



MEJORES PRÁCTICAS RCM TOMA DE DECISIONES CUANTIFICADAS

Seminario Virtual

Presentado Por:
Ing. Ind. Santiago Sotuyo Blanco, CMRP, CRL, AMP-S
Gerente Ingeniería – Latino América
ARMS Reliability

INTRODUCCIÓN

Ing. Ind. Santiago Sotuyo Blanco, CMRP, CRL, AMP-S **Gerente Ingeniería – Latino América, ARMS Reliability**

Santiago supervisa el desarrollo de los proyectos en Latino América de ARMS Reliability que se centran en ayudar a sus clientes a ser seguros y exitosos al hacer que la confiabilidad sea una realidad.

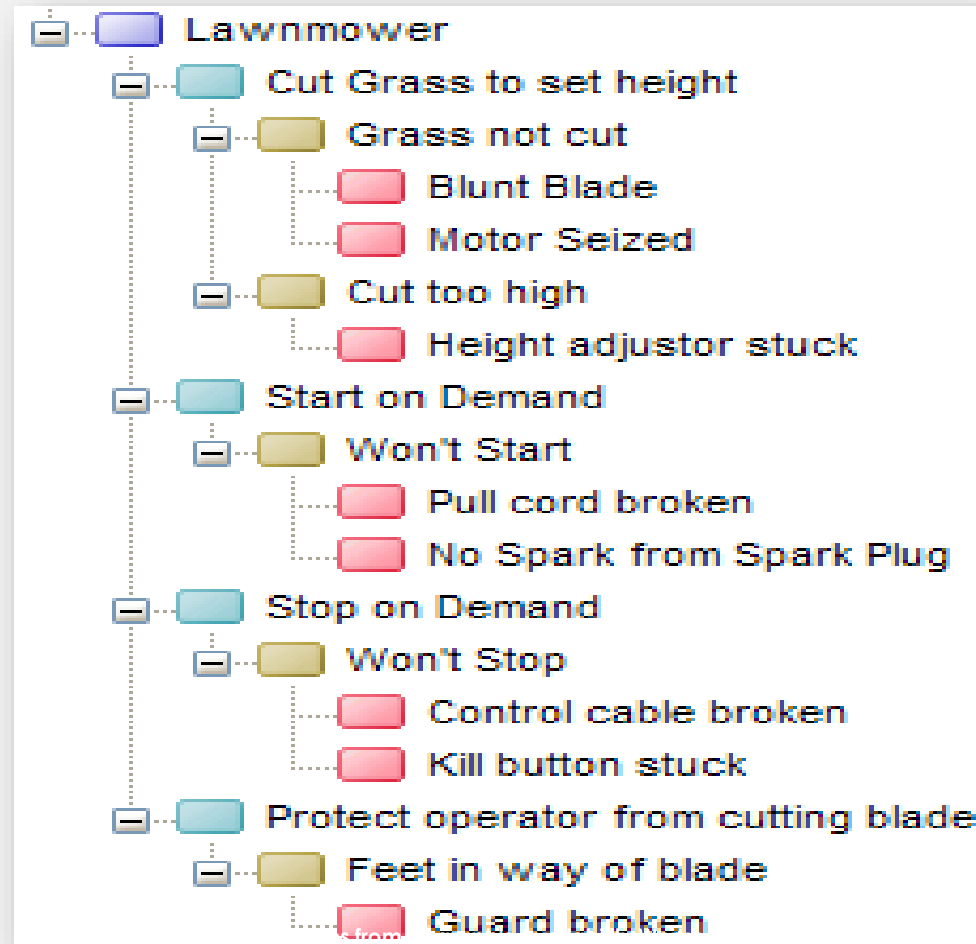
Es líder en Latino América en la difusión de la Gestión de Estrategias de Activos, un proceso habilitado por personas, tecnología y datos para mantener un enfoque basado en la confiabilidad para mejorar el rendimiento de los activos.

Es Ingeniero Industrial Mecánico, CMRP, CRL y AMP-S.
Es Instructor Certificado de Apollo Análisis Causa Raíz.



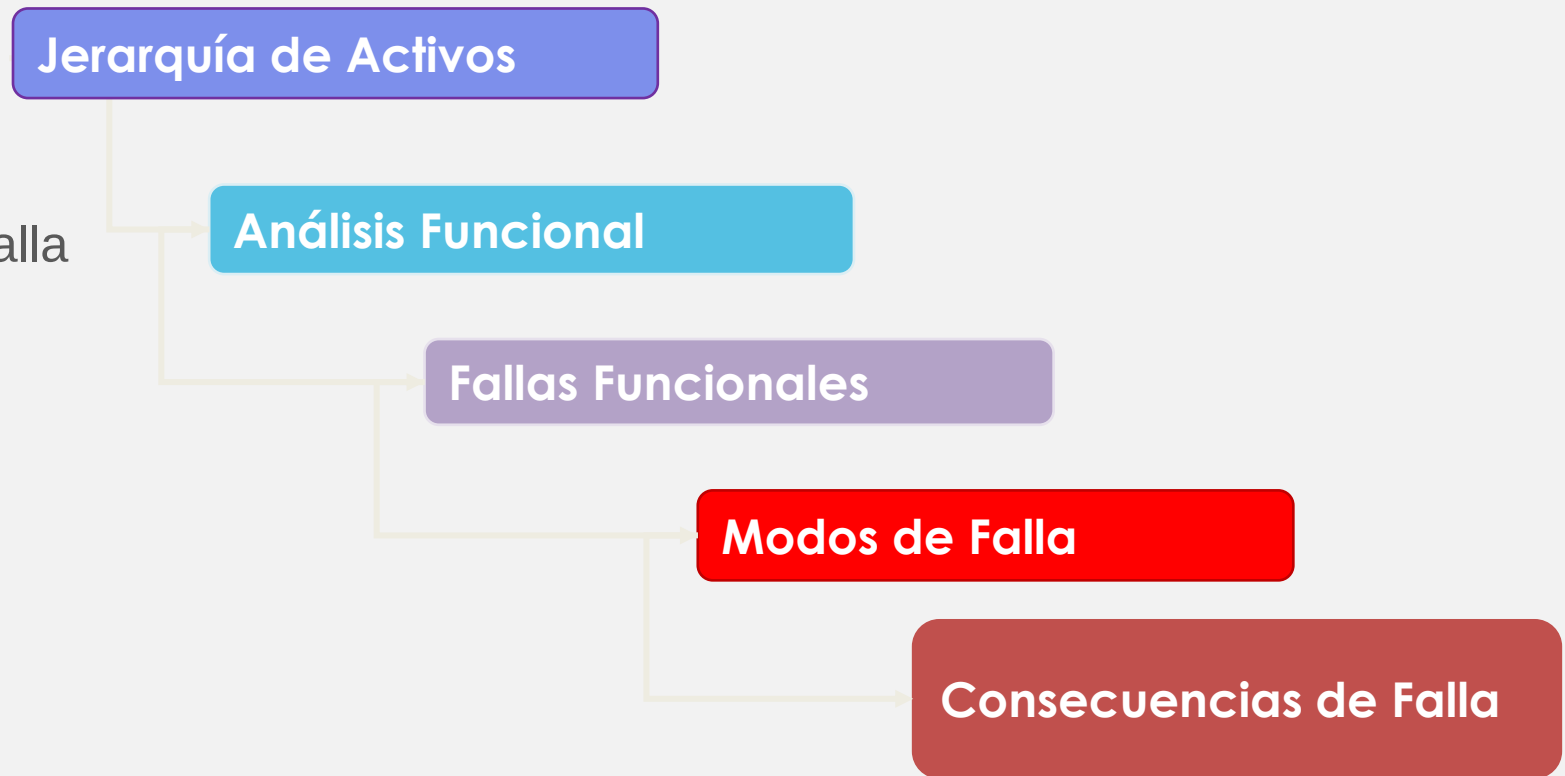
RCM

- 1er Paso de RCM: Análisis de Modos de Falla y Efectos para identificar modos de fallo críticos de la planta.



