



INTRODUCCIÓN

CENTRO DE CARRERAS TÉCNICAS

Docente: Andrés Rodríguez Suárez
Evolución del mantenimiento



5 Años Acreditada
Desde Agosto 2017
Hasta Agosto 2022

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

Temario

- Introducción
- Ingeniería de Mantenimiento
- Análisis de Confiabilidad
- Nivel Optimo de Confiabilidad
- Técnicas de Priorización
- Mantenimiento Preventivo

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

La ingeniería del mantenimiento es la parte de la ingeniería dedicada al estudio y desarrollo de técnicas que faciliten o mejoren el mantenimiento de una instalación, que puede ser una planta industrial, un edificio, una infraestructura, etc..

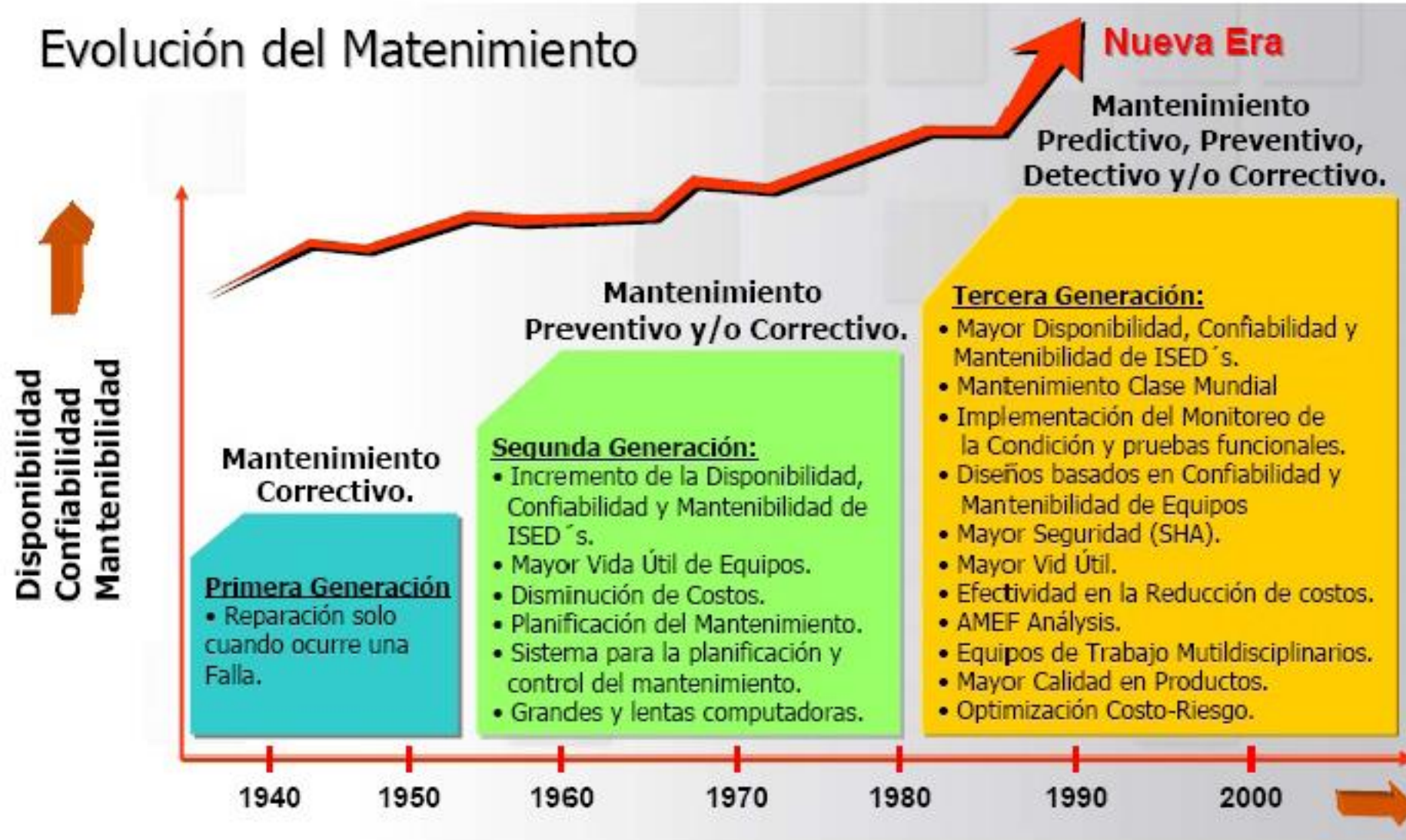
La gestión del mantenimiento de una instalación afecta a los cuatro objetivos básicos del mantenimiento, que son la disponibilidad, la confiabilidad, la vida útil y el costo de explotación a lo largo de su vida útil.

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Evolución del Mantenimiento



Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento



Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Objetivos del Mantenimiento

- *Máxima producción:*
 - Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.
 - Reparar las averías en el menor tiempo posible.

- *Minimo costo:*
 - Reducir a su minima expresion las fallas.
 - Aumentar la vida util de las máquinas e instalaciones.
 - Manejo optimo de stock.
 - Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

- *Calidad requerida:*

- Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.
- Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.
- Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

- *Conservación de la energía:*

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
- Controlar el rendimiento de los equipos

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

El mantenimiento constituye uno de los procesos fundamentales en una empresa ya que de él se deducen tres tareas fundamentales:

1. asegurar que las instalaciones brinden las prestaciones esperadas durante el tiempo operativo
2. garantizar la conservación del patrimonio de la planta,
3. garantizar la compatibilidad de los costos del mantenimiento respecto del mercado

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Tipos de mantenimiento

Correctivo : Se define como la acción puntual que se realiza sobre una maquina que ha dejado de funcionar.

Preventivo : Encontrar y corregir los problemas menores antes que estos se transformen en una falla

Predictivo : Mantiene un control del funcionamiento de la maquina en servicio

Nota: Existen otros variantes de tipos de mantenimiento, pero en esta oportunidad sólo abordaremos los indicados anteriormente como introducción.



Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Tipos de mantenimiento

TIPO DE MANTENIMIENTO	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	MOTIVO DE LA INTERVENCIÓN	TAREAS A REALIZAR	OBJETIVO DE LA INTERVENCIÓN
CORRECTIVO	FUERA DE SERVICIO	FALLA	CAMBIO DE COMPONENTES	RETORNAR AL SERVICIO
PREVENTIVO	FUERA DE SERVICIO	INSPECCIÓN PROGRAMADA	DESARMES PARA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE DETERMINADOS COMPONENTES	GARANTIZAR POR DETERMINADO PERÍODO SU FUNCIONAMIENTO
PREDICTIVO	EN SERVICIO	CONTROL PROGRAMADO	MEDICIONES	PREDECIR Y DETECTAR FALLAS A TIEMPO Y PROGRAMAR SU CORRECCIÓN

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Tipos de mantenimiento : Entregar 3 ejemplos de cada uno

Correctivo :

- 1
- 2
- 3

Preventivo :

- 1
- 2
- 3

Predictivo : Mantiene un control del funcionamiento de la maquina en servicio

- 1
 - 2
 - 3
-

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

KPI de la gestión del mantenimiento: MTTR

MTTR (Mean Time To Repair) – Tiempo Medio para reparar

Es el cociente entre la sumatoria de tiempo total de intervención y el número total de paradas. A menudo se usa de referencia como un indicador para la mantenibilidad.

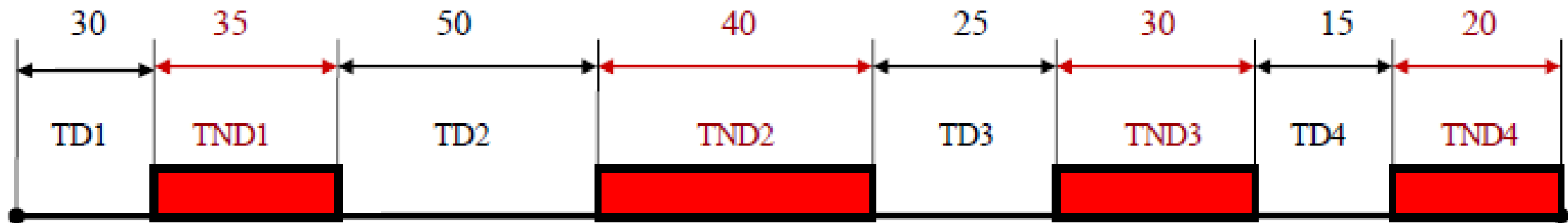
$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de intervención}}{\text{Numero total de paradas}}$$

Importante: Dentro del tiempo total de intervención, se debe considera las demoras que tengan directa o indirectamente relación con la detención, ejemplo: Falta de herramienta, repuesto no disponible, Sin HH, Sin procedimiento, etc., en una análisis posterior se puede desglosar los tipos de demoras que impactaron al MTTR.

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

KPI de la gestión del mantenimiento: MTTR

Calcule el MTTR según datos entregados

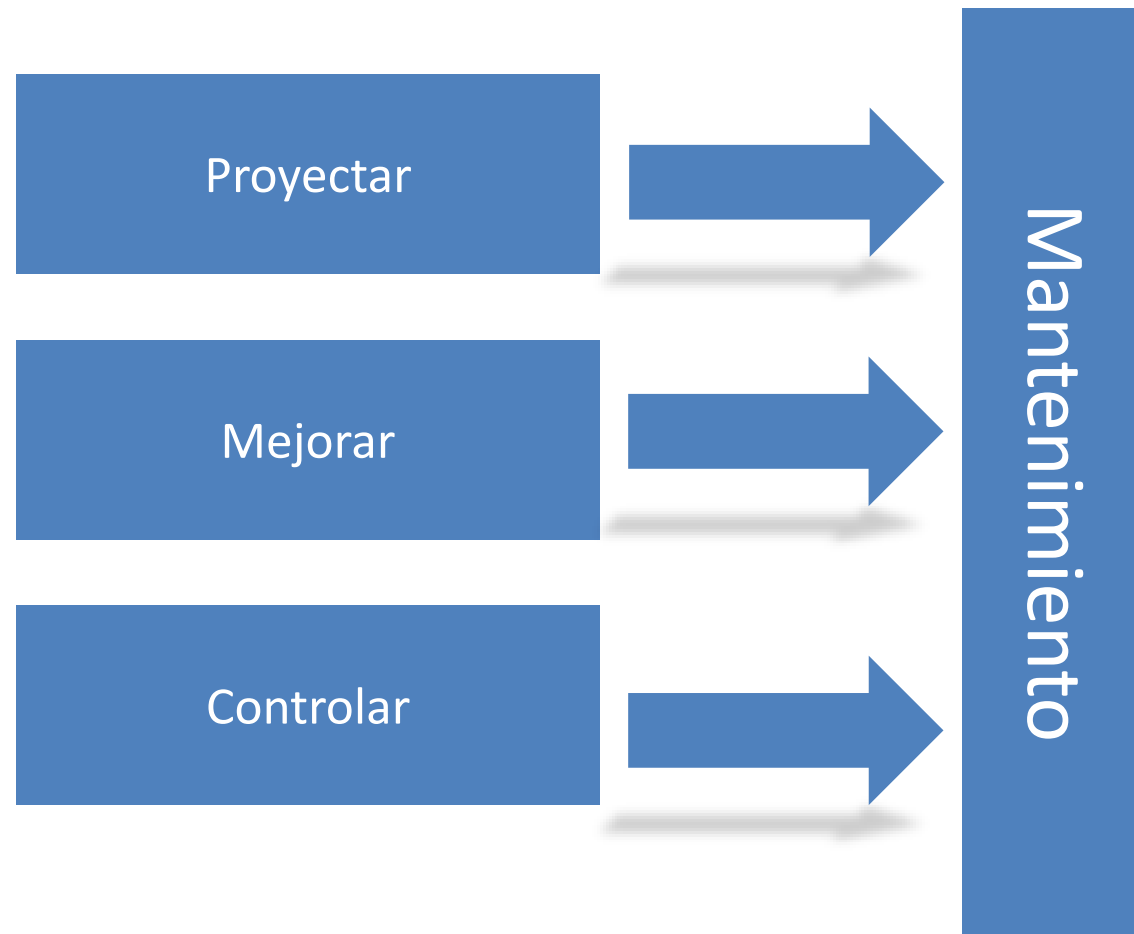


TD= Tiempo disponible

TND= Tiempo no disponible

MTTR:

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento



- Diseño de Sistemas
- Modelamiento de Equipos
- Diseño lógico
- Recolección de datos
- Ajustes Probabilísticos
- Análisis $R(t)$ y $A(t)$
- Kpi de Mantenimiento
- Estrategias y Políticas de Mantenimiento
- Estrategias R&M
- Optimización
- Alternativas de Mejoramiento
- Evaluación Económica
- B. S. – CMI
- Auditoria de Mantenimiento
- Normas de Mantenimiento

Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Equipo básico de mantenimiento



Tema 1 – Ingeniería en mantenimiento

Equipo básico de mantenimiento

En tu lugar de trabajo

¿Reconoces algunos puntos presentados?

