TOOLBOX SESIÓN 10

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



Impacto de las Fallas

Cuantificación de Costos y Riesgos de Paradas

Ing. Ind. Santiago Sotuyo Blanco, CMRP, CRL, AMP-S

Ingeniero Principal de Confiabilidad – Latino América

Baker Hughes

1

Objetivos

Estimar el Impacto de las Fallas y Cuantificar Costos y Riesgos asociados.

- Aprender como analizar todos los Efectos de Falla.
- Ser capaz de Cuantificarlos, tanto para:
  - Impactos Financieros o
  - Riesgo.
- A partir de la Matriz de Riesgo, desarrollar los parámetros utilizables para su uso en softwares de Análisis de Confiabilidad.
- Aplicar todos estos valores cuantificados en:
  - Optimizaciones Costo-Riesgo-Desempeño mediante,
  - Software de Análisis de Confiabilidad con capacidades de optimización por simulación estadística.

Cordant

Baker Hughes

4

Aprendizajes Clave

- Desarrollar Competencias prácticas para calcular, validar y comunicar:
  - Costo por hora y fijos de parada,
  - Otras pérdidas derivadas de las fallas,
  - Con enfoque replicable, auditable y alineado a la realidad operativa y financiera.
- Aplicar modelo de análisis y cálculo para Activos o Sistemas, por capas que integran los componentes que más impactan:
  - Pérdida de producción (Lucro cesante o Margen de contribución),
  - Restricciones de capacidad y cuellos de botella,
  - Costos de arranque y recuperación (ramp-up),
  - Calidad/retrabajo y consumos variables relevantes.

Cordant Baker Hughes

5



Entendiendo el Impacto de la Falla

Cordant Baker Hughes

6

Preguntas a la Dirección



- ¿Cuánto cuestan las fallas?
  - ¿Cuál es el riesgo de las fallas?
    - ¿Cuál es el lucro cesante de la pérdida de producción?
      - ¿Se repiten las fallas con frecuencia?
        - ¿Analizamos las fallas para identificar causas y actuar en consecuencia?
          - ¿Cuál es la confiabilidad y disponibilidad de los equipos?
            - ¿Si evitamos las fallas, cuanto ganamos?
              - ¿Cuál es el premio?

Cordant Baker Hughes

7

Vamos a Estimar el Tamaño del Premio



Cordant Baker Hughes

8

Introducción

- Fallas de Activos generan Impactos Económicos y Riesgos.
  - Trascienden la Pérdida de Producción.
  - Afectan Costos, Calidad, Energía, Seguridad, Ambiente, Cumplimiento y Reputación.
- Sin embargo, muchas organizaciones continúan **subestimando o calculando inadecuadamente** el Costo por Hora de Parada.
- Esta debilidad analítica:
  - *Erosiona el Caso de Negocio de la Confiabilidad,*
  - *Distorsiona Prioridades y*
  - *Posterga Decisiones de Inversión y Mitigación de Riesgos.*

Cordant Baker Hughes

9

Introducción

- El enfoque propuesto aborda esta brecha mediante:
  - Desarrollar Competencias críticas:
    - ❖ Cálculo, validación y comunicación de Costos y Riesgos de manera estructurada, replicable y auditable.
    - ❖ Alineada con Operaciones y Finanzas.
  - Integrar los principales componentes que determinan los Impactos Económicos y de Riesgos incluyendo:
    - ❖ Valores por Hora, y
    - ❖ Valores por Ocurrencia (Fijos).

Cordant Baker Hughes

10

Introducción

- El **"aprender haciendo"** permite construir plantillas aplicables a Activos, enfatizando la importancia de:
  - Documentar supuestos,
  - Realizar validaciones y
  - Presentar resultados en lenguaje Operativo y Financiero.
- De este modo,
  - Fortalecemos fundamentos técnicos y económicos de la Confiabilidad,
  - Habilitando decisiones oportunas y alineadas con:
    - ❖ Creación de Valor y
    - ❖ Gestión de Riesgo.