FMECA

- El primer paso para preparar una Estrategia consiste en Identificar los Activos y su Contexto de Operación actual
- Análisis Funcional
- Fallas Funcionales
- Modos de Falla
- Efectos y Consecuencias de Falla





Entender el **comportamiento de falla** es importante para determinar el **tipo de tareas de mantenimiento** que son aplicables

DISTRIBUCIÓN WEIBULL

Una fórmula que puede describir los diferentes patrones de falla (formas gráficas) en cada una de las tres zonas.

$$R(T) = e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (\text{Weibull de 2 Parámetros})$$

$R(T)$ = Confiabilidad en Tiempo T

T = Tiempo T considerado

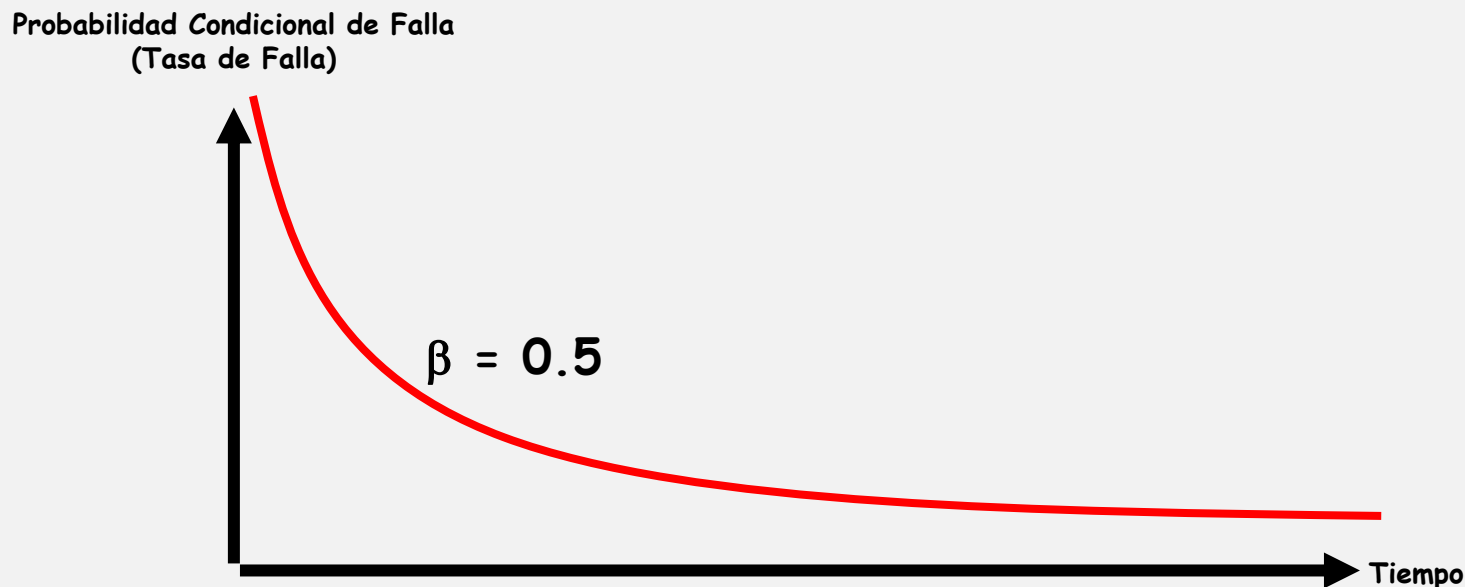
η = Vida Característica

β = Parámetro de Forma

e = 2,71828 (base de los logaritmos naturales)

MORTALIDAD INFANTIL

Típica de los equipos electrónicos y los activos mantenidos de forma incorrecta u operados bien fuera de los límites de diseño o instalados en forma inadecuada.



Mortalidad Infantil

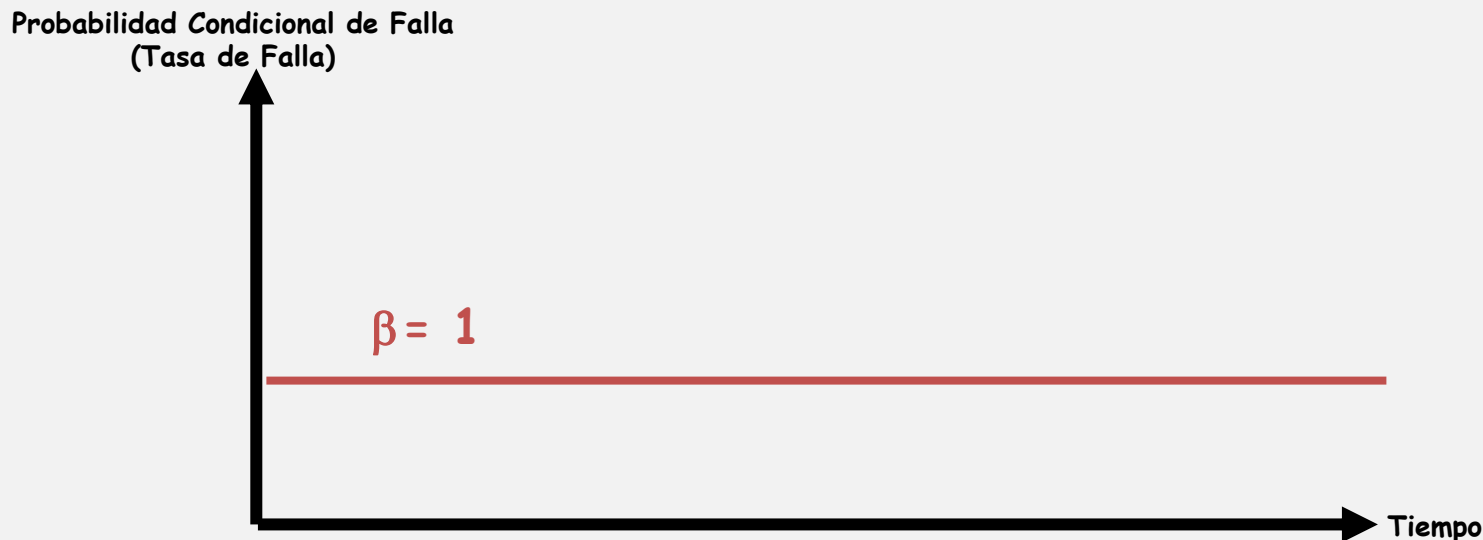
- Alta tasa de falla inicial reduciendo a una tasa constante.
- Conocida como Mortalidad Infantil.
- A menudo indicativo de problemas de calidad, mala instalación o procedimientos de puesta en marcha incorrectos.

Opciones de Mantenimiento

- Análisis Causa Raíz para eliminar la causa de los problemas,
- "Ablande" o apoyo en puesta en marcha para período inicial,
- Inspección.

FALLAS ALEATORIAS

Típico de diseño insuficientes o de operar el activo fuera de especificación o en condiciones de operación muy variables



Fallas Aleatorias

Estado Estable donde la tasa de falla no cambia con el tiempo.

A menudo, debido a:

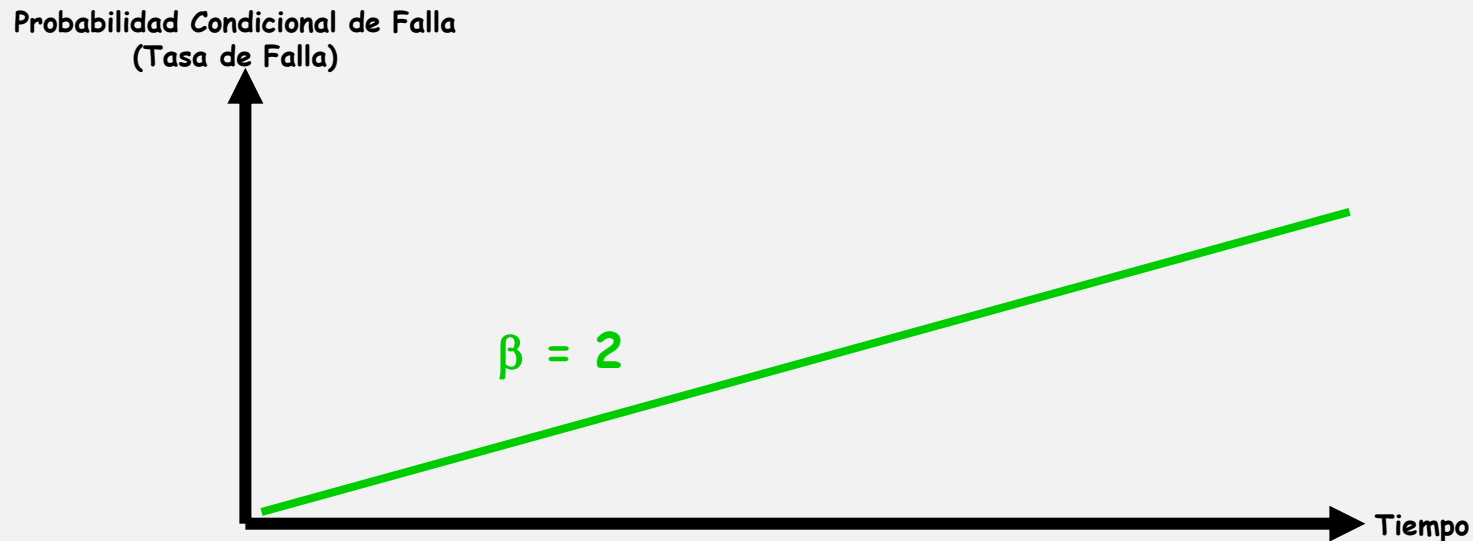
- eventos aleatorios
- error humano
- variabilidad en las condiciones de servicio

Opciones de Mantenimiento

- Inspeccionar para encontrar señales de aviso de falla y planear para reparar antes de la falla,
- Operar a la falla y reparar
- Agregar redundancia.

