencia en función de la confiabilidad de los equipos
- ◆ Captura y registro total de la información
- ◆ Uso adecuado de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS).

# Paradas de Planta

---



- ◆ Liderazgo profesional en gerencia de proyectos
- ◆ Planificación con 12 a 18 meses de anticipación a la parada
- ◆ Ingeniería de confiabilidad como factor importante de la programación
- ◆ Énfasis en extender el tiempo entre paradas
- ◆ Adiestramiento intensivo en paradas
- ◆ Prioridad en seguridad, ambiente e higiene industrial.

# Producción Basada en Confiabilidad

---

- ◆ Equipos formales de Confiabilidad
- ◆ Disponer de sistemas de clasificación y Jerarquización de Activos
- ◆ Cumplimiento del 100% de las actividades de Mantenimiento Planificado
- ◆ Diseñar los planes de Mantenimiento mediante la metodología del FMEA
- ◆ Procesos formales de Análisis Causa Raíz
- ◆ Toma de decisiones basadas en riesgo, y uso de herramientas como árboles de falla, Inspección Basada en Riesgo, entre otras.
- ◆ Auditorias regulares de Mantenimiento y Confiabilidad.



# Confiabilidad Operacional

---

- ◆ Mas reciente de las metodologías surgidas para optimizar la Productividad Industrial
- ◆ Son labores desarrolladas con el propósito de aprovechar el historial de fallas, convirtiéndolo en oportunidades de mejora
- ◆ Involucra a las personas, los procesos, los equipos y está basada sobre una aproximación de sentido común hacia la excelencia.

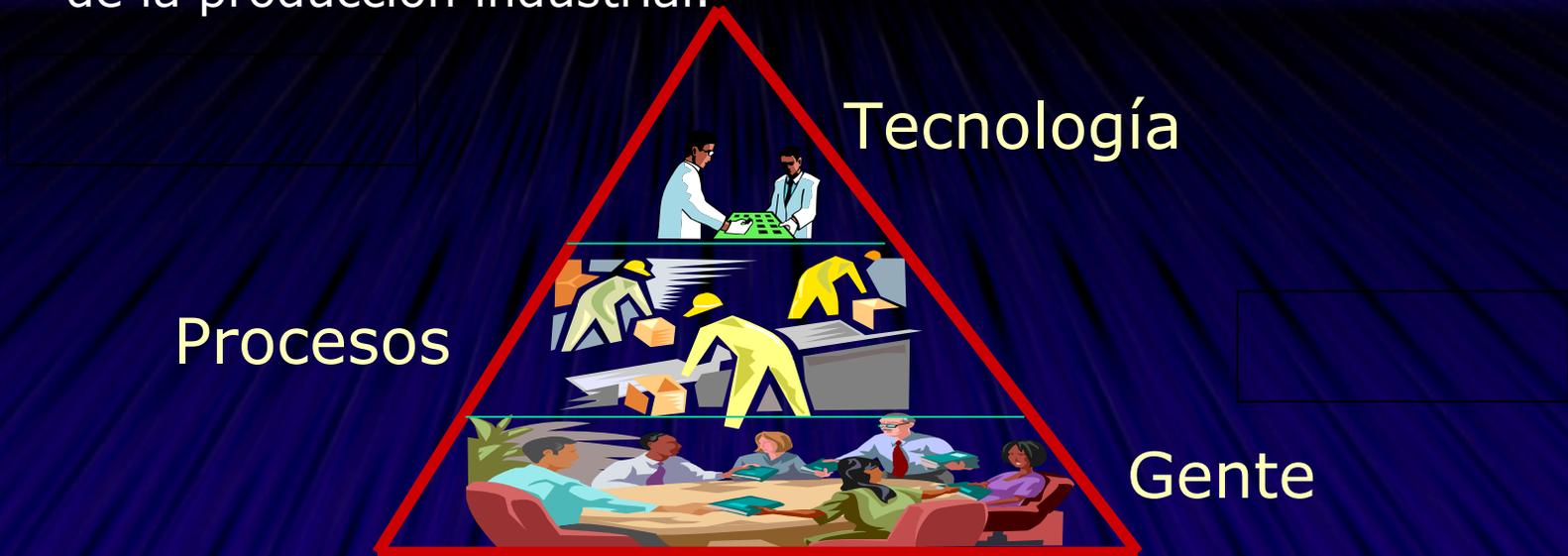
# Confiabilidad Operacional

---

- ◆ La **Confiabilidad** de un sistema o un equipo, es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función.
- ◆ La **Confiabilidad Operacional** lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional.

# Definición de Confiabilidad Operacional

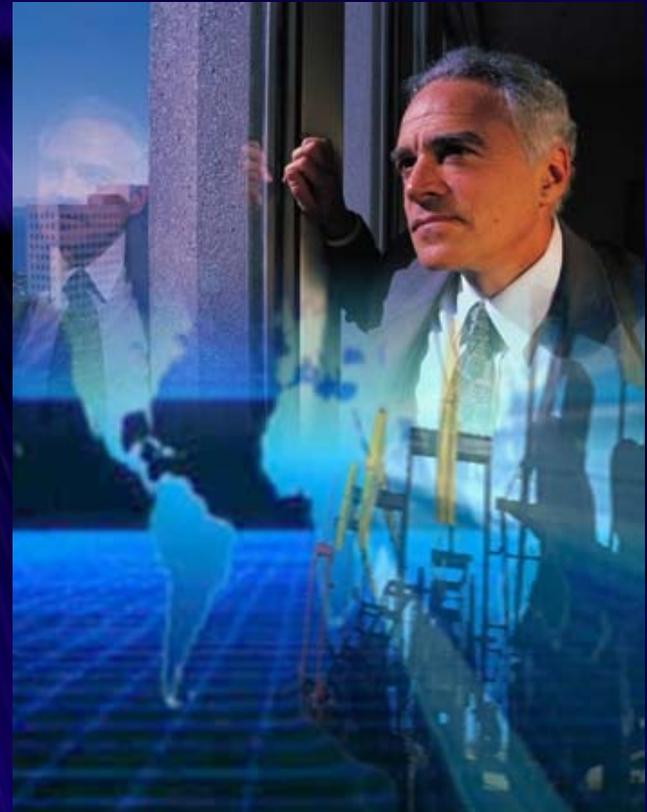
- Una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, en búsqueda de optimizar la gestión, planeación y control, de la producción industrial.



# Confiabilidad Operacional

---

- ✦ La Confiabilidad es más que una probabilidad; es una nueva forma de ver el mundo, en realidad es una **Cultura** que debe implementarse a todos los niveles de la industria desde la alta dirección hasta el empleado de más bajo nivel.



# Confiabilidad Operacional



The Woodhouse Partnership Ltd.

## Aplicación de la Confiabilidad

---

- ◆ Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos
- ◆ Solución de problemas recurrentes en sus Activos Físicos
- ◆ Determinación de tareas para minimizar riesgos en los procesos, equipos y medio ambiente
- ◆ Establecer el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas
- ◆ Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

# Mejoramiento de la CO

---

- ✦ Mejorar CO se puede conseguir mediante muchas iniciativas
- ✦ No existe una única metodología que domine todos los aspectos de la CO
- ✦ Depende de la interacción entre los equipos, los procesos, el Talento Humano y el ambiente organizacional
- ✦ La presencia ineludible de la incertidumbre coloca a la Confiabilidad en el ámbito de las decisiones basadas en riesgo.

# Confiabilidad de los Equipos

---

- ◆ “La probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica (no falle) bajo condiciones de operación determinadas en un período de tiempo específico”.
- ◆ La confiabilidad se relaciona básicamente con la tasa de fallas (cantidad de fallas) y con el tiempo medio de operación (MTTF), tiempo de operación. Mientras el número de fallas de un determinado equipo vaya en aumento o mientras el MTBF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor (variable a modelar en Tiempos Operativos).

# Mantenibilidad de los Equipos

---

- ❖ Característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que un elemento sea recuperado a una condición especificada, a lo largo de un período dado del tiempo empleado en el mantenimiento, cuando éste se realiza de acuerdo con los procedimientos y recursos prescritos [MIL-STD-721B, 1996 USA].
- ❖ El parámetro fundamental para calcular la mantenibilidad lo constituye el tiempo promedio de reparación de las fallas (MTTR).



# Mantenibilidad de los Equipos

---

- ◆ La Ingeniería de Mantenibilidad es la disciplina científica que estudia la complejidad, los factores y los recursos relacionados con las actividades que se deben realizar para mantener y recuperar las funciones de un activo.
- ◆ El Análisis de Mantenibilidad es una potente herramienta, para la descripción de la capacidad de un producto de ser recuperado para el servicio, mediante la realización de tareas de mantenimiento.
- ◆ La Ingeniería de Mantenibilidad proporciona una amplia contribución a la reducción de los costos totales del mantenimiento de un producto activo durante su ciclo de vida.

# Aspectos de la Mantenibilidad

---

- ◆ Factores Personales, que representan la influencia de la habilidad, motivación, experiencia, actitud, capacidad física, vista, autodisciplina, formación y responsabilidad
- ◆ Factores Operacionales, que representan la influencia del entorno operativo
- ◆ Factores del Entorno, que representan la influencia de la temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración, época del año, viento, ruido, en el personal de mantenimiento.

# Confiabilidad de los Procesos

## Planes integrales

En línea con el plan de negocios, al considerar estrategias de ejecución e impacto en producción

RECURSO	DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SE	OCT	NOV	DIC	DES	NOV	DIC	RESUMEN
RE56	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																66
RE57	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																82
RE58	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																52
RE59	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																15
RE60	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																82
RE61	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																33
RE62	RECURSOS DE MANTENIMIENTO																5

## Programas de sincronización

Paradas de Planta coordinadas por los diferentes entes que participan

CD A. DE C.	UNIDAD DE MANTENIMIENTO						
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant
Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant	Plant

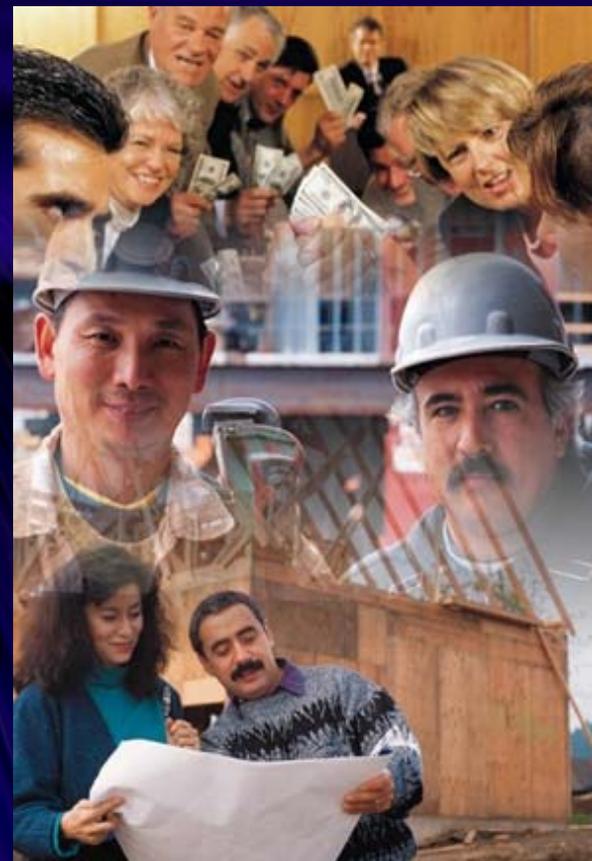
# Confiabilidad Humana

---

- ◆ La Confiabilidad del “*Talento Humano*” se define como la posibilidad de desempeño eficiente y eficaz, de las personas, dentro de un contexto organizacional específico durante su competencia laboral.
- ◆ El sistema de Confiabilidad Humana incluye varios elementos de proyección personal, que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar “*Capital Humano*”.

# Capital Humano

- El Capital Humano es el incremento en la capacidad de producción alcanzado mediante el desarrollo de las competencias de los trabajadores de la empresa. Está formado por el conocimiento y el ingenio que hacen parte de las personas, su salud mental y la calidad de sus hábitos de trabajo. Estas capacidades realzadas se adquieren con dedicación, formación, entrenamiento y experiencia. También es común señalar al capital humano como indispensable para la competitividad de las economías modernas ya que su productividad se basa en la generación, difusión y utilización del conocimiento.



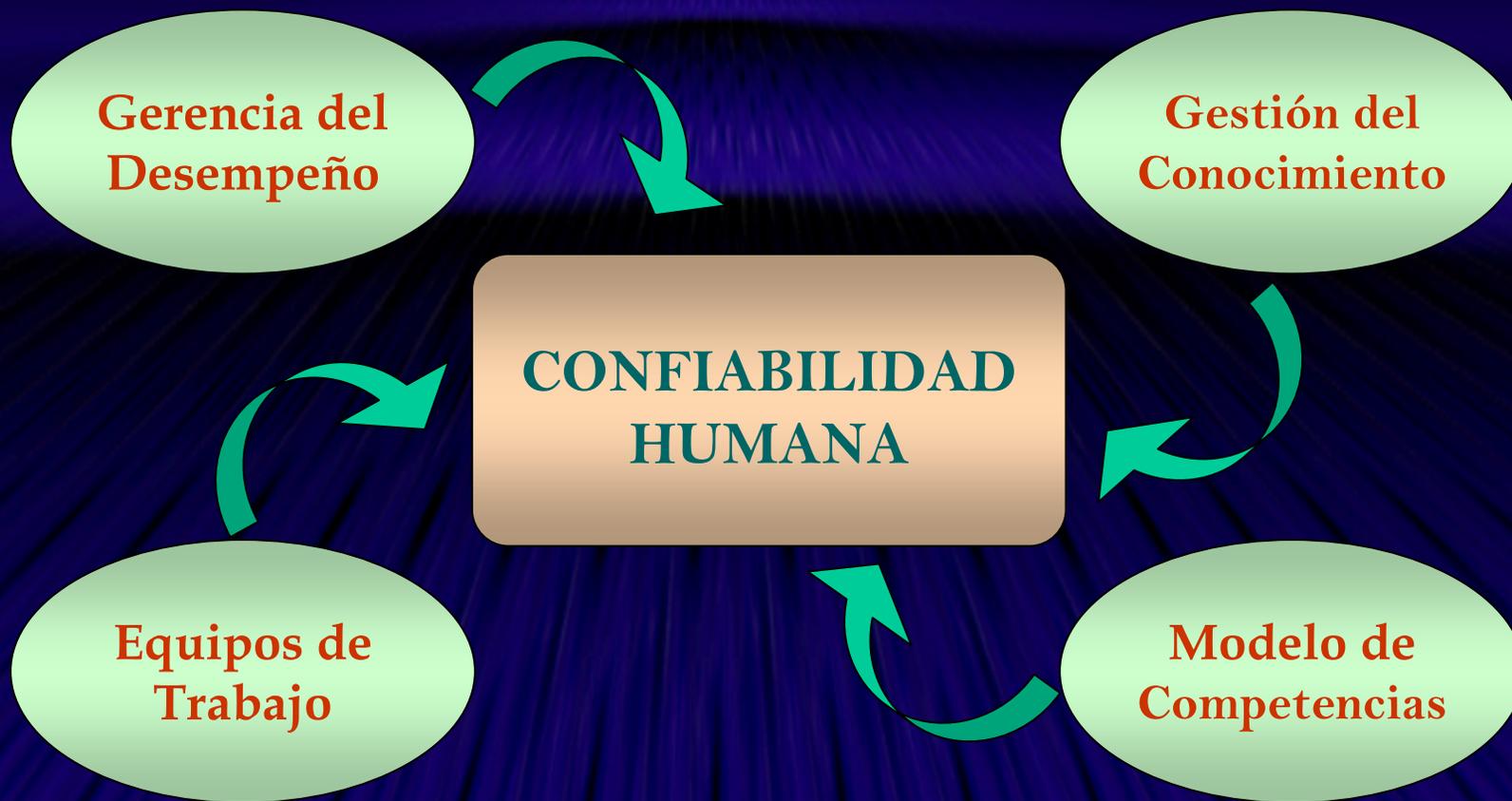
# Elementos de Confiabilidad Humana

---



# Estrategias de Confiabilidad Humana

---



# Confiabilidad Humana



# Confiabilidad Humana

---

## Comunidades del Conocimiento

Creación de comunidades de conocimiento en áreas de paradas de planta, equipos rotativos, ingeniería de costos y confiabilidad, permitiendo reducción de tiempos y costos en la reparación de fallas.

## Modelo de Competencias

Determina las competencias requeridas del personal perteneciente a la Gerencia de Mantenimiento, estableciendo un modelo que permita a la Organización tomar las decisiones oportunas para la planificación y desarrollo del personal.

# Confiabilidad Humana

---

## Equipos de Trabajo

Conjunto de personas de diferentes funciones que trabajan juntas, en un clima de potenciación de energía, para analizar los problemas comunes de los diferentes departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

## Gerencia del Desempeño

Proceso que permite monitorear y evaluar la idoneidad del Talento Humano durante la implantación y desarrollo de las estrategias propuestas, con el fin de garantizar la generación de valor, y tomar las acciones correctivas de manera proactiva.

# Niveles de Medición

---

Conciencia

Entendimiento

Competencia

Excelencia

## INOCENCIA

INDICA DESCONOCIMIENTO,  
NIVEL DONDE SE TIENE IDEA  
DE LO QUE IMPLICAN LAS  
CARACTERISTICAS O  
CRITERIOS DE LAS MEJORES  
PRACTICAS.



# Niveles de Medición

---

IN

Inocencia

Entendimiento

Competencia

Excelencia

## CONCIENCIA

SIGNIFICA UN NIVEL DONDE SE CONOCEN LAS PRÁCTICAS PERO NO SE APLICAN, ADEMÁS NO SE SABEN LOS BENEFICIOS QUE TRAE IMPLANTAR LOS CRITERIOS DE LAS MEJORES PRÁCTICAS.



# Niveles de Medición

Inocencia

Conciencia

Competencia

Excelencia

## ENTENDIMIENTO

ES EL NIVEL DONDE SE ENTIENDEN LOS CRITERIOS CARACTERÍSTICOS DE LAS MEJORES PRACTICAS Y SE ESTÁ EN UNA ETAPA INICIAL DE IMPLEMENTACIÓN, LOGRANDO OBTENER ALGUNOS BENEFICIOS.



# Niveles de Medición

---

IN

Inocencia

Conciencia

Entendimiento

Excelencia

## COMPETENCIA

ES EL NIVEL DONDE SE CONOCEN LOS CRITERIOS Y CARACTERÍSTICAS, LOGRANDO BENEFICIOS TANGIBLES, PRODUCTO DE ADECUADOS PROCESOS DE IMPLANTACIÓN EN LA EMPRESA. SE TIENE BUEN DOMINIO DE LAS MEJORES PRÁCTICAS.



# Niveles de Medición

---

IN

Inocencia

Conciencia

Entendimiento

Competencia

## EXCELENCIA

ES EL MÁXIMO NIVEL DE MEDICIÓN, DONDE LA GESTIÓN DE LA EMPRESA ES COMPARABLE CON LA DE LAS EMPRESAS DE CLASE MUNDIAL, OBTENIENDO ALTOS BENEFICIOS CUANTIFICABLES Y AUDITABLES.



# Mejoras Potenciales

PRODUCCIÓN	10- 12%	↑
DISPONIBILIDAD	10-15%	↑
HORAS HOMBRE	35-40%	↓
COSTOS DE MANTENIMIENTO	23-30%	↓
COSTOS DE PRODUCCIÓN	12-16%	↓
SEGURIDAD	80%	↑
RETRABAJO	20-40%	↓
INVENTARIOS	10-30%	↓
PARADAS IMPREVISTAS	50-55%	↓

# Agenda

---

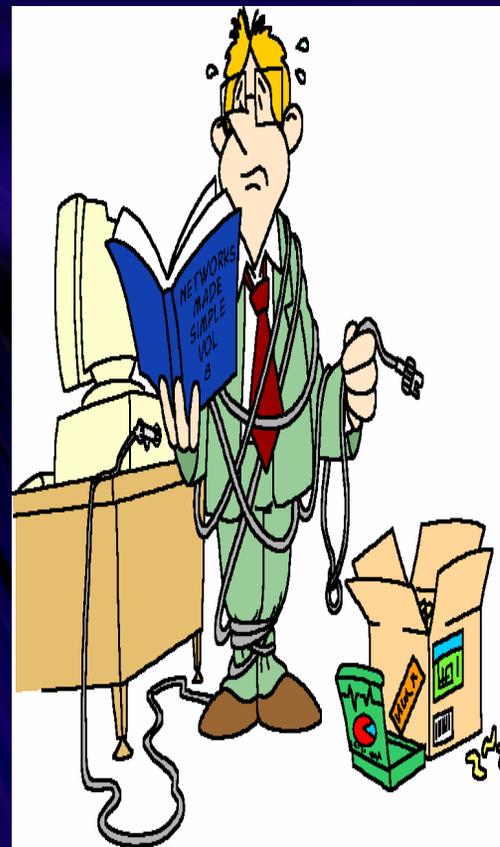
## MÓDULO 2. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO MODERNO



- ◆ Estrategias de Confiabilidad Operacional
- ◆ Mantenimiento Planificado (CBM)
- ◆ Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- ◆ Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- ◆ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ◆ Optimización de la Programación y Costos de PM
- ◆ Optimización Integral del Mantenimiento (MIO).

