

Presentación Confiabilidad & Disponibilidad

Ing. Claudio Christensen

Tipos de Mantenimiento y Tendencias

2

Clasificación del Mantenimiento

| Correctivo | Preventivo | Modificativo |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actúa una vez ocurrida la falla. Convivimos con la falla. Es un mantenimiento reactivo. | Trata de prevenir la ocurrencia de la falla Trata de predecir el momento de ocurrencia de la falla. Convivimos con la falla. Es un mantenimiento activo. | Procura eliminar la falla definitivamente, en el mejor de los casos. Se busca incrementar el TMEF del equipo. Es un mantenimiento proactivo |

Mantenimiento Correctivo

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Correctivo | | | Sin frecuencia preestablecida al azar |
| De Emergencia | De Urgencia | Aceptado | |
| Ocurre sobre equipos críticos. La intervención no puede diferirse en el tiempo. Es totalmente indeseable | Ocurre sobre equipos críticos o semicríticos. La intervención puede diferirse en el tiempo. No es deseable pero es soportable. | Ocurre sobre equipos no críticos o redundantes. La intervención puede diferirse en el tiempo. Es deseable para el equipo seleccionado. | |

4

Mantenimiento Preventivo

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Preventivo | | | Con frecuencia preestablecida, planificado |
| Rutinario | Sistemático | Predictivo | |
| Control periódico del equipos. Intervención menor. Ajustes, limpieza, lubricación. Realizado por el operario. | En función de un contador (Hs., Km., etc) o por calendario. Intervención mayor. Realizado por Mantenimiento. | En función de un contador, Hs., Km., etc. Mide desarrollo de variables. Predice futura intervención. Realizado por Mantenimiento. | |

5

Mantenimiento Proactivo

| | | | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Modificativo | | | Sin frecuencia preestablecida a necesidad |
| Proyecto | Prevención | Reacondición | |
| Adaptación del equipo original a necesidades de la empresa. | Rediseño del equipo original o de sus partes para minimizar las fallas. | Para incrementar la vida útil del equipo. Aplicación de nuevas tecnologías. | |

6

Mantenimiento Correctivo Emergencia

7

Condiciones de la Emergencia

- Ocurre en circunstancias desfavorables
- Afecta la producción
- Dificultad para conseguir repuestos
- Repuestos faltantes o inadecuados
- Posible falta de apoyo de personal especializado

8

Situación de Emergencia

| | |
|---------------------------|----------|
| Operador | Observa |
| Jefe de Producción | Estorba |
| Jefe de Mantenimiento | Apura |
| Gerente de Planta | Presiona |
| Ejecutor de Mantenimiento | Repara |

9

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas poco ortodoxas
- No es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas de prueba y error
- Excesiva presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo poco apropiadas

10

Consecuencias de la Reparación

- Reparación superficial
- Reparación paliativa
- Acciones provisionales que perdurarán hasta la próxima falla

Degradación acelerada del equipo

11

**Mantenimiento
Correctivo
Urgencia**

12

Condiciones de la Urgencia

- Ocurre en circunstancia controlada
- La intervención es programada
- Efectos sobre la producción controlados
- Disponibilidad de repuestos y recursos
- Repuestos disponibles
- Apoyo de personal especializado

13

Situación de Urgencia

| | |
|---------------------------|----------|
| Operador | Colabora |
| Jefe de Producción | Apoya |
| Jefe de Mantenimiento | Aporta |
| Gerente de Planta | Observa |
| Ejecutor de Mantenimiento | Repara |

14

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas ortodoxas
- Es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas analizadas
- Nula presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo apropiadas

15

Consecuencias de la Reparación

- Reparación completa
- Reparación curativa
- Acciones definitivas que perdurarán en el tiempo

Mantenimiento del equipo

16

Mantenimiento Correctivo Aceptado Mantenimiento Preventivo por Condición

17

Condiciones del Mantenimiento Preventivo por Condición

- Ocurre en circunstancia totalmente controlada
- La intervención es programada y planificada en concordancia con otra intervención
- No afecta la producción
- Disponibilidad de repuestos y recursos
- Repuestos disponibles
- Apoyo de personal especializado
- No afecta la confiabilidad del equipo