¿Trabajas en el área de mantenimiento?

¿Es el mantenimiento, lo que tú pensabas que era?

Conversemos...

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

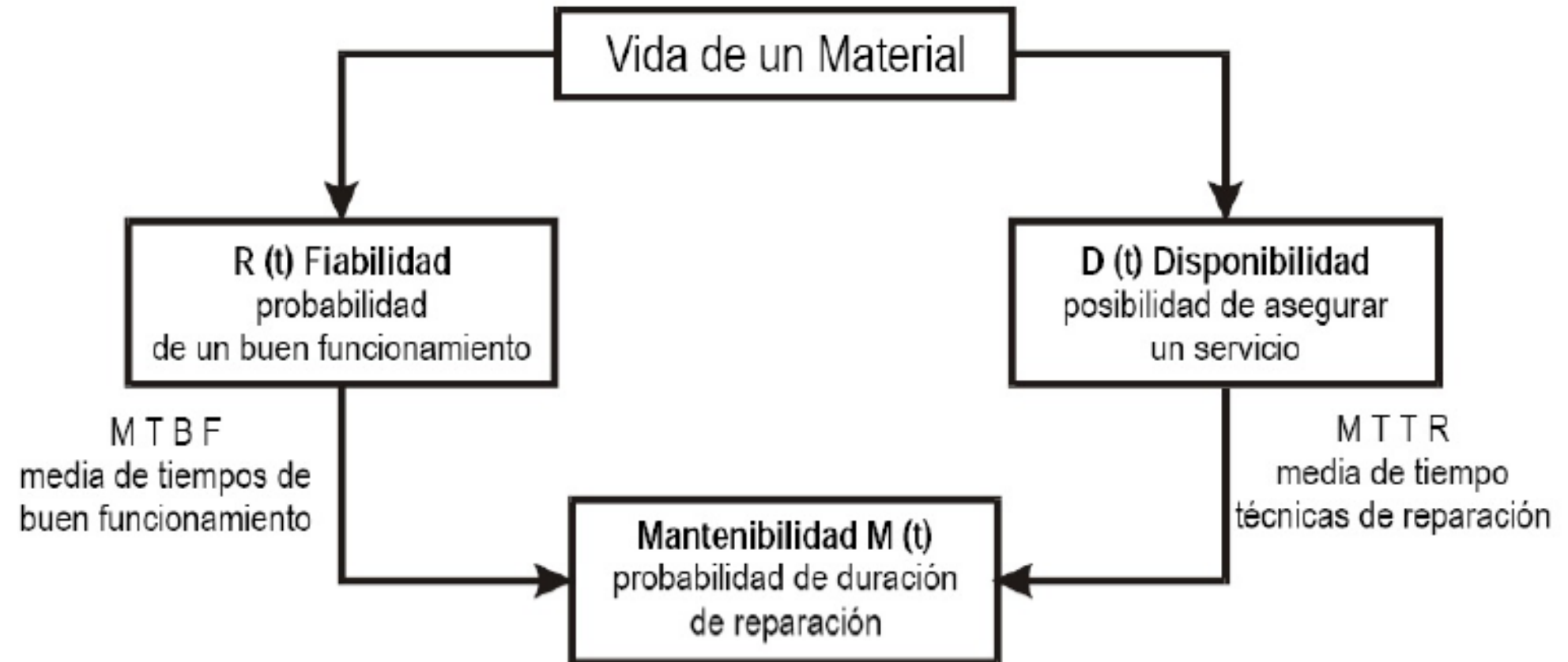
¿Qué es la confiabilidad?

La Confiabilidad es la "capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado.

En la literatura también es posible encontrarla como fiabilidad o reliability



Tema 2 – Análisis de confiabilidad



Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

KPI de la gestión del mantenimiento: MTBF

MTBF (Mean Time Between failures) – Tiempo Medio entre fallas

Es el cociente entre la sumatoria de tiempo total de operación de un equipo o sistema y el número total de fallas. A menudo se usa de referencia como un indicador para la confiabilidad.

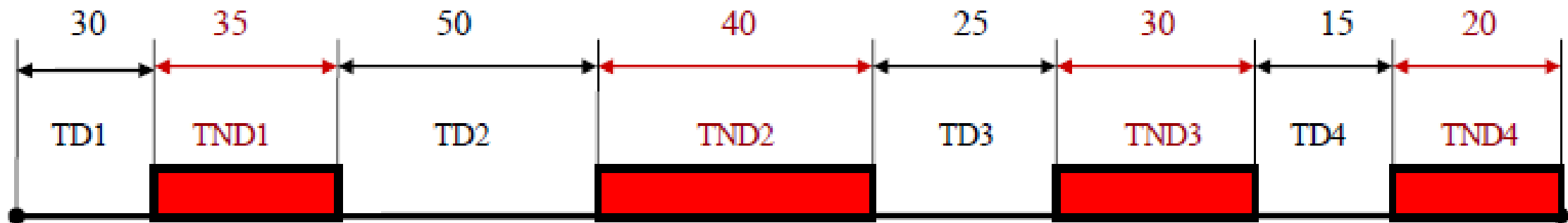
$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de operacion}}{\text{Numero total de fallas}}$$

Importante: Las detenciones programadas asociadas a mantenimiento preventivo o predictivo, detención del equipo por no uso, o factores externos que obligue a detener la función del equipo no se considera como falla.

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

KPI de la gestión del mantenimiento: MTBF

Calcule el MTBF según datos entregados



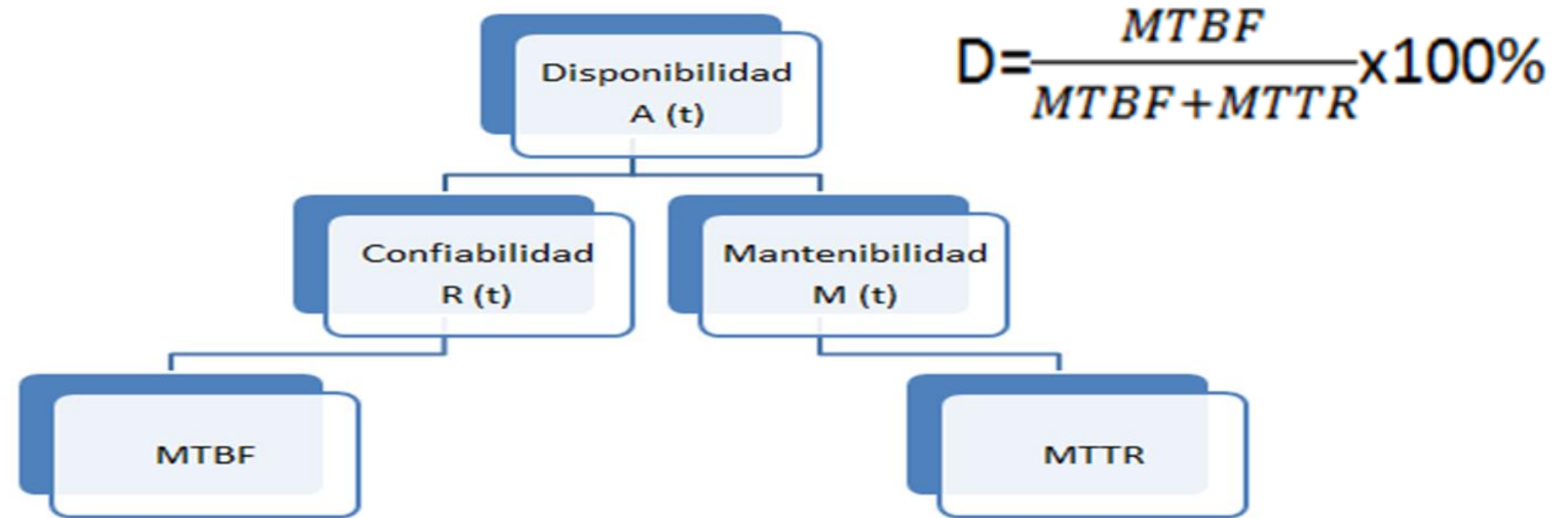
TD= Tiempo disponible

TND= Tiempo no disponible

MTBF:

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

Disponibilidad – Confiabilidad - Mantenibilidad



MTBF=Tiempo medio entre fallas

MTTR=Tiempo medio para reparar

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

- ¿Sabias que la disponibilidad de un activo o sistema, va de la mano con el MTTR y el MTBF?
- ¿Cuál indicador es más importante, el MTTR o MBTF?
- ¿Conoces estos indicadores en tu trabajo?

Conversemos...

Uno de los enfoques más robustos para administrar la confiabilidad es adoptar el mantenimiento basado en la confiabilidad

Esto implica trabajar con incertidumbre

ESTADISTICA

+ COSTOS

OPTIMIZACIÓN

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

El estudio de la confiabilidad es conveniente, pero está asociado a un costo ya que los estudios tienen que ser más precisos, los proyectos más comprometidos, la experimentación más rigurosa y el empleo de medios técnicamente más avanzados, todo lo cual trae como consecuencia un aumento de los costos. Por otra parte, al aumentar el grado de confiabilidad se disminuyen los costos inherentes a las fallas y a los costos de mantenimiento, que inducen a un incremento de los costos asociados a los recambios y los costos derivados de la falta de productividad (costo de ineficiencia).

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

La confiabilidad de un producto (sistema) es la probabilidad de que el producto (sistema) desarrollará su función deseada bajo condiciones normales de operación, por un periodo de tiempo especificado.

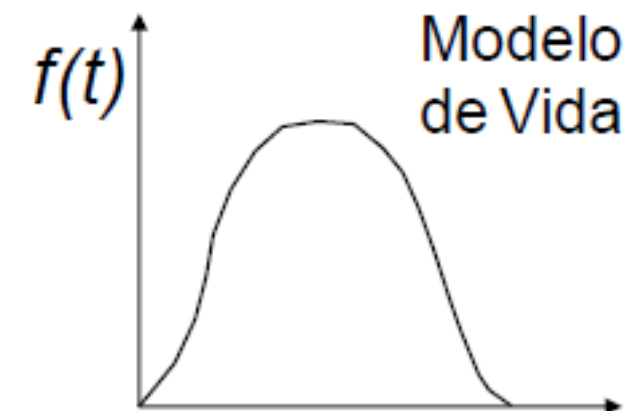
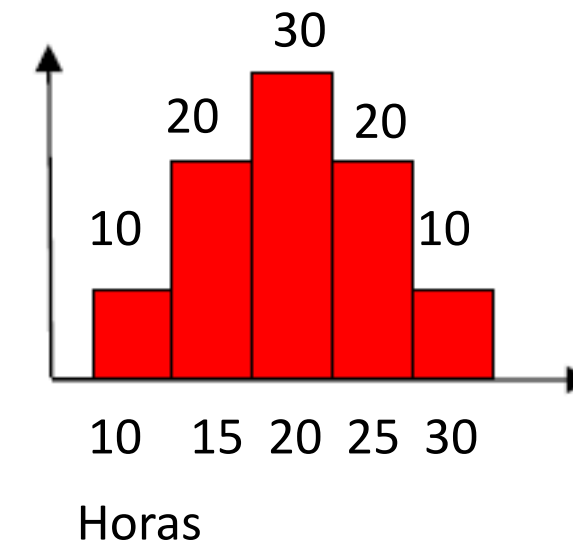
Confiabilidad es calidad sobre el tiempo

La teoría de confiabilidad trata el uso interdisciplinario de probabilidad, estadística y modelación estocástica, combinando con conocimientos de ingeniería en el diseño y la comprensión científica de los mecanismos de falla, para estudiar los variados aspectos de confiabilidad

Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

No es posible describir en términos deterministas el tiempo que un componente o sistema funcionará sin fallar