# Estrategias de Confiabilidad Operacional

- ◆ Mantenimiento Preventivo Planeado (PPM)
- ◆ Mantenimiento Basado en Condición (CBM)
- ◆ Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- ◆ Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
- ◆ Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)
- ◆ Mantenimiento Basado en el Negocio (BBM)
- ◆ Prevención de Mantenimiento (MP)
- ◆ Modelos Mixtos de Confiabilidad (RMM)
- ◆ Optimización Integral de Mantenimiento (MIO).



# Paradigma de Mantenimiento

## ¿ CÓMO SE ESTIMA LA CONFIABILIDAD?



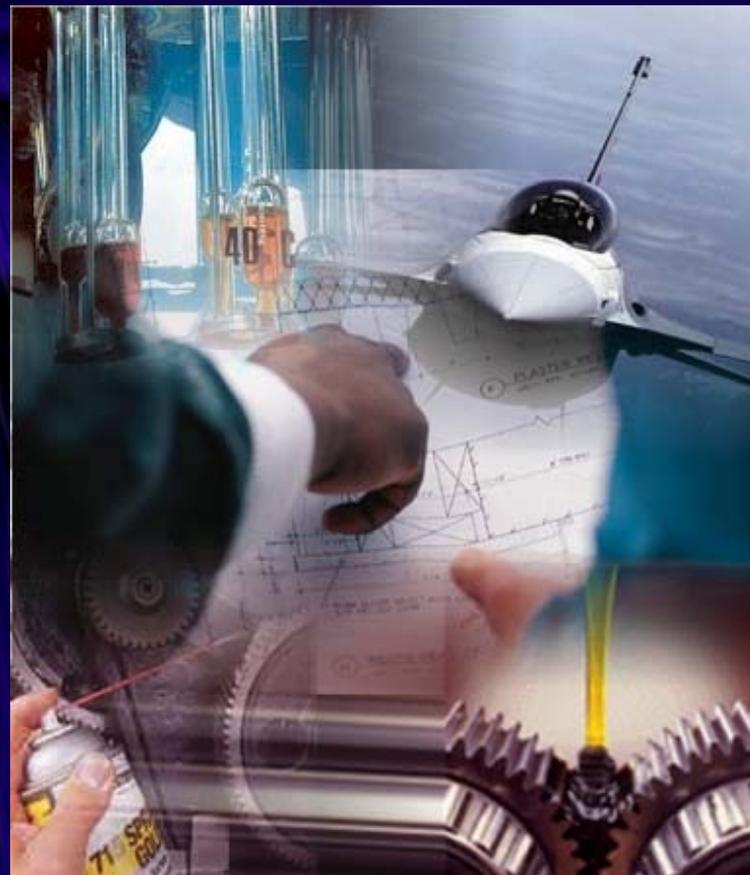
# Estrategias Fundamentales

---



# Mantenimiento Planificado

- ◆ Conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento cuyo fin es acercarse progresivamente a una planta productiva de Categoría Mundial.
- ◆ Este conjunto de acciones proactivas se lleva a cabo por Talento Humano calificado y con el uso de avanzadas metodologías y técnicas de análisis y diagnóstico de equipos.



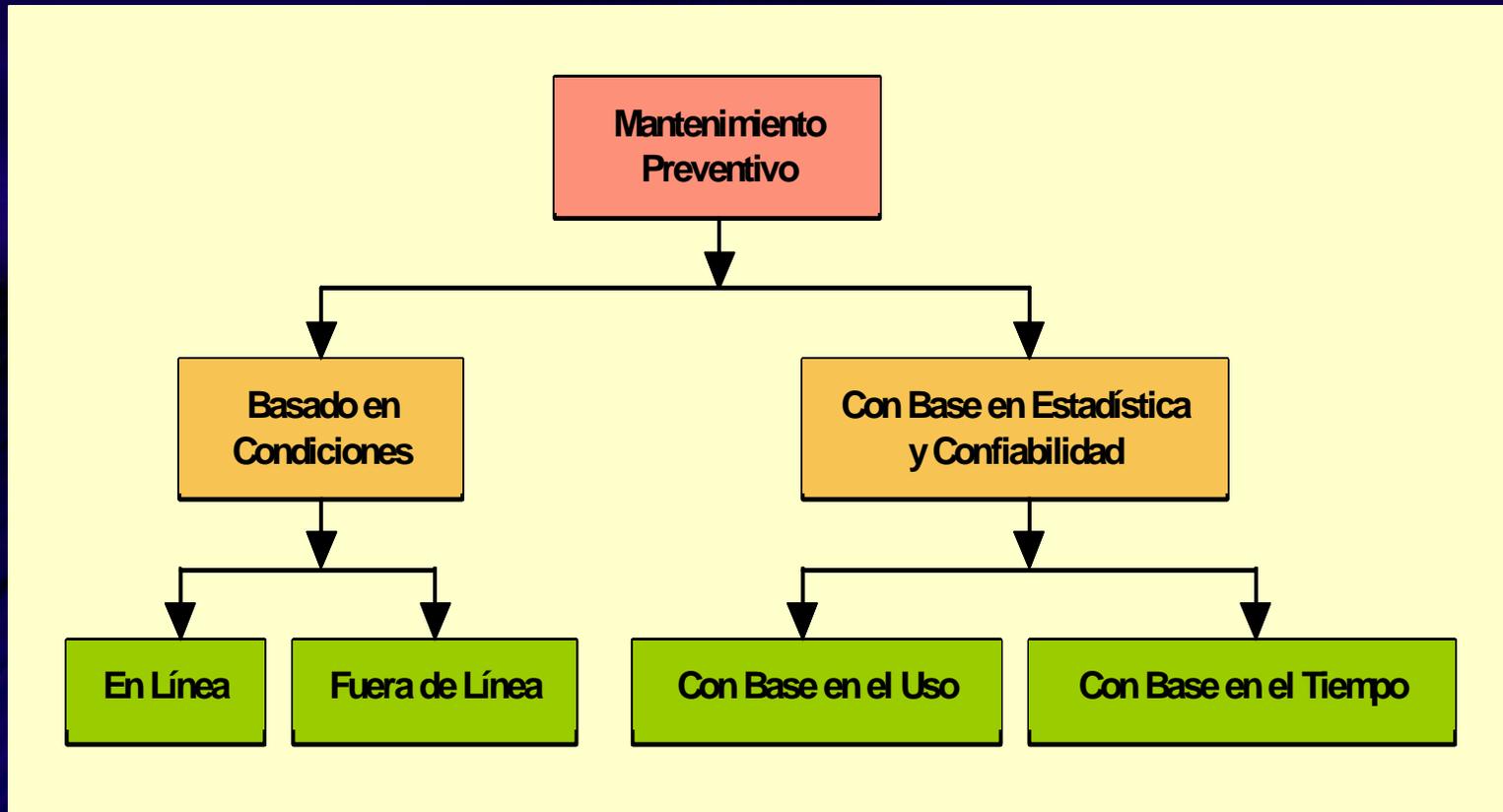
# Planificación del Mantenimiento

---

- ◆ Determinar las áreas de trabajo y las responsabilidades de la Organización
- ◆ Establecer las relaciones y correlaciones entre áreas
- ◆ Asegurar que los objetivos estratégicos de la compañía se comprenden por cada nivel jerárquico
- ◆ Establecer sistemas eficaces de información y comunicaciones.



# Mantenimiento Preventivo

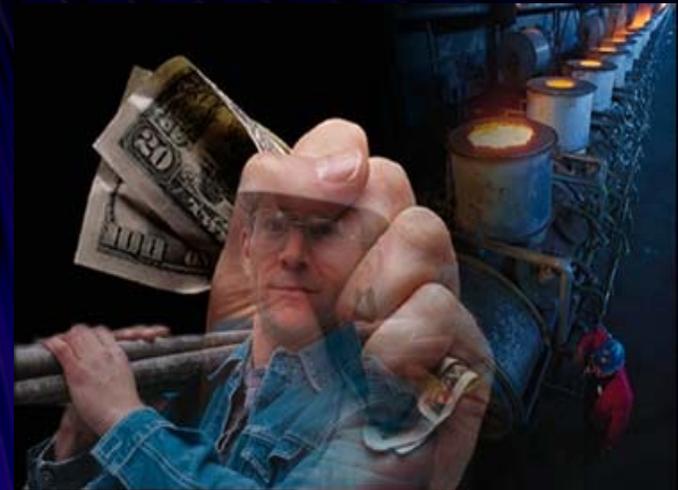


# Agenda

---

## MÓDULO 2.1 Mantenimiento Productivo Total

- ◆ La Productiva en el Mantenimiento
- ◆ Elementos y Principios Básicos del TPM
- ◆ Estructura Moderna del TPM
- ◆ Eficacia de los Equipos
- ◆ Qué Significan las Cinco S
- ◆ Las Seis Grandes Pérdidas
- ◆ El Mantenimiento Autónomo
- ◆ Implementación del TPM.



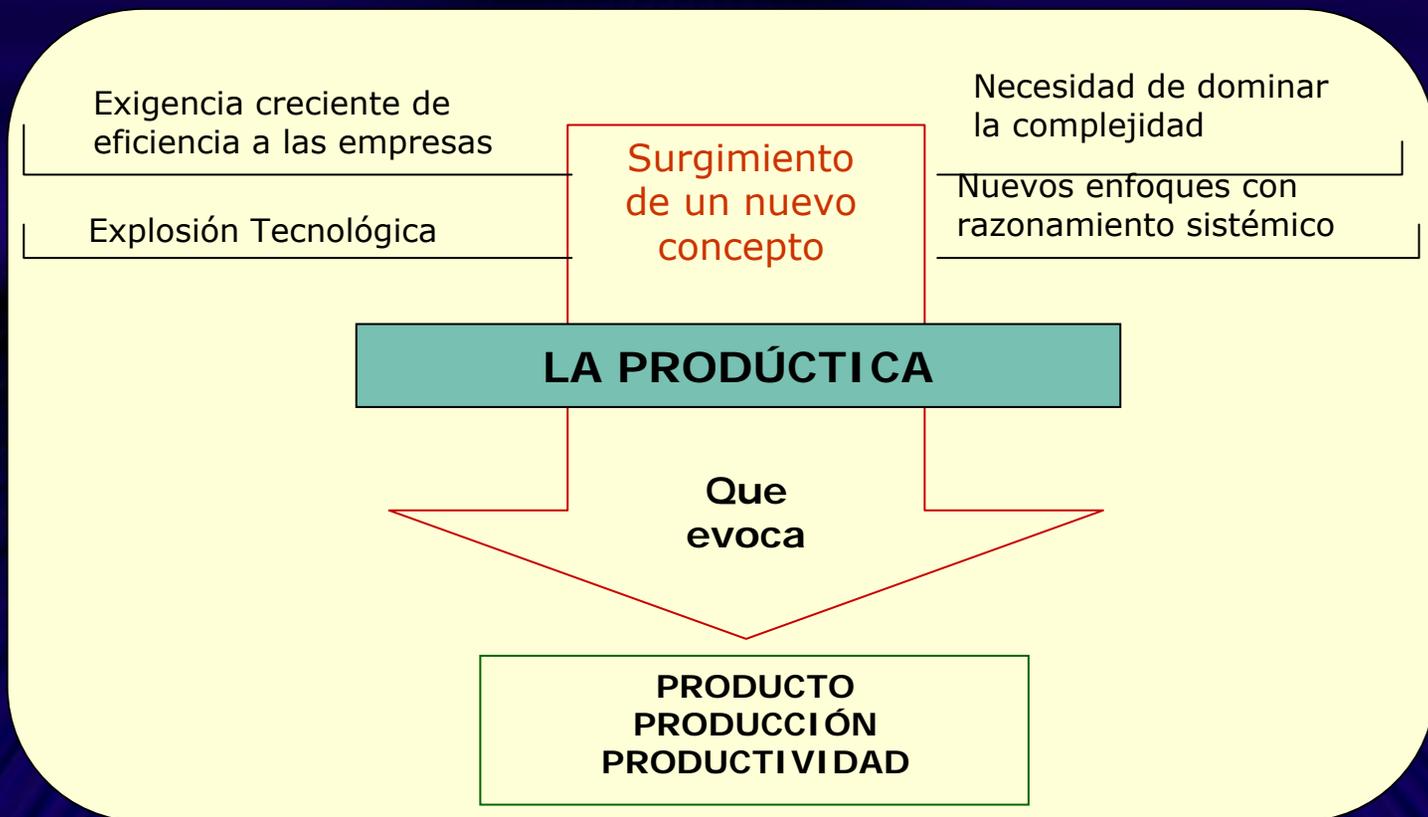
# La Prodúctica

---

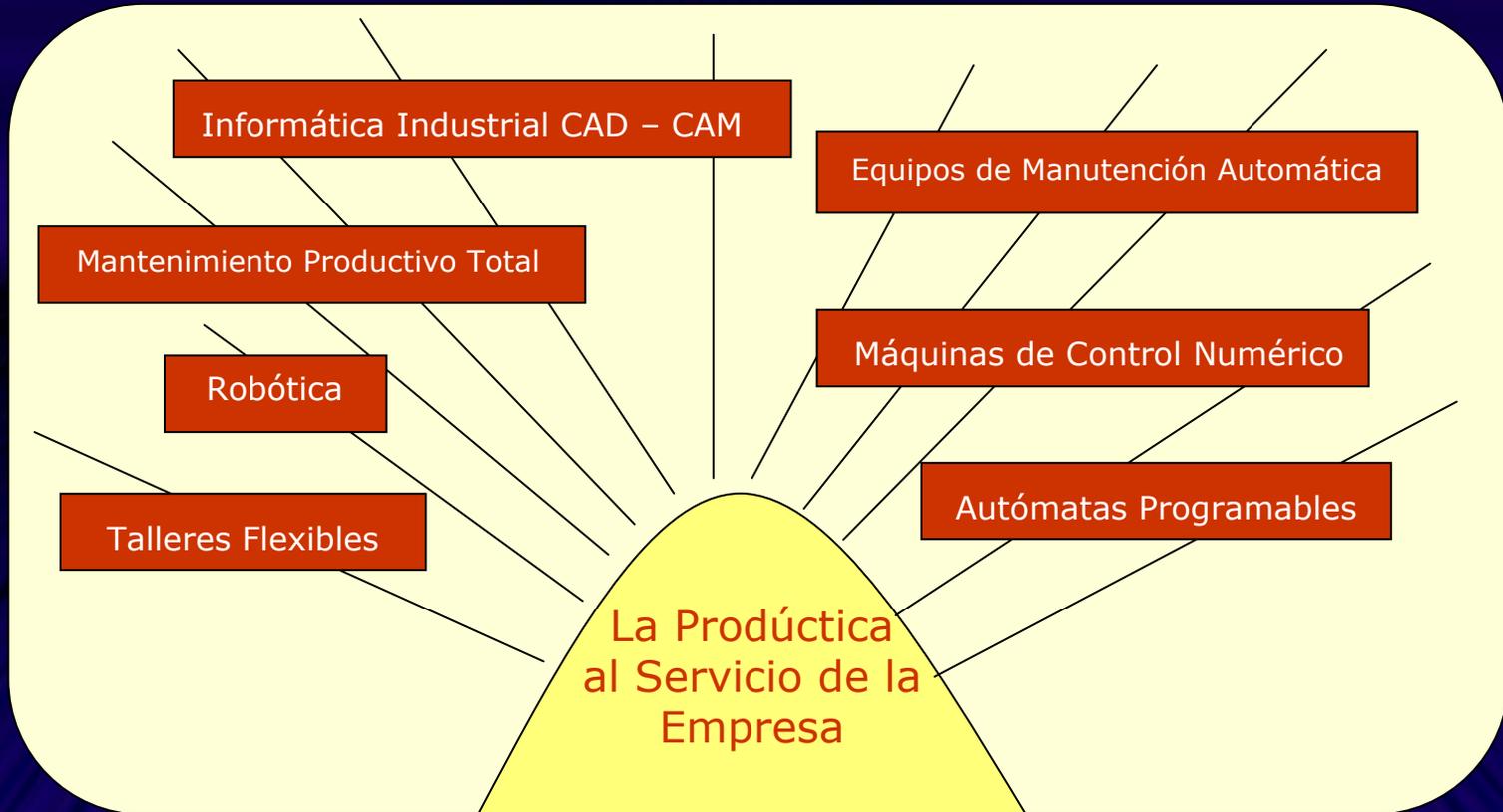
Es una moderna Tecnología Industrial que representa un aporte significativo al desarrollo empresarial, cuyo objetivo es el incremento de la competitividad de las empresas, logrando aumentar su productividad mediante la utilización de herramientas básicas al servicio de la industria.



# La Prodúctica



# Elementos de la Prodúctica



# Recursos de Productividad

---

- ◆ El Talento Humano
- ◆ El tiempo
- ◆ La energía
- ◆ Las materias primas
- ◆ Los equipos
- ◆ Los servicios
- ◆ Los presupuestos
- ◆ Las estructuras administrativas
- ◆ Las mejoras tecnológicas
- ◆ Los sistemas de información.



# Factores de Productividad

---

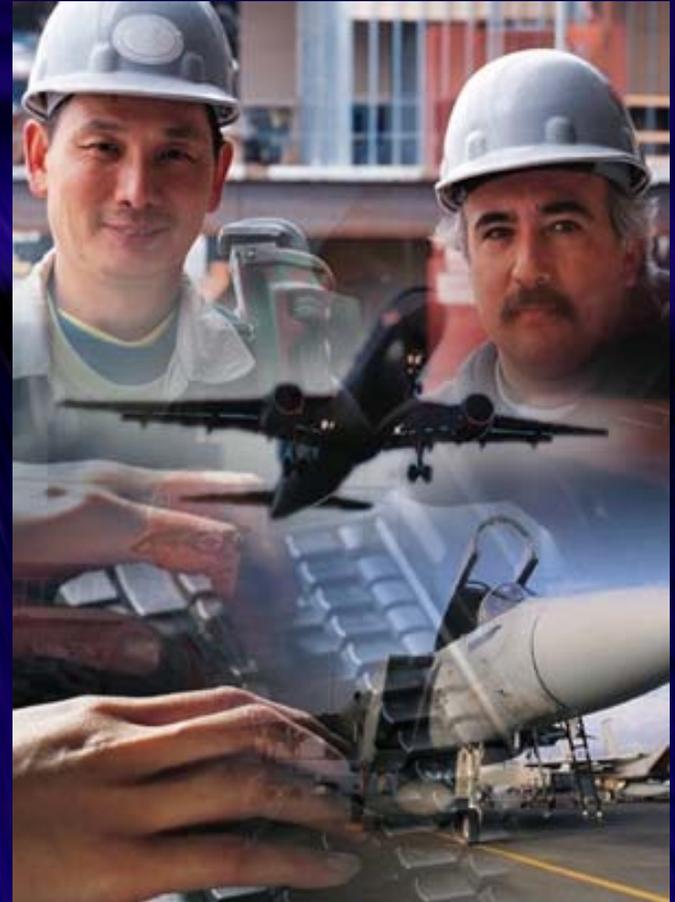
## Factores Internos:

### Factores Duros

- ◆ Los productos
- ◆ La planta y equipos
- ◆ La tecnología
- ◆ Las materias primas
- ◆ La energía disponible

### Factores Blandos

- ◆ El personal
- ◆ La organización y los sistemas
- ◆ Los métodos de trabajo
- ◆ Los tipos de dirección y control.

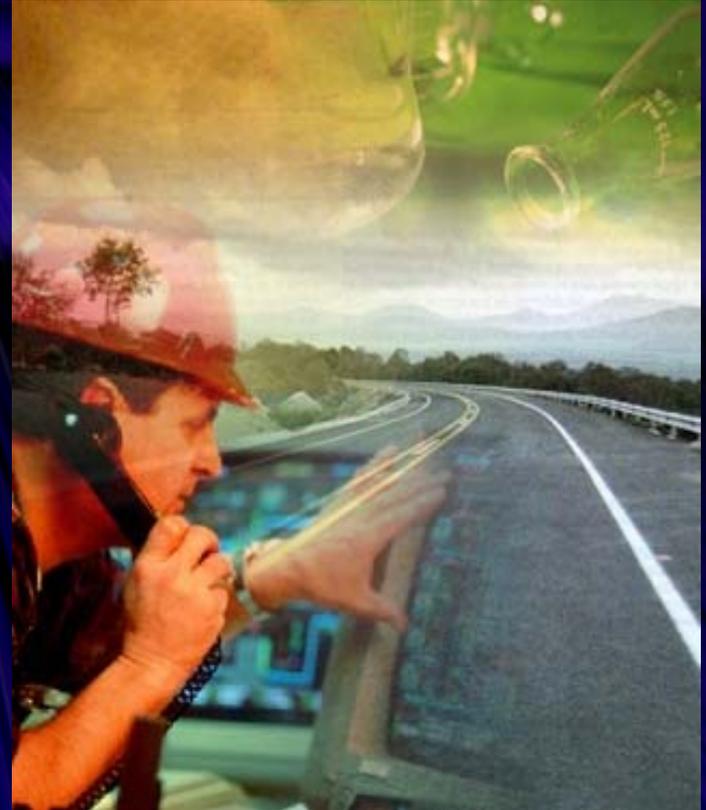


# Factores de Productividad

---

## Factores Externos:

- ◆ Recursos Naturales
- ◆ Ajustes Estructurales
- ◆ Economía Internacional
- ◆ Infraestructura Social
- ◆ Sistemas de Administración Pública.