Cordant Baker Hughes

11

Cuantificación de Pérdidas

Se Cuantificarán Pérdidas tales como:

- ❑ Costo de Pérdida de Producción por Hora de Parada = Lucro Cesante = Margen de Contribución. ($/hora)
- ❑ Pérdidas de Producción Fijas por cada Parada. ($/cada vez)
- ❑ Costos de Reparación con Daños Secundarios. ($)
- ❑ Costos de Calidad y Reprocesos. ($)
- ❑ Costos de Energía. ($)
- ❑ Riesgos de Seguridad. (R)
- ❑ Riesgos Ambientales. (R)
- ❑ Riesgos de Cumplimiento y Legal. (R)
- ❑ Reclamos de Clientes. ($)
- ❑ Etc.

Cordant Baker Hughes

12

Costo de la Falla ...

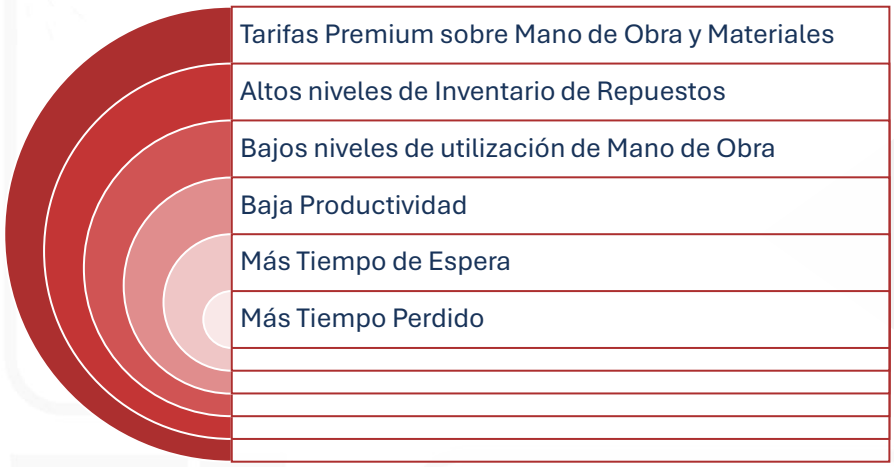
El negocio de la confiabilidad es reducir las pérdidas causadas por fallas.

Pérdida de Producción	Costos de Reparación	Riesgos de Seguridad
Incidentes Ambientales	Impactos de Calidad	Reclamos de Clientes

Cordant Baker Hughes

13

Mantenimiento Reactivo - Aumenta el Costo del Trabajo



Cordant Baker Hughes

14

Ingeniería de Confiabilidad - Impulsa la Gestión Proactiva del Mantenimiento

Proporciona una base sólida para:

- Decidir las tareas de mantenimiento óptimas
- Determinar los requerimientos de repuestos
- Asignar los recursos humanos
- Definir los esfuerzos de rediseño necesarios
- Determinar los programas de mantenimiento

Cordant Baker Hughes

15

Ingeniería de Confiabilidad

También proporciona:

- Eliminación de Defectos
- Reducción del Mantenimiento Reactivo
- Activos que Trabajan
- Riesgo Reducido
- Costos de Mantenimiento Reducidos
- Mas Producción
- Costos de Falla Menores