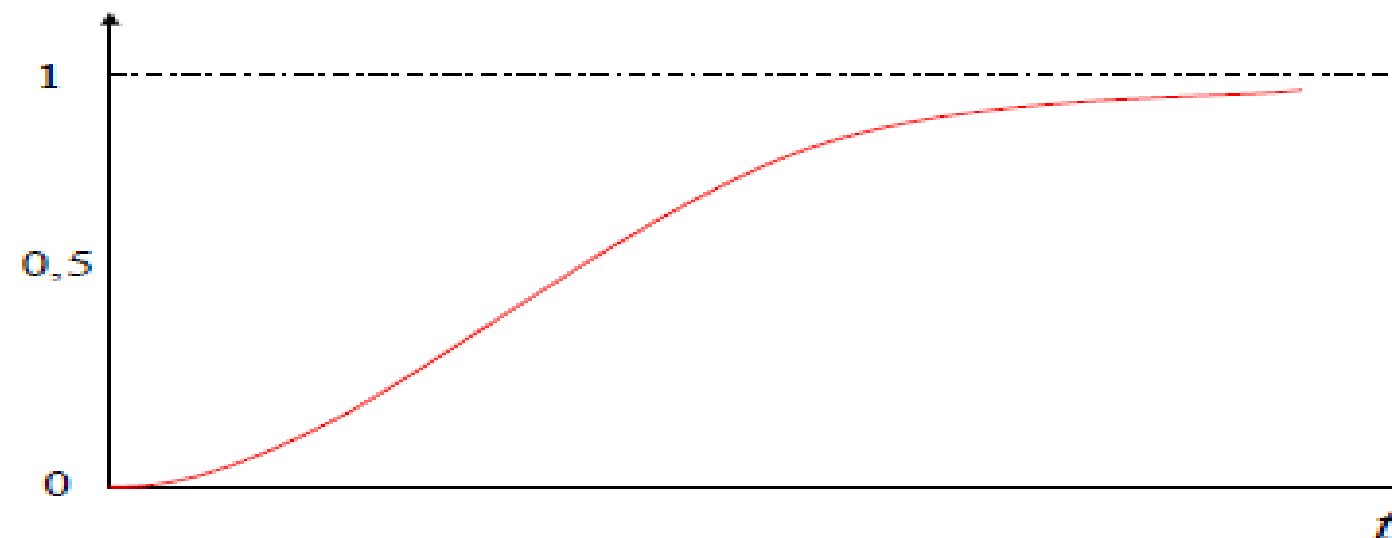
Histograma de fallas



Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

Función de Distribución Acumulada F(T)

- Dado que las **Fallas** son aleatorias, los tiempos de falla esta asociados a una variable aleatoria T
$$F(t) = P(T \leq t)$$
- La función de Distribución acumulativa de T entrega la probabilidad que una unidad fallará entes del tiempo t
- F(t) puede interpretarse como la proporción de unidades en la población que fallaran antes del tiempo t



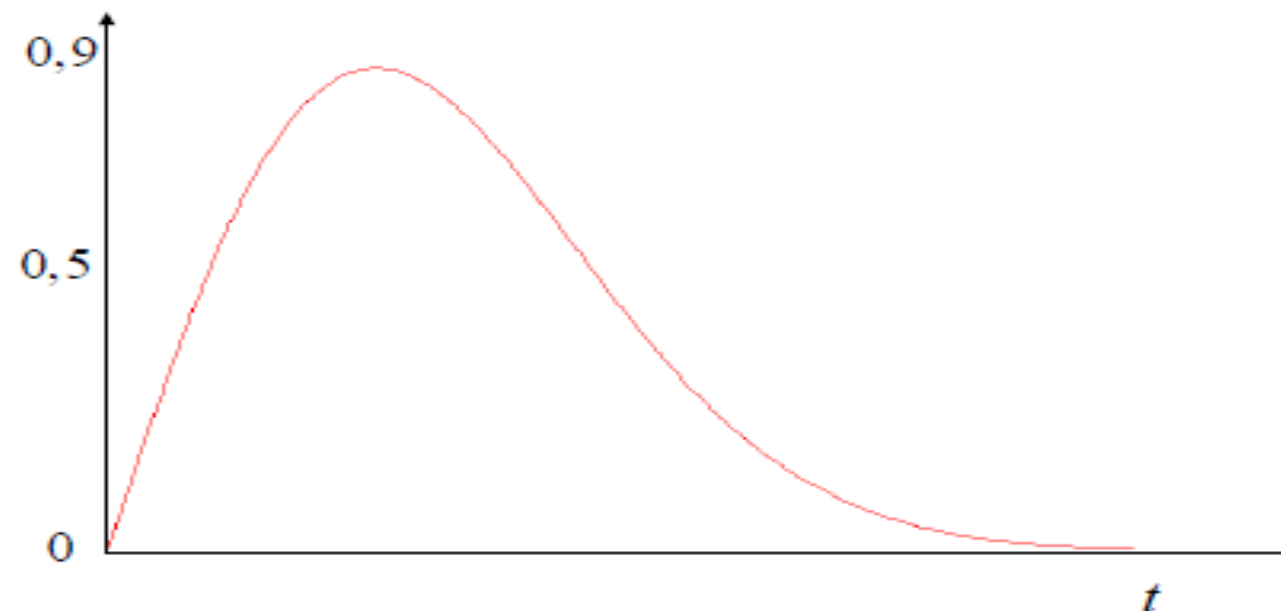
Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

Función de Densidad de Probabilidad de Falla $f(t)$

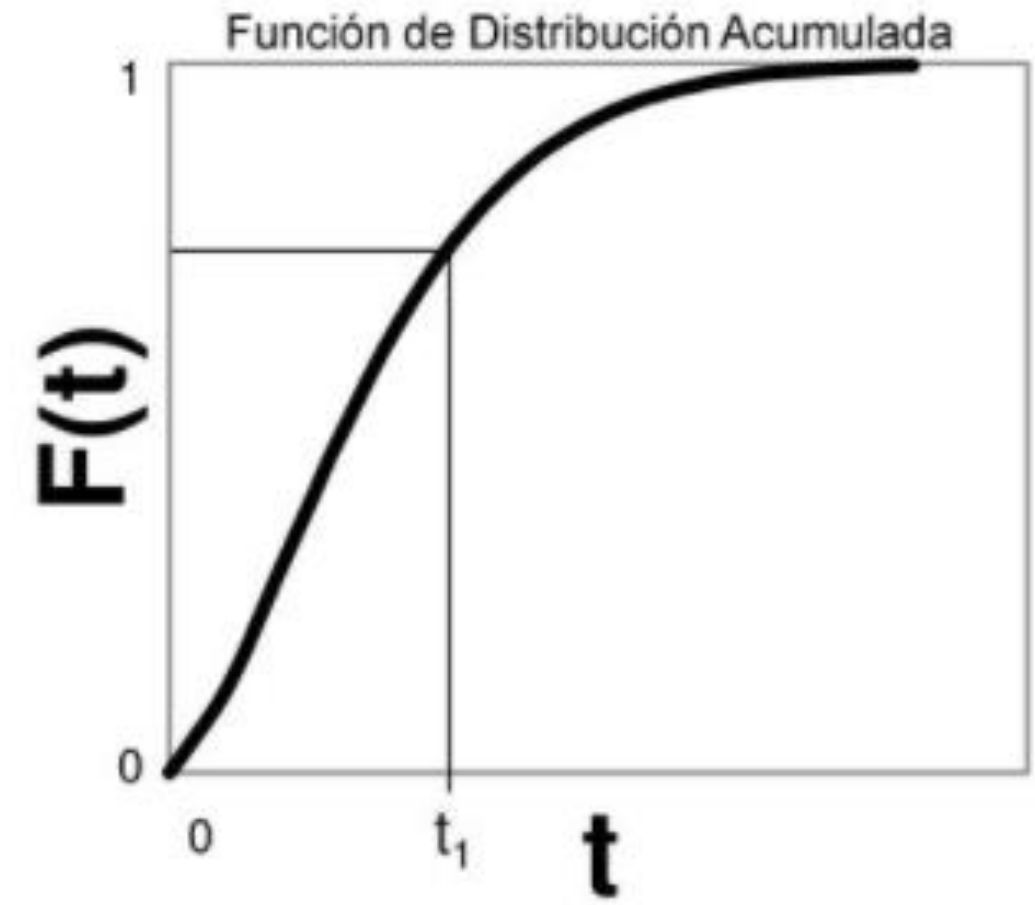
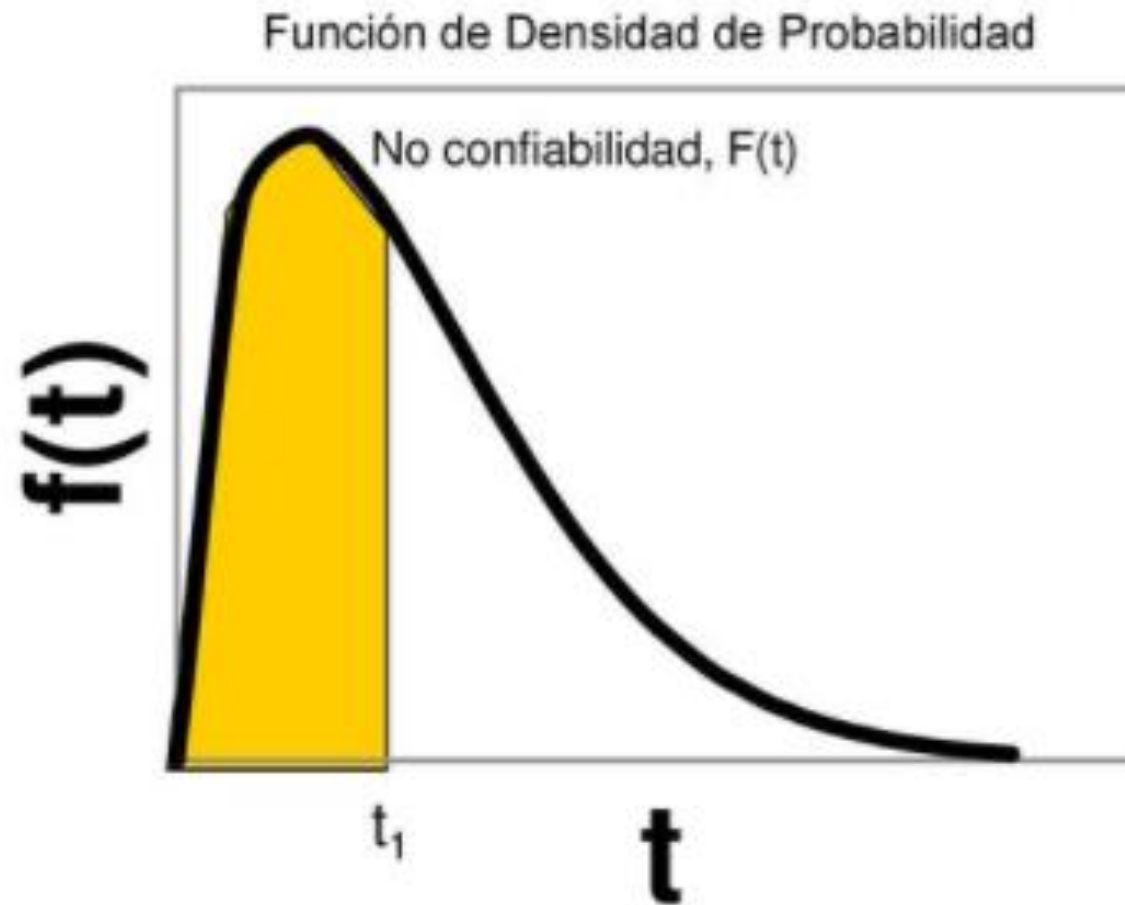
La función de densidad de probabilidad de falla $f(t)$; es la probabilidad instantánea de que un ítem que no ha fallado en el intervalo $(0;t)$ falle en el intervalo $(t; t+\Delta t)$