## Definición del JIPM de TPM

---

- ◆ El TPM se orienta a maximizar la eficacia de los equipos (mejorar la eficiencia global) estableciendo un sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo (planificación, producción, mantenimiento, etc.), con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión, de la motivación, o actividades de pequeños grupos voluntarios.

# Significados de Total

---

- ◆ **Mantenimiento Preventivo - Predictivo Total:** Incluye la Prevención del Mantenimiento y la mejora en la ejecución del mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- ◆ **Participación Total:** Fundamentada en Mantenimiento Autónomo, por la actividad de pequeños grupos en todo nivel.
- ◆ **Eficacia Total:** Implica la búsqueda de eficacia, productividad y rentabilidad.

# Elementos del TPM

---

## Según Nakajima

- ◆ TPM – AM (Mantenimiento Autonomo)
- ◆ TPM – PM (Mantenimiento Preventivo – Predictivo)
- ◆ TPM – EM (Administracion Eficiente de Equipos)
- ◆ TPM – TEI (Participacion Total de los Empleados).

- ◆ Optimización de la Efectividad y la Disponibilidad
- ◆ Mantenimiento Preventivo – Predictivo para toda la vida util
- ◆ Implementación multidisciplinaria
- ◆ Inclusión general de todos los miembros de la organización
- ◆ Fundamentado en la actividad de pequeños grupos.

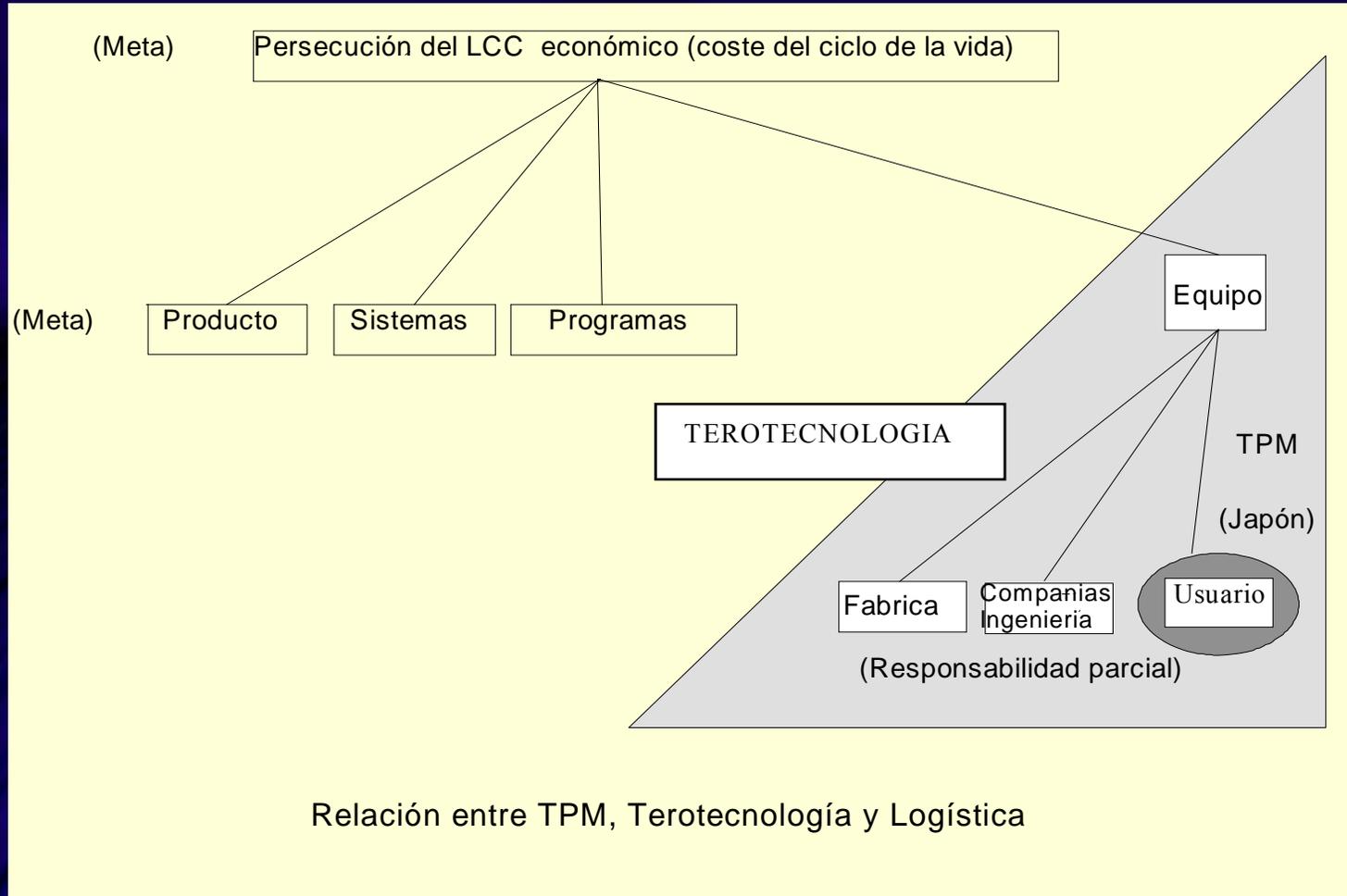
# Principios del TPM

---

- ◆ Cero Defectos
- ◆ Cero Averías
- ◆ Cero Accidentes
- ◆ Cero Inventarios
- ◆ Alta Productividad
- ◆ Rentabilidad Total
- ◆ Mejora de la Eficacia
- ◆ Participación Total
- ◆ Logística y Terotecnología
- ◆ Mejoramiento del Lugar de Trabajo.



# La Logística



# Metas del TPM

---

- ◆ Crear la Misión para mejorar la Eficacia de los Equipos.
- ◆ Usar el enfoque centrado en productividad y Mantenimiento Autónomo.
- ◆ Involucrar a todos los departamentos y todo el Talento Humano de la organización.
- ◆ Planear la óptima programación de mantenimiento.
- ◆ Implementar las actividades de pequeños grupos, basadas en capacitación y adiestramiento.
- ◆ Programar la Gestión de Equipos inicial para prevenir problemas.

# Estructura Moderna del TPM

---

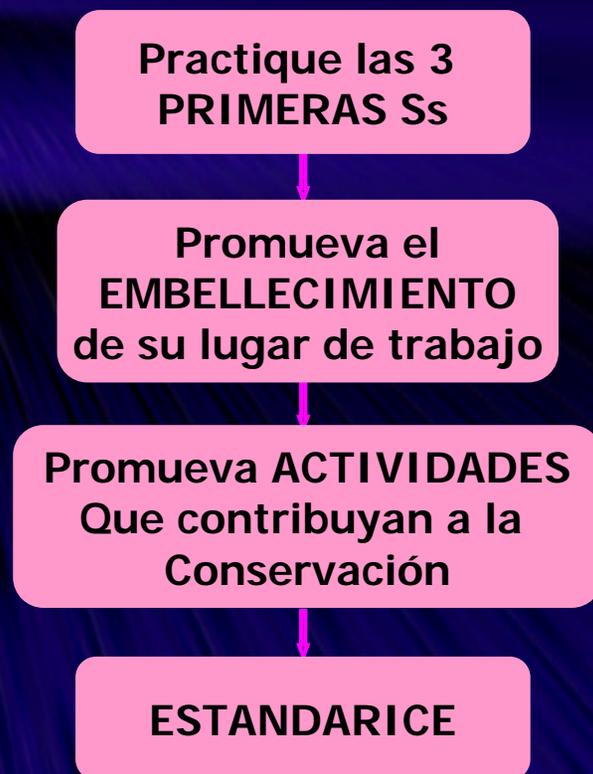


Fuente: *TPMonline.com*

# Las cinco ESES

---

- ◆ SEIRI (Organización)  
Clasificar
- ◆ SEITON (Orden)  
Organizar
- ◆ SEISO (Limpieza)  
Cuidar
- ◆ SEIKETSU (Pureza)  
Estandarizar
- ◆ SHITSUKE (Disciplina)  
Sostener.



# Las Cinco ESES

---

En esencia se trata de...

- ✦ Eliminar del área de trabajo lo que no pertenece a ella
- ✦ Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material que se necesita
- ✦ Hacer una limpieza excepcional
- ✦ Establecer las nuevas condiciones como normales
- ✦ Sustener el esfuerzo para no perder lo alcanzado.



# Mantenimiento Autónomo

---

Todos los empleados deben estar de acuerdo en que los operadores son responsables del mantenimiento de su propio equipo.

- ◆ Tiene que ser periódico
- ◆ Tiene que llevar medidas reales del mantenimiento
- ◆ Planificación adecuada
- ◆ Selección de lubricantes efectiva
- ◆ Capacitación del operario.

# Implementación del AM

---

- Limpieza inicial
- Eliminación de fuentes de contaminación
- Estándares de limpieza y de lubricación
- Inspección general
- Inspección autónoma
- Organización y orden del lugar de trabajo
- Implementación plena del programa.



# Eficacia del Equipo

La eficacia se mide mediante la determinación de OEE (Efectividad Global del equipo) que esta definida por:

◆ Mínima disponibilidad del equipo	90%
◆ Eficiencia del desempeño	95%
◆ Porcentaje de productos de calidad	99%.

$$OEE = 0.9 \times 0.95 \times 0.99 = 0.85$$

# Las Seis Grandes Pérdidas

---

- ✦ Pérdidas por Averías
- ✦ Pérdidas de Preparación y Ajustes
- ✦ Pérdidas de Velocidad Reducida
- ✦ Pérdidas de Puesta en Marcha
- ✦ Inactividad y Pérdidas por Paradas Menores
- ✦ Defectos de Calidad y Repetición de Trabajos.



# Pérdidas Crónicas

---

Las pérdidas crónicas son causada por defectos en maquinaria, equipos y métodos. Para mejorar las condiciones fundamentales del sistema de fabricación, es necesario eliminar completamente las pérdidas crónicas y los defectos ocultos.

Hasta ahora, se ha centrado el mantenimiento en los problemas esporádicos de fácil detección. Por el contrario, las pérdidas crónicas son sutiles y mucho mas difíciles de detectar.

# Implementación del TPM

---

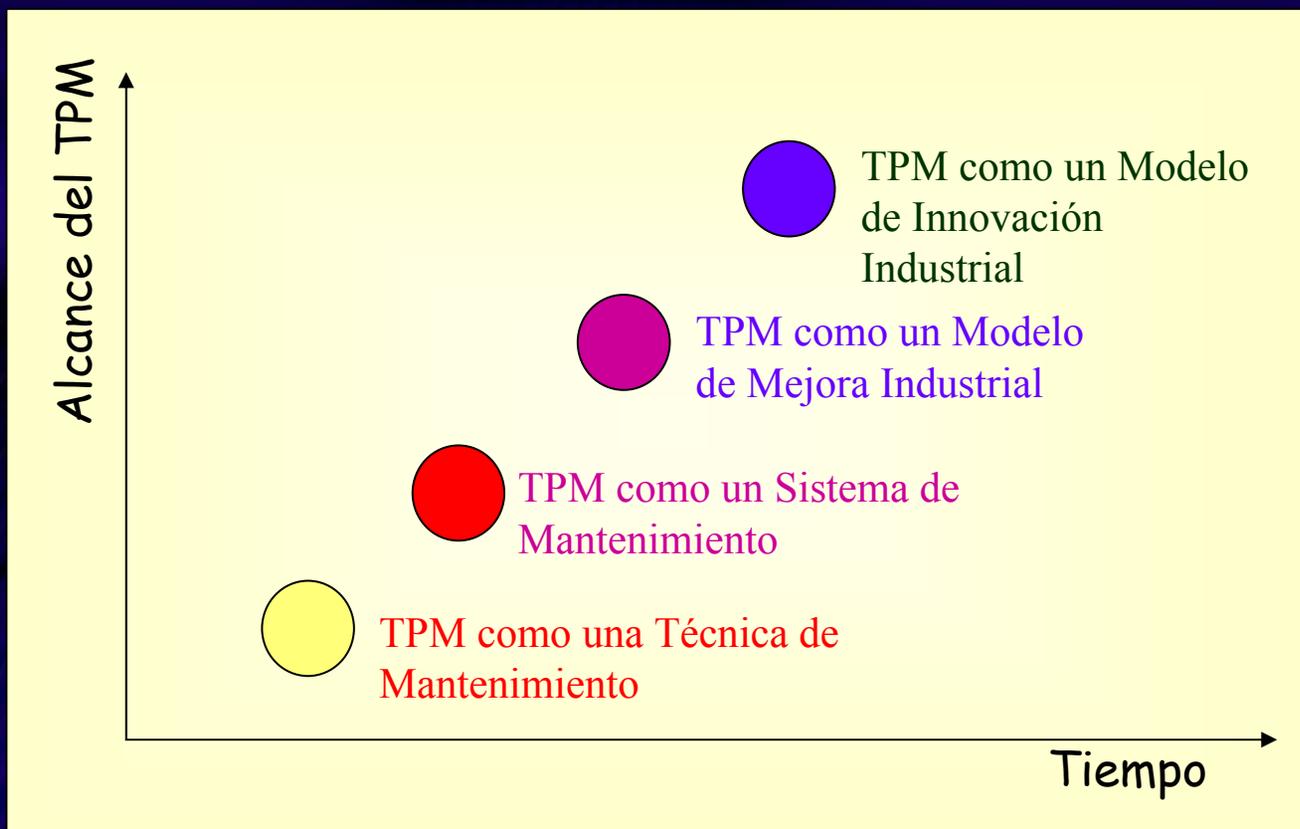
1. Anuncio de la alta dirección de la decisión de introducir el TPM
2. Lanzamiento de la campaña educativa
3. Creación de organizaciones de promoción
4. Establecimiento de políticas y metas del TPM
5. Formulación del plan maestro de desarrollo
6. Disparo de la salida del TPM.

# Implementación del TPM

---

7. Mejoramiento de la efectividad del equipo
8. Establecimiento del Mantenimiento Autónomo
9. Establecimiento del programa de automantenimiento
10. Entrenamientos para mejorar las capacidades operativas
11. Programa temprano de Gestión de Equipos
12. Implantación plena del TPM.

# Alcance del TPM



# Agenda

---

## MÓDULO 2.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

- ◆ Elementos Esenciales del RCM
- ◆ Beneficios de la Implantación del RCM
- ◆ Las Siete Preguntas del RCM
- ◆ Análisis del Proceso RCM
- ◆ El Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- ◆ Equipo Natural de Trabajo
- ◆ Metodología de Implementación de RCM.

# Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

---

- ◆ El **RCM** es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función en el contexto operacional presente.
- ◆ El RCM es un enfoque sistémico para mejorar la Confiabilidad de los equipos a un costo mínimo, centrándose en sus funciones principales y en acciones justificadas técnica y económicamente.
- ◆ El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo.

# Definición formal de RCM

---

“Filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales ”.

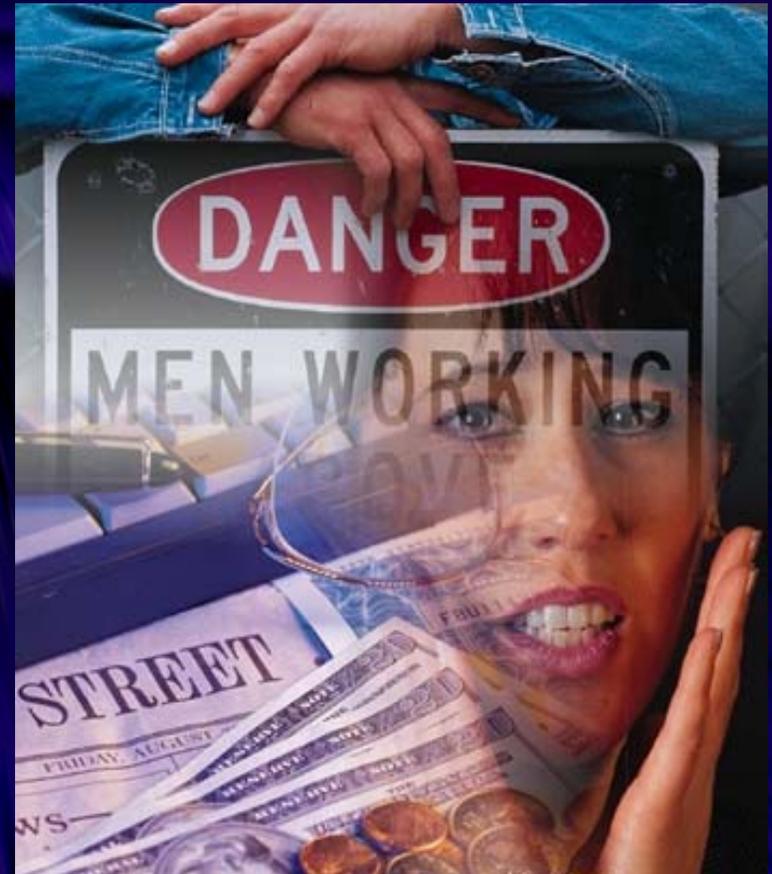


# Beneficios del RCM

---

Definir estrategias de mantenimiento que:

- ◆ Mejoren la seguridad
- ◆ Mejoren el rendimiento operacional de los activos
- ◆ Mejoren la relación costo/riesgo-efectividad del mantenimiento
- ◆ Minimicen el efecto ambiental
- ◆ Hagan que los procesos sean documentados y auditables.



# Dónde se debe aplicar RCM?

---

- ◆ Equipos y sistemas críticos para la producción o seguridad y ambiente
- ◆ Equipos y sistemas con altos costos de mantenimiento debido a trabajos preventivos o correctivos
- ◆ Equipos y sistemas genéricos con un alto corte colectivo de mantenimiento
- ◆ Particularmente, si no existe confianza en el mantenimiento existente.

# Cómo se debe aplicar el RCM?

Factores claves de éxito:

- ◆ Los proyectos deben ser cuidadosamente seleccionados y definidos (donde aplicarlo)
- ◆ Involucramiento y reporte del cliente es vital
- ◆ Identificación y uso de la mejor información de fallas disponibles (experiencias específicas respaldadas con fuentes genéricas)
- ◆ Los beneficios antes y después deben ser medibles.



# Aplicación de la Metodología RCM

## LAS 7 PREGUNTAS DEL RCM

- ✦ CUÁLES SON LAS FUNCIONES DEL ACTIVO?
- ✦ CUALES SON LAS FALLAS FUNCIONALES?
- ✦ CUALES SON LOS MODOS DE FALLA?
- ✦ CUÁL ES EL EFECTO DE FALLA?
- ✦ QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA FALLA
- ✦ QUÉ PUEDE PLANEARSE PARA PREVENIR LA FALLA?
- ✦ QUÉ HACER SI NO SE PUEDE PREVENIR LA FALLA?.



FMEA



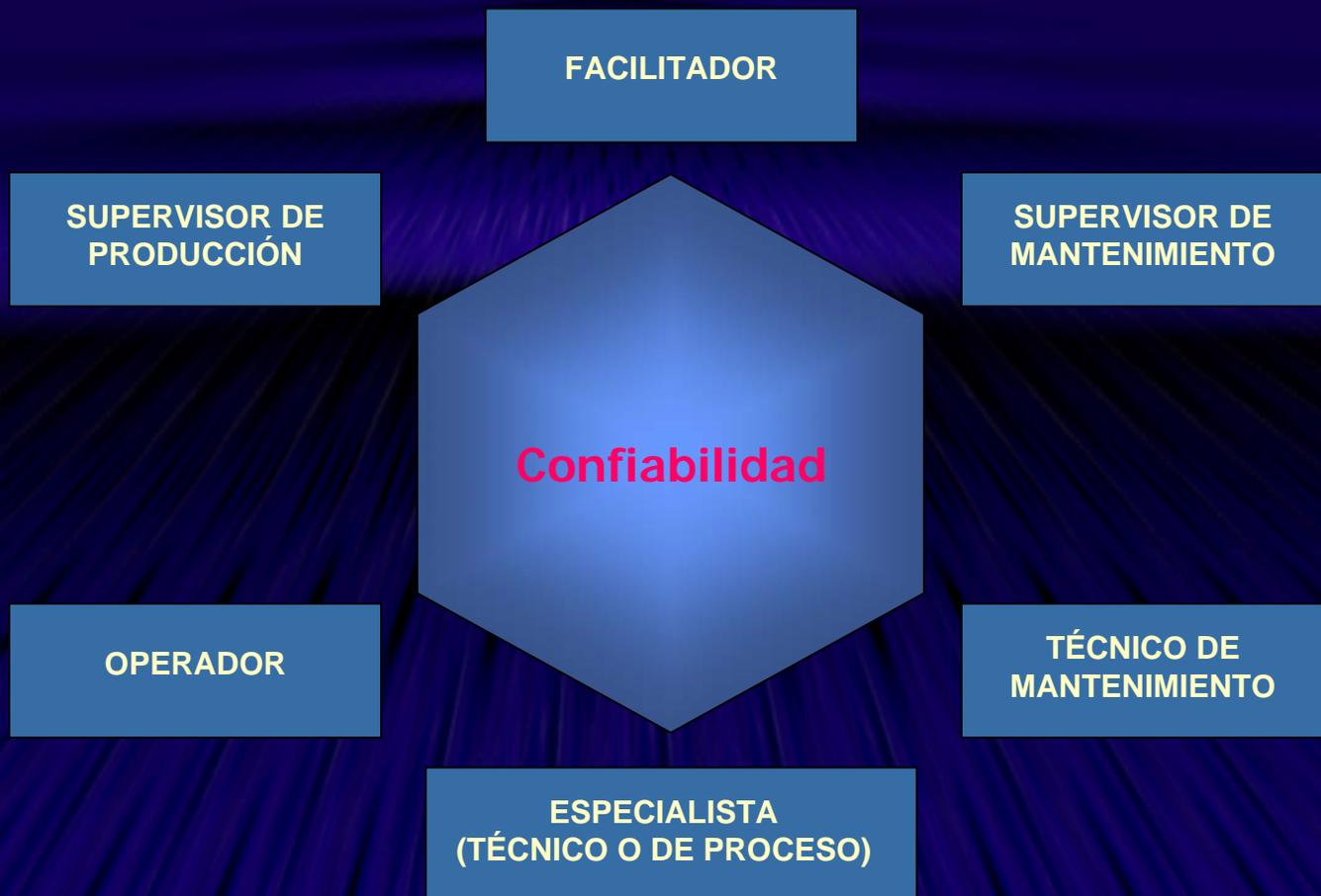
LÓGICA DE  
DECISIONES  
DE RCM

# Análisis del Proceso RCM



# Grupo de revisión del RCM

---



# Metodología de Aplicación

---

- ✦ Definir funciones y normas de acción
- ✦ Buscar fallas funcionales
- ✦ Analizar los modos de falla
- ✦ Analizar los efectos de las fallas
- ✦ Clasificar las consecuencias de las fallas
- ✦ Aplicar programas optimizados de Mantenimiento.