18

Situación del Mantenimiento Preventivo por Condición

| | |
|---------------------------|----------|
| Operador | Colabora |
| Jefe de Producción | Apoya |
| Jefe de Mantenimiento | Aporta |
| Gerente de Planta | Observa |
| Ejecutor de Mantenimiento | Repara |

19

Condiciones de la Reparación

- Uso de técnicas ortodoxas
- Es posible detenerse a pensar
- Uso de técnicas analizadas
- Nula presión sobre los ejecutores
- Condiciones de trabajo apropiadas

20

Consecuencias de la Reparación

- Reparación completa
- Reparación curativa
- Acciones definitivas que perdurarán en el tiempo

Mantenimiento del equipo

21

Mantenimiento Correctivo

- Es una actividad reactiva.
- Ocurre cuando la falla está próxima a su límite aceptable
- Es indeseable en equipos críticos cuando es imprevista
- Es tolerable en equipos críticos cuando se detecta prematuramente
- Es recomendable para ciertos equipos
- Resulta de una inspección predictiva

22

Mantenimiento Preventivo

23

Mantenimiento Preventivo?

- Metodología de acciones preventivas de mantenimiento, basada en la Vida útil de partes o componentes.
- Forma parte de sus programas de Buenas Prácticas :
 - Los Programas de Inspección y Limpieza
 - Los Programas de Lubricación
 - Los Programas de recambio, ajustes.
 - Las pequeñas reparaciones.

24

Mantenimiento Preventivo?

- Se ha determinado que aproximadamente un 30% de las Ordenes de Trabajo son innecesarias.

25

Mantenimiento Predictivo

26

Mantenimiento Predictivo

- Metodología de acciones preventivas en mantenimiento, basada en el estado de los Equipos.
- Diagnóstico que se vale de Tecnología para la Medición y el Análisis de las Variables Críticas que llevan al deterioro prematuro de los equipos.

Resulta en un Mantenimiento Correctivo

27

Definiciones

28

Disponibilidad

- Es el porcentaje del tiempo analizado, en el cual el equipo está disponible para producir.

29

Confiabilidad

- Es una probabilidad.
- Es la probabilidad de que un equipo pueda operar sin fallas durante un período estipulado.

30

Mantenibilidad

- Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- También nos indica la accesibilidad para realizar un mantenimiento.

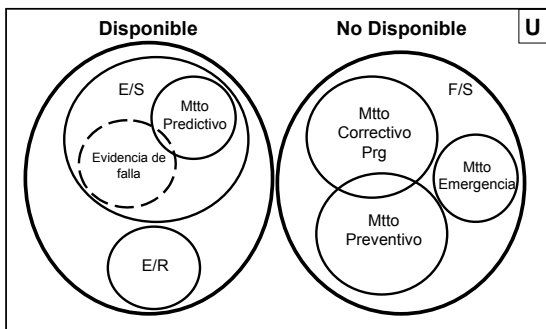
31

Indicadores

32

Teoría de Conjuntos

Diagrama de Venn de Estados



33

Teoría de Conjuntos

Diagrama de Venn de Estados

- Para lograr estos indicadores debemos analizar lo ocurrido dentro de un determinado tiempo, es el tiempo calendario o el tiempo en horas que transcurre entre dos fechas
- El período puede ser un mes, bimestre, trimestre, semestre o año.

34

Teoría de Conjuntos

Diagrama de Venn de Estados

- En el diagrama anterior el conjunto "U", es el conjunto universo, y en él se encuentran todas las horas calendario del período que hemos seleccionado.
- Este conjunto de horas puede dividirse en dos conjuntos menores, las horas que el equipo estuvo disponible o indisponible.
- A su vez, estos conjuntos están formados por otros menores que marcan los sucesos sobre el equipo