ENVEJECIMIENTO CONSTANTE

Típico de fallas de corrosión



Envejecimiento Constante

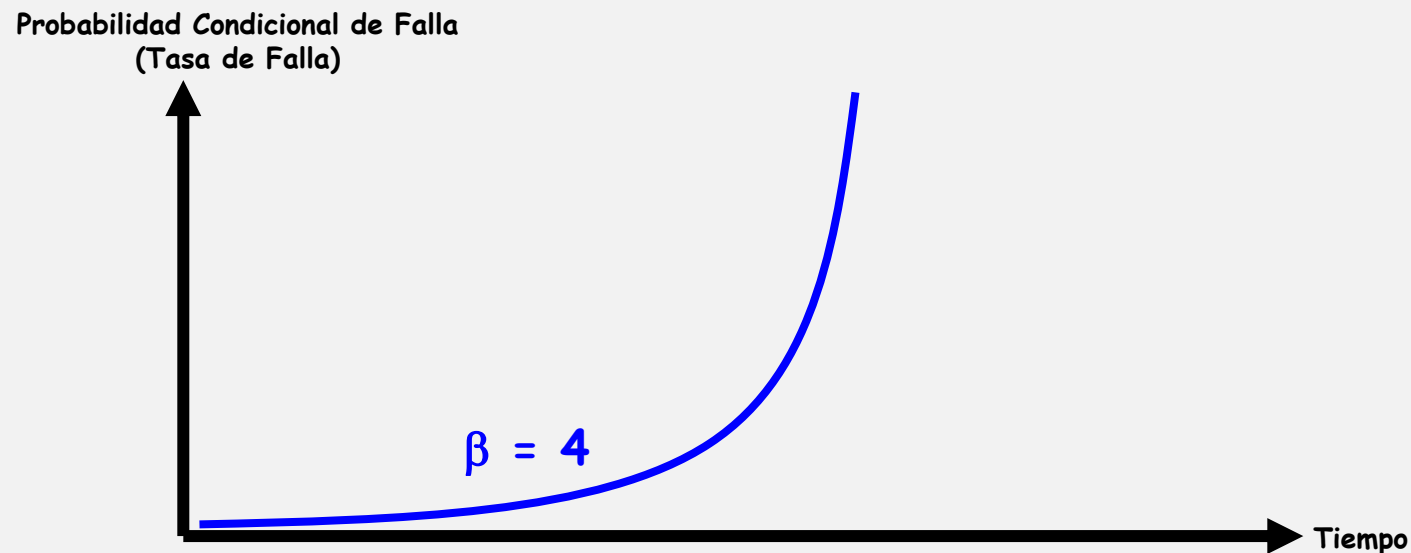
- Aumento constante de la tasa de falla con el tiempo.
- Sin vida útil de desgaste definida.
- Mecanismo de falla tal como la fluencia, la vida de material refractario, la corrosión.

Opciones de Mantenimiento

- Inspección regular.
- Restauración/Reemplazo basado en el tiempo.

DESGASTE

Típico para aplicaciones de carga de fatiga,
o de revestimientos de desgaste abrasivo



Peor Viejo

Rápido deterioro hacia el final de la vida útil.

Fatiga, corrosión bajo tensión, erosión y otros mecanismos de envejecimiento.

Opciones de Mantenimiento

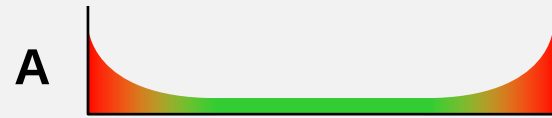
Restauración/Reemplazo basado en el tiempo sin duda un candidato.

La inspección también puede ser eficaz si hay tiempo suficiente de advertencia

VALORES DE BETA

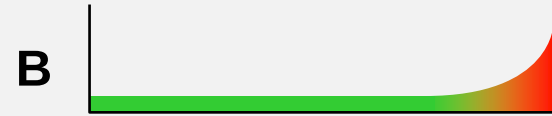
Beta	Tipo de Componente que Falla
Beta = 0.5	Electrónica, equipo de alta complejidad, sistemas de control avanzado
Beta = 1	Rodamientos
Beta = 1.5	Hidráulica, neumática
Beta = 2	Tuberías, materiales refractarios, neumáticos, embragues, estructuras, motores de turbina
Beta = 4	Pistas, revestimientos, impulsores, mandíbulas trituradoras, bombas de pistón

PATRÓN DE FALLA & FACTOR DE FORMA BETA



A: Bañera: $\beta = \text{combo}$

(4%)



B: Desgaste: $\beta > 4$

(2%)



C: Lento Deterioro: $\beta = 2$

(5%)



D: Mejor Nuevo: $\beta = 1.5$

(7%)



E: Aleatorio: $\beta = 1$

(14%)



F: Peor Nuevo: $\beta < 1$

(68%)

Porcentajes de fallas de estudio del sector de la aviación
*Nowlan and Heap, 1978

SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

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

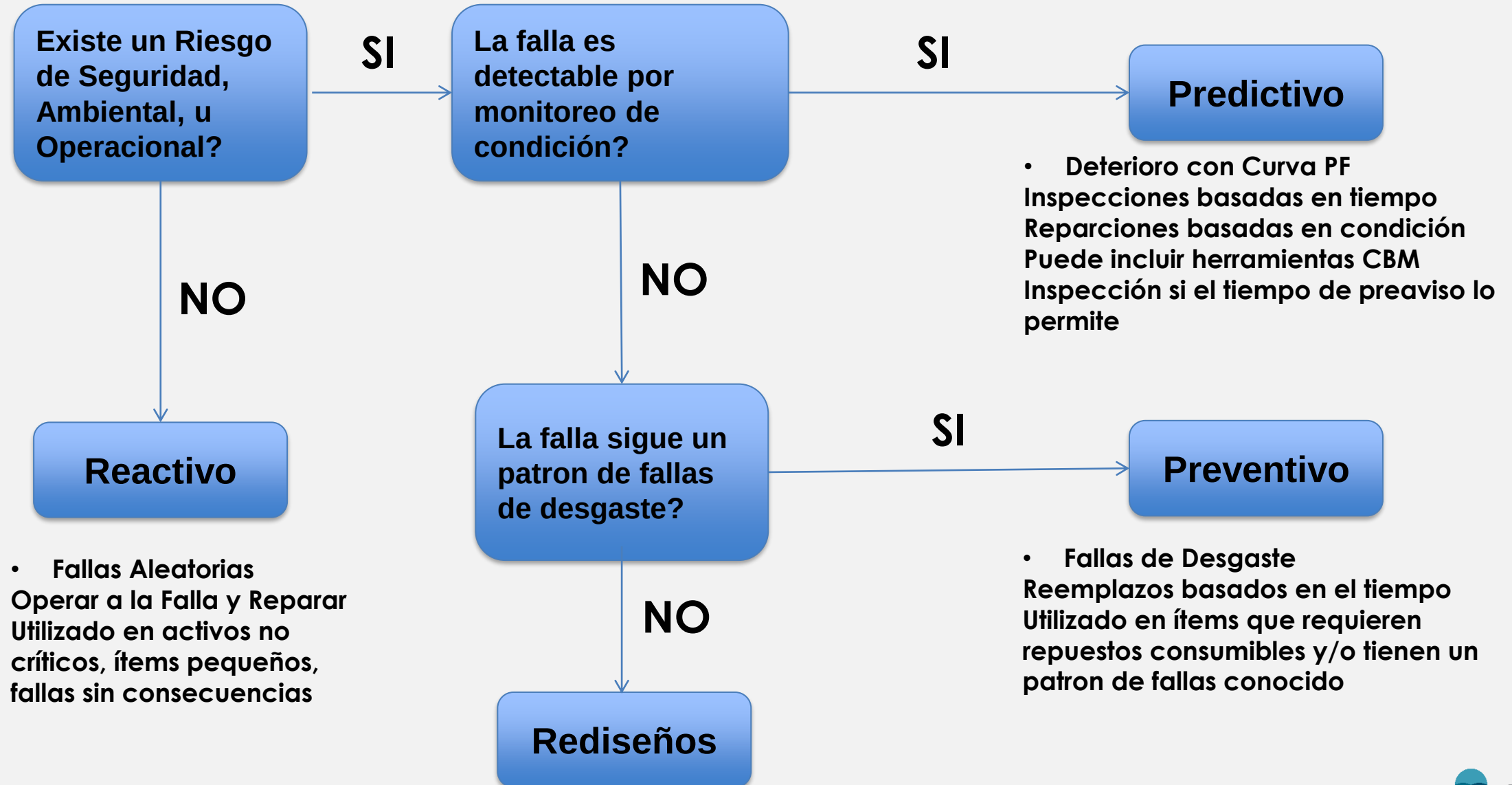
$$\text{Donde } \lambda = 1/\text{TMEF}$$