# Tareas de RCM según la Falla

---

- ✦ Fallas Ocultas: Solo se le asignan tareas Proactivas si estas fallas afectan gravemente el equipo.
- ✦ Fallas por Seguridad y Consecuencias Ambientales: La tarea proactiva vale la pena si se reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo o a cero.
- ✦ Fallas con Consecuencias Operacionales: Se realizan solo si se justifica el costo.
- ✦ Fallas con Consecuencias No Operacionales: Implica tareas Proactivas si el costo de estas es menor que la reparación.

# Equipo Natural de Trabajo

---

- ◆ Conjunto de personas de diferentes funciones dentro de la organización que trabajan juntas por un período de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.



# Equipo Natural de Trabajo

---

## CULTURA DE LOS EXITOSOS

SE ESTABLECE UNA RELACIÓN GANAR- GANAR DONDE EL JEFE O GERENTE ASEGURA EL INVOLUCRAMIENTO DE TODOS LOS MIEMBROS DEL EQUIPO NATURAL DE TRABAJO, COMPARTIENDO EL ÉXITO Y DOCUMENTANDO LAS LECCIONES APRENDIDAS.



## ENFOQUE TRADICIONAL

EL SISTEMA EMPRESARIAL EXIGE A CADA NUEVO GERENTE O JEFE "DEJAR SU HUELLA PARTICULAR".

# Valor Agregado del Trabajo en Equipo

---

CUANDO EL TRABAJO  
ES COMPLEJO



CUANDO EL CONSENSO DE  
DIFERENTES ESPECIALIDADES  
ES IMPORTANTE

CUANDO SE NECESITA QUE  
OCURRAN DESARROLLOS  
IMPORTANTES

# Conformación Básica

---

## **OPERADOR**

Experto en el manejo de  
Sistemas y equipos

## **FACILITADOR**

Asesor Metodológico

## **INGENIERO DE PROCESOS**

Visión global de procesos



## **MANTENEDOR**

Expertos en  
Mantenimiento de  
equipos

## **PROGRAMADOR**

Visión Sistemática  
De la actividad

## **ESPECIALISTAS** En Áreas Específicas

# Equipo Natural de Trabajo



# Agenda

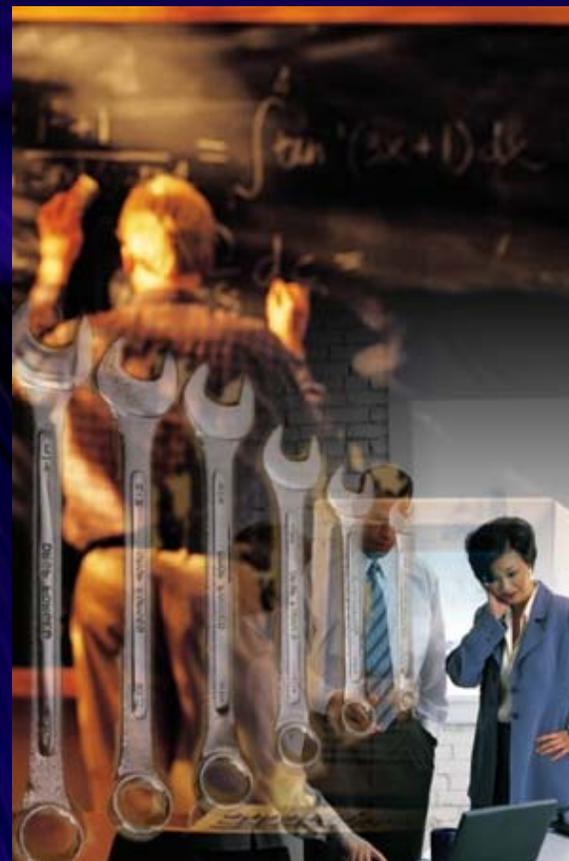
---

## MÓDULO 2.3 Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)

- ◆ Ciclo del Mantenimiento Reactivo
- ◆ Análisis Estadístico de Confiabilidad
- ◆ Etapas de Implementación del PMO
- ◆ Uso de la Distribución Weibull
- ◆ Optimización de la Programación y Costos de PM
- ◆ Frecuencia de Mantenimiento Óptimo
- ◆ Software de Aplicación
- ◆ Estudio de Casos.

## Optimización de Mantenimiento Preventivo

- ◆ El sistema de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO) es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación.
- ◆ La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en Confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.

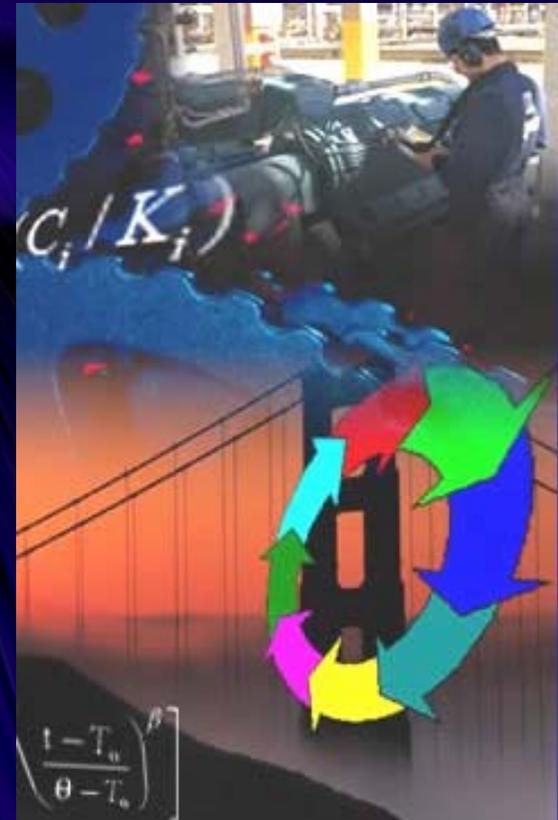


# Ciclo del Mantenimiento Reactivo



# El Sistema PMO

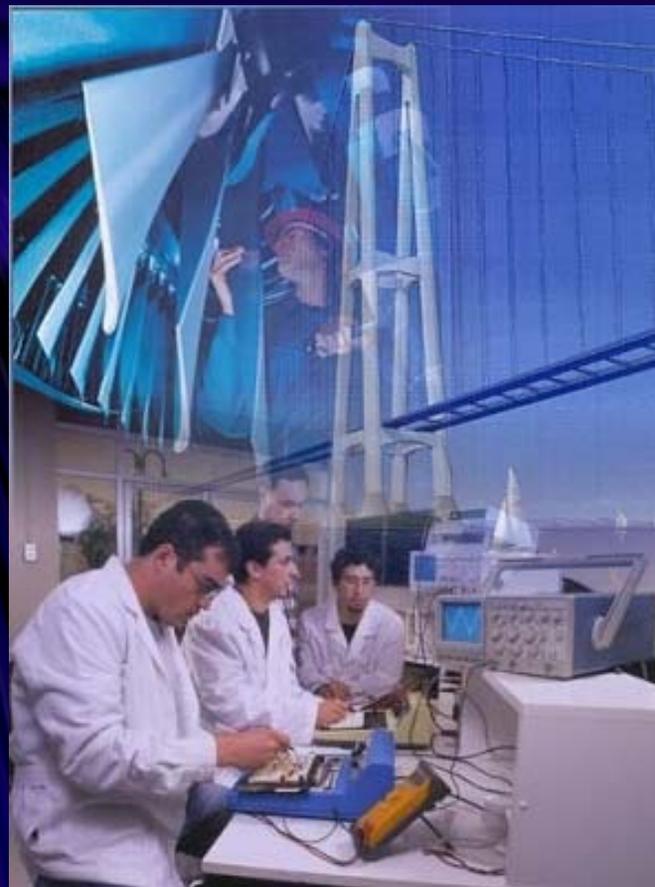
- ◆ Analiza el programa de mantenimiento anterior
- ◆ Realiza los Análisis de Confiabilidad
- ◆ Genera una base de datos de los modos de falla
- ◆ Escoge el método más eficaz de mantenimiento
- ◆ Se basa en la experiencia del personal de planta
- ◆ Usa el diagrama de decisiones del RCM
- ◆ Reconoce la importancia de las funciones del activo
- ◆ Diseña de un marco de trabajo racional y rentable
- ◆ Establece la adecuada asignación de recursos.



## En el Sistema PMO:

---

- ◆ Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- ◆ Se logra un efectivo uso de los recursos
- ◆ Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- ◆ Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- ◆ La optimización del PM motiva al personal.



# El Análisis Estadístico de Confiabilidad

---

## Permite:

- ◆ Diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar en el futuro
- ◆ Determinar las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo
- ◆ Optimizar el uso los recursos físicos y del talento humano
- ◆ Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos
- ◆ Minimizar los costos del departamento.



# Beneficios Reales del Sistema

---

- ✦ Determinar el comportamiento de fallas de los equipos
- ✦ Estimar el efecto del PM en la Confiabilidad
- ✦ Utilizar adecuadamente todos los recursos disponibles
- ✦ Eliminar fallas y paradas imprevistas
- ✦ Incrementar la Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Efectividad Global de los equipos.



# Implementación del Sistema PMO

---

Paso 1: Establecimiento de las funciones y tareas

Paso 2: Análisis de los modos de falla

Paso 3: Racionalización de los procedimientos

Paso 4: Análisis de Confiabilidad

Paso 5: Evaluación de las consecuencias

Paso 6: Determinación de las políticas de mantenimiento

Paso 7: Revisión de los procesos funcionales

Paso 8: Implementación y aprobación de los programas

Paso 9: Proyecto de vida y mejoramiento continuo.

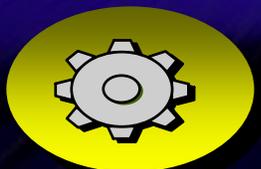
Steve Turner 2000.

# Implementación del Modelo (1)

---



Desarrollar un procedimiento detallado de planeación de tareas tipo RCM.



Determinar y analizar con la metodología PMO, los principales modos de falla.



Implementar procesos racionales para determinar la Confiabilidad de los equipos.



Evaluar las consecuencias de las fallas y la influencia del Mantenimiento Preventivo.

## Implementación del Modelo (2)

---



Determinar e Implementar nuevas políticas de Mantenimiento Optimo.



Realizar periódicamente revisión de los procesos y análisis de costos.



Desarrollar un sistema de asignación de recursos, para implementar los programas.



Propiciar planes de mejoramiento continuo mediante programas de capacitación para toda la vida.

# La Distribución de Weibull

---

- ✦ El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede describir estadísticamente por medio de la Distribución de Weibull.
- ✦ La ecuación característica de la Función de Distribución de fallas es:

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Donde  $\beta$ ,  $\eta$  y  $T_0$ , son valores constantes mayores que cero.

# Función de Confiabilidad

Para obtener la Confiabilidad  $R(t)$  se observa que:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Los parámetros son:

$\beta$  [Beta] = parámetro de forma o geométrico ( $\beta > 0$ )  
 $\eta$  [Eta] = parámetro de escala o valor característico ( $\eta \geq T_0$ )  
 $T_0$  = parámetro de localización, es el valor garantizado de  $t$   
( $T_0 \geq 0$ ).

# Densidad de Probabilidad

---

- ✦ La densidad de probabilidad de falla viene dada por:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt}$$

Y teniendo en cuenta que :  $\eta = \theta - T_0$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

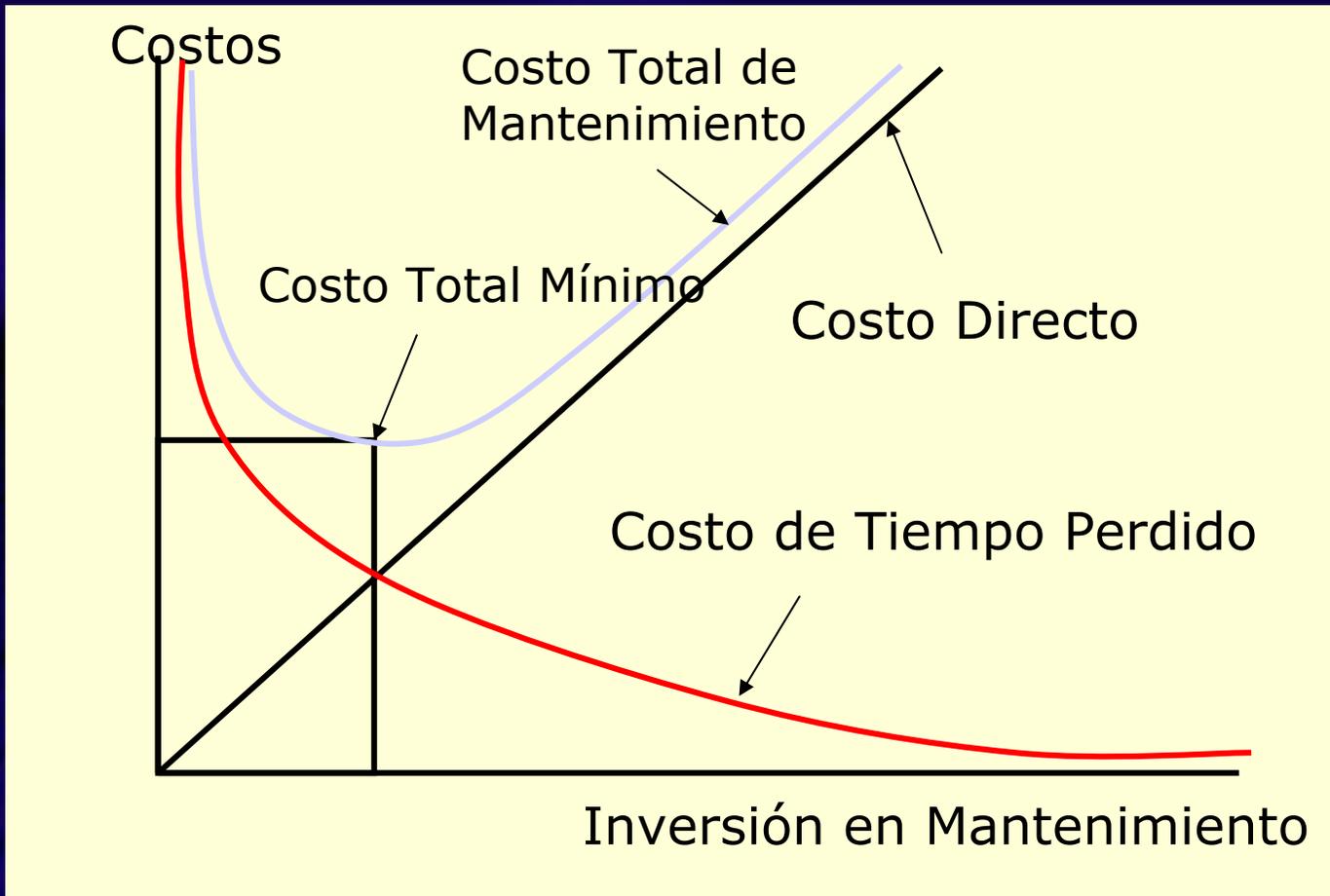
# Optimización del Mantenimiento

---

- ◆ El objetivo es estimar los intervalos óptimos de mantenimiento, para aumentar la productividad del equipo y minimizar los costos totales de mantenimiento.
- ◆ El análisis de costos determina el nivel óptimo de mantenimiento necesario para el funcionamiento económico de los equipos.



# Optimización de los Costos



# Mantenimiento Programado

- ◆ El costo del mantenimiento programado  $C_s$  (t) en un tiempo dado  $t_0$  se expresa como:

$$C_s(t) = t_0 \sum_{i=1}^n (C_i / t_i)$$

- ◆ Donde el  $t_i$  es el término  $i$  del tiempo medio para falla, y el  $C_i$  es el término  $i$  de la acción de mantenimiento.

# Mantenimiento no Programado

---

- ◆ El costo de mantenimiento no programado  $C_u(t)$  se estima por:

$$C_u(t) = t/t_0 \sum_{i=1}^n (f_i C_i)$$

- ◆ Donde el  $f_i$  es el término  $i$  del periodo de acción de mantenimiento no programada durante el tiempo  $t_0$ .

# Ciclo de Mantenimiento Óptimo

- ◆ El costo total de mantenimiento  $C_m(t)$  asociando los dos tipos de costos puede determinarse por:

$$C_m(t) = C_s(t) + c_u(t)$$

- ◆ El problema es minimizar  $C_m(t)$  para calcular el ciclo de mantenimiento óptimo  $t^*$ .

$$t^* = t_0 (C_s / C_u)^{0.5}$$

# Conclusiones

---

- ◆ La fuerza fundamental del PMO se basa en que las acciones de mantenimiento tienen valor agregado, y que el sistema genera mejoras en muchos otros aspectos de la gestión de activos de la empresa, aparte de los Análisis de Confiabilidad.
- ◆ El PMO se basa en la experiencia y el conocimiento técnico del personal, esto crea un alto grado de responsabilidad y pertenencia
- ◆ El mayor aporte del Análisis Weibull es proveer una herramienta práctica para el mejoramiento continuo del diseño y mantenimiento de los equipos
- ◆ El análisis de fallas es la etapa más importante para establecer un programa de mantenimiento óptimo, y éste depende de los registros históricos de los equipos durante su vida útil.

# Agenda

---

## MÓDULO 2.4 Optimización Integral del Mantenimiento (MIO)

- ◆ Principios de la Optimización Integral
- ◆ El Mantenimiento Centrado en Utilidades
- ◆ Optimización Integral del Activo
- ◆ Optimización Basada en Tiempo
- ◆ Optimización Basada en Condición
- ◆ Gerencia Basada en Conocimiento de la Confiabilidad.

# Optimización Integral del Mantenimiento

---

- ◆ La Optimización Integral del Mantenimiento debe alinearse con el objetivo principal del negocio.
- ◆ La MIO requiere la optimización total de las Estrategias, el Talento Humano, los Recursos Materiales, los Sistemas y los Procedimientos, desarrollando en cada uno de ellos todos sus aspectos conceptuales y un eficaz proceso de implementación.

# Optimización Integral del Mantenimiento

---

- ◆ El mantenimiento debe concebirse orientado a los negocios (Business Centred Maintenance - BCM, Anthony Kelly - Reino Unido), y orientado a los resultados (Results Oriented Maintenance - ROM, Christer Idhammar - Suecia).
- ◆ Para ello debemos tener en mente el objetivo a cumplir, que es la Competitividad. Para lograrla existen algunos factores claves como la Calidad, satisfacción de las necesidades los clientes y precio competitivo del producto o servicio, con base en Productividad.

# Optimización Integral del Mantenimiento

---

- ✦ Pero la calidad y la productividad, el respeto a la seguridad y al medio ambiente, no son suficientes sino son permanentes, se deben lograr siempre y para ello se necesita el aporte del quinto factor clave de la competitividad: la Confiabilidad.
- ✦ La Confiabilidad es lo que permite asegurar los cuatro primeros factores claves a lo largo del tiempo y por lo tanto asegurar la competitividad.
- ✦ El desarrollo del Talento Humano, es el factor clave para garantizar la Confiabilidad de los Activos.

# Optimización Integral del Mantenimiento

---

- ◆ La Optimización Integral de Mantenimiento propone, en función de la orientación a los negocios y el plan estratégico, un enfoque para desarrollar la función del mantenimiento en un marco conceptual global, integral y estructurado.
- ◆ Para ello se debe efectuar la implementación cubriendo las siguientes áreas: Definición de las Estrategias, desarrollo del Talento Humano, optimización de los Recursos Materiales y de los Sistemas y Procedimientos.