35

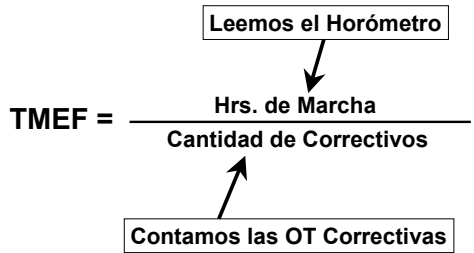
Los 7 indicadores inmediatos

- 1 • TMEF
- 2 • Tmpr
- 3 • Confiabilidad
- 4 • Disponibilidad
- 5 • Confiabilidad por TMEF
- 6 • Tiempo entre Mttos Preventivos
- 7 • Tiempos para Mttos Preventivos

36

1

TMEF



Eventos ocurridos dentro del periodo seleccionado

37

1

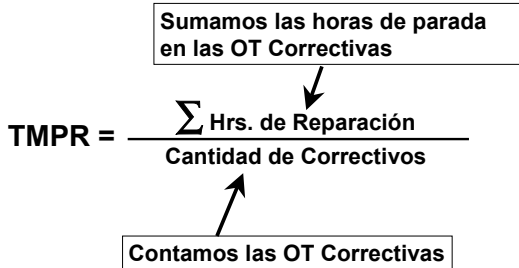
TMEF

- Expresa el tiempo promedio entre intervenciones
- Podemos estudiar un solo equipo o varios equipos similares.
- Extender el TMEF es aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Unidad = Horas equipo

2

TMPR



Eventos ocurridos dentro del periodo seleccionado

39

4

Confiabilidad

Sumamos las horas de parada en todas las OT Correctivas

$$CONF = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto Corr}}{\text{Hrs. Período}}$$

Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas

43

4

Confiabilidad

- Expresa de alguna manera la confianza de nuestro equipo para trabajar un determinado período sin fallas.
- Es posible lograr una confiabilidad del 100%, mas aún cuando los equipos no son de uso continuo, o pertenecen a un sistema redundante

5

Confiabilidad por TMEF y Tmpr

$$CONF = \frac{TMEF}{TMEF + Tmpr}$$

Ya disponemos de estos Indicadores

45

5

Confiabilidad por TMEF y TMPR

- Esta ecuación debe ser usada para equipos que no son de uso continuo, pues no considera los tiempos en reserva.
- Para equipos de uso continuo, ambas formas de cálculo darán el mismo valor.

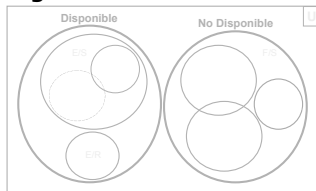
5

Confiabilidad por TMEF y TMPR

$$\text{Conf.} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}}$$

$$\text{Conf.} = \frac{\frac{\text{Hs.E/S}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}}}{\frac{\text{Hs.E/S}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}} + \frac{\text{Hs.F/Sc}}{\text{N}^\circ \text{ Fallas}}}$$

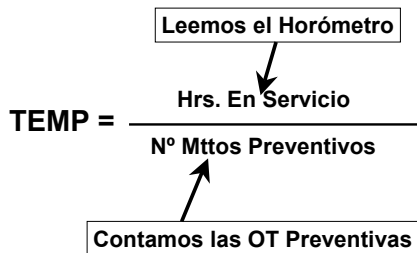
$$\text{Conf.} = \frac{\text{Hs.E/S}}{\text{Hs.E/S} + \text{Hs.F/Sc}}$$



Este indicador solo contempla las horas de marcha o en mantenimiento correctivo, por lo que es independiente de las horas en reserva.

6

Tiempo Medio Entre Mantenimientos Preventivos



6 Tiempo Medio Entre Mantenimientos Preventivos

- Expresa, en promedio, cada cuantas horas el equipo o conjunto de equipos son sometidos a mantenimientos preventivos.
- Su valor debe incrementarse para incrementar la producción.
- Es una herramienta del planificador

7 Tiempo Medio Para Mantenimientos Preventivos

Sumamos las horas de parada en todas las OT Preventivas



$$TPMP = \frac{\sum \text{Hrs. F/S por Mttos Preventivos}}{\text{N}^\circ \text{ Mttos Preventivos}}$$



Contamos las OT Preventivas

50

7 Tiempo Medio Para Mantenimientos Preventivos

- Expresa el tiempo promedio que el equipo está detenido por las intervenciones preventivas.
- Su valor debe ser disminuido para incrementar la producción.
- Es una herramienta del planificador