La probabilidad de falla no es siempre la misma a lo largo del tiempo

Ítems tienen Mortalidad Infantil

Ítems tienen Desagaste

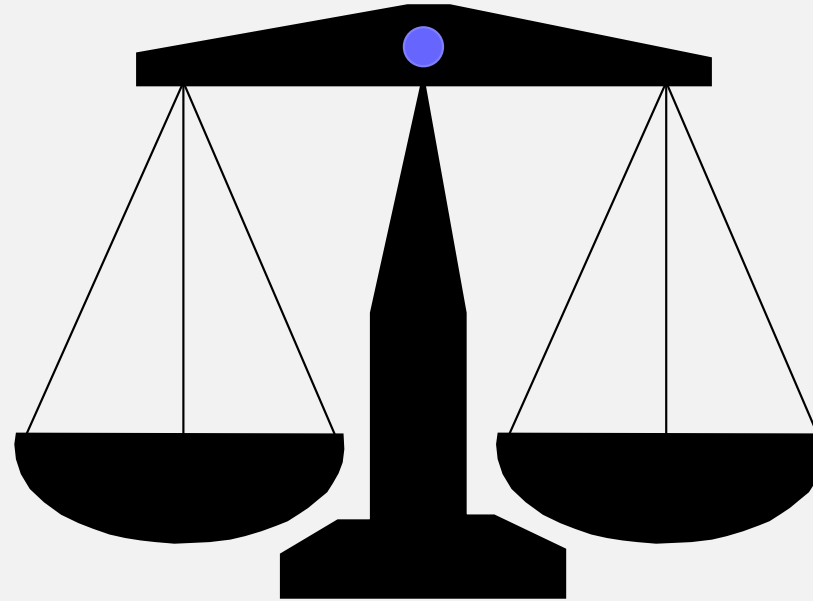
ÁRBOL DE DECISIÓN RCM



JUSTIFICAR ESTRATEGIAS DE ACTIVOS

Lograr el desempeño y la seguridad de la planta planeados, a los costos óptimos de recursos.

- ↳ **Desempeño de Producción:**
cantidad y calidad
- ↳ **Disponibilidad de Planta**
- ↳ **Seguridad & requerimientos**
Estatutarios
- ↳ **Eficiencia Operacional**

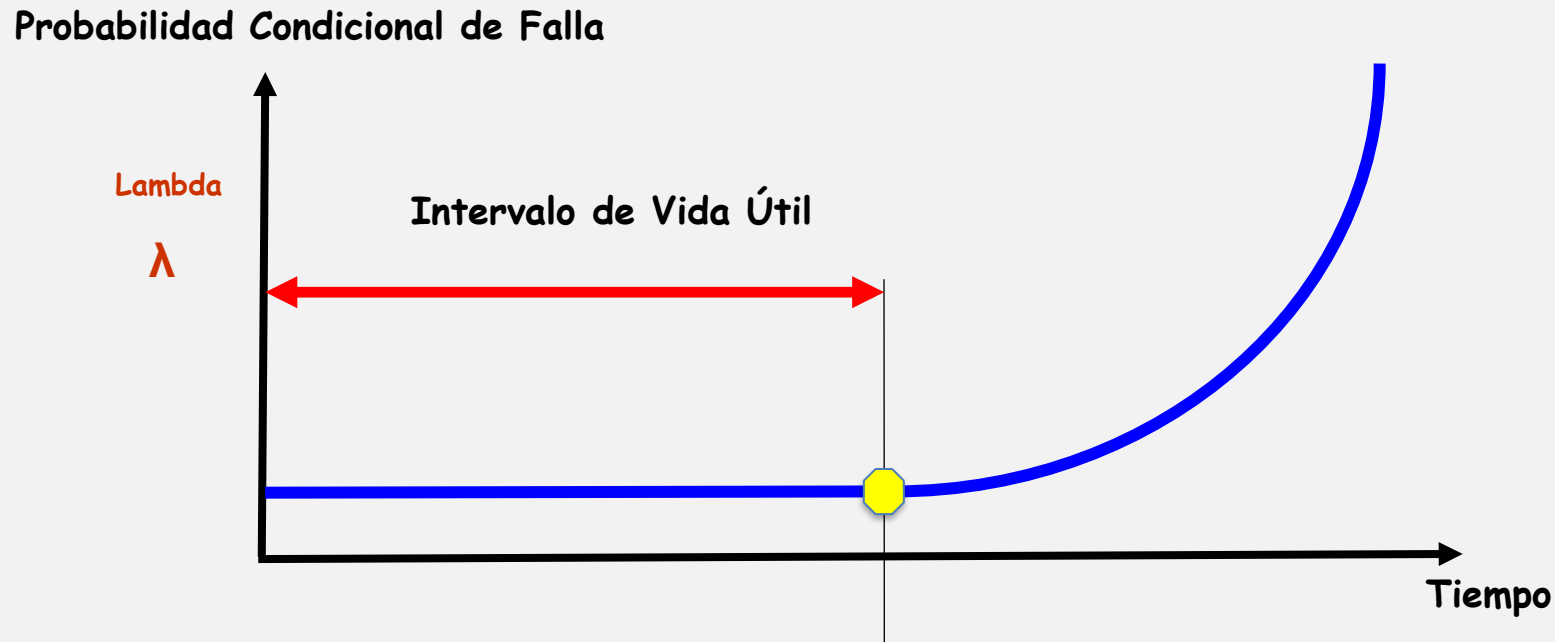


Se determina la estrategia de mantenimiento para cada elemento de equipo que se puede mantener.

- ↳ **Tarea de mantenimiento a**
una frecuencia, duración,
materiales y recursos de mano
de obra especificados.

***Entender los Objetivos del Negocio
Permite que los Costos de Mantenimiento
Se equilibren con los Costos de Falla***

FRECUENCIA DE TAREAS PREVENTIVAS



- El tiempo en que la falla comienza a ser mas probable se conoce como Vida Útil.
- Está asociada a modos de falla con tasa de falla (Lambda – λ) crecientes.
- El Intervalo de Tarea Preventiva se define del orden de la Vida Útil.

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Task Properties - CM2 : Replace bearings

General Advanced Notes

Description: Replace bearings

Task ID: CM2

Task duration: 12 Operational cost: 0

Ramp time: 0

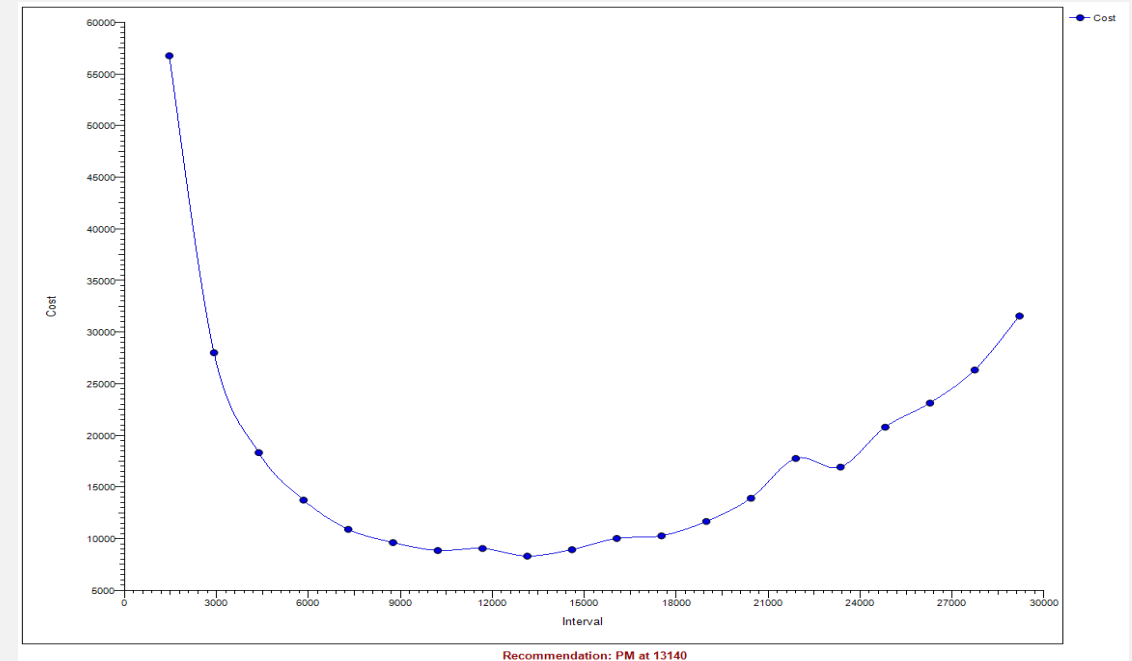
Resources:

- MECH x 2 Mechanic
- BB-3XY8395A x 2 Ball bearings

Add... Add... Add... Edit... Remove

OK Cancel

Definir Tarea

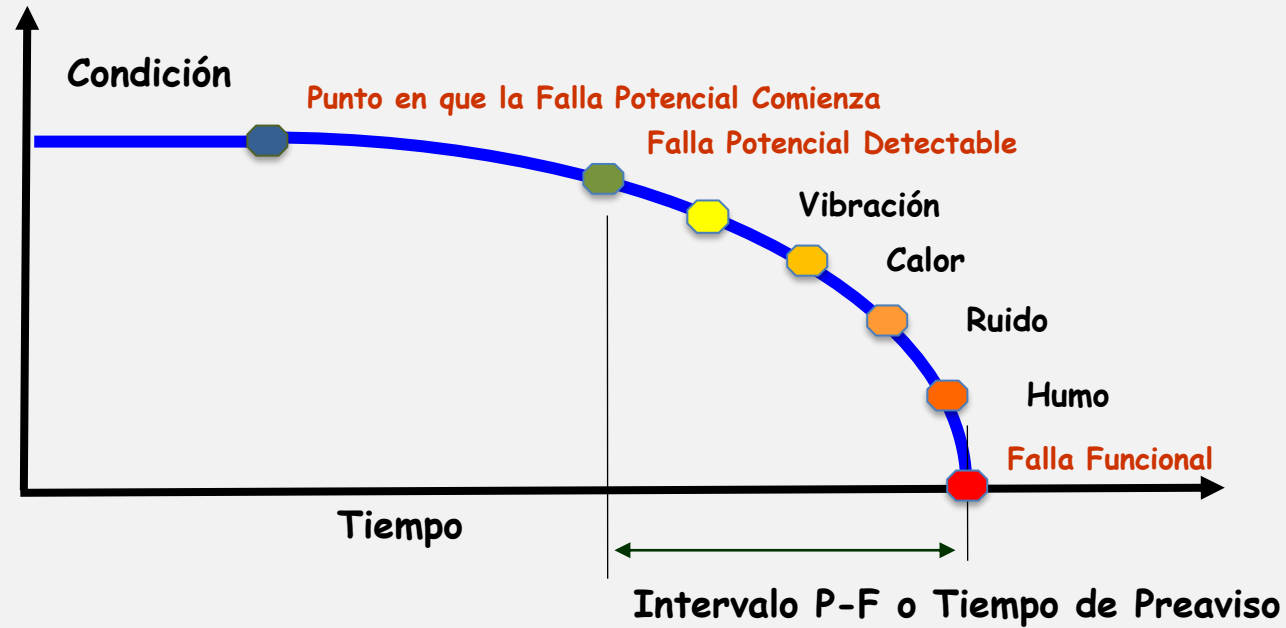


Maintenance and design strategy:

Strategy	Enabled	Interval	Group	Description
Planned Maintenance	☒	13140	Not set	Replace bearings
Inspection	☐	730	Not set	Carry out vibration analysis to determ

Seleccionar Intervalo MP

FRECUENCIA DE TAREAS DE INSPECCIÓN



- El punto en que la falla es detectable se conoce como punto (tiempo) de falla potencial
- El punto de falla final se conoce como punto (tiempo) de falla funcional
- El tiempo entre el fallo potencial y el fallo funcional se conoce como intervalo P-F.

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Task Properties - IN22 : Carry out vibration analysis to determine bearing c...

General Advanced Predictive Data Notes Optimization

☐ Task enabled

Interval: 730 Offset: 0 ☒ Fixed interval

Description: Carry out vibration analysis to determine bearing condition

Task ID: IN22

Task duration: 0.5 Operational cost: 0

Ramp time: 0 Minimum age: 0

Task group: Not set

New Group... Edit Group...

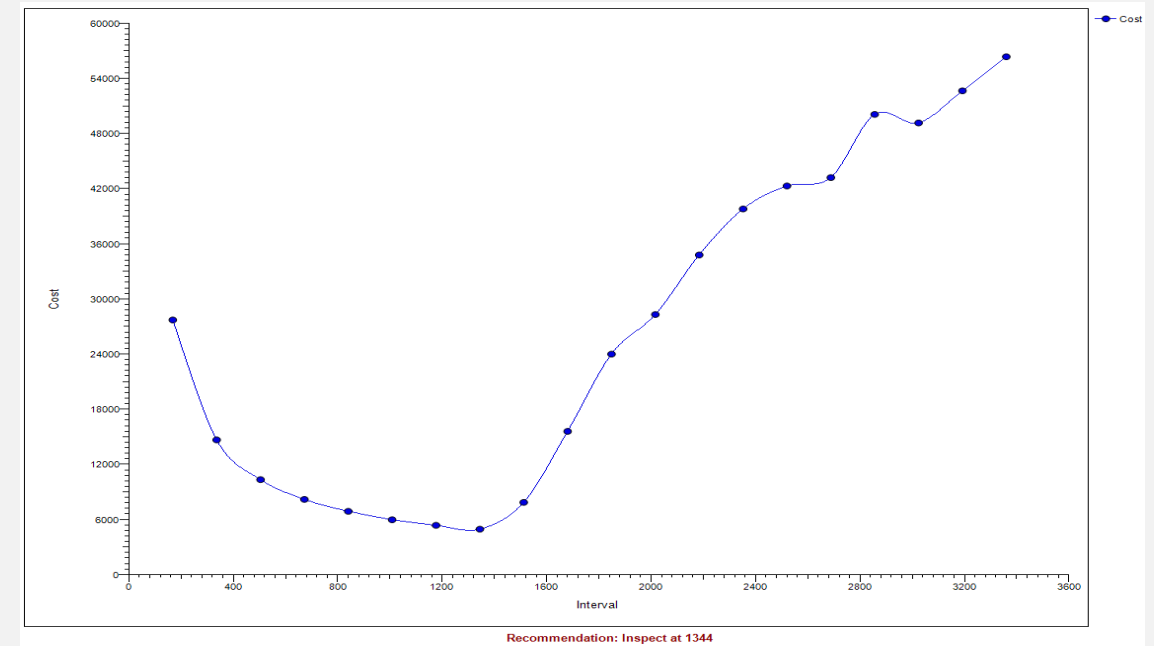
Resources:

CM Tech x 1 Condition Monitoring Technician

Add... Add... Edit... Remove

OK Cancel

Definir Tarea



Maintenance and design strategy:

Strategy	Enabled	Interval	Group	Description
Planned Maintenance	☐	13140	Not set	Replace bearings
Inspection	☒	1344	Not set	Carry out vibration analysis to determ

Seleccionar Intervalo de Inspección

EVALUAR ALTERNATIVAS

MP

Cause Properties - SFEED.1.A.2 : Bearings worn

General Effects Failure Maintenance Alarm Commission Redesign Notes Strategy

Maintenance and design strategy:

Strategy	Enabled	Interval	Group	Description
Planned Maintenance	☒	13140	Not set	Replace bearings
Inspection	☐	1344	Not set	Carry out vibration analysis to determine
Alarm	☐			
Commission	☐			
Redesign	☐			

Interval optimization... Edit task...

Predictions:

Cost:	8311.22	Cost benefit ratio:	0.0898195
Safety criticality:	0	Safety benefit ratio:	1
Operational criticality:	0	Operational benefit ratio:	1
Environmental criticality:	0	Environmental benefit ratio:	1
Failure down time:	0.624	Number lifetime failures:	0.048
PM down time:	47.704	Number lifetime PMs:	5.963
Inspection down time:	0	Number lifetime inspections:	0
Statistical error in TDT:	0.107049 %	Statistical error in cost:	4.20276 %

\$8,311 & 48 hrs Downtime

OK Cancel

INSPECCIÓN

Cause Properties - SFEED.1.A.2 : Bearings worn

General Effects Failure Maintenance Alarm Commission Redesign Notes Strategy

Maintenance and design strategy:

Strategy	Enabled	Interval	Group	Description
Planned Maintenance	☐	13140	Not set	Replace bearings
Inspection	☒	1344	Not set	Carry out vibration analysis to determine
Alarm	☐			
Commission	☐			
Redesign	☐			

Interval optimization... Edit task...