# Gerencia Integral de Activos



# Definición de las Estrategias

- ◆ Estrategia Global de la Empresa
- ◆ Objetivos Estratégicos Competitivos
- ◆ Indicadores de Gestión
- ◆ Niveles y Procesos de Decisión
- ◆ Inventario de Planta. Codificación y Registro
- ◆ Priorización de los Equipos
- ◆ Análisis Funcional de Activos
- ◆ Determinación de Estrategias de Mantenimiento
- ◆ Auditorias de Implementación.

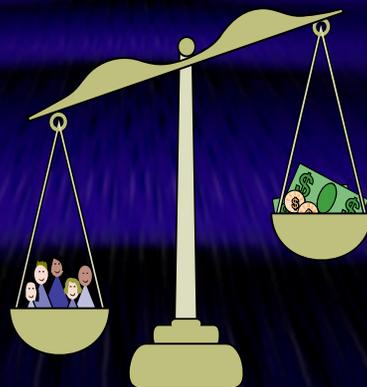


# Objetivos en Conflicto

Gastar Menos



- ✦ Menos costos de operación
- ✦ Menos Costos de Mantenimiento
- ✦ Menos tiempo fuera de Servicio.



Alcanzar más



- ✦ Mayor Confiabilidad
- ✦ Mejor desempeño
- ✦ Mayor vida útil
- ✦ Mayor seguridad.

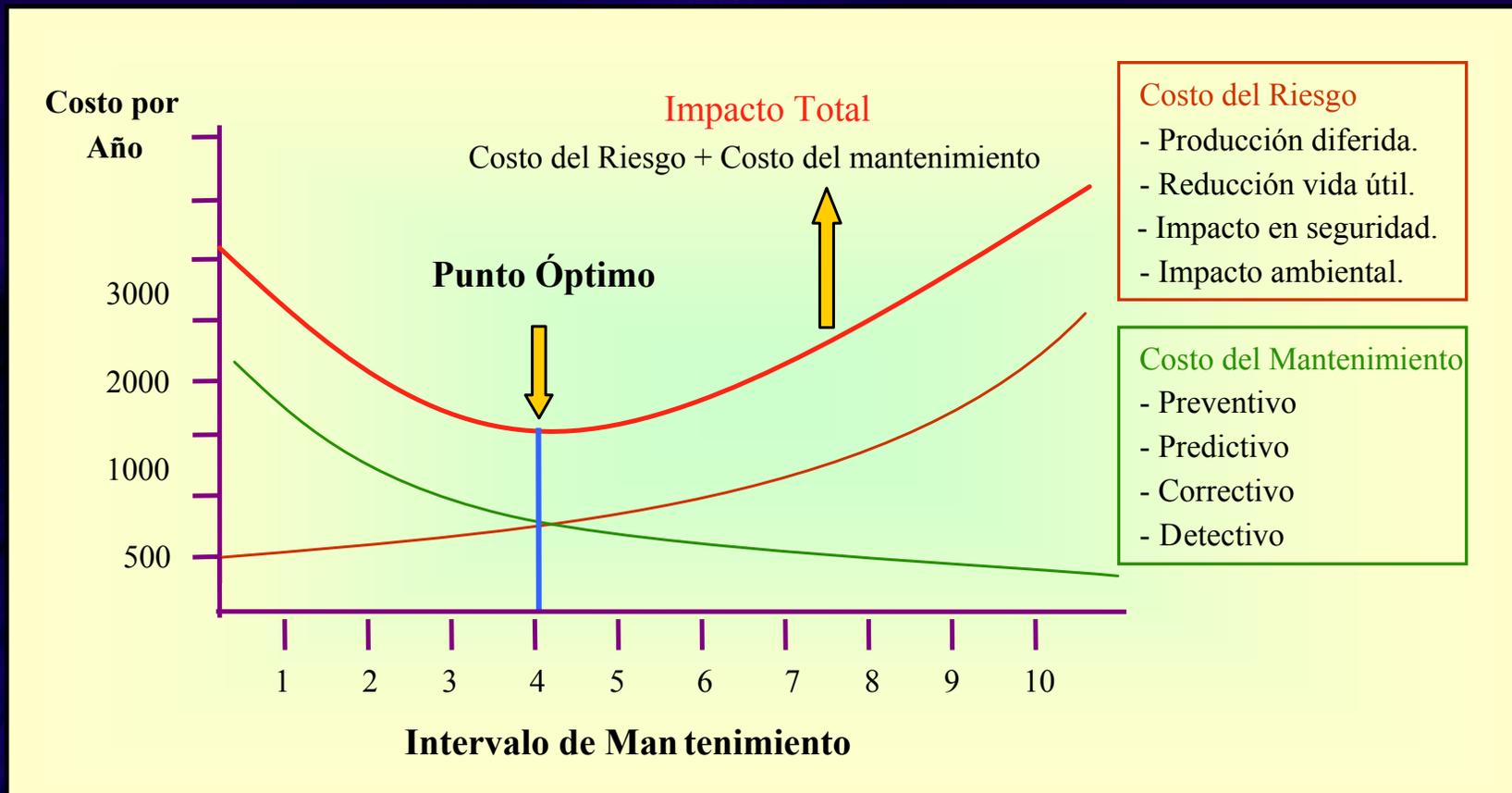
# Aspectos Claves del Éxito

---

- Estrategias de ejecución integradas con la Misión
- Objetivos y metas específicas
- Participantes expertos y conocedor de la actividad
- Prever la identificación de problemas y su eliminación sistemática
- Planificación dinámica y "costo-efectiva"
- Definición clara de roles y responsabilidades.



# Costo del Riesgo vs. Costo del Mantenimiento

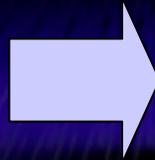


# Confiabilidad de los Activos



# Cambiando Paradigmas

“Para decidir se debe ignorar la incertidumbre o cuantificarla totalmente”



“La incertidumbre en la toma de decisiones forma parte del proceso de cálculo, y su adecuado manejo permite decidir de forma efectiva y eficiente”.

Entradas de Información



Modelo Basado en Riesgos



Salida

**Modelo de Decisión:**

Se acepta solo si:

Probabilidad de éxito x Beneficios > Probabilidad de Facazo x Consecuencias

# Gestión del Talento Humano

---

- ◆ Es indispensable una gestión eficaz del Talento Humano mediante el empleo de modelos de competencias, la dirección por valores, el entrenamiento (Coaching), empoderamiento (Empowerment), el trabajo en grupo (Groupware y Workflow) y la inteligencia emocional, porque se requiere que cada una de las personas se comprometa e involucre en la misión de la empresa. Capturar y aprovechar las nuevas potencialidades en beneficio de la organización, permite convertir capital intelectual en capital financiero, lo cual constituye un nuevo paradigma organizacional.

# Liderazgo – Poder - Autoridad

---

- ◆ **LIDERAZGO:** El arte de influir sobre la gente para que trabaje con entusiasmo en la consecución de objetivos en pro del bien común.
- ◆ **PODER:** La capacidad de forzar o coaccionar a alguien, para que éste, aunque preferiría no hacerla, haga tu voluntad debido a tu posición o tu fuerza.
- ◆ **AUTORIDAD:** El arte de conseguir que la gente haga voluntariamente lo que tú quieres debido a tu influencia personal.

# La Clave del Liderazgo

---

Es llevar a cabo las tareas asignadas fomentando las relaciones humanas

- ◆ Los grandes líderes: poseen el arte de construir relaciones que funcionan
- ◆ Inspiran una visión compartida
- ◆ Enfocados al futuro y al cambio
- ◆ Generan confianza y tienen seguidores
- ◆ Poseen alto nivel de integridad, energía y entusiasmo.



# Predisponer los empleados hacia la Acción

---

- ◆ Estableciendo objetivos
- ◆ Enseñándoles a planificar
- ◆ Acompañándolos a analizar los problemas que puedan afectar la imagen en forma conjunta
- ◆ Dando respuestas rápidas a los problemas cuando comienzan
- ◆ Evaluando alternativas para aplicar la mejor solución de inmediato
- ◆ Capacitándolos en nuevas tecnologías
- ◆ Evaluando acciones y resultados.

## Generar Orgullo Grupal por los Logros

---

- ✦ Pasar de procesos puntuales a procesos de mejora continua
- ✦ Pasar de propuestas de corto plazo a una estrategia de largo plazo
- ✦ Pasar de poner énfasis en lo que se hace a pensar en lo que el cliente necesita
- ✦ Pasar de un pensamiento individual al pensamiento grupal
- ✦ Pasar de una tarea de especialistas a una tarea especializada
- ✦ Pasar de una evaluación subjetiva a una medición de resultados.

# Orgullo por el trabajo

---



Es un sentimiento, una actitud, el móvil principal que motiva a la gente a hacer lo mejor que pueden.

“Yo soy importante, mi trabajo es importante, quiero realizar mi labor lo mejor posible”

# Optimizar los Recursos Materiales

---

- ◆ Definir las Máquinas y Herramientas
- ◆ Repuestos y materiales necesarios
- ◆ Determinar criticidad, accesibilidad, tiempo de reposición, costo y demanda
- ◆ Gestión de Stocks a desarrollar
- ◆ Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCS)
- ◆ Repuestos Estratégicos
- ◆ Índices de Rotación
- ◆ Aprovisionamiento Económico Óptimo.



# Optimizar Procedimientos

---

- ◆ Análisis y Diagnóstico de Sistemas
- ◆ Gestión de inventarios
- ◆ Registro de Historial de Equipos
- ◆ Plan de Mantenimiento Integral
- ◆ Planificación y Programación
- ◆ Control de los Indicadores de Gestión
- ◆ Optimización Costo – Riesgo – Beneficio
- ◆ Análisis Técnico y Económico de Fallas
- ◆ Plan de Mejoramiento Continuo.



# Contacto con el Cliente para:

---

- ◆ Tomar y delegar decisiones
- ◆ Establecer metas y objetivos
- ◆ Definir vínculos recíprocos (líderes)
- ◆ Programar acciones coordinadas
- ◆ Desarrollar un real compromiso
- ◆ Investigar los cambios a proponer
- ◆ Desarrollar un equipo de trabajo conjunto
- ◆ Concentrarse en pocos temas a la vez
- ◆ Lograr equilibrio entre el corto y el largo plazo
- ◆ Evaluar los resultados.



# Optimización Basada en Tiempo

---

- ◆ Aumento de Confiabilidad mediante Reemplazo Preventivo
- ◆ Modelo de Maximización de Utilidades
- ◆ Modelo para Minimizar Costo Esperado
- ◆ Inspección y Reemplazo por Bloques
- ◆ Modelo para Maximización Disponibilidad
- ◆ Modelo de Tiempo de Demora
- ◆ Modelo de Tiempo Óptimo de Intervención.



# Optimización Basada en Condición

- ◆ Aumento de Confiabilidad mediante Intervención Predictiva
- ◆ Preparación de los Datos
- ◆ Modelo de Riesgos Proporcionales (PHM)
- ◆ Probar el PHM
- ◆ Modelo Probabilístico de transición
- ◆ Modelo de Decisión Óptima
- ◆ Análisis de Sensibilidad
- ◆ Selección de Intervenciones Óptimas.



# Rentabilidad Basada en Confiabilidad

---

- ◆ Identificar las variables financieras de mayor impacto en la rentabilidad
- ◆ Identificar oportunidades específicas de mejora de confiabilidad
- ◆ Definir las mejoras de confiabilidad que generan ventajas competitivas
- ◆ Unir las ventajas competitivas de confiabilidad y rentabilidad
- ◆ Integrar las mejoras de confiabilidad deseadas
- ◆ Retro-alimentar los resultados de los proyectos de mejora de la rentabilidad (PDR).

# Crear Conciencia de los Límites

---

- ◆ Integrarse a la Cultura Principal
- ◆ Manejar políticas de personal
- ◆ Capacitar permanente
- ◆ Buscar la Excelencia
- ◆ Reevaluar la tarea de la supervisión
- ◆ Respetar los objetivos concertados
- ◆ Cumplir normas de seguridad
- ◆ Concertar mejoras en los procedimientos
- ◆ Controlar costos de recursos
- ◆ Proponer nuevas tecnologías.



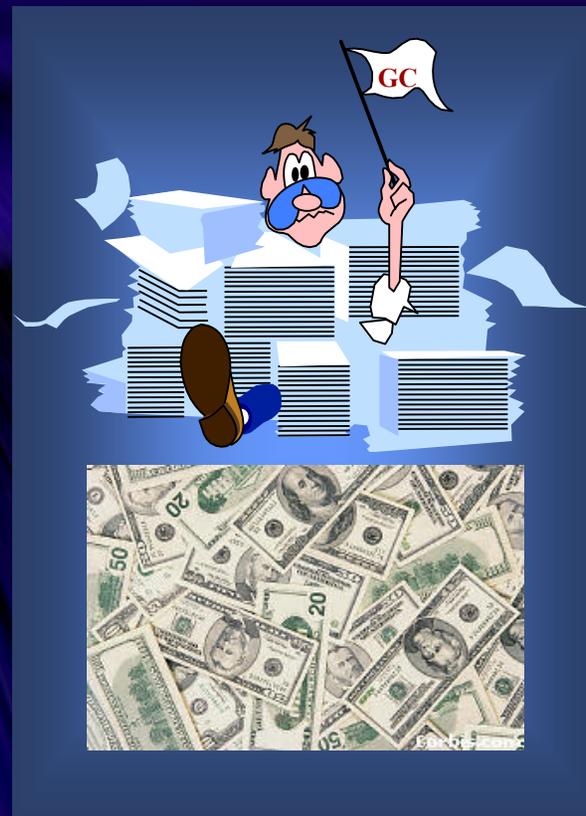
# Lograr Autonomía Operativa

---

- ◆ Mano de obra calificada y capacitada
- ◆ Integración del grupo al objetivo
- ◆ Dedicarse prioritariamente a los requerimientos del cliente
- ◆ Desarrollar procedimientos eficientes de atención al cliente
- ◆ Compartir la información vital
- ◆ Registrar y almacenar la información generada
- ◆ Agregar valor a la información registrada, generando Indicadores.

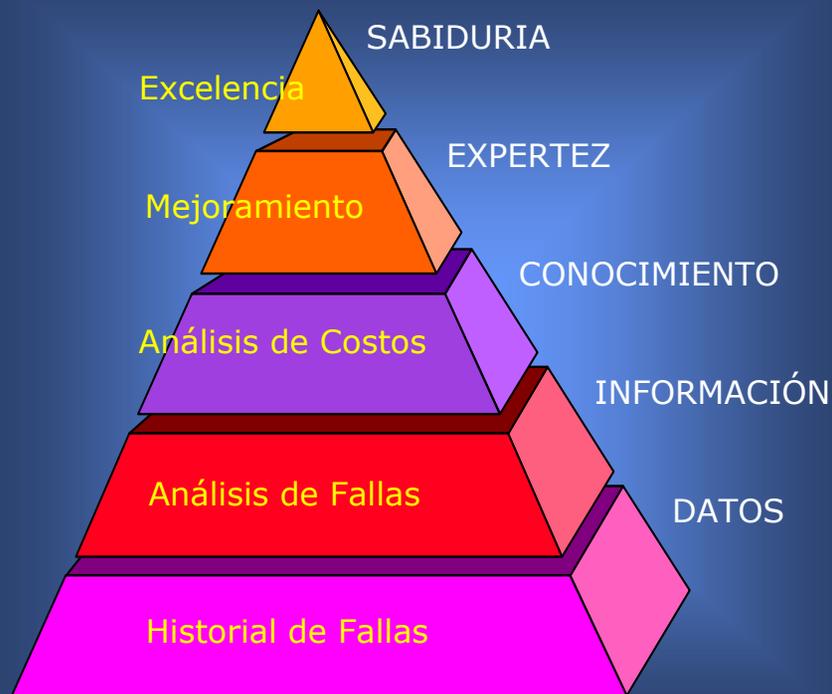
# Gestión del Conocimiento

- Un conjunto de procesos (tecnológicos, estructurales, institucionales) orientados a adquisición, administración, organización, transferencia, generación y distribución del conocimiento, en un entorno colaborativo cualquiera sea su propósito o misión.



# Gestión del Conocimiento

- La gestión del conocimiento es mucho más que tecnología y bases de datos. Es conectar la gente con los expertos y con la información, es gestionar la información para utilizarla como ventaja competitiva, de modo que apoye en la toma de decisiones.



# Categoría de Clase Mundial

---



# Excelencia Empresarial

- ♦ La Confiabilidad Operacional se fundamenta sobre una aproximación de sentido común hacia la **Excelencia Empresarial**. No es ninguna fórmula mágica para triunfar, pero introduce una aproximación sistémica, basada en conocimiento, para la eliminación de las fallas y la mala Confiabilidad que afectan los procesos críticos y la rentabilidad total de la empresa.



# Sistema Exitoso

---

El éxito radica en adaptar un Modelo de Confiabilidad de acuerdo con la realidad de cada organización. Las mejores prácticas plantean que se deben optimizar los planes de mantenimiento basados en estudio de la Confiabilidad, para minimizar las fallas imprevistas de los procesos productivos y reducir al máximo el reemplazo y nueva inversión en equipos; lo cual se traduce en disminución de los costos de producción con el correspondiente aumento de la competitividad de la empresa.

# Conclusiones

---

- ◆ Los Indicadores de Confiabilidad ayudan a la gerencia y al personal de planta a entender los requerimientos del negocio, a medir el desempeño de los equipos y a identificar oportunidades de mejoramiento.
- ◆ El PMO es uno de los pilares para implementar Ingeniería de Confiabilidad efectiva, y para la adecuada solución de problemas y eliminación de defectos.
- ◆ La toma de decisiones claves, debe estar soportada por técnicas de Análisis de Confiabilidad.
- ◆ El resultado de implementar Estrategias de Confiabilidad para mejorar los activos fijos, se traduce en mantenimiento más armonioso, más eficiente, económico y seguro, que minimiza los costos totales de producción e incrementa la competitividad de la organización.

# Agenda

---

## MÓDULO 3. HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

- ✦ Análisis de Criticidad (CA)
- ✦ Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- ✦ Análisis Causa Raíz (RCFA)
- ✦ Inspección Basada en Riesgos (RBI)
- ✦ Costo del Ciclo de Vida (LCC)
- ✦ Conclusiones y Recomendaciones.



## Herramientas de Confiabilidad

---

- ◆ La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento del componente de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operabilidad, la magnitud del riesgo y las acciones de mitigación y de mantenimiento que requiere el mismo para asegurar al dueño del activo su integridad y continuidad operacional.
- ◆ El empleo de las herramientas de confiabilidad permite detectar la condición más probable en cuanto al comportamiento de un activo, ello a su vez proporciona un marco referencial para la toma de decisiones que van a direccionar la formulación de planes estratégicos.

# Httas. de Confiabilidad Operacional

---

- ◆ Análisis de Criticidad (CA)
- ◆ Análisis de los Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- ◆ Análisis Causa Raíz (RCFA)
- ◆ Análisis de Confiabilidad Humana (HRA)
- ◆ Inspección Basada en Riesgo (RBI)
- ◆ Optimización Costo – Riesgo – Beneficio (BRCO)
- ◆ Failure Reporting and Corrective Action System (FRACAS)
- ◆ Reliability Analysis and Modeling Program (RAMP)
- ◆ Reliability Block Diagram Modeling (RBD)
- ◆ Costo del Ciclo de Vida (LCC)
- ◆ Gestión del Conocimiento (KM).



# Herramientas Fundamentales de CO



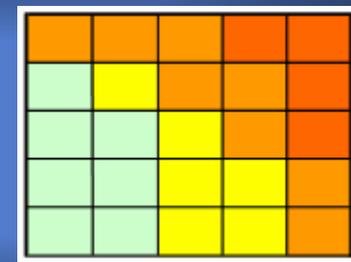
# Análisis de Criticidad

Análisis de  
Criticidad



Técnica de  
jerarquización  
mediante  
cuantificación  
de riesgos

F  
R  
E  
C  
U  
E  
N  
C  
I  
A

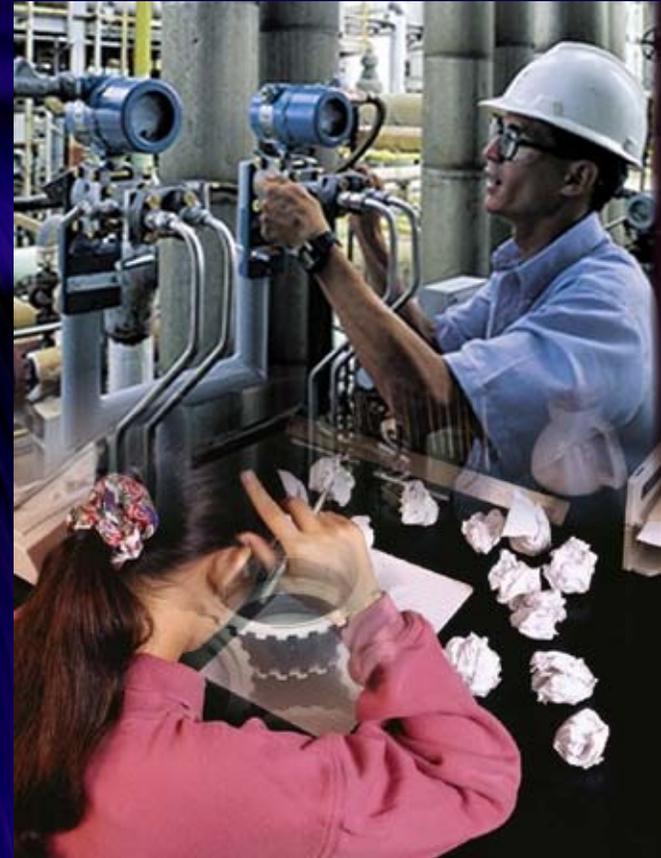


Impacto

COMO SABER QUE UN SISTEMAS ES MÁS  
IMPORTANTE QUE OTRO?