Factor Común

Sacando factor común necesitamos:

- Horas de Marcha ← Operaciones
- Tipo de OT ← Planificador
- Horas Fuera de Servicio ← Ejecutor

52

Factor Común

- Si sacamos factor común de los datos necesarios para obtener los 7 indicadores, vemos que solo necesitamos registrar tres datos.
- Cada uno de esos datos es cargado al sistema por tres grupos distintos de personas.
- Con esto queremos indicar que no existen motivos para la falta de estos indicadores en nuestra gestión de mantenimiento

53

Comparación

- Confiabilidad
- Disponibilidad

$$\text{CONF} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias} + \text{Correctivos}}{\text{Hrs. Período}}$$

$$\text{DISP} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias} + \text{Correctivos} + \text{Preventivos}}{\text{Hrs. Período}}$$

Comparación

- En la diapositiva anterior vemos que la diferencia entre las ecuaciones de confiabilidad y disponibilidad es solo la variable “mantenimiento preventivo”
- Este es el motivo por el cual debemos manejar los dos indicadores en conjunto

55

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad

- Si las Hs. de Mto Preventivo = 0; Conf.=Disp.

$$\left. \begin{aligned} \text{CONF} &= \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos}}{\text{Hrs. Período}} \\ \text{DISP} &= \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Emergencias + Correctivos} + 0}{\text{Hrs. Período}} \end{aligned} \right\} =$$

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad

- Si las Hs. de Mto Correctivo y Emergencia = 0
Conf.=100% > Disp.

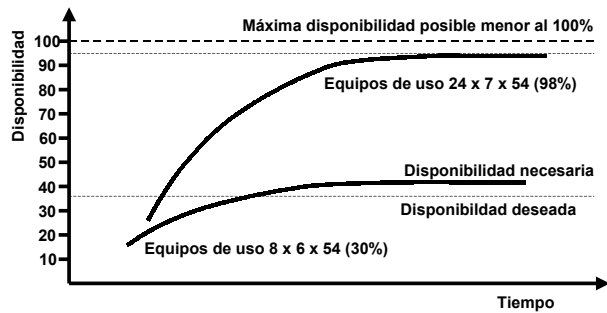
$$\begin{aligned} \text{CONF} &= \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. 0 + 0}}{\text{Hrs. Período}} = 100\% \\ \text{DISP} &= \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. 0 + 0 + Preventivos}}{\text{Hrs. Período}} < 100\% \end{aligned}$$

Confiabilidad Vs. Disponibilidad

- La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad.
- Si las Hs. de Mtto Preventivo = 0; Conf.=Disp.
- Si las Hs. de Mtto Correctivo y Emergencia = 0 Conf.=100% > Disp.

58

Disponibilidad

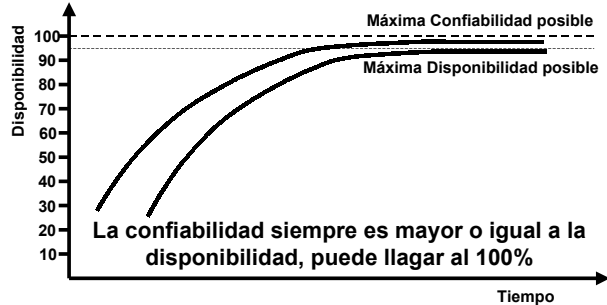


La disponibilidad es asintótica a valores cercanos al 100%

59

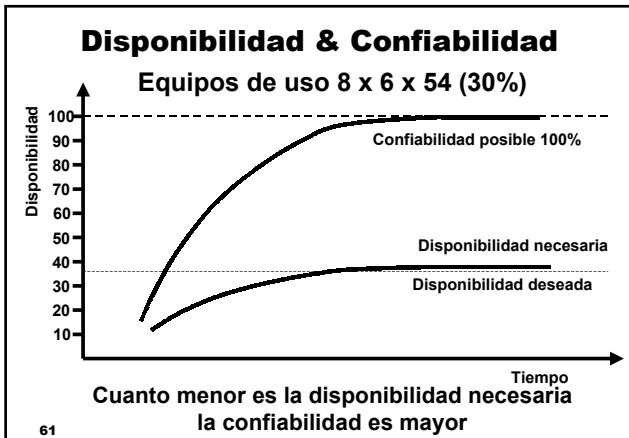
Disponibilidad & Confiabilidad

Equipos de uso 24 x 7 x 54 (98%)