Predictions:

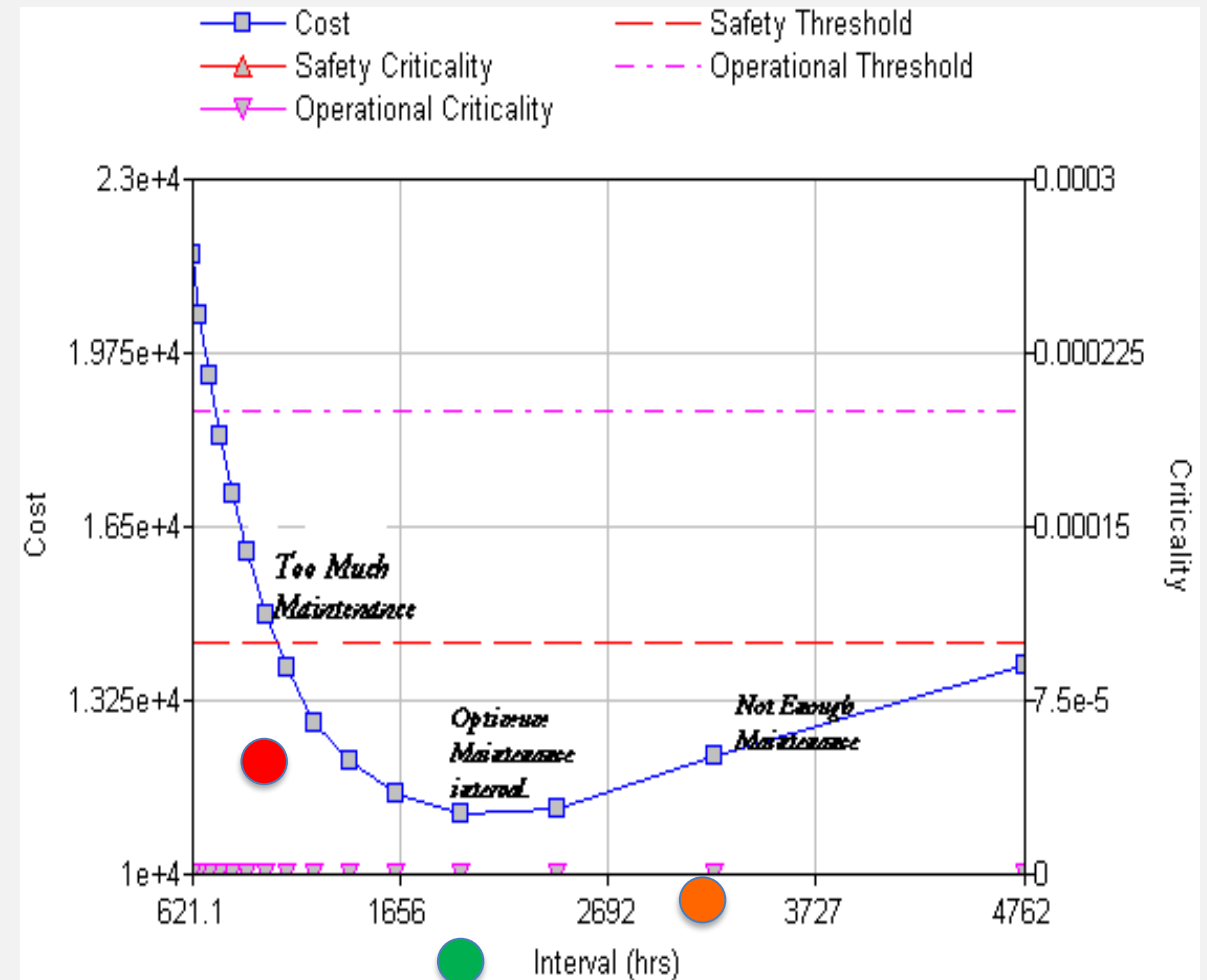
Cost:	4938.31	Cost benefit ratio:	0.0533684
Safety criticality:	0	Safety benefit ratio:	1
Operational criticality:	0	Operational benefit ratio:	1
Environmental criticality:	0	Environmental benefit ratio:	1
Failure down time:	0	Number lifetime failures:	0
PM down time:	14.04	Number lifetime PMs:	1.755
Inspection down time:	0	Number lifetime inspections:	65
Statistical error in TDT:	0.979622 %	Statistical error in cost:	0.224572 %

\$4,938 & 14 hrs Downtime

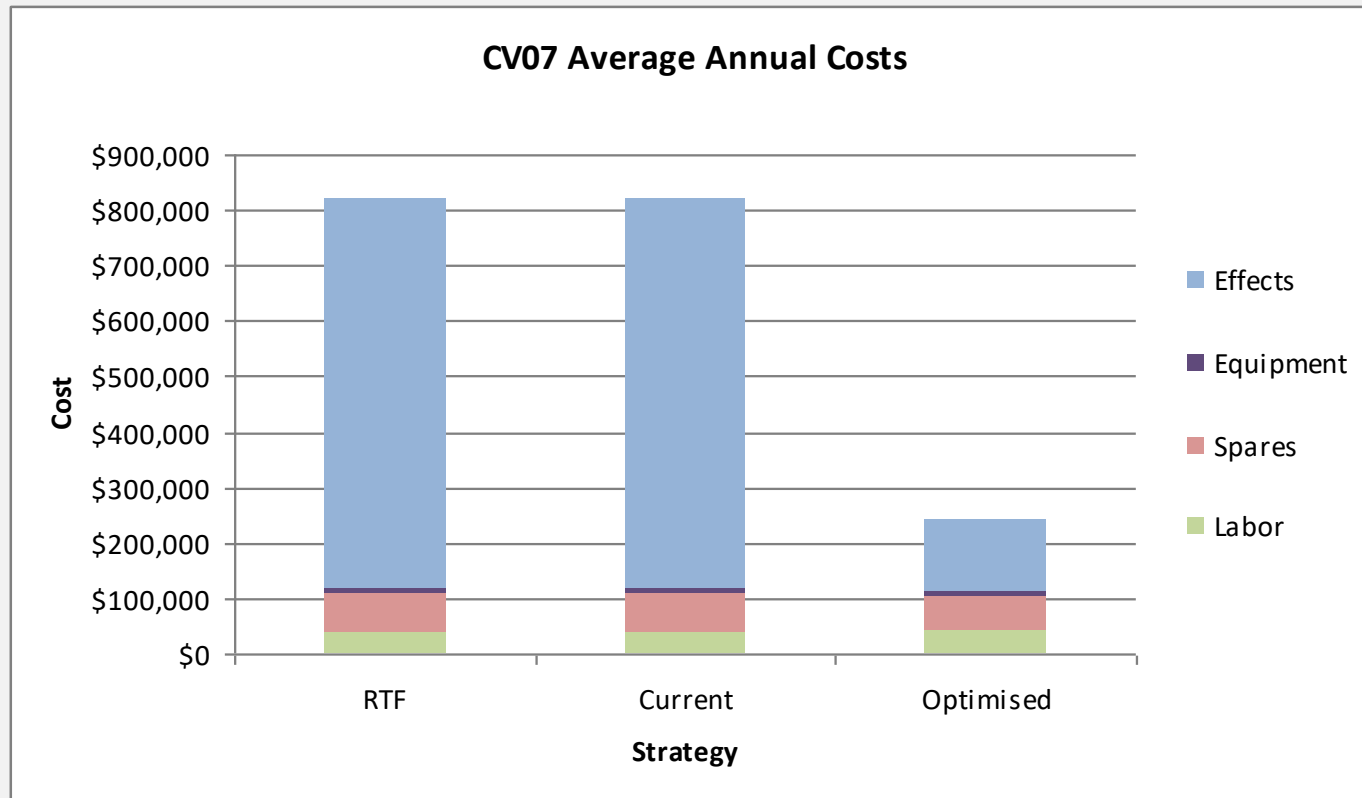
OK Cancel

FRECUENCIA DE TAREA OPTIMIZADA

- Asesoramiento para la toma de decisiones basado en la simulación de desempeño.
- Modelado de redundancia.
- Comparación costo beneficio para estrategias de mantenimiento alternativas.