$$f(t) = dF(t) / dt$$

Representa frecuencias relativas de tiempos de fallas como función del tiempo



Tema 2 – Análisis de confiabilidad

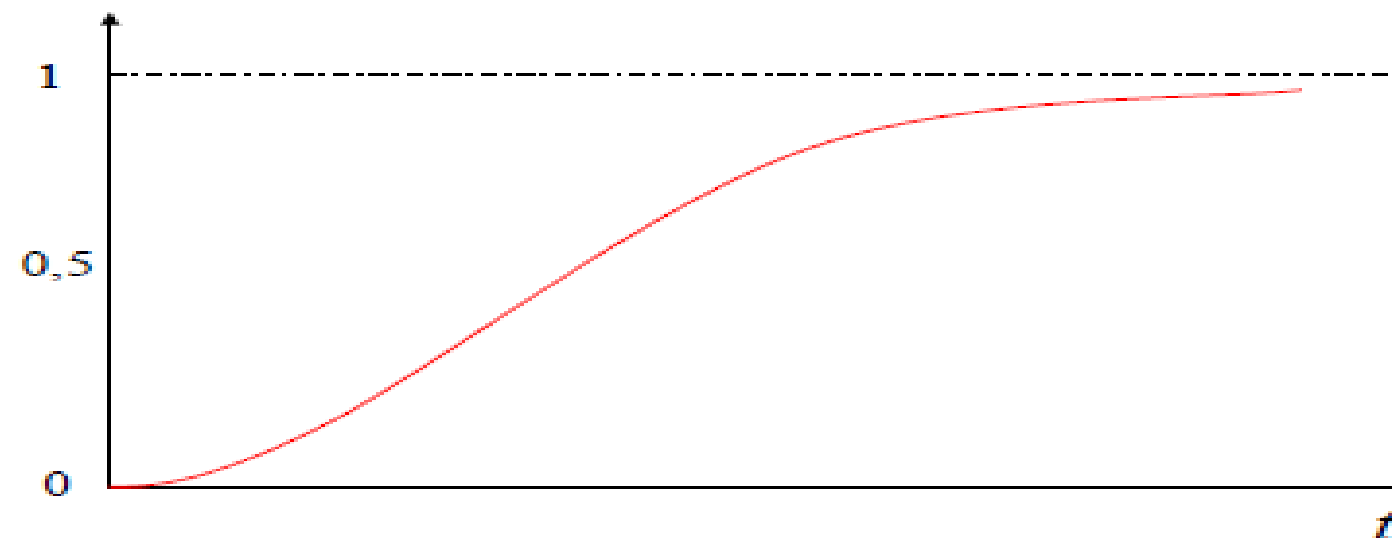


Tema 2 – Análisis de la confiabilidad

Función de Distribución Acumulada R(T)

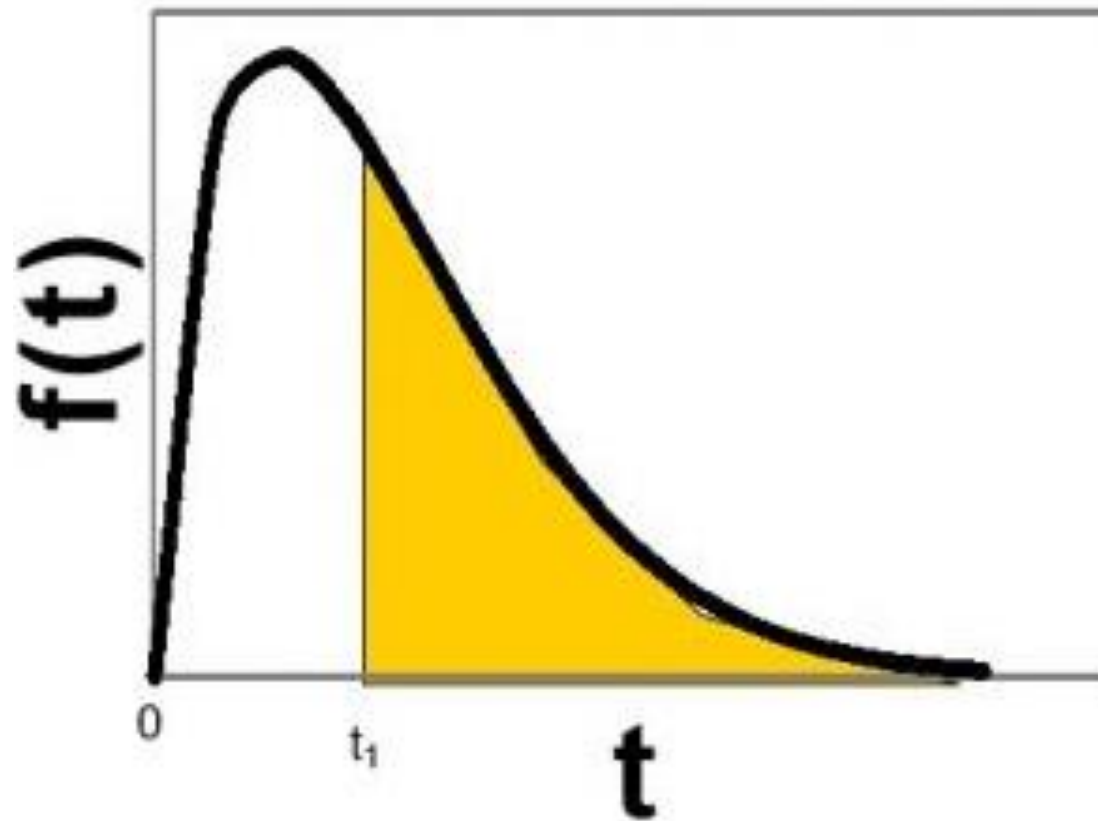
La confiabilidad de un componente del instante t , es la probabilidad de que un ítem no falle en el intervalo $(0;t)$, dado que era nuevo o como nuevo en el instante $t = 0$

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

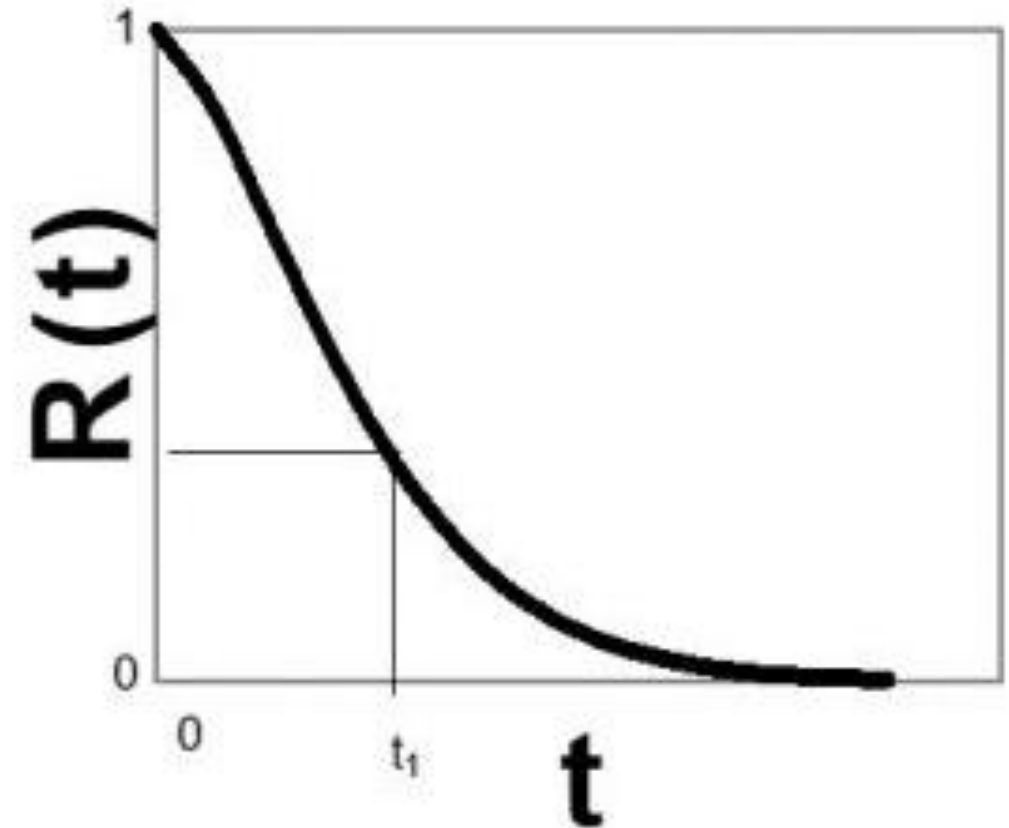


Tema 2 – Análisis de confiabilidad

Función de Densidad de Probabilidad



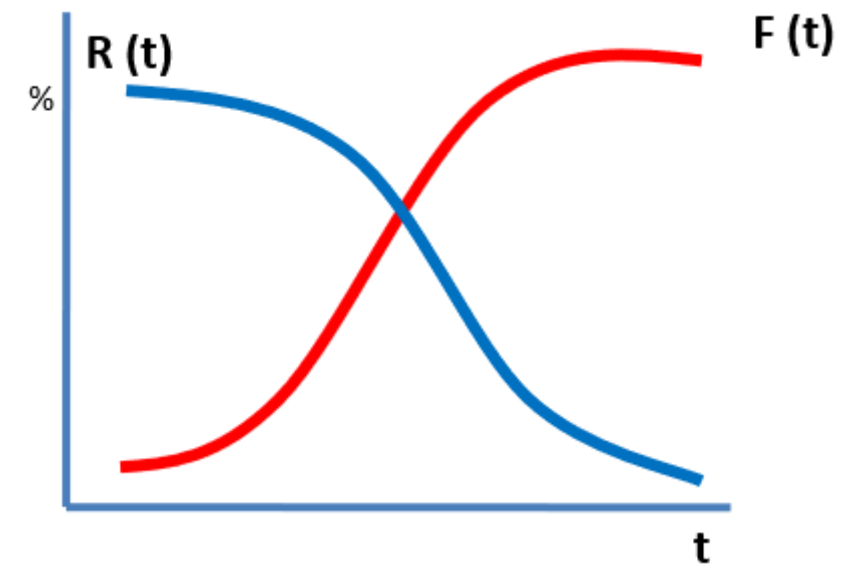
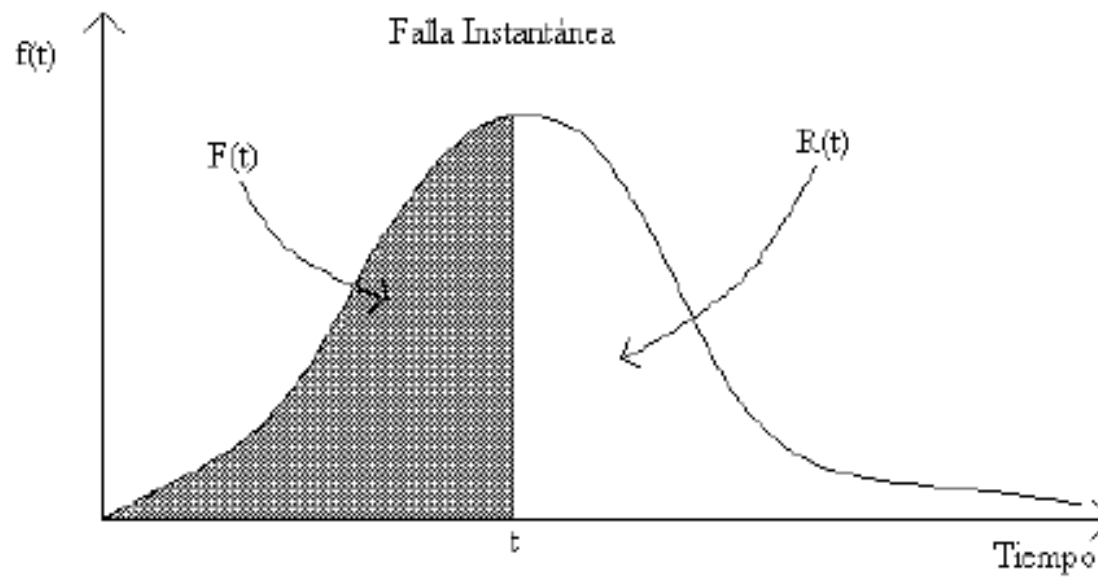
Función de Confiabilidad