La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad, puede llegar al 100%

60



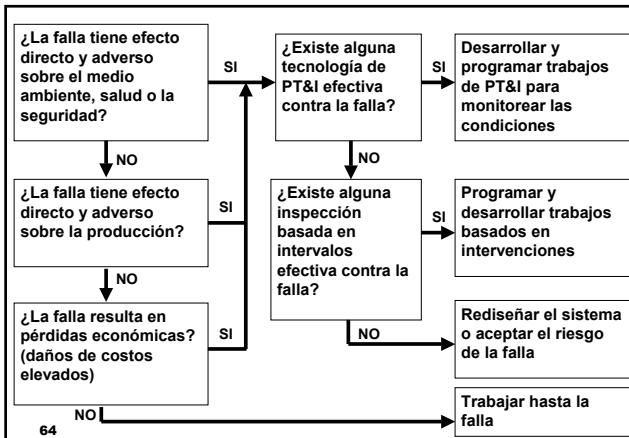
Confiabilidad Posible

- Determinada la disponibilidad necesaria y el calendario de actividad del equipo es posible determinar la mayor confiabilidad posible
- Además se pueden fijar objetivos de una confiabilidad mayor (100%)
- Cuanto menor es la disponibilidad necesaria mas alta puede ser la confiabilidad posible

62

| Tipos de Mantenimiento Vs. Indicadores | Conf | Dispc | TMEF | TMPR | TMEMP | TMPMP |
|----------------------------------------|------|---------|------|------|-------|-------|
| Emergencia | SI | SI | SI | SI | NO | NO |
| Correctivo | SI | SI | SI | SI | NO | NO |
| Preventivo | NO | SI | NO | NO | SI | SI |
| Predictivo | NO | NO (SI) | NO | NO | NO | NO |
| Preventivo por condición | NO | SI | SI | SI | NO | NO |
| Detectivo | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

63



Recorridas de Inspección

- Recorridas por el operador
 - Observa condiciones dudosas del equipo durante su funcionamiento, alerta a mantenimiento
- Recorridas por el mantenedor
 - Inspecciones periódicas programadas por mantenimiento para observar el desarrollo de posibles fallas

65

Prioridades de OT

| | |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| Prioridad 0 | Ya! – acción inmediata Mantenimiento de Emergencia |
| Prioridad 1 | En 3 días Mantenimiento correctivo |
| Prioridad 2 | En 15 días Mantenimiento preventivo por condición |
| Prioridad 3 | Cuando se pueda Mantenimiento de Oportunidad |

Existen 2 límites bien definidos, prioridad 0 y 3
 Prioridades 1 y 2 pueden variar según la empresa

66

Prioridades de OT

| | Prioridades | | | |
|------------------|-------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Equipo Clase "A" | | | | |
| Equipo Clase "B" | X | 1 | 2 | 3 |
| Equipo Clase "C" | X | X | 2 | 3 |

Determinar la prioridad de la OT según la criticidad de equipos evita generar intervenciones urgentes cuando realmente no lo son

67

Plan de Contingencia

- Para cada equipo con un calendario de producción dado, es posible programar paradas mayores sin consecuencias para la producción, si contamos con un Plan de Contingencia
- Puede ser la disponibilidad de un equipo suplente, contratación de un servicio u otra condición

68

TMEF

¿Cómo debemos actuar para mejorar el TMEF?

- Mejores prácticas de mantenimiento
- Mantenimiento Proactivo

69

TMPR

¿Cómo debemos actuar para mejorar el TMPR?

- Mantenimiento proactivo para aligerar los tiempos de reparación
- Utilizar equipos de recambio
- Capacitación

70

FIN

Claudio.christensen@simingenieria.com.ar
www.simingenieria.com.ar
www.clubdemantenimiento.com.ar

2005