Cordant Baker Hughes

16



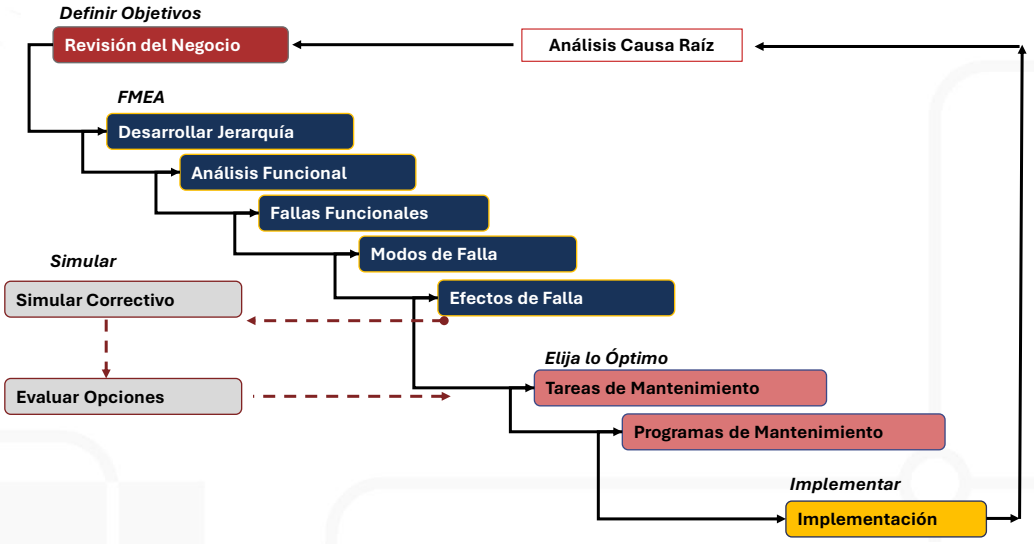
Cuantificando el Impacto de la Falla

Cordant

Baker Hughes

17

Proceso de Optimizacion de Mantenimiento



Cordant

Baker Hughes

18

Revisión del Negocio

- Meta del Proyecto:

❑ Identificar lo que mueve al proyecto (Razones Financieras)

❑ Entender los impactos de las fallas: Costos / Riesgos

❑ Ordenar los ítems mantenibles en orden descendiente de importancia

❑ Determinar que tantas veces se tiene que analizar usando la regla 80:20

❑ Desarrollar un plan

Gestionar como un proyecto: con tiempos, recursos y resultados.

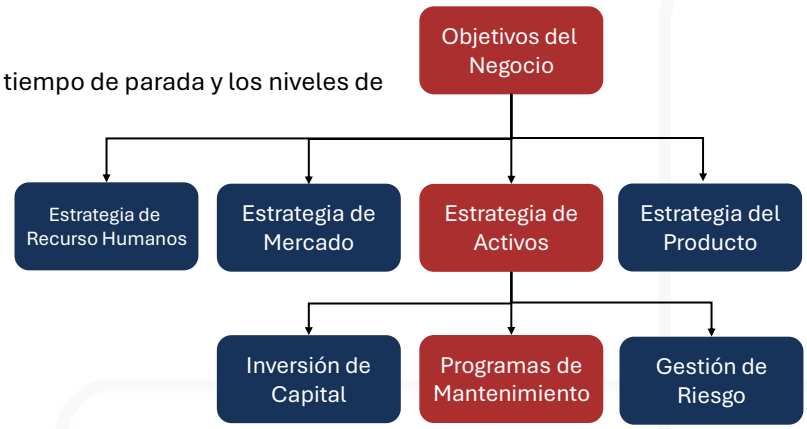
Pero siempre dentro de un ***Proceso de Gestión de Activos***

Cordant Baker Hughes

19

Revisión del Negocio

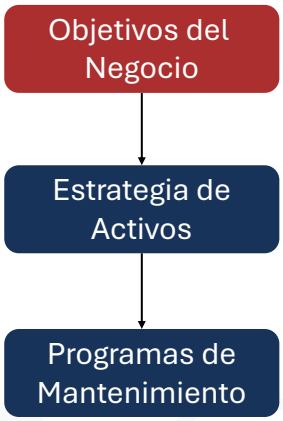
- Entender la contribución de los activos al desempeño del negocio es esencial en la toma de decisiones de mantenimiento.
- Determinar costo unitario de tiempo de parada y los niveles de umbral de riesgo



Cordant Baker Hughes

20

Definir la Contribución de las Metas del Negocio en Términos Cuantificables



Producir 10,000 toneladas/año con bajo riesgo en seguridad, bajo impacto ambiental, y con costo de 500 USD/ton.

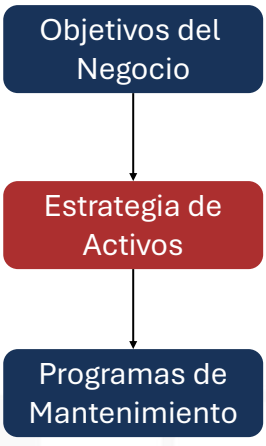
Entender su Negocio...

Cordant

Baker Hughes

21

Determinar la Estrategia de Activos en Términos Mensurables Específicos



Entender al activo...

Disponibilidad del 85% en operación a capacidad nominal, con mínimos derrames y con menos de 2% de reprocesos.

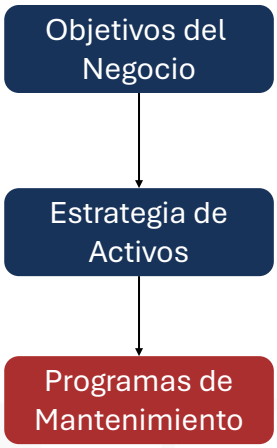
Medir la oportunidad...