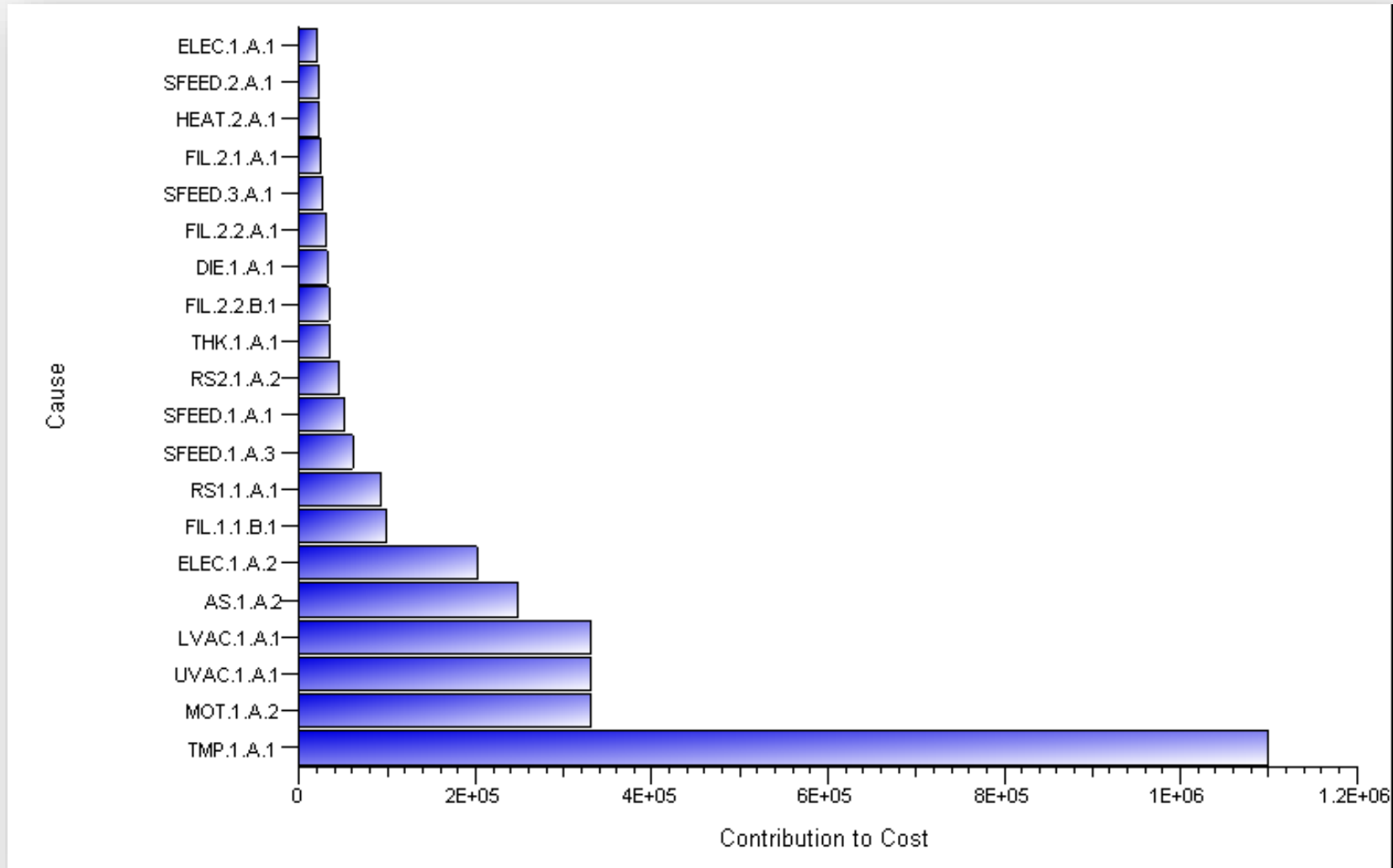


COMPARAR PROGRAMAS (ESCENARIOS)

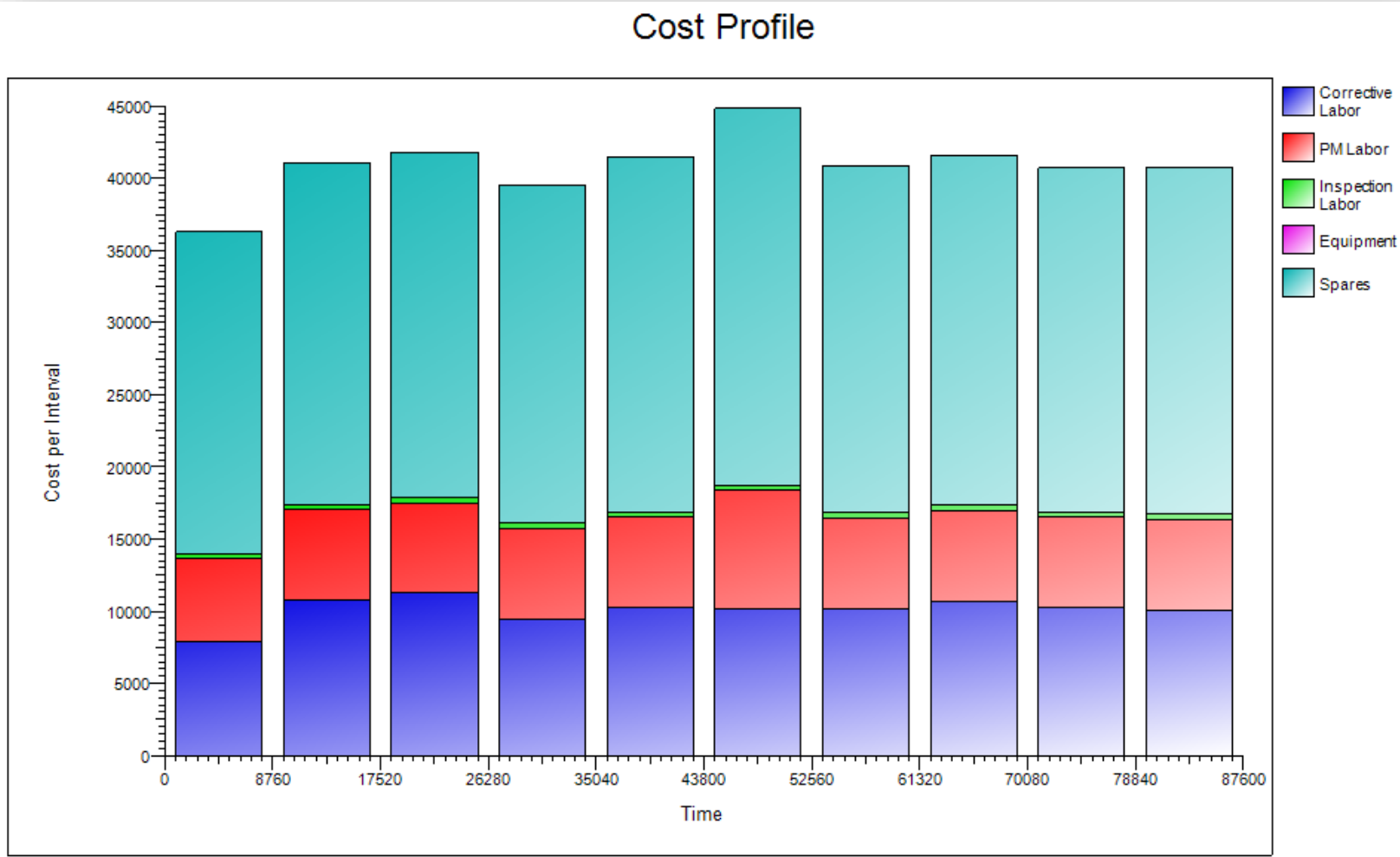


- Escenarios alternativos pueden ser evaluados.
- Empodera al equipo a considerar alternativas.
- Valida el plan de Mantenimiento para:
 - Gerentes, Técnicos, Reguladores.

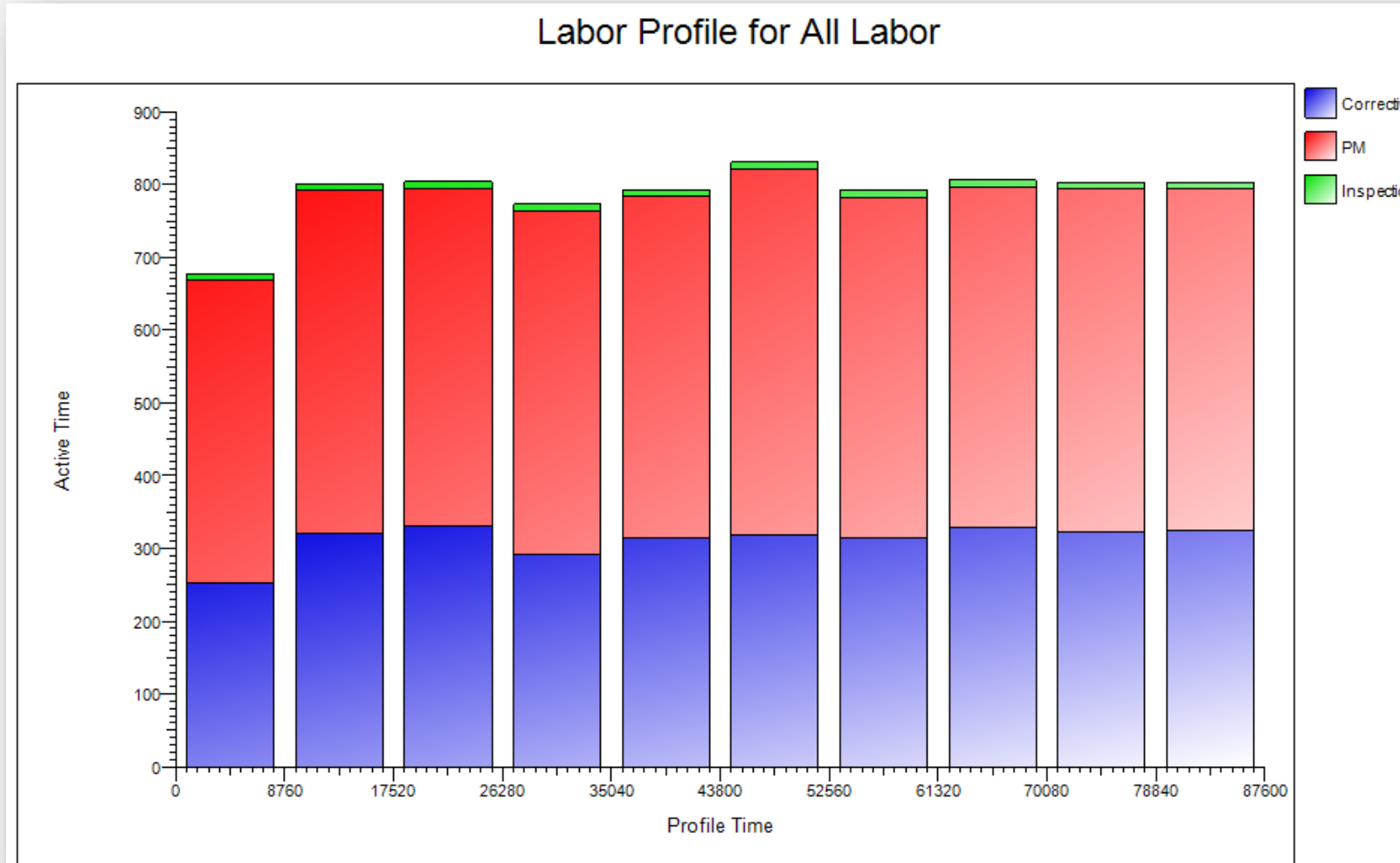
ENTENDER EXPOSICIÓN (CONTRIBUCIÓN DE C/MF)