Tema 2 – Análisis de confiabilidad

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-y}{n}\right)^\beta}$$

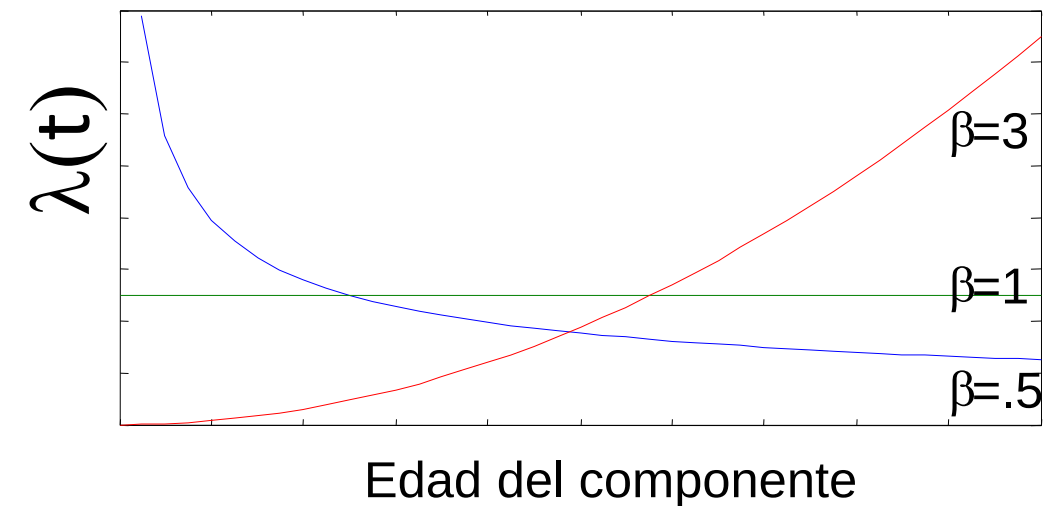
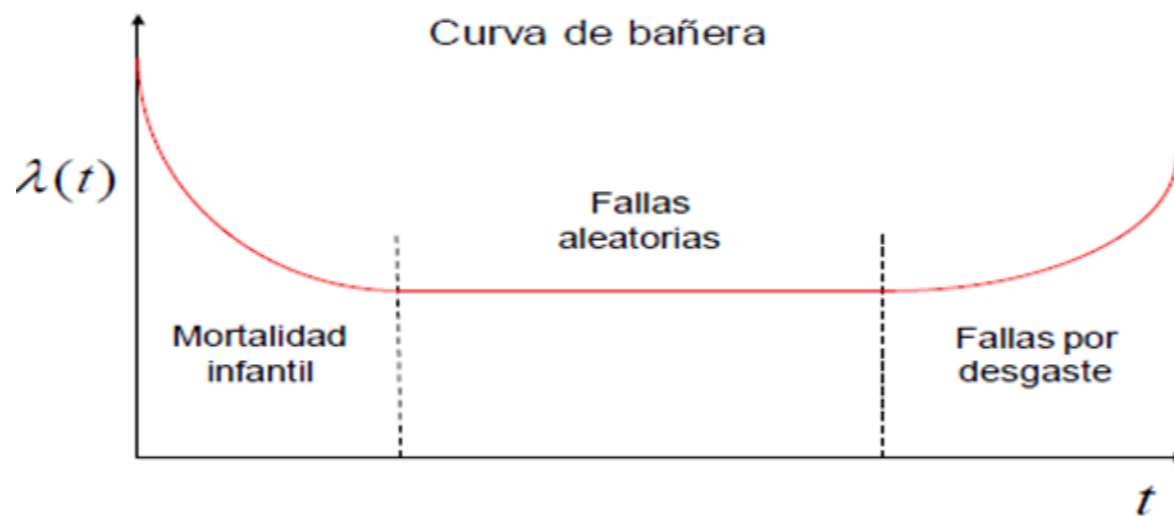
$$F(t) = 1 - R(t) = e^{-\left(\frac{t-y}{n}\right)^\beta}$$



Tema 2 – Análisis de confiabilidad

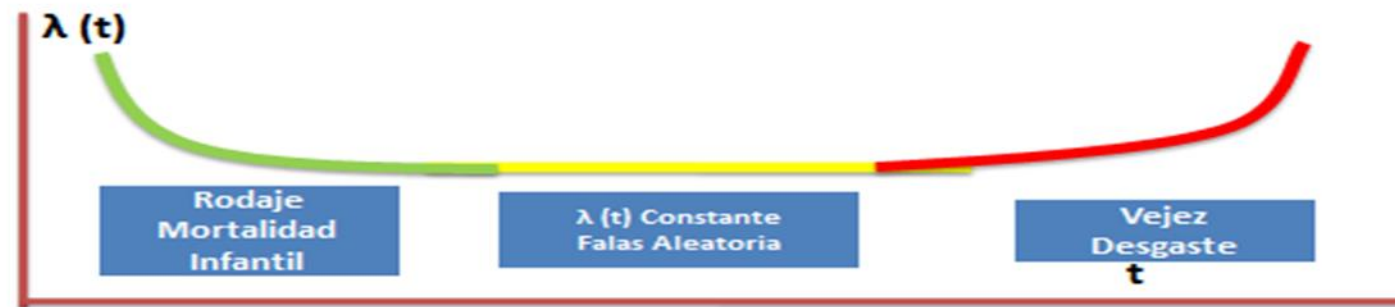
- La tasa de falla $\lambda(t)$ o tasa de falla instantánea en el intervalo $(t; t+\Delta t)$ esta definida por
- La tasa de falla (Hazard function) expresa la propensión a fallar en el siguiente intervalo pequeño de tiempo, dado que no ha fallado al tiempo t
- En virtud de la estrecha relación con procesos de fallas y estrategias de mantenimiento, algunos ingenieros de confiabilidad modelan los tiempos de fallas en términos $\lambda(t)$. La curva de bañera proporciona un modelo conceptual útil para el riesgo de algunos ítems

$$\lambda(ti) = \frac{f(ti)}{R(ti)}$$



Tema 2 – Análisis de confiabilidad

Elección de la Política de Mantenimiento según estado de Ciclo de Vida del Activo



Mejorativa	Correctiva	Correctiva	$C_{gc} < C_{gp}$
Mejorativa	Correctiva	Preventiva Cíclica	$C_{gc} > C_{gp}$ $C_i > (C_{gc} - C_{gp})$
Mejorativa	Predictiva	Preventiva Cíclica o Predictiva	$C_{gc} > C_{gp}$ $C_i < (C_{gc} - C_{gp})$

C_{gc} : Costo Global de Mantenimiento Correctivo
 C_{gp} : Costo Global de Mantenimiento Preventivo
 C_i : Costo de Inspección

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

¿Conocías el término de confiabilidad?

¿Crees que los aviones son más confiables que los vehículos terrestres?

¿en tu empresa, existe algún departamento de confiabilidad?

Conversemos...

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

Distribuciones Probabilísticas utilizadas en Confiabilidad

- Exponencial
- **Weibull**
- Normal
- Log-Normal
- Beta

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

Distribución Weibull

Esta distribución es usada en análisis de confiabilidad, especialmente en estudios Mecánicos

Tiene la ventaja de ser muy flexible y adaptable a una variedad de observaciones experimentales

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad t > 0$$

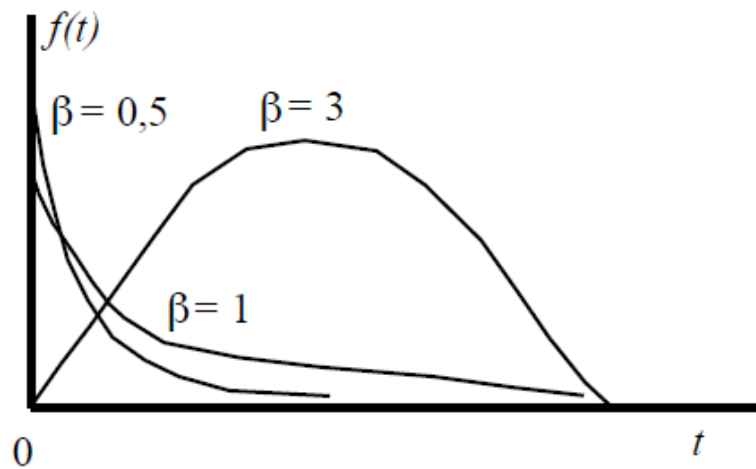
$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

β es el parámetro de forma;
 η es el parámetro de escala;
 γ es el parámetro de localización

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

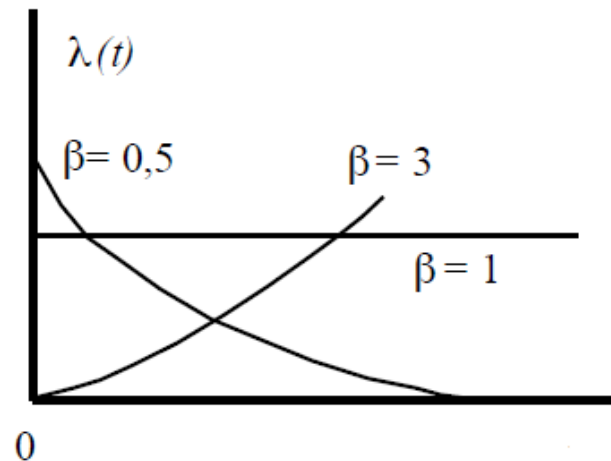
Modelos de Confiabilidad : Weibull



$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \times e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta}}$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

β es el parámetro de forma;
 η es el parámetro de escala;
 γ es el parámetro de localización



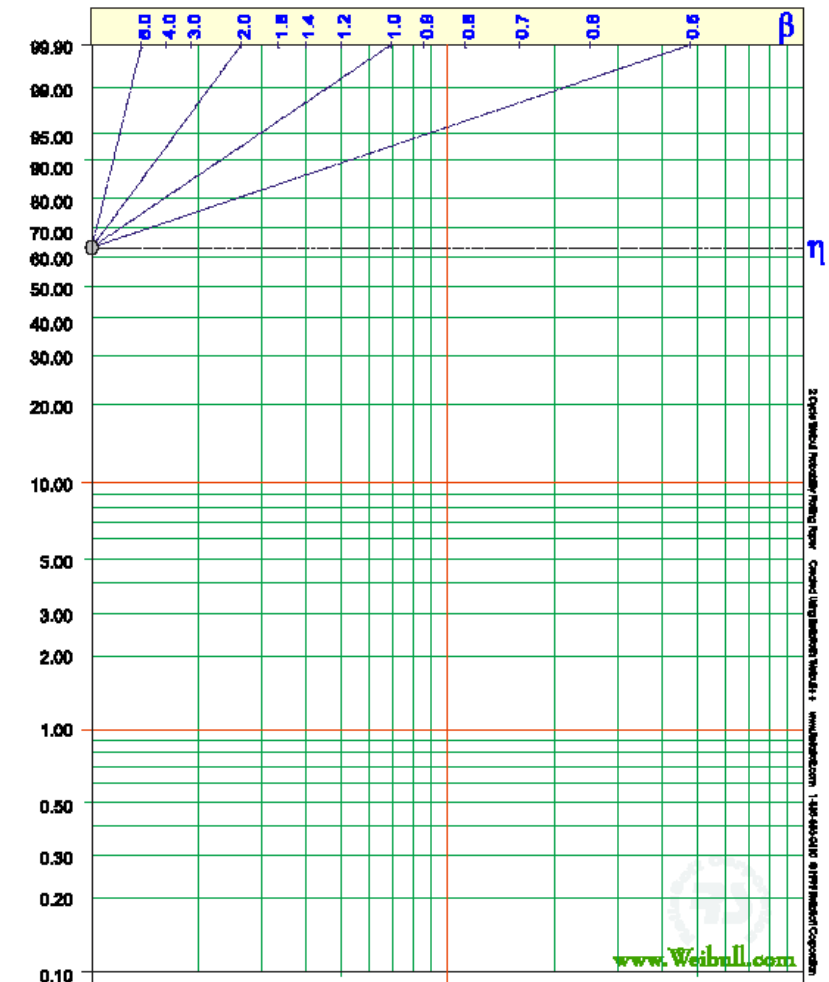
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta}}$$