Cordant

Baker Hughes

22

Determinar Planes de Mantenimiento con Tareas Específicas Alineadas con la Estrategia



El mejor mantenimiento cumple con la estrategia de activos y los objetivos del negocio al menor costo de ciclo de vida.

Las tareas de mantenimiento que se realizan a una frecuencia especifica, con repuestos y recursos definidos.

Cordant Baker Hughes

23

Ejemplos de Revisión del Negocio

Mina de Carbón
- Seguridad
- Pérdida de Ingresos
- Legislación
- Bajo uso de capital
- Aumento de los costos operacionales
- Medio Ambiente

Generador de Energia
- Falta de disponibilidad provocando la desconexión de carga.
- Fallos de Unidad
- Impacto en la eficiencia
- Intervalos de apagones
- Seguridad
- Medio Ambiente

Refinería
- Seguridad
- Medio Ambiente
- Capacidad de la Planta
- Reducción de riesgos o peligros
- Los costos de operación
- Costo de Capital

El Desafío: Definir el Impacto al Negocio (Costo) de las Fallas, relativo a los Objetivos de Negocio.

¿Qué es importante?

Costo por Hora de Parada
Seguridad / Medio Ambiente
Impacto al Cliente
Costo de Falla por Evento
Operaciones
Exposición Pública

Cordant Baker Hughes

24

Justificar las Decisiones de Mantenimiento

Lograr la producción y seguridad de la planta usando los recursos óptimos.

- Producción en cantidad y calidad
- Disponibilidad de la planta
- Seguridad y requisitos legales
- Eficiencia operativa



Definir la estrategia de mantenimiento para cada ítem mantenible

- Tareas de mantenimiento con las frecuencias, la duración, los materiales, y la mano de obra especificadas.

La razón de porque es importante entender los objetivos del negocio, es que el costo de mantenimiento debe ser balanceado con el costo de las fallas.

Cordant Baker Hughes

25



¿Cómo se Calcula la Pérdida de Producción?

Cordant Baker Hughes

26

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 1: Producción de Un Solo Producto

- Pérdida de Producción por Ton = **PPT**
- Lucro Cesante por Ton = **LCT**
- Margen de Contribución por Ton = **MCT**
- Precio de Venta por Ton = **PVT**
- Costos Variables por Ton = **CVT**

$$PPT = LCT = MCT = PVT - CVT$$

Cordant Baker Hughes

27

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 2: Producción de Tres Productos

- Producto 1, % de producción = **a**
- Producto 2, % de producción = **b**
- Producto 3, % de producción = **c**

$$PPT_1 = LCT_1 = MCT_1 = PVT_1 - CVT_1$$
$$PPT_2 = LCT_2 = MCT_2 = PVT_2 - CVT_2$$
$$PPT_3 = LCT_3 = MCT_3 = PVT_3 - CVT_3$$

Cordant Baker Hughes

28

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 2: Producción de Tres Productos

- Pérdida de Producción por Hora = **PPH**
- Toneladas por Hora = **TPH**
- Pérdida de Producción de Máquina por Hora = **PPMH**

$$PPH = PPT * TPH$$

$$PPMH = a * PPH_1 + b * PPH_2 + c * PPH_3$$

Cordant Baker Hughes

29

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 1: Producción de Un Solo Producto

- Pérdida de Producción por Ton = **PPT**
- Lucro Cesante por Ton = **LCT**
- Margen de Contribución por Ton = **MCT**
- Precio de Venta por Ton = **$ 1000**
- Costos Variables por Ton = **$ 600**

$$PPT = LCT = MCT = 1000 - 600 = 400\ \$/T$$

Cordant Baker Hughes

30

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 2: Producción de Tres Productos

- Producto 1, % de producción = **20%**
- Producto 2 , % de producción = **30%**
- Producto 3 , % de producción = **50%**

$$PPT_1 = LCT_1 = MCT_1 = 1000 - 600 = 400\ \$/T$$
$$PPT_2 = LCT_2 = MCT_2 = 800 - 550 = 250\ \$/T$$
$$PPT_3 = LCT_3 = MCT_3 = 2500 - 1700 = 800\ \$/T$$

Cordant Baker Hughes

31

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 2: Producción de Tres Productos