## Qué es el Análisis de Criticidad?

Es una metodología que permite jerarquizar Instalaciones y equipos, en función de su impacto Global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Además permite identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza.



## Como se realiza un CA

---

- ◆ Definiendo un alcance y propósito para el análisis
- ◆ Estableciendo criterios de importancia
- ◆ Estableciendo un método de evaluación para jerarquizar la selección de sistemas objeto del análisis.



# Criterios Comunes Utilizados

---

- ◆ Seguridad
- ◆ Ambiente
- ◆ Producción
- ◆ Frecuencia de Fallas
- ◆ Costos (Operación y Mantenimiento)
- ◆ Tiempo Promedio para Reparar.

## CLAVE

La Criticidad se debe medir como satisfacción del cliente, o como logro de la calidad del producto.

# Como Articular los Criterios

Utilizando la Expresión Matemática:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} * \text{CONSECUENCIA}$$

Donde:

$$\text{Consecuencia} = (\text{Nivel de Producción} * \text{MTTR} * \text{Imp. Producción}) + \text{Costos de Reparación} + \text{Impacto en Seguridad} + \text{Impacto Ambiental} + \text{Satisfacción del Cliente.}$$

# Para que se usa el Análisis de Criticidad

---

- ◆ Priorizar órdenes de trabajo de operación y mantenimiento
- ◆ Priorizar proyectos de inversión
- ◆ Diseñar políticas de mantenimiento
- ◆ Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales
- ◆ Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.



# Pasos para la aplicación del CA

---

- ◆ Identificación de los equipos a estudiar
- ◆ Definición del alcance y objetivo del estudio
- ◆ Selección del personal a entrevistar
- ◆ Informar al personal sobre la importancia del estudio
- ◆ Recolección de Datos
- ◆ Análisis y Verificación de Datos.



# Qué es el Nivel de Criticidad?

## ANÁLISIS DE CRITICIDAD

**CRITICO**

SISTEMA 1	530
SISTEMA 2	480

**ALERTA**

SISTEMA 3	380
SISTEMA 4	250
SISTEMA 5	215
SISTEMA 6	180

**CONVENIENTE**

SISTEMA 7	45
SISTEMA 8	35

# Agenda

---

## MÓDULO 3.1 ANÁLISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (FMEA)

- ◆ Clasificación de las fallas y del Equipo
- ◆ Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)
- ◆ Implementación del FMEA
- ◆ Etapas del Proceso
- ◆ Recolección de Datos
- ◆ Fallas Funcionales – Efectos de las Fallas
- ◆ Ponderación del Riesgo
- ◆ Ejemplos y Ejercicios.

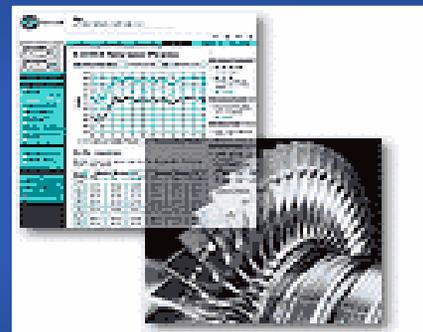


# Análisis de Modos y efectos de Falla

Análisis de  
Modos y Efectos  
de Falla



Proceso sistemático para identificar fallas potenciales de diseño y proceso antes de que estas ocurran.



El FMECA es una técnica para revisar los diseños centrada en el desarrollo de productos y procesos en acciones prioritizadas. El propósito de las acciones prioritizadas es reducir el riesgo de que el producto o el proceso falle.

# Modos de Falla

---

Modo de Falla: Es la causa que origina la pérdida de las funciones.

Para definir los modos de fallas, se tiene que responder las siguientes preguntas:

- ✦Cuál es la función de un activo?
- ✦De que maneras puede fallar?
- ✦Qué origina la falla?

Aspecto Clave:

El mantenimiento está orientado a minimizar o eliminar los modos de falla.

# Historia del FMEA

---

- ◆ El FMEA se desarrolló en la industria militar de USA en nov-49 (MIL-P-1629)
- ◆ En 1988 los requerimientos de calidad ISO9000 forzaron a la industria automotriz Chrysler, Ford y General Motors a estandarizar un sistema de suministro de calidad y utilizaron el FMEA para diseño y proceso dentro de su APQP (Advance Product Quality Planning)
- ◆ En 1993 AIAG (Automotive Industry Action Group) y ASQC (American Society for Quality Control) incluyeron el FMEA dentro de sus estándares técnicos (SAE J-1739).

# Que es el FMEA?

---

- ◆ Es un proceso sistemático para identificar fallas potenciales de diseño y proceso antes de que estas ocurran, con la intención de eliminar o minimizar los riesgos asociados con ellas.
- ◆ El FMEA documenta las acciones preventivas y la revisión del proceso (SAE J-1739).
- ◆ El FMECA es una técnica para revisar los diseños centrada en el desarrollo de productos y procesos en acciones priorizadas. El propósito de las acciones priorizadas es reducir el riesgo de que el producto falle.

## Que es el FMEA?

---

- ◆ Es una metodología que permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, permitiendo directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.
- ◆ El FMEA es otra de las herramientas fundamentales del Sistema Integrado de Confiabilidad Operacional ya que es un método que permite determinar el impacto y la frecuencia con que se presentan los modos de falla. De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, permitiendo establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

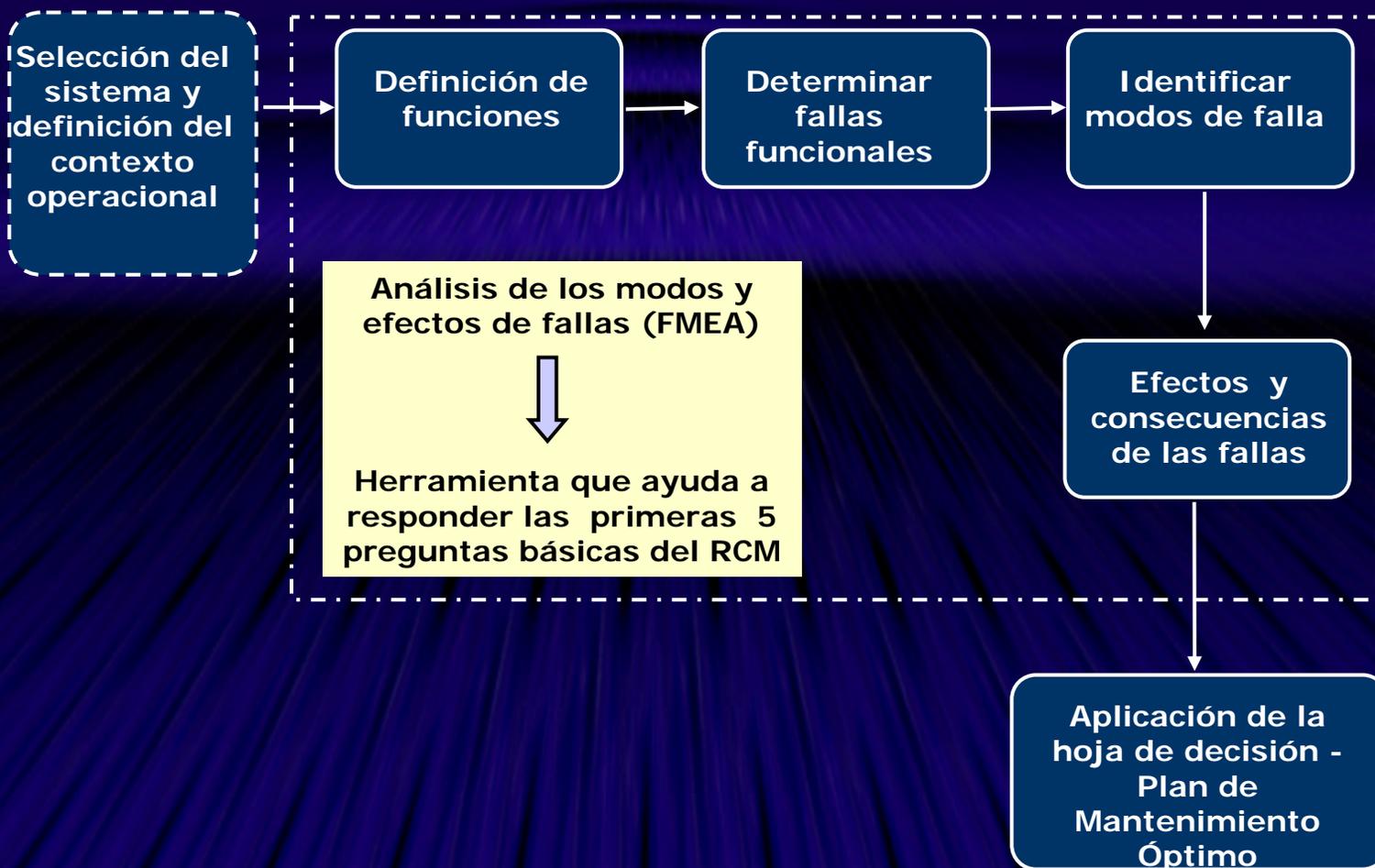
# Porque utilizar FMEA

---

- ◆ Para aumentar la seguridad funcional y la confiabilidad de los productos
- ◆ Mejorar cumplimiento de plazos establecidos
- ◆ Mejorar la comunicación interna de la organización
- ◆ Menor índice de ocurrencia de fallas
- ◆ Disminuir los costos de garantía
- ◆ Mejorar la asistencia técnica
- ◆ Producir con mas economía.



# Implementación del FMEA



# Etapas del proceso FMEA

---



Al analizar los modos de falla, se debe constatar lo siguiente:

- ◆ La evidencia de que se ha producido una falla.
- ◆ En qué forma la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- ◆ Las maneras en que la falla afecta a la producción o a las operaciones.
- ◆ Los daños físicos causados por la falla.
- ◆ Qué debe hacerse para reparar la falla.

## Identificar las funciones de cada equipo

---

- ◆ Todo activo físico tiene más de una función, frecuentemente tiene varias. Si el objetivo del sistema de mantenimiento es asegurarse de que continúe realizando estas funciones, entonces todas ellas deben ser identificadas junto con los parámetros de funcionamiento deseables actualmente.
  - ◆ Funciones primarias
  - ◆ Funciones secundarias



# Funciones primarias

---

Se conocen como funciones primarias, por ser la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Para la mayoría de los equipos los parámetros de funcionamiento están asociados a las funciones primarias, como velocidad, volumen y capacidad de almacenamiento.



Estructura Funcional:

- ◆ Planta
  - ◆ Sistema
    - ◆ Equipo
      - ◆ Subsistema
        - ◆ Item mantenible o parte que falla.

# Funciones secundarias

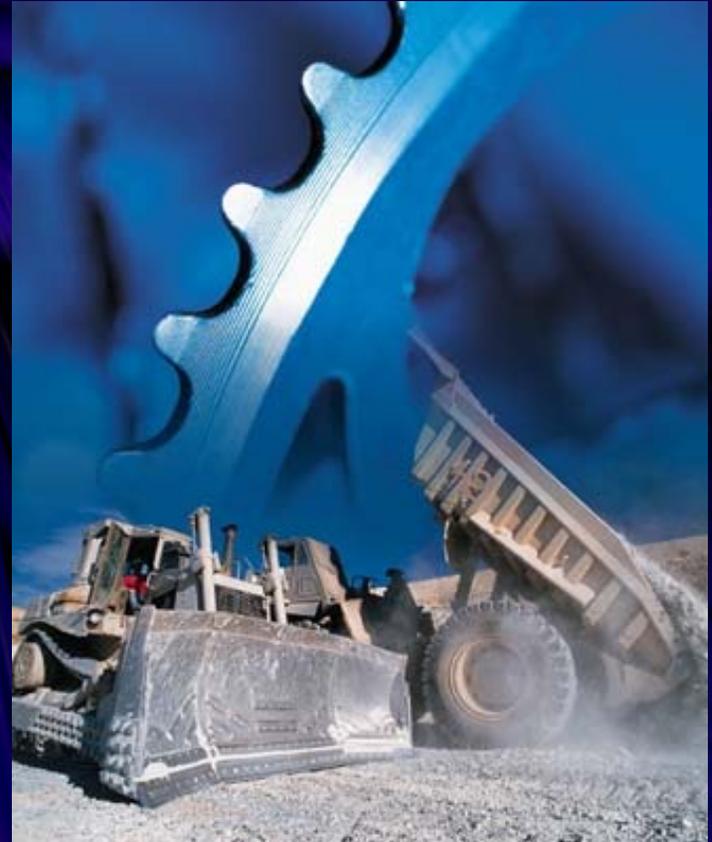
---

- ◆ Se pretende que la mayoría de los activos físicos cumplan una o más funciones adicionales además de la primaria. Estas se conocen como funciones secundarias. Para asegurar que ninguna de estas funciones sea obviada, se dividen en siete categorías de la siguiente forma:
- ◆ Ecología – integridad ambiental
- ◆ Seguridad
- ◆ Control / confort / contención
- ◆ Apariencia
- ◆ Protección
- ◆ Eficiencia / economía / integridad estructural
- ◆ Funciones superfluas.

# Fallas Funcionales

---

- ◆ Las personas y las organizaciones adquieren activos físicos porque quieren que realicen una tarea, y también esperan que cumplan sus funciones en relación con ciertos parámetros aceptables de funcionamiento.
- ◆ Sin embargo, si por alguna razón es incapaz de hacer lo que el usuario desea, éste considera que ha fallado. Entonces un activo físico ha fallado cuando no hace lo que el usuario desea que haga.



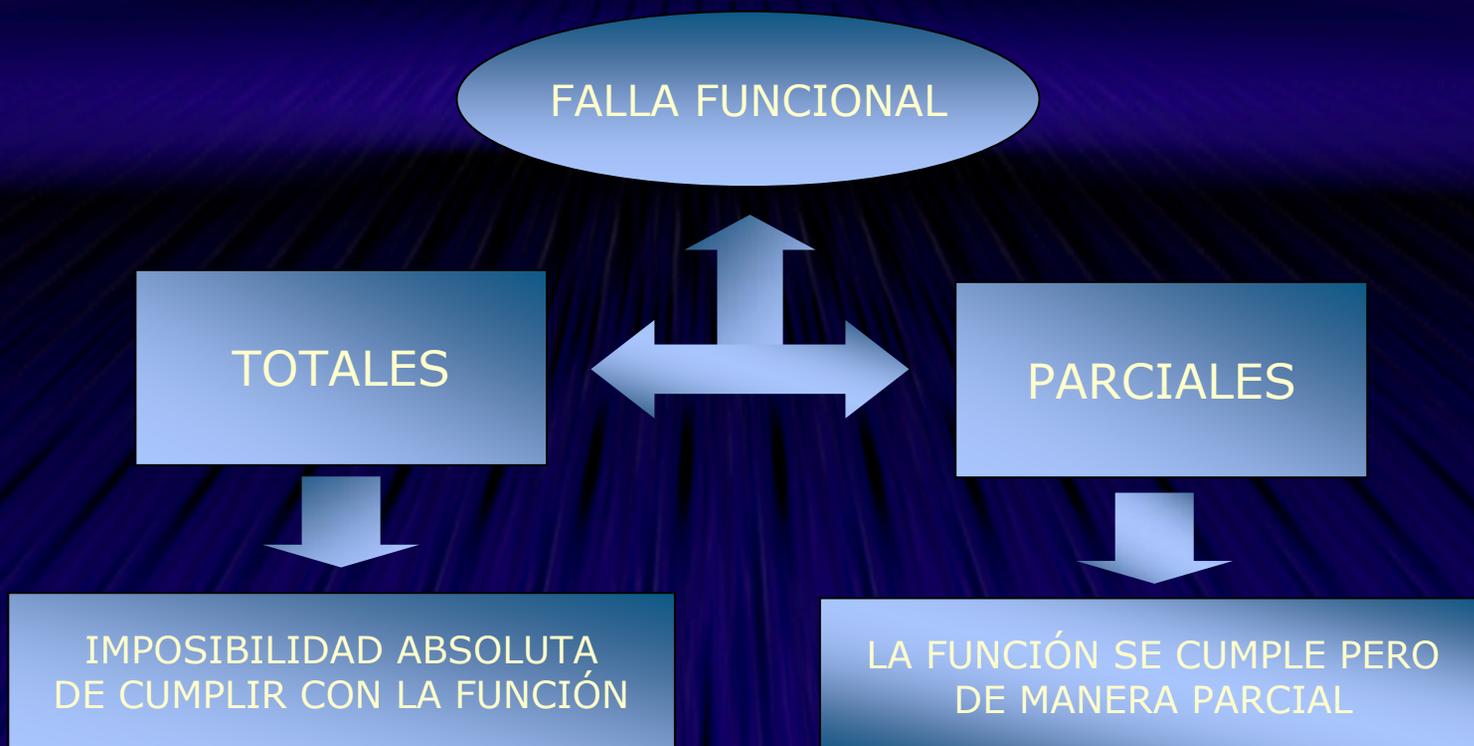
# Que es una Falla ?

---

- ✦ Cualquier evento o situación que impide el cumplimiento de un propósito preestablecido.
- ✦ Es la terminación de la habilidad de un sistema o equipo para realizar una función requerida. (ISO 14224).
- ✦ La falla es el resultado de una secuencia de eventos y cada uno de ellos puede tener una o mas causa raíz.
- ✦ “La falla puede afectar: parcial / total y ocurrir: repentina / gradual”.

# ¿Qué es una Falla Funcional?

Se define como el incumplimiento de una función.



# Causas de Falla Básicas (ISO14224)

---

## Diseño

- ◆ Capacidad inadecuada
- ◆ Material inadecuado
- ◆ Diseño inadecuado.

## Fabricación / Instalación

- ◆ Error de Fabricación
- ◆ Error de montaje
- ◆ Error de Instalación.

## Operación /Mantenimiento

- ◆ Error de Operación
- ◆ Error de Mantenimiento
- ◆ Servicio fuera de diseño
- ◆ Desgaste o rotura esperada.

## Administración

- ◆ Error de documentación
- ◆ Error Administrativo

## Misceláneo

- ◆ Variado
- ◆ Desconocido.

# ¿Qué es un Modo de Falla?

---

Se define como la descripción del evento que causa la falla funcional, enfocándose en qué y no en quién causa la falla.

Ejemplos:

- ◆ Suciedad , corrosión, erosión, abrasión
- ◆ Lubricación deficiente
- ◆ Ensamble incorrecto
- ◆ Operación inadecuada
- ◆ Materiales incorrectos
- ◆ Rotura / obstrucción.

## CLAVE

El Mantenimiento está orientado a cada modo de falla.

# Introducción a los Modos de Falla

---

## Ejemplo 1:

Falla del filtro en sistema de lubricación.

## Modo de falla:

Rotura del filtro por impactos externos  
(Objetos extraños golpean el filtro).

Una forma de evitarlo es con un rediseño,  
instalando un protector al filtro.

# Introducción a los Modos de Falla

---

## Ejemplo 2:

Falla del filtro en sistema de lubricación.

### Modo de falla:

Obstrucción del Filtro por finalización de su vida útil. (Deterioro excesivo del filtro).

Se maneja esta falla con una actividad proactiva, reemplazando el filtro antes de culminar su vida útil.

# Introducción a los Modos de Falla

---

## Ejemplo 3:

Falla del filtro en sistema de lubricación.

Modo de falla:

Filtro Desajustado – Flojo

Esta es una falla infantil producto de una mala instalación. Su solución está asociada con el adiestramiento de las personas involucradas con la instalación del filtro, es decir, un rediseño de los procedimientos establecidos.

## Cuáles Modos se deben Registrar?

---

Los mas probables:



- ◆ Que han ocurrido antes
- ◆ Que son parte del programa de mantenimiento
- ◆ Otros que han ocurrido, pero son posibles.

Los que son poco probables:



- ◆ Con consecuencias catastróficas o graves
- ◆ Debidos a accidentes o imprevistos.

# Efectos de Falla

---

- ◆ El siguiente paso consiste en hacer una lista de lo que sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efectos de falla.
- ◆ Efectos de falla no es lo mismo que consecuencias de falla; un efecto de falla responde a la pregunta ¿qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿qué importancia tiene?



# Efectos de Falla

---

“Información de los eventos secuenciales que ocurren cuando un modo de falla se da”

## Características

Debe considerarse que el resto de los dispositivos y procedimientos operacionales funcionan o se llevan a cabo.

Debe tener la información necesaria para determinar consecuencias y tareas de mantenimiento.

Debe describirse como si no estuviera haciéndose algo para prevenirlos.

# Descripción de un Efecto de Falla

1

¿De qué manera afecta la producción o las operaciones?

2

¿De que manera afecta la seguridad y el ambiente?

3

¿qué evidencia hay de que ocurrió la falla?

¿ Es necesario para el proceso?  
¿ Hay impacto en la calidad? ¿ cuanto?  
¿ Hay impacto en el servicio al cliente?  
¿Se producen daños a otros sistemas?