Tema 2 – Análisis de confiabilidad

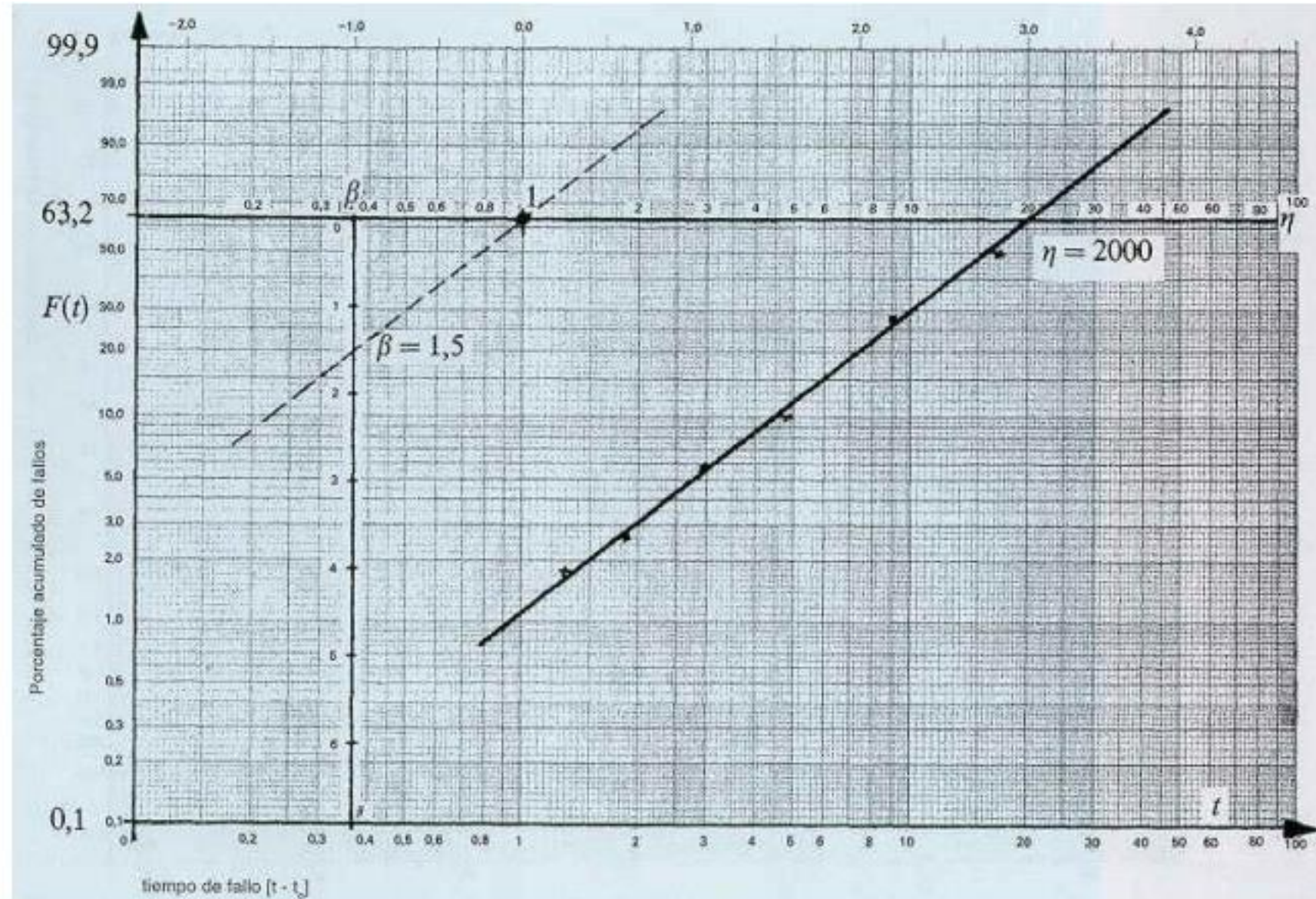
Distribución Weibull:

Sabias que este formula recibe su nombre de Waloddi Weibull, que la describió detalladamente en 1951, aunque fue descubierta inicialmente por Fréchet (1927) y aplicada por primera vez por Rosin y Rammler (1933) para describir la distribución de los tamaños de determinadas partículas.

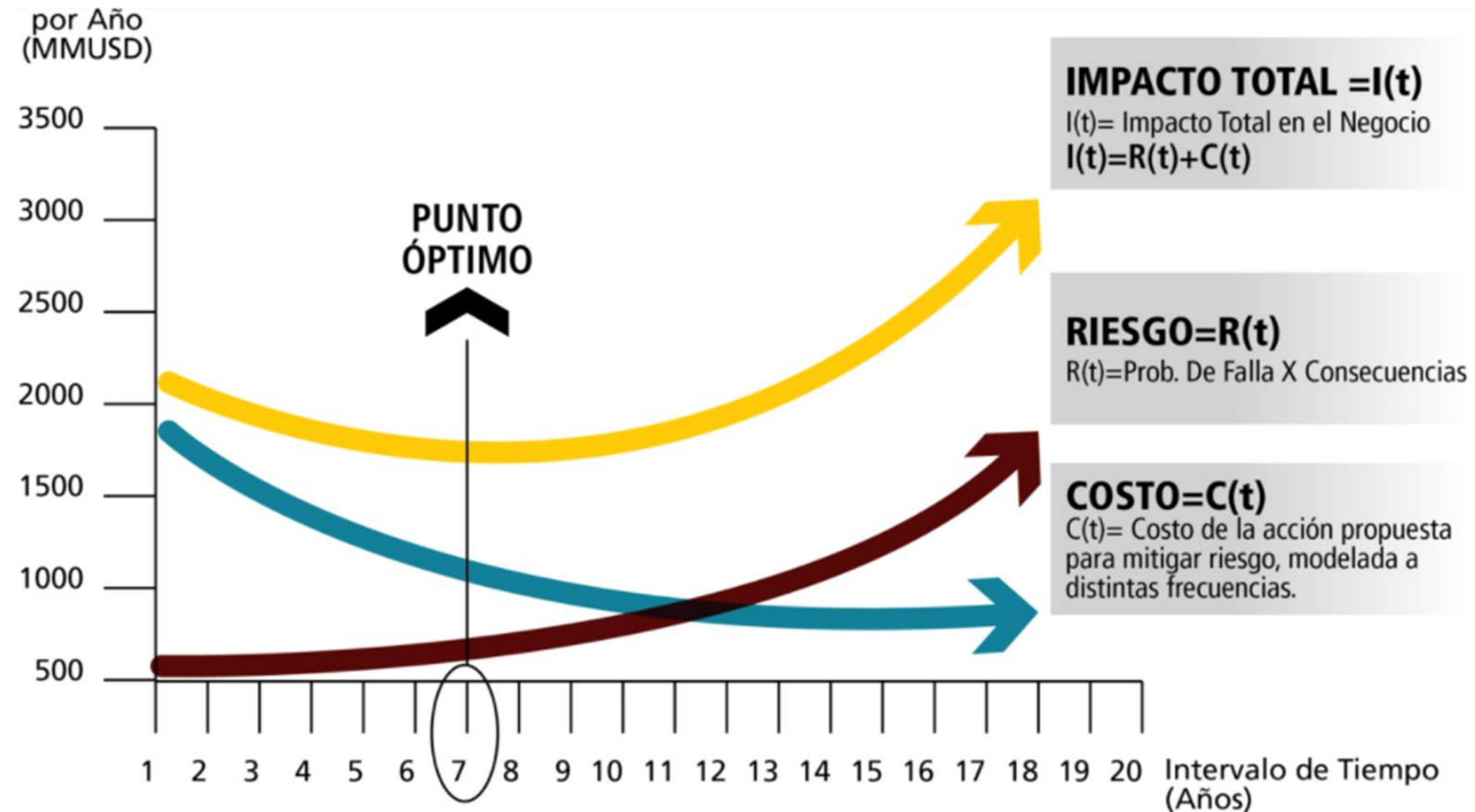
Existe un formato llamado Papel de probabilidad de Weibull que realiza los mismos cálculos que las formulas antes descritas



Tema 2 – Análisis de confiabilidad



Tema 3 – Nivel óptimo de confiabilidad



El “mínimo” de esta curva, representa el “mínimo impacto posible en el negocio” y está ubicada sobre el valor que puede traducirse como el período o frecuencia óptima para la realización de la actividad de mitigación, un desplazamiento hacia la derecha de este punto implicaría “asumir mucho riesgo” y un desplazamiento hacia la izquierda del mismo implicaría “gastar demasiado dinero”

OBJETIVO

**MINIMIZAR COSTOS Y MAXIMIZAR
DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD**

Tema 3 – Nivel óptimo de confiabilidad

Pregunta:

Si tenemos 2 vehículos de las mismas características, uno de estos se usa como transporte de personas (taxi, colectivo, Uber, etc.) y el otro para uso domestico. Si ambos pinchan un neumático ¿Esta falla afecta de igual manera o no?

Conversemos...

Tema 3 – Nivel óptimo de confiabilidad



"Correctiva"	Correctiva	Correctiva
"Correctiva"	Correctiva	Preventiva Cíclica
"Correctiva"	Predictiva	Preventiva Cíclica o Predictiva

$$C_{GC} < C_{GP}$$

$$C_{GC} > C_{GP}$$

$$C_I > (C_{GC} - C_{GP})$$

$$C_{GC} > C_{GP}$$

$$C_I < (C_{GC} - C_{GP})$$

C_{GC} : Costo global de mantención correctiva
 C_{GP} : Costo global de mantención preventiva
 C_I : Costo de inspección

Tema 4 – Técnicas de priorización

Análisis de Pareto 80/20

El principio o regla de Pareto nos dice que para diversos casos, el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. No son cifras exactas, pues se considera un fundamento empírico observado por Vildredo Pareto y confirmado posteriormente por otros expertos de diversas áreas del conocimiento

- El 80% del éxito proviene del 20% de tu esfuerzo
- El 80% de tu ingreso proviene del 20% de tu esfuerzo
- El 80% de los ingresos se generan con 20% de los clientes
- El 80% de las ventas se genera por el 20% de los productos

En este sentido, utilizamos el Gráfico de Pareto para:

La mejora continua

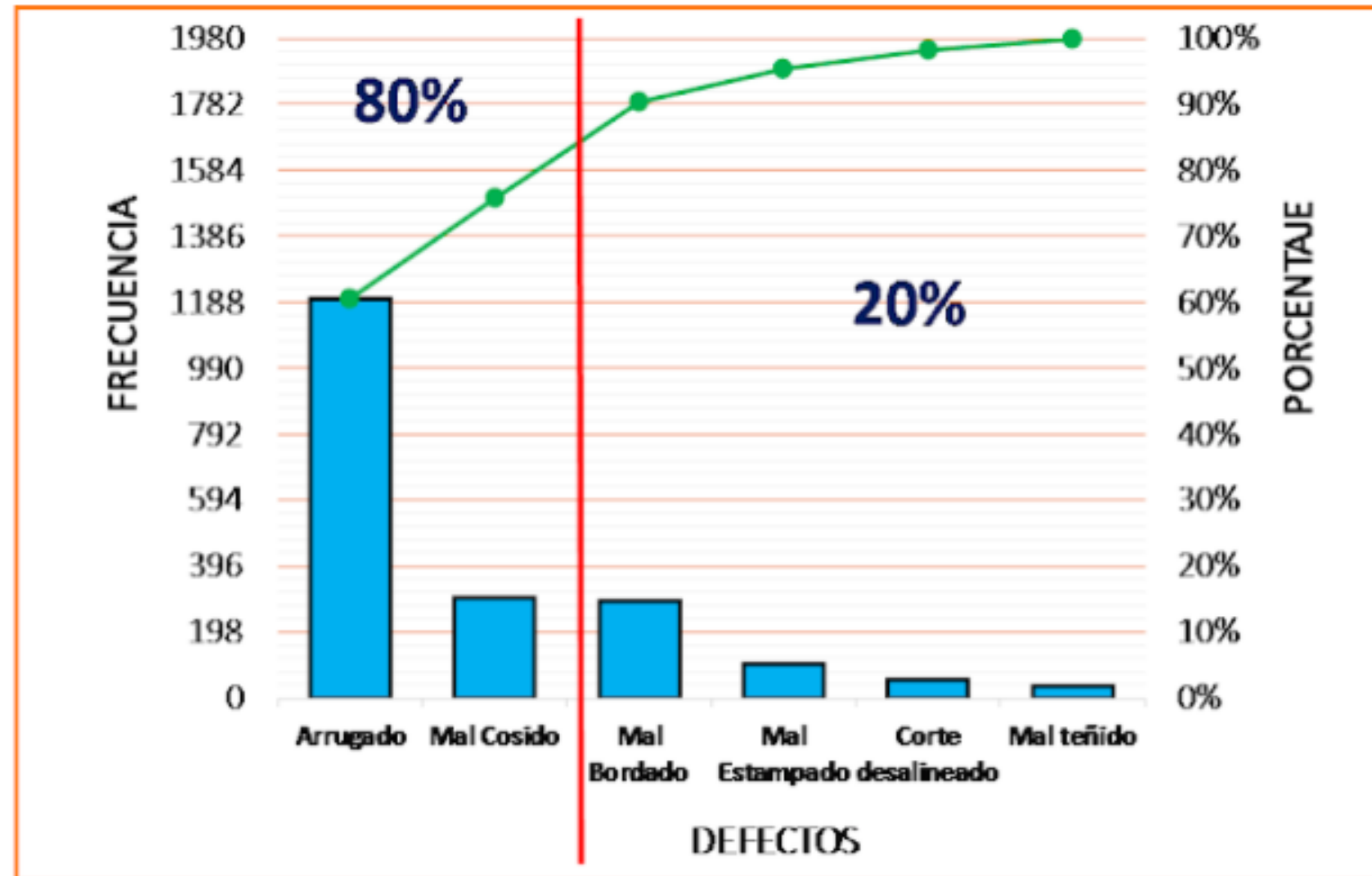
El estudio de implementaciones o cambios recientes (cómo estaba antes – cómo esta después)