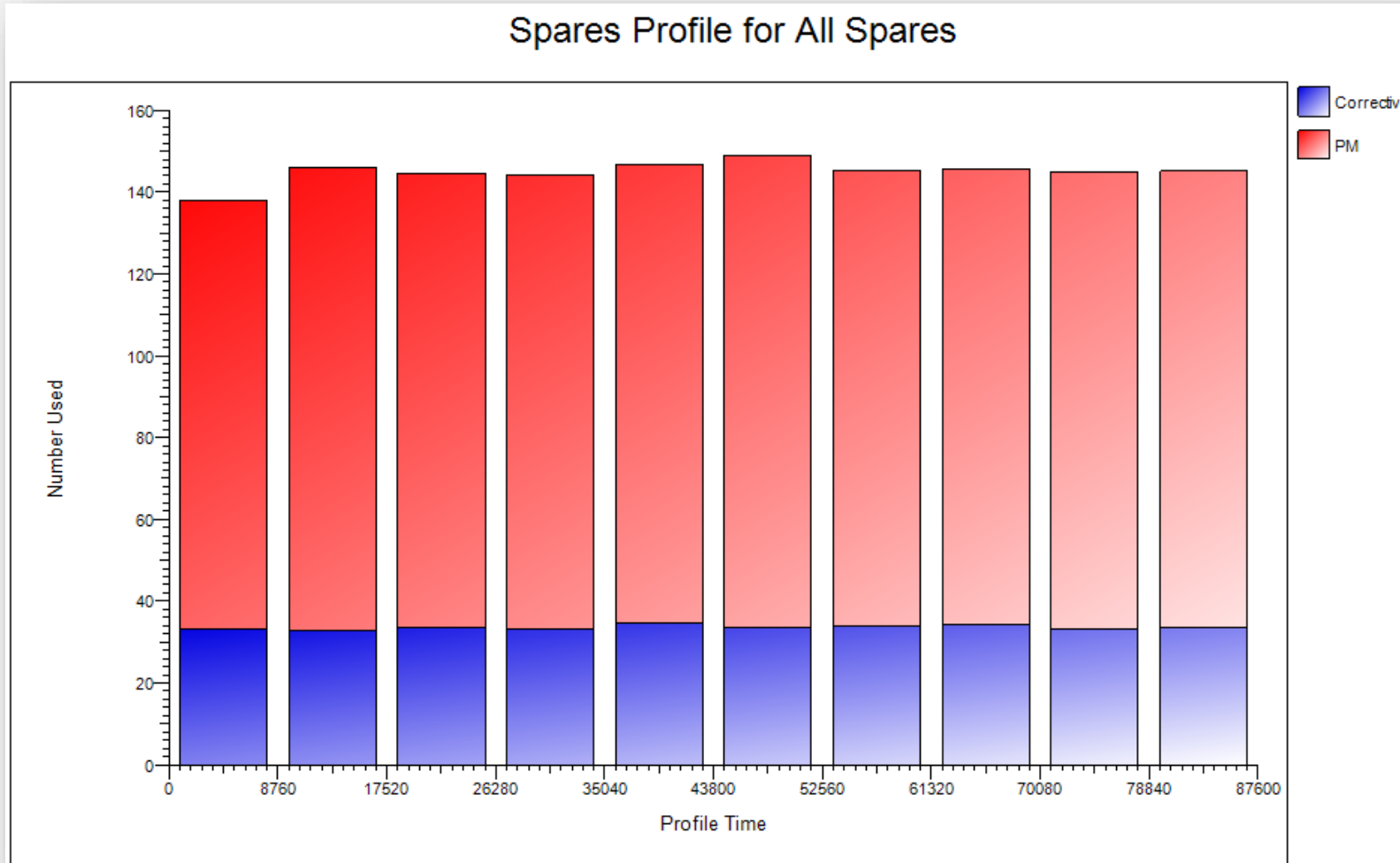
PRONOSTICAR PRESUPUESTOS TOTALES



PRONOSTICAR USO DE MANO DE OBRA



PRONOSTICAR USO DE REPUESTOS



PROGRAMA DE CONFIABILIDAD VIVO MEDIANTE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Lograr una operación más esbelta y ágil, es el resultado de una evaluación constante de los datos de desempeño
- Esta información ayudará a actuar como la base para la toma de decisiones futuras



RCM BRINDA

- Una **operación segura**
- Asegura la **eficiencia & confiabilidad de planta**
- Provee una **base documentada** para mantenimiento planeado
- Predice requerimientos de **recursos**
- Predice uso de **repuestos**
- Predice **presupuesto de mantenimiento**



PREGUNTAS?

¡MUCHAS GRACIAS!

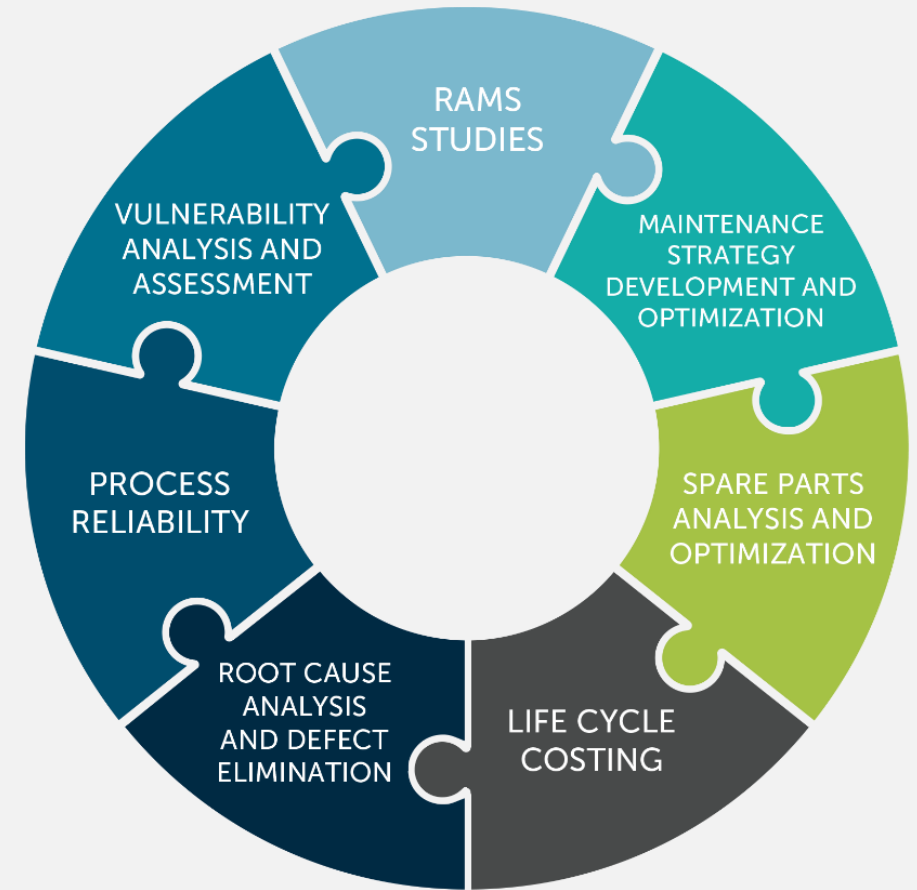
P&R

ARMS
RELIABILITY

Santiago Sotuyo, CMRP, CRL, AMP-S
ARMS Reliability

ssotuyo@armsreliability.com
www.armsreliability.com

+598 (98) 212102





ARMS

RELIABILITY

www.armsreliability.com