# Categorías de Consecuencias de Falla



# Ponderación del riesgo

---

## EFECTOS

SON LAS CONSECUENCIAS DE LA OCURRENCIA DE LA FALLA QUE SE ESTÁ ANALIZANDO

NO INCLUYE CONSECUENCIAS POTENCIALES

## SEVERIDAD

SE REFIERE A LA SEVERIDAD DEL EFECTO  
SE CALIFICA EN UNA

ESCALA DE 1 - 10

1 = No efecto

10 = El mas severo

# SEVERIDAD (DFMEA)

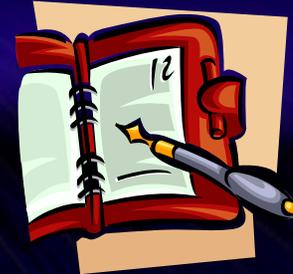
DAÑINO – SIN AVISO	AFECTA SEGURIDAD O VIOLA LEYES GUBERNAMENTALES	10
DAÑINO – CON AVISO	AFECTA SEGURIDAD O VIOLA LEYES GUBERNAMENTALES	9
MUY ALTO	PRODUCTO INOPERABLE CON PERDIDA DE SU FUNCIÓN PRIMARIA	8
ALTO	PRODUCTO OPERABLE, PERO CON REDUCCIÓN DE SU DESEMPEÑO	7
MODERADO	PRODUCTO OPERABLE, PERO ITEMS DE CONFORT O CONVENIENCIA SON INOPERABLES	6
BAJO	PRODUCTO OPERABLE, PERO ITEMS DE CONFORT O CONVENIENCIA OPERAN CON REDUCCIÓN DE SU DESEMPEÑO	5
MUY BAJO	DEFECTOS DE ACABADO / ESTETICA. MUCHOS DE LOS CLIENTES NOTAN EL DEFECTO	4
MENOR	DEFECTOS DE ACABADO / ESTETICA. EL PROMEDIO DE LOS CLIENTES NOTAN EL DEFECTO	3
MUY MENOR	DEFECTOS DE ACABADO / ESTETICA. ALGUNOS DE LOS CLIENTES NOTAN EL DEFECTO	2
NINGUNO	NO EFECTOS	1

# Agenda

---

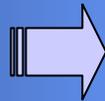
## MÓDULO 3.2 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (RCFA)

- ◆ Que es RCFA
- ◆ Beneficios del RCFA
- ◆ Pasos para el RCFA
- ◆ Metodología del RCFA
- ◆ Árbol Lógico de Fallas
- ◆ Identificación de las Fallas
- ◆ Verificación de las Causas Raíces
- ◆ Matriz de Valoración de resultados
- ◆ Ejemplos de Aplicación.

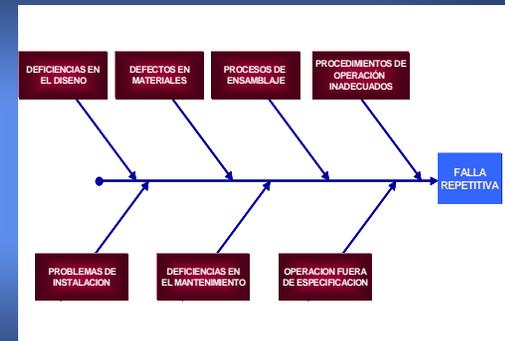


# Análisis Causa Raíz

Análisis  
Causa Raíz



Método sistémico  
agrupando factores  
para identificar las  
causas últimas que  
originan las fallas



Es una metodología utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, que si son corregidos prevendrán su ocurrencia.

# Qué es el RCFA?

---

- ◆ El RCFA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la lógica y un árbol de causas, que consiste en una representación visual de un evento de falla, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos conducen a las causas originales.
- ◆ Es una herramienta de confiabilidad utilizada para determinar hasta tres niveles de causas raíz para cualquier evento específico de falla.
- ◆ Es una técnica de análisis que permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

# Análisis Causa Raíz

---

## Enfoque tradicional / Análisis de fallas

- ❖ Solo se toma en cuenta cual es la falla
- ❖ Se toman acciones reactivas
- ❖ No se determina cual es la causa raíz del problema.



## Análisis Causa Raíz

- ❖ Determina cuales son las verdaderas raíces de la falla
- ❖ Disminuye la repetitividad de fallas
- ❖ Disminuye los impactos operacionales
- ❖ Reduce las consecuencias en seguridad y medio ambiente
- ❖ Optimiza los costos.



# Beneficios del RCFA

---

- ◆ Proporciona la capacidad de reconocer un patrón de fallas y evita la repetición de las mismas.
- ◆ Aumenta la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos.
- ◆ Mejora las condiciones de seguridad industrial y evita tiempos improductivos innecesarios.
- ◆ Disminuye del número de incidentes, reduce los impactos ambientales y los accidentes.
- ◆ Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y operaciones.

# Cuando se usa el RCFA

---

- ◆ Fallas Crónicas o repetitivas: Problemas de mantenimiento
- ◆ Fallas Esporádicas: Paradas de emergencia
- ◆ Identificar las deficiencias en los programas: Procesos operativos y normativos
- ◆ Aspectos de Mantenimiento: Reducción de costos e inventarios
- ◆ Aspectos Operativos: Reducción del uso de energía.



## Por qué utilizar el RCFA?

---

- ◆ El RCFA es extremadamente útil y se ha comprobado que funciona.
- ◆ Cuando se implementan las recomendaciones, se pueden recuperar más de \$100 por cada \$1 invertido en entrenamiento y en horas hombre comprometidas en una investigación. Ello supone que las fallas específicas que se investigan son las más relevantes.
- ◆ Al identificar y corregir todas las causas raíz, no solo debe evitarse la recurrencia del problema inicial, sino que pueden eliminarse numerosos problemas con causas raíz similares.
- ◆ Ayuda a proporcionar la capacidad de reconocer un patrón de fallas.
- ◆ Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y operaciones.
- ◆ Mejora las condiciones de seguridad industrial y ambientales y evita tiempos improductivos innecesarios.

## Causas Raíces en RCFA

---

- ◆ **Causa raíz física.** Es la causa tangible de porqué está ocurriendo una falla. Siempre proviene de una raíz humana o latente. Son las más fáciles de tratar y siempre requieren verificación.
- ◆ **Causa raíz humana.** Es producto de errores humanos motivados por sus inapropiadas intervenciones. Nacen por la ausencia de decisiones acertadas, que pueden ser por convicción u omisión. Nunca utiliza nombres individuales o grupales cuando se especifica la causa.
- ◆ **Causa raíz latente.** Son producto de la deficiencia de los sistemas de información. Proviene de errores humanos. En ciertas ocasiones afectan más que el problema que se está estudiando, ya que pueden generar circunstancias que ocasionan nuevas fallas.

# Aplicación del RCA

---

- ◆ Se requiera el análisis de las fallas crónicas (repetitivas) que se presentan continuamente, tales como fallas de equipos comunes.
- ◆ Se presentan fallas esporádicas (una vez), en procesos críticos, tales como paradas de emergencia, incendios, explosiones, muertes, lesiones importantes, o fallas graves poco frecuentes en los equipos.
- ◆ Es necesario un análisis del proceso de diseño de nuevos equipos, de aplicación de procedimientos operativos y de supervisión de actividades de mantenimiento.
- ◆ Son comunes aspectos operativos tales como el congestionamiento, interrupción de las operaciones, aumento del consumo de energía, corridas más largas, defectos de calidad e incidentes ambientales.
- ◆ Es necesario identificar las deficiencias en los programas de entrenamiento y procedimientos operativos.
- ◆ Se tiene la necesidad de analizar diferencias organizacionales y programáticas.

# Metodología del RCA

---

Desarrollar una estrategia de recolección efectiva de datos para transformarlos en información.

Sea un detective

Activos físicos

Talento Humano

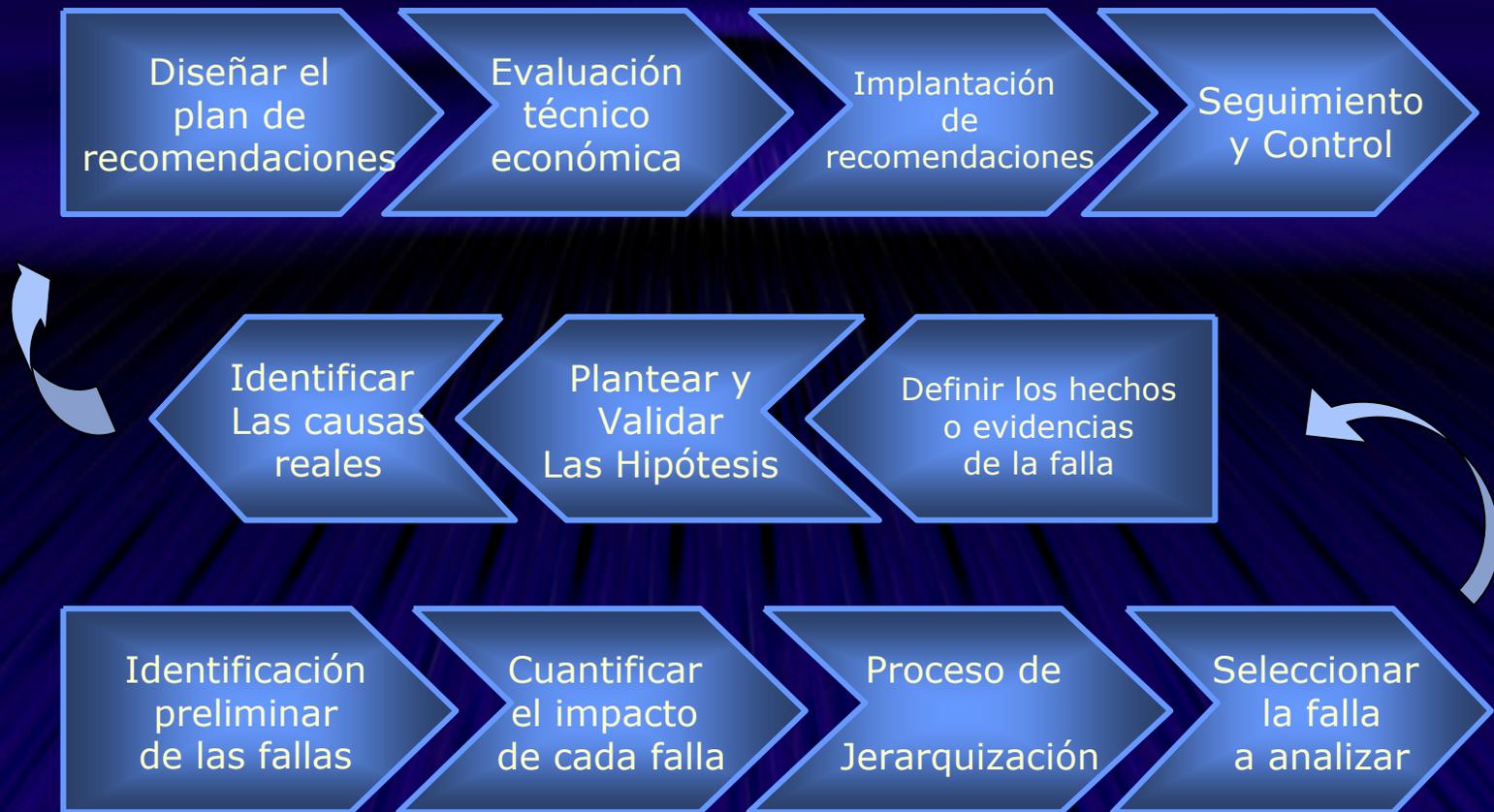
Documentos de soporte

Paradigmas

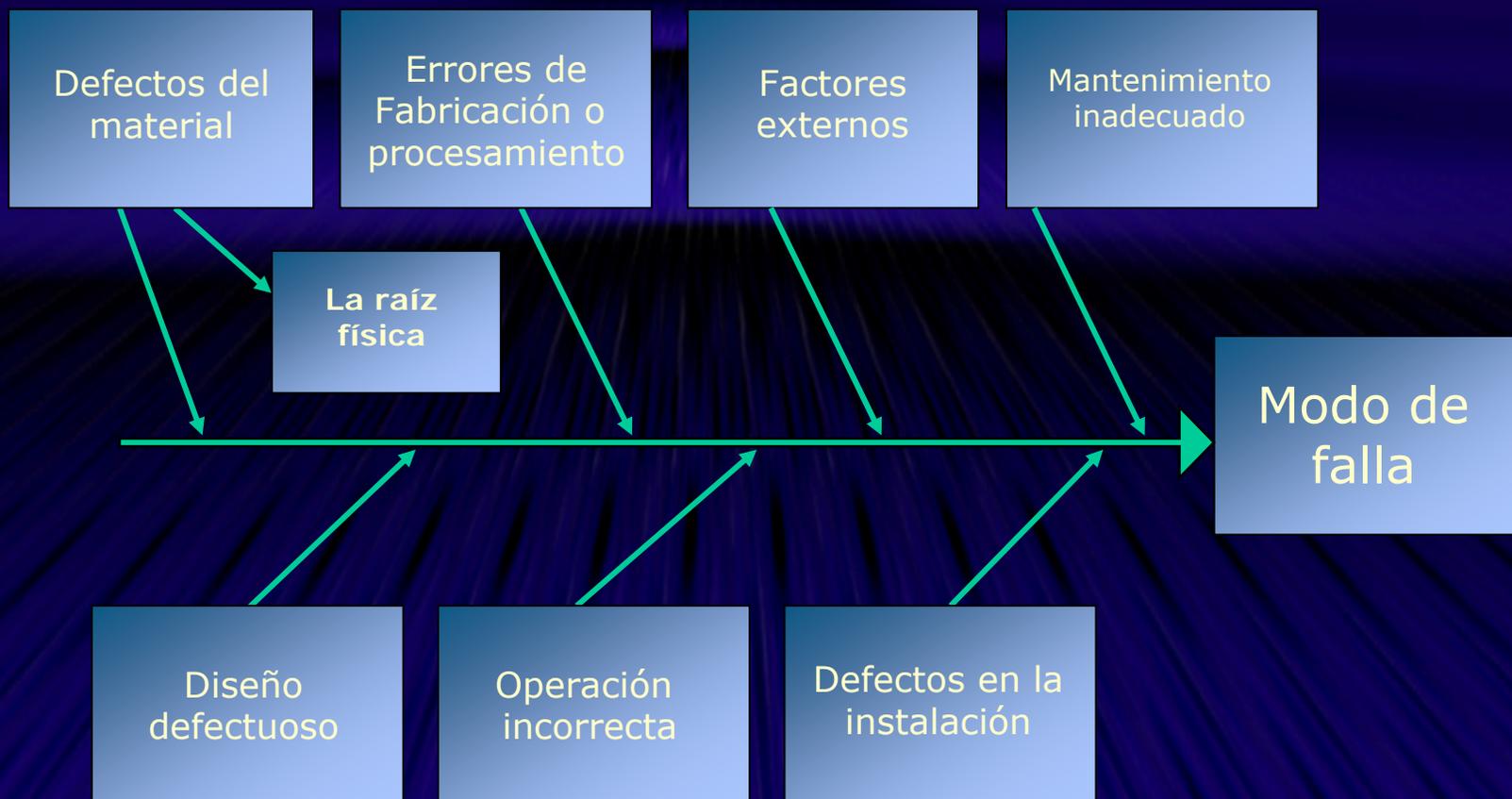
Ubicación del Activo fallado



# Proceso Genérico del RCA



# Análisis de Falla



# Metodología del RCA

---

- ◆ **Paso 1:** Identificar los eventos más significativos
- ◆ **Paso 2:** Preservar las evidencias de las fallas
- ◆ **Paso 3:** Ordenar el Análisis
- ◆ **Paso 4:** Construir el Árbol Lógico de Fallas
- ◆ **Paso 5:** Comunicar los resultados y las recomendaciones
- ◆ **Paso 6:** Hacer seguimiento a los resultados.



# Los 7 Pasos del Proceso

1. Describir el Evento

2. Describir los Modos

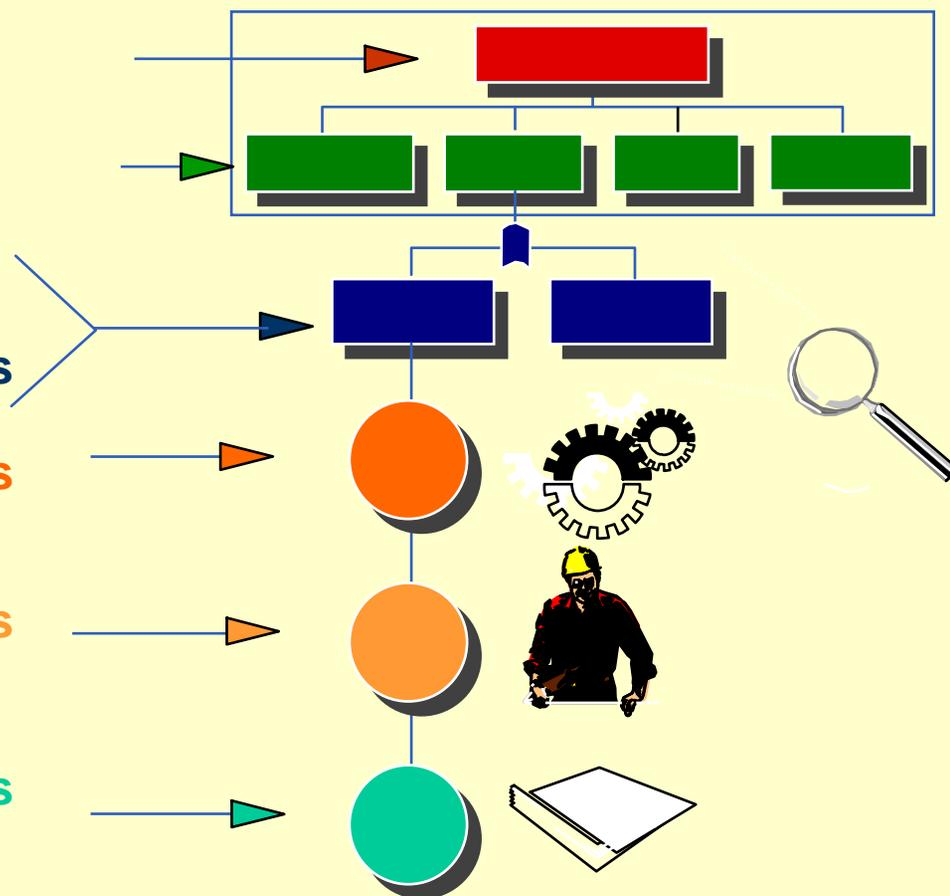
3. Formular Hipótesis

4. Verificar las Hipótesis

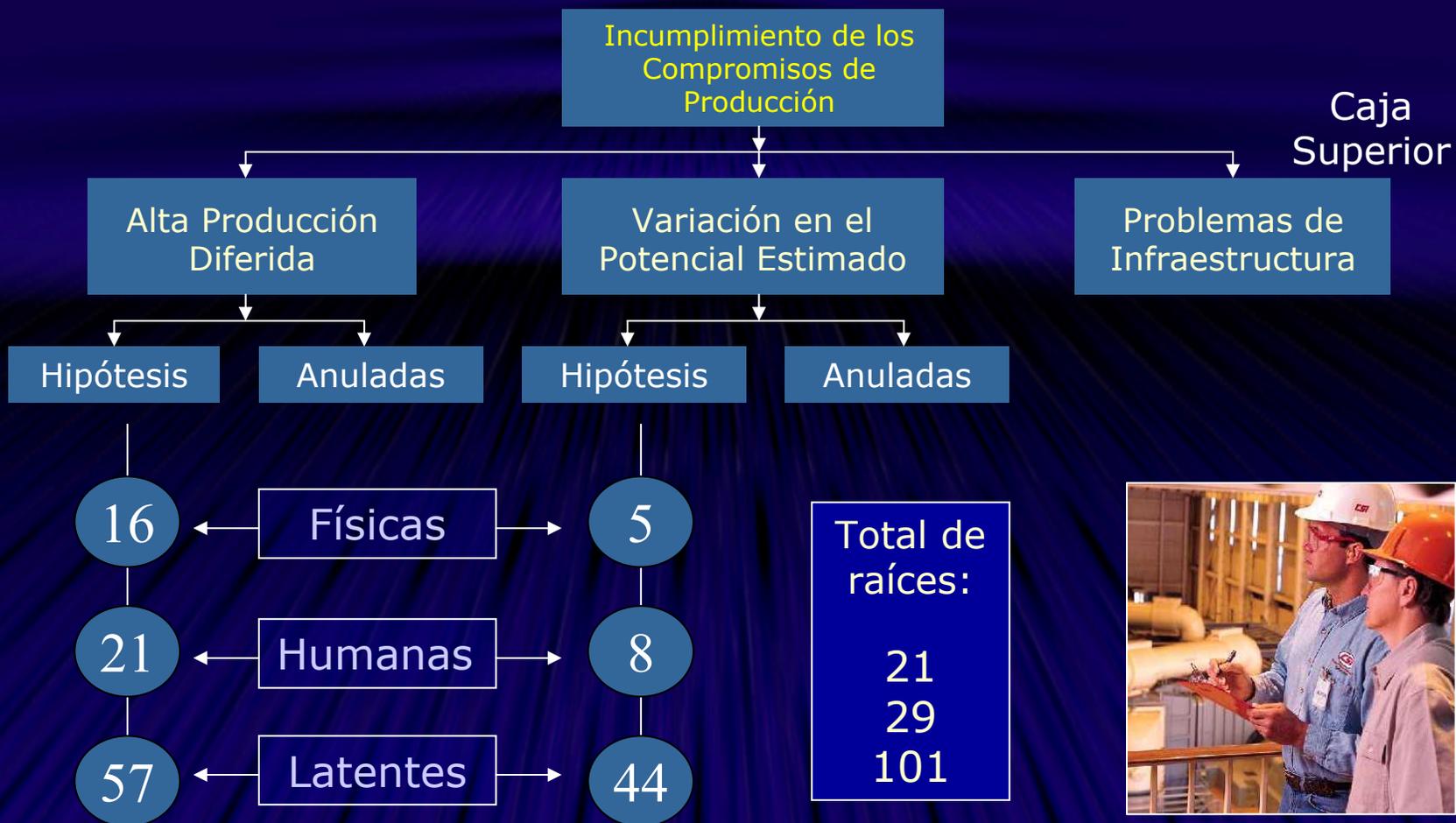
5. Determinar las Raíces Físicas y Verificarlas

6. Determinar las Raíces Humanas y Verificarlas

7. Determinar las Raíces Latentes y Verificarlas



# Ejemplos de Causas Raíces



# Análisis Causa Raíz



# Análisis causa Raíz



# Agenda

---

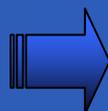
## MÓDULO 3.3 Inspección Basada en Riesgo (RBI)

- ◆ Introducción
- ◆ Identificación de Variables
- ◆ Evolución de la frecuencia de Inspección
- ◆ Evaluación del Riesgo
- ◆ Gestión del Riesgo con RBI
- ◆ Metodología RBI
- ◆ Implementación del RBI
- ◆ Matriz de Decisión del Riesgo
- ◆ Conclusiones y Recomendaciones.