Análisis y priorización de problemas



Tema 4 – Técnicas de priorización

Análisis de Pareto 80/20



Tema 4 – Técnicas de priorización

Análisis Pareto ABC

- El análisis o clasificación ABC es un sistema de administración de inventarios que se basa en el principio de Pareto (Vilfredo Pareto) para categorizar el inventario físico en tres zonas diferentes: Zona A, Zona B y Zona C

Zona A: Los más importantes. Están ahí por su costo elevado, nivel de utilización o gran aporte a las utilidades, en otras palabras son los artículos de mayor valor. Suele representar el 15% de todas las unidades, aunque su valor generalmente oscila entre el 70 y 80% del valor total del inventario. Reciben mayor atención que los inventarios físicos de otras zonas, como negociaciones para tener suministro constante, pronósticos de demanda más exactos, revisiones frecuentes, ubicaciones cercanas, mejores condiciones de almacenamiento, etc.

Zona B: Con importancia secundaria. Son artículos de valor intermedio. Suelen ser entre el 20 y 30% y su valor se ubica entre 15 y 25% del valor total. No tienen las mismas condiciones que el inventario de Zona A, sin embargo se controlan sus existencias y los costos en sus faltantes. Son objeto de revisión para decidir si ascienden a la zona A o descienden a la C.

Zona C: Poco importantes. Representan la mayoría de volumen de inventario pero son los artículos de menor valor. Requieren de poca supervisión.

Tema 4 – Técnicas de priorización

Análisis ABC o Pareto



Tema 4 – Técnicas de priorización

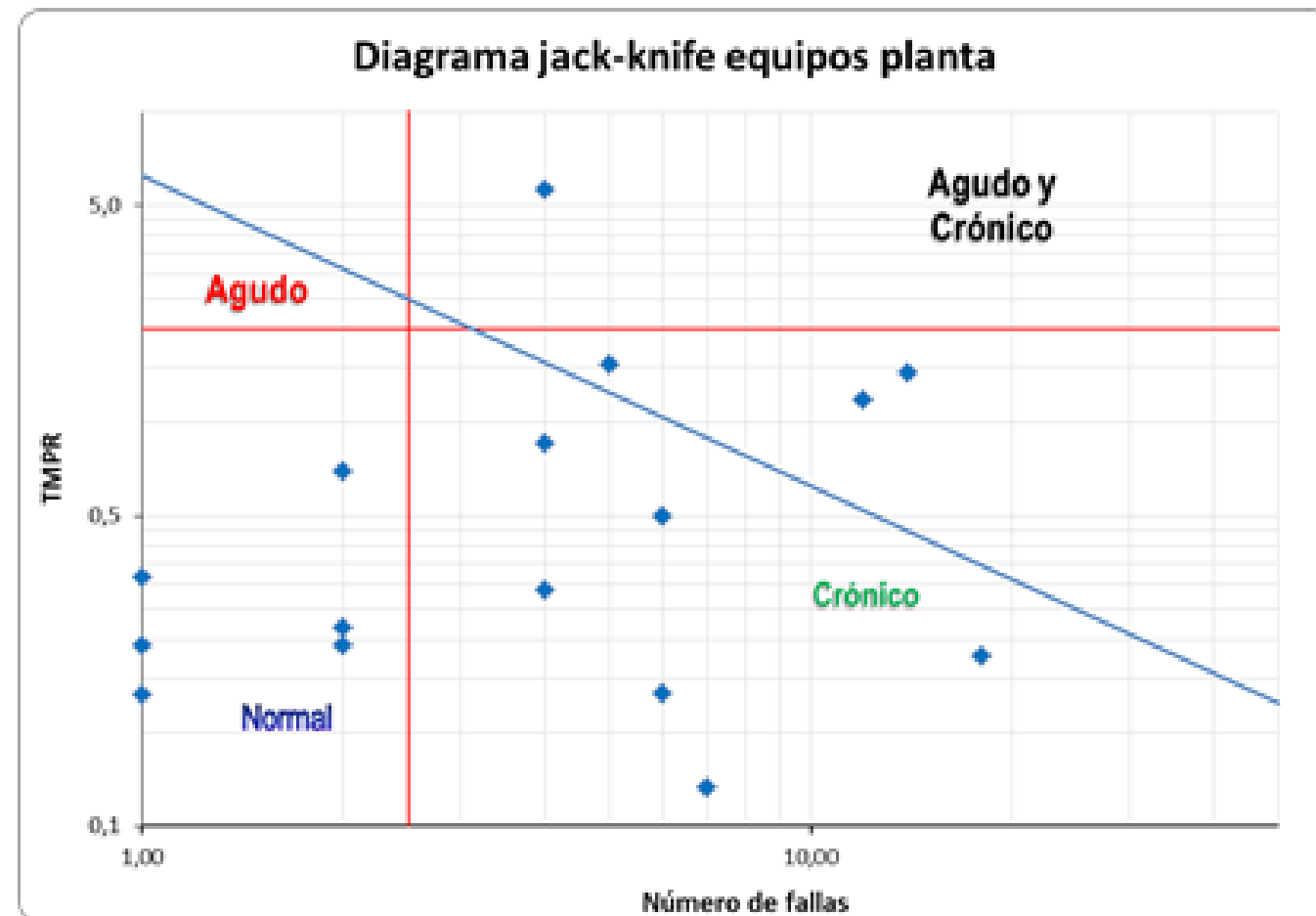
Análisis Jack knife

Es un método para analizar el tiempo de inactividad o indisponibilidad de equipos o sistemas usando diagramas de dispersión. La elaboración de este diagrama preserva el esquema de clasificación de los histogramas de Pareto, y a su vez aporta contenidos adicionales con respecto a las frecuencias de fallas y tiempo medio de reparación, mediante la aplicación de valores límites, los diagramas de dispersión puede ser dividido en cuatro cuadrantes que permitan que las fallas sean clasificadas en: agudos, crónico, agudo/crónico y bajo control.

Además, permiten fácilmente la identificación de los problemas que afectan a la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del sistema o equipos.

Tema 4 – Técnicas de priorización

Análisis Jack nife



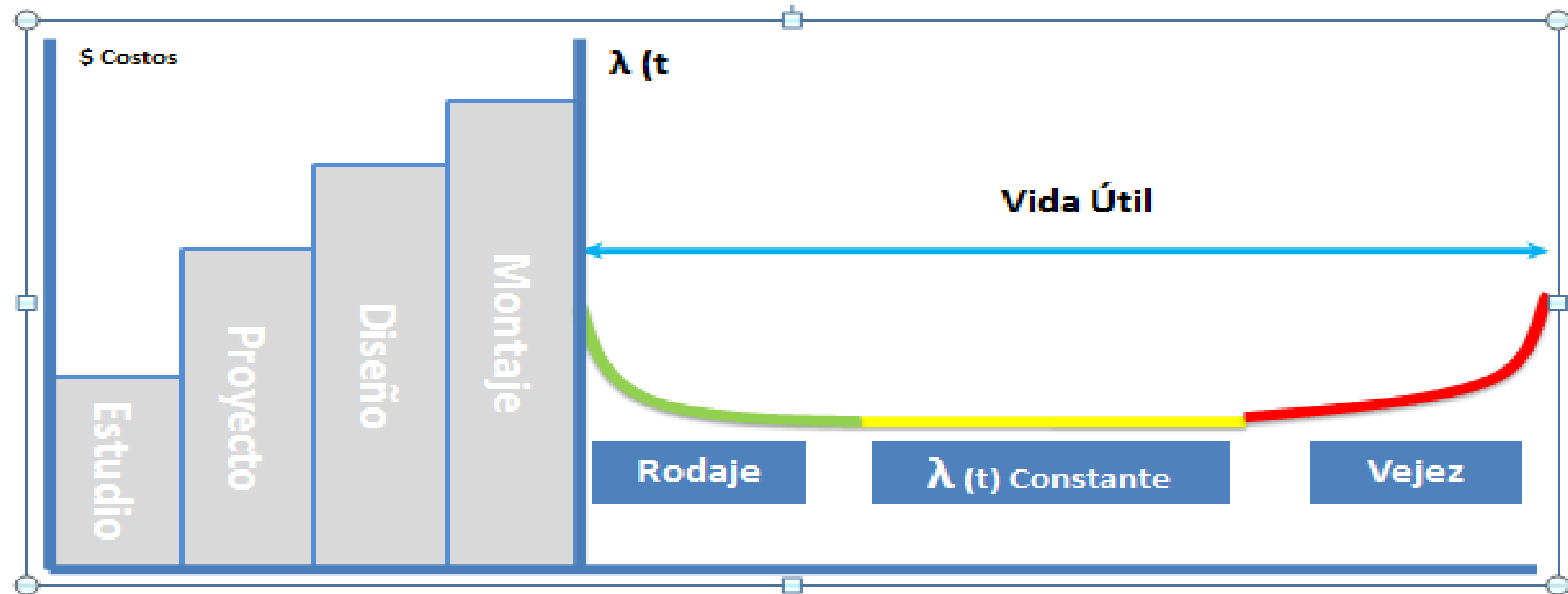
Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Gestión de activos

El Mantenimiento comienza a presentarse más que una unidad cuya función es dar un servicio a Operaciones, pasando ahora a convertirse en una Tema de Negocio cuya función es la de producir una mayor disponibilidad de equipos e instalaciones a un costo razonable

Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Gestión de activos



Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento de condición preventiva

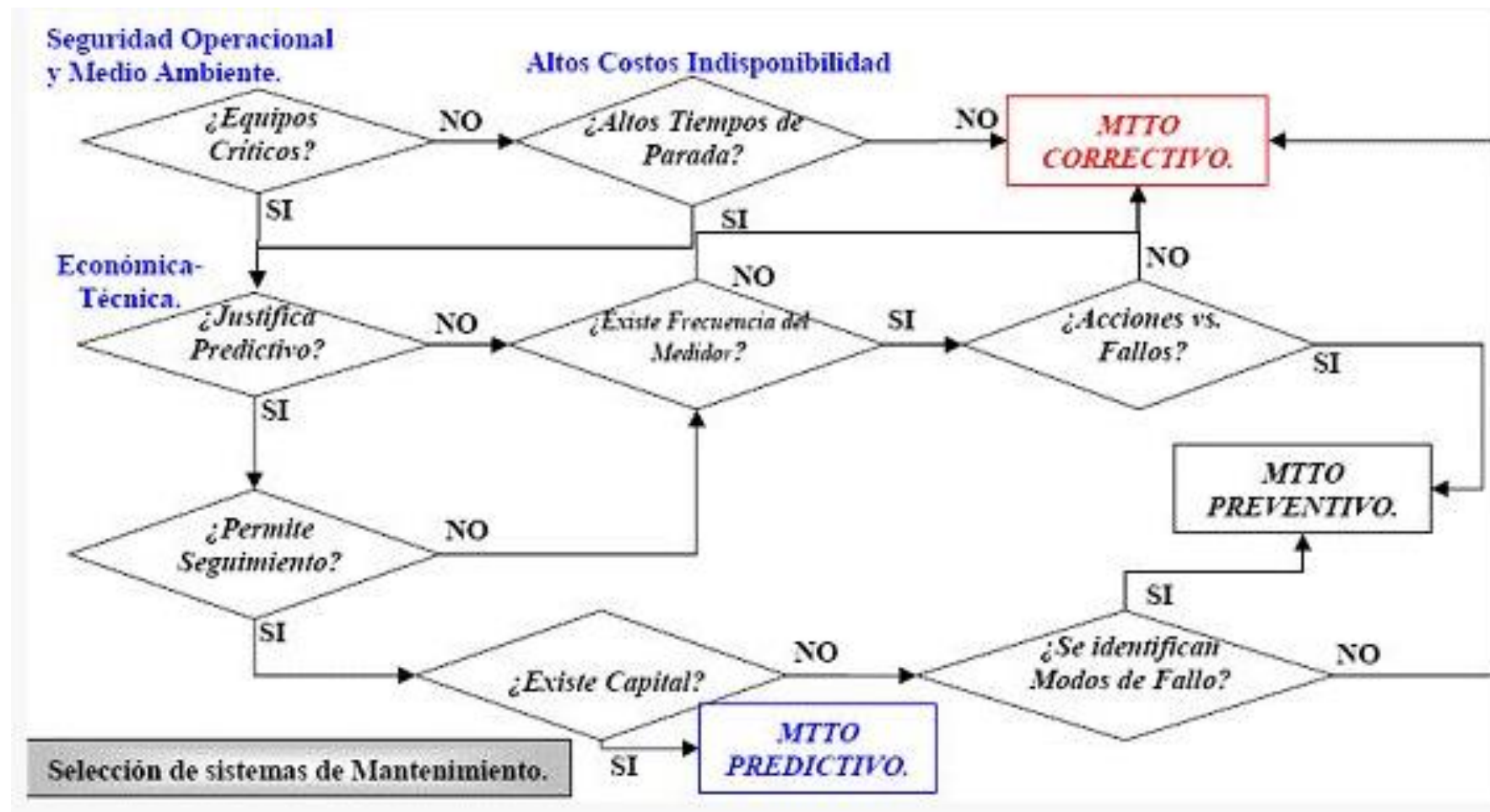
Es el tipo de mantenimiento preventivo que planea las intervenciones, basándose en el resultado de inspecciones o monitoreo de las reales condiciones de funcionamiento.

Esta política busca realizar intervenciones mas dirigidas y oportunas tratando de acercar el reemplazo a la falla funcional del elemento, con la ventaja de aumentar la disponibilidad del sistema,

Se basa en el monitoreo de señales débiles emitidas por el componente y en el consiguiente interpretación del estado de deterioro

Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Diagrama de decisión del mantenimiento

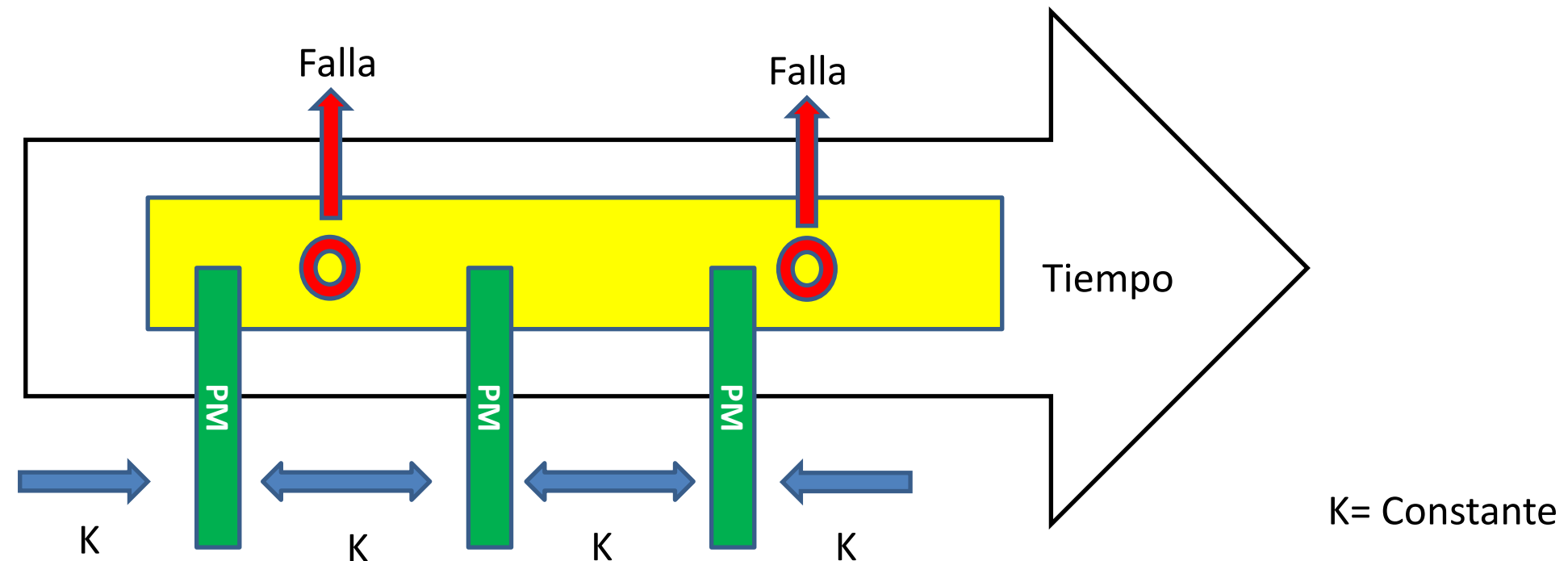


Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento preventivo a fecha constante

Este modelo se sustenta en el hecho que la frecuencia de mantenimiento preventivo es predefinida y en el momento en que se deban realizar las sustituciones es inalterable.

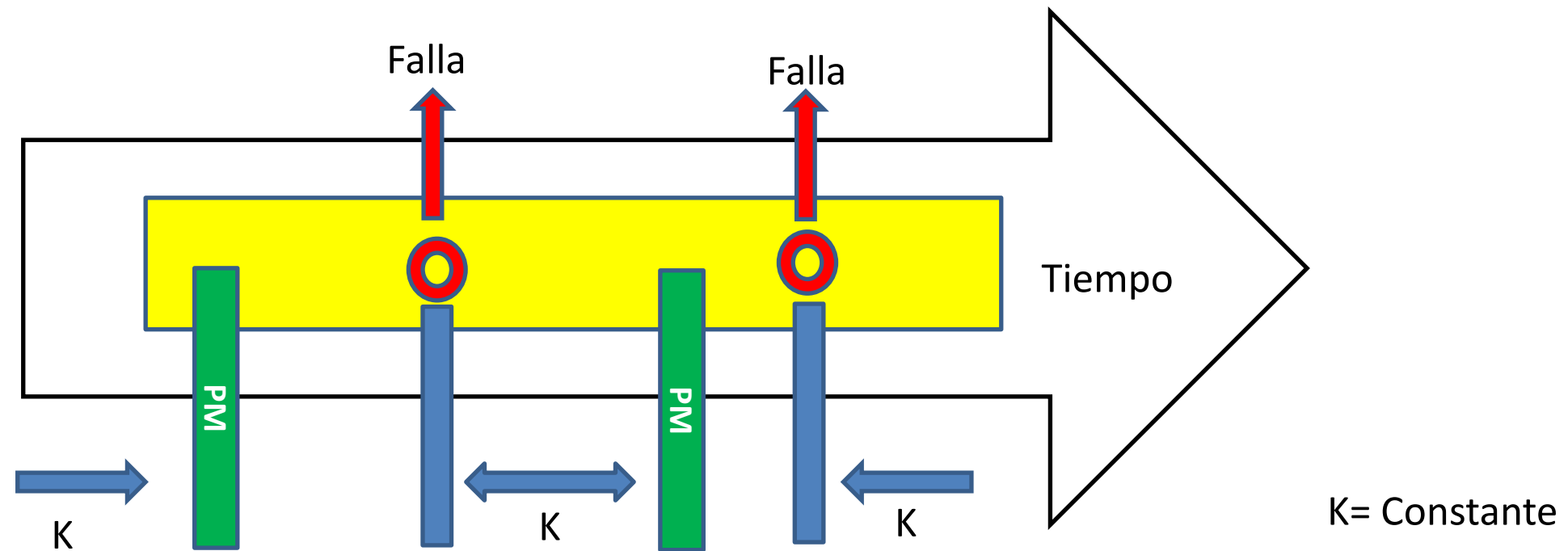
Esta política no es relevante lo que suceda entre intervenciones preventivas



Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento preventivo a edad constante

Este modelo se basa en que el componente se sustituirá en el momento que alcance cierta edad o tiempo de uso. El periodo de sustitución transcurrirá desde la ultima intervención, sea ésta preventiva o correctiva



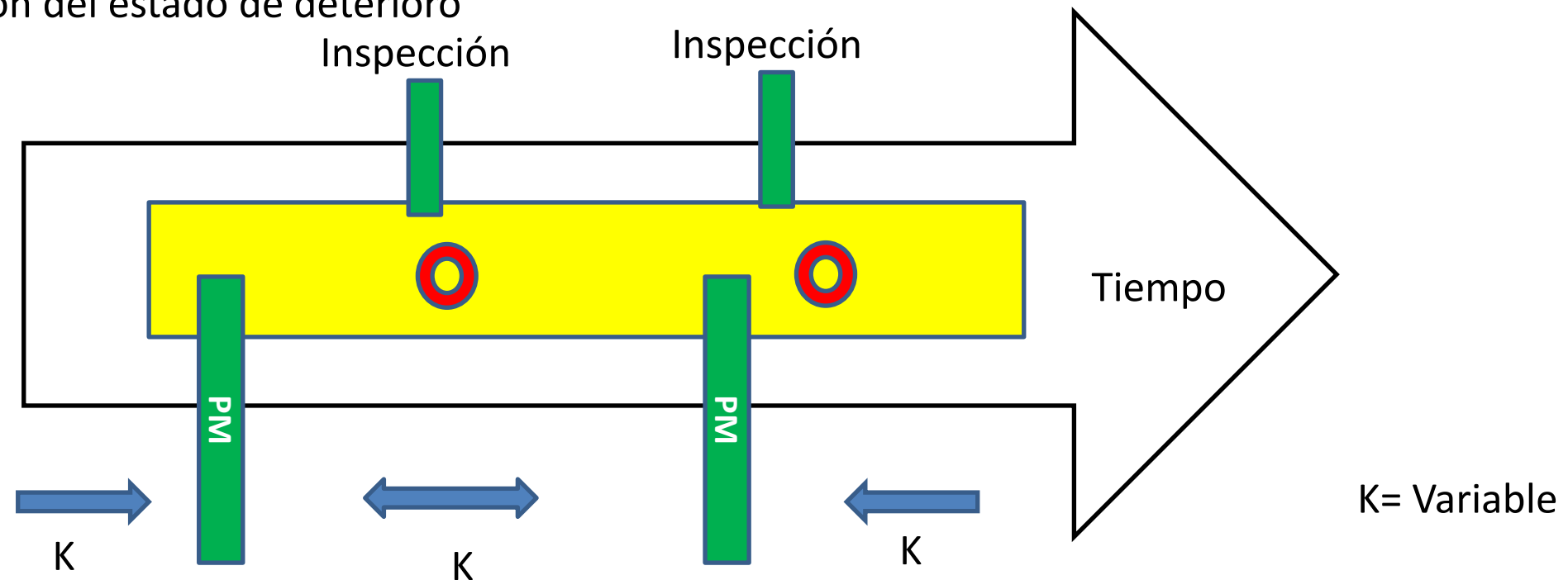
Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento de condición preventiva

Es el tipo de mantenimiento preventivo que planea las intervenciones, basándose en el resultado de inspecciones o monitoreo de las reales condiciones de funcionamiento.

Esta política busca realizar intervenciones mas dirigidas y oportunas tratando de acercar el reemplazo a la falla funcional del elemento, con la ventaja de aumentar la disponibilidad del sistema,

Se basa en el monitoreo de señales débiles emitidas por el componente y en el consiguiente interpretación del estado de deterioro



Tema 5 – Mantenimiento Preventivo

¿Conoces algunos de estos mantenimientos?

¿Qué tipo de mantenimiento aplica en tu trabajo?

Conversemos...