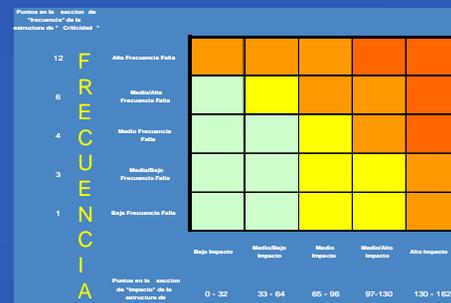


# Inspección Basada en Riesgo

Inspección  
Basada en  
Riesgo



Determina la probabilidad de falla en equipos que transportan y/o almacenan fluidos y la evaluación de su impacto.



Impacto

Es una metodología que permite determinar la probabilidad de fallas en los equipos, y las consecuencias que éstas pudieran generar sobre la gente, el ambiente y los procesos, etc.

# Inspección Basada en Riesgo

---

- ◆ Metodología costo efectiva que contribuye a desarrollar un plan de inspección y mantenimiento
- ◆ Estrategia que permite la toma de decisiones con datos inciertos o insuficientes
- ◆ Minimiza los riesgos tecnológicos
- ◆ Prioriza las acciones correctivas
- ◆ Optimiza las necesidades y costos de inspección y mantenimiento
- ◆ Contribuye a extender la vida de la planta
- ◆ Reduce el mantenimiento reactivo.

# Inspección Basada en Riesgo

---

- ◆ La RBI tuvo su desarrollo a comienzos de los 90 y en sus albores nació como una respuesta de la industria para reducir el alto porcentaje de accidentes por fallas mecánicas.
- ◆ Aunque nació como repuesta a la industria de refinación y petroquímica posteriormente la metodología se ha extendido en general a cualquier tipo de activo industrial que tenga la potencialidad de causar daños al ser humano y al medio ambiente y por esta razón es una de las herramientas utilizadas en el sistema integrado de confiabilidad.
- ◆ Los sistemas de generación de vapor, de aire comprimido, de refrigeración y de purificación, tienen potencialidad para causar daño tanto al ser humano como al medio ambiente.

# Qué es Riesgo?

---

“Perdida Potencial asociada a un evento con Probabilidad no despreciable de ocurrir en el futuro”

**RIESGO = PROBABILIDAD X CONSECUENCIA**

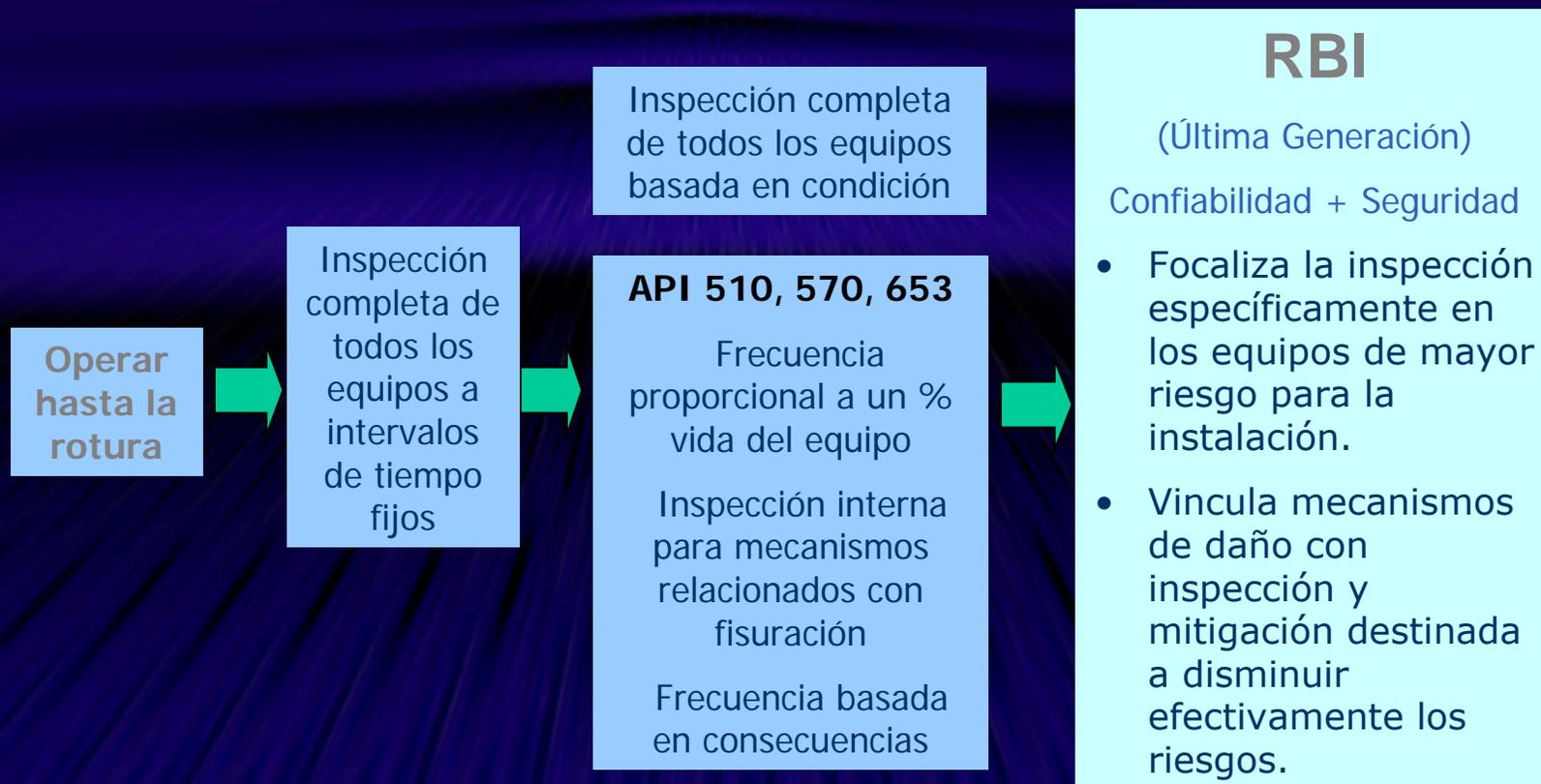
“Controlar riesgos hoy implica controlar perdidas mañana”  
Su producto principal son “Planes Óptimos de Inspección”.

# El Riesgo

---

- ◆ El riesgo es la pérdida potencial asociada a un evento con probabilidad no despreciable de ocurrir en el futuro. Controlar el riesgo hoy implica controlar pérdidas mañana.
- ◆ El riesgo de falla es calculado como el producto de la probabilidad de falla por la consecuencia de la falla.
- ◆ Probabilidad de falla. Las probabilidades de falla pueden ser estimadas por evaluaciones cualitativas, de la información, de experiencias o por cálculos cuantitativos usando modelos físicos/probabilísticas más o menos refinados.
- ◆ Consecuencia de falla. La estimación de la consecuencia de falla es una parte vital en los procesos de priorización para un análisis posterior mas detallado. La evaluación de la probabilidad también se calculó de forma cualitativa en un rango de 1 a 5.

## Evolución de la Frecuencia de Inspección



# Evaluación del Riesgo

---

- ◆ El riesgo, es comúnmente presentado como una matriz de riesgos por categorías. Las medidas de probabilidad y consecuencias de falla pueden ser cualitativas o cuantitativas, pero como se dijo anteriormente para este estudio se realizó una evaluación cualitativa para la probabilidad y consecuencia.
- ◆ En esta etapa se evaluó la significancia de cada uno de los riesgos y se clasificaron los riesgos de acuerdo con su valor en la matriz en riesgos de nivel alto, medio y bajo.
- ◆ Nivel alto:  $> 12$  puntos
- ◆ Nivel medio:  $\geq 5$  puntos
- ◆ Nivel bajo:  $\leq 4$  puntos, el riesgo no es significativo.

# Identificación de Variables

---

$$\text{Riesgo} = (\text{Probabilidad de falla}) * (\text{Consecuencia de falla})$$

Probabilidad de falla:

- ◆ Espesor remanente
- ◆ Tasa de Corrosión
- ◆ Calidad de inspección.

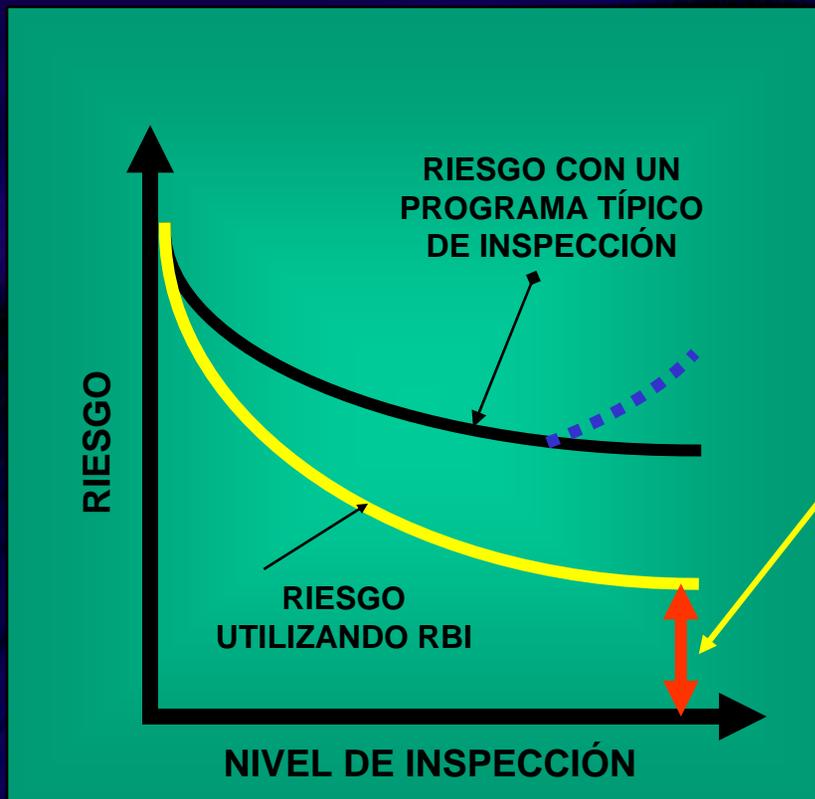
Consecuencia de falla:

- ◆ Tipo de Fluido
- ◆ Sistemas de mitigación
- ◆ Inventario de productos
- ◆ Sistemas de bloqueo.

# Cuantificación del Riesgo



# Gestión del Riesgo utilizando RBI



- ◆ El riesgo no puede reducirse a cero solo por esfuerzos de inspección y mitigación.
- ◆ Una excesiva inspección puede aumentar el riesgo.

# Factores Asociados al Riesgo

---

El riesgo nunca puede reducirse a cero por inspección y mitigación. Pueden presentarse:

- ◆ Errores humanos
- ◆ Desastres naturales
- ◆ Eventos externos (colisiones)
- ◆ Efectos secundarios de otras unidades próximas
- ◆ Actos deliberados (sabotaje)
- ◆ Limitaciones de los métodos de inspección
- ◆ Errores de diseño
- ◆ Mecanismos de degradación desconocidos.

# Atención según el Riesgo

---

- ◆ El sentido común indica que en la mayoría de las plantas un gran porcentaje del riesgo total de la una unidad esta concentrado en un pequeño número de equipos.
- ◆ Por ejemplo, el 20% de los equipos puede estar asociado con el 80% de los riesgos.
- ◆ Estos componentes de alto riesgo requieren una mayor atención.



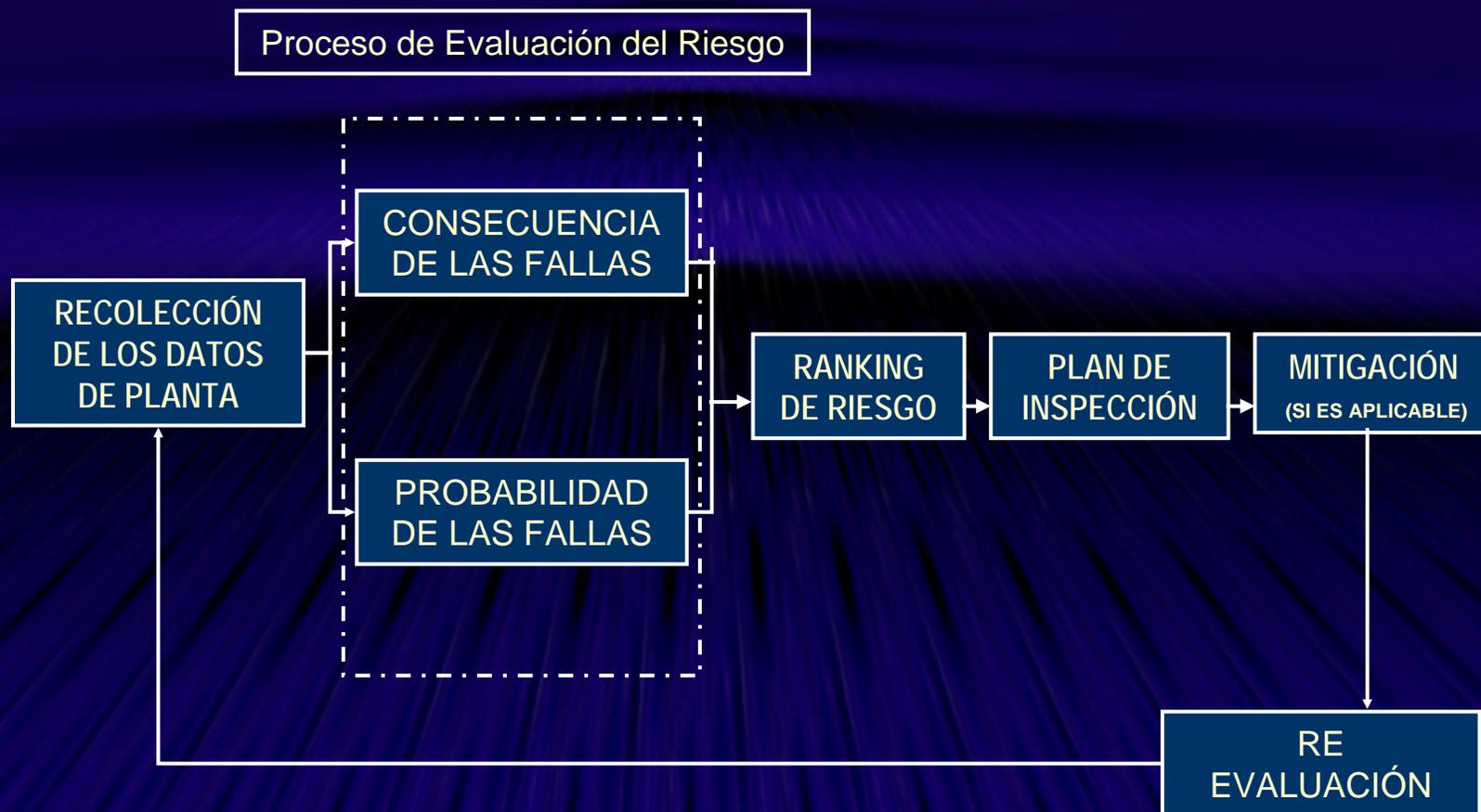
## Metodología RBI / API 581 BRD

### EQUIPOS CUBIERTOS POR LA METODOLOGÍA RBI / API

- ◆ Recipientes a presión
- ◆ Cañerías de proceso
- ◆ Tanques de almacenaje
- ◆ Equipos rotativos
- ◆ Calentadores y calderas
- ◆ Intercambiadores de calor
- ◆ Dispositivos de alivio de presión.



# Metodología RBI / API



# Implementación del RBI

---



## Riesgo Relativo Vs. Riesgo Absoluto

---

- ◆ El cálculo del nivel de riesgo absoluto de un equipo puede ser muy costoso, difícil y en muchos casos imposible debido a las incertidumbres asociadas
- ◆ RBI se focaliza en determinar riesgos relativos de equipos. Se elabora un ranking de riesgos relativos de equipos dentro de una planta o unidad
- ◆ El método cuantitativo de RBI permite una buena aproximación al valor de riesgo real de pérdida de contención por deterioro del equipo.

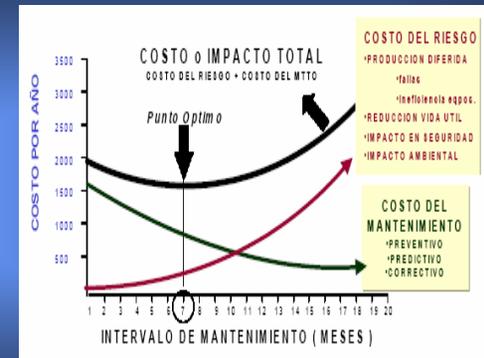
# Optimización Costo-Riesgo-Beneficio

Costo Riesgo  
Beneficio



Establece:

- Frecuencia óptima de reemplazo
- Número óptimo de repuestos
- Costo óptimo.



Es una metodología que permite lograr una combinación óptima entre los costos de realizar una actividad y los logros o beneficios esperados que dicha actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal actividad.

## Optimización Costo - Riesgo

---

### Costo del Riesgo

- ✦ Producción Diferida (Fallas, Ineficiencia, Equipo)
- ✦ Reducción vida útil
- ✦ Impacto en Seguridad
- ✦ Impacto Ambiental

### Costo del Mantenimiento

- ✦ Preventivo
- ✦ Predictivo
- ✦ Correctivo
- ✦ Detectivo
- ✦ Rediseño

# Matriz de Decisión del Riesgo

PROBABILIDAD						
Muy Probable	5	5	10	15	20	25
Probable	4	4	8	12	16	20
Ocasional	3	3	6	9	12	15
Remoto	2	2	4	6	8	10
Improbable	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Leve	Menor	Moderada	Mayor	Severa
		CONSECUENCIA				

# Conclusiones

---

- ✦ La gestión del mantenimiento moderno, está cambiando viejos principios por nuevos paradigmas de excelencia.
- ✦ Las prácticas de Cultura de la Confiabilidad y de Gerencia de Activos son los objetivos centrales de las empresas enfocadas en la Competitividad Internacional.
- ✦ Aquellas organizaciones que confinan la Confiabilidad Operacional al área de Mantenimiento, están pasando por alto muchos aspectos que podrían mejorar su productividad y rentabilidad.

# Conclusiones

---

- ◆ El mejoramiento de la Confiabilidad Operacional implica grandes cambios en la organización, creando una estructura diferente con un amplio sentido de responsabilidad, pertenencia y valores.
- ◆ Estrategias de confiabilidad tales como TPM, RCM, PMO, FMEA, RCFA, BRCA, RBI, LCC, etc., son muy efectivas cuando se aplican integralmente. Su adecuada combinación gestiona un mejor proceso, potencia el trabajo en equipo y disminuye los costos totales de mantenimiento.
- ◆ El uso adecuado de las Herramientas de Confiabilidad, permite optimizar niveles de inventario, frecuencias de inspección y de paradas, costo de ciclo de vida, propuestas técnicas, etc., considerando el impacto en las operaciones, la seguridad y el ambiente.



---

*“Las empresas para alcanzar la Excelencia...deben orientar la calidad de sus servicios hacia la búsqueda de la satisfacción de los clientes ...”*



*“ Podemos ignorar el cambio arriesgándonos a que los acontecimientos controlen nuestro destino, o podemos liderarlo, lo cual constituirá nuestra llave para el éxito”.*

*Anónimo ...*



*“Si no cambias, te extingués...”*

Spencer Jhonson  
¿Quién se ha llevado mi queso?

# Muchas Gracias

---

Oliverio García Palencia

[oligar52@yahoo.com](mailto:oligar52@yahoo.com)