- Pérdida de Producción por Hora = **PPH**
- Toneladas por Hora = **50 T/Hr**
- Pérdida de Producción de Máquina por Hora = **PPMH**

$$PPH_1 = 400 * 50 = 20.000\ \$/Hr$$
$$PPH_2 = 250 * 50 = 12.500\ \$/Hr$$
$$PPH_3 = 800 * 50 = 40.000\ \$/Hr$$

$$PPMH = 0,2 * 20K + 0,3 * 12,5K + 0,5 * 40K$$

Cordant Baker Hughes

32

Costo de Pérdida de Producción – Lucro Cesante

Caso 2: Producción de Tres Productos

- Perdida de Producción por Hora = **PPH**
- Toneladas por Hora = **50 T/Hr**
- Pérdida de Producción de Máquina por Hora = **PPMH**

$$PPMH = 0,2 * 20K + 0,3 * 12,5K + 0,5 * 40K$$

$$PPMH = 27.750\ \$/Hr$$

Cordant Baker Hughes

33

Efectos de Falla - Consecuencia de Falla

- La ocurrencia de algunas fallas tiene mayor impacto o consecuencia que otras
- Los efectos de modos de falla pueden ser categorizado en términos de su impacto en:
  - ❑ Seguridad y Ambiente
  - ❑ Operaciones
  - ❑ Costos
    - Por evento
    - Por hora

Cordant Baker Hughes

34

Efectos de Falla - Consecuencia de Falla

- Efectos de Falla:
  - Describen lo que va a **suceder** cuando un modo de falla **ocurre**.

- Consecuencias de Falla:
  - En un análisis de RCM estamos enfocados en entender de qué manera cada modo de falla **importa** para determinar el óptimo esfuerzo y así minimizar el impacto.

Cordant Baker Hughes

35

Consecuencia de Falla – Aproximación Inicial

- Asignar Efecto/Consecuencias de Falla a cada Modo de Falla
- Ordenar el sistema por Efectos/Consecuencia utilizando el reporte de Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA).
- Genere una lista de Modos de Falla importantes basado en Criticidad (FMECA).
- Use la lista FMECA para Identificación, Documentación de Riesgos y Análisis de Oportunidades.

Cordant Baker Hughes

36

Reporte FMEA / FMECA

FMEA

Plastic sheet extrusion plant

Location description	Function description	Functional failure description	Cause ID	Cause description	Effects IDs	Effects descriptions
Air supply system	Provide high pressure air supply to extrusion unit	Failure to supply high pressure air	AS.1.A.1	Worn bearings	SLOSS	Small loss of production (1-20%)
			AS.1.A.2	Fan motor burns out	MLOSS	Major loss of production (60-100%)
Backup power diesel generator	Supply backup power when grid supply fails	Fails to supply on demand	PO.1.A.1	Fails to start	MLOSS [RF=0.005]	Major loss of production (60-100%) [RF=0.005]
Blade	Cut plastic sheets cleanly	Blade stopped/jammed	BLA.1.A.1	Insufficient lubricant		
			BLA.1.A.2	Motor breaks down		
			BLA.1.A.3	Blade shears		
		Cut uneven/poor quality	BLA.1.B.1	Blade Blunted		
			BLA.1.B.2	Insufficient lubricant		
Breaker plate	Provide back pressure	Pressure released	FIL.2.2.A.1	Rupture due to fault and/or over-pressure	LOWQ	Unacceptable product quality
		Pressure uneven	FIL.2.2.B.1	Partial clog	ILOSS	Intermediate loss of production (20-80%)
	Reinforce filters	Fails to reinforce filters	FIL.2.1.A.1	Structural fault	LOWQ	Unacceptable product quality
Conveyor	Steady feed of sheets to cutter/thermoformer	Belt unstable	CON.1.D.1	Roller(s) shear		
			CON.1.D.2	Belt damaged		
			CON.1.D.3	Bearings worn	SLOSS	Small loss of production (1-20%)
		Conveyor moves too quickly	CON.1.B.1	Human error		
			CON.1.B.2	Bearings worn	SLOSS	Small loss of production (1-20%)
		Conveyor moves too slowly	CON.1.A.1	Control system failure		
			CON.1.A.2	Human error		
			CON.1.A.3	Bearings worn	SLOSS	Small loss of production (1-20%)
		Coveyor fails	CON.1.C.1	Control system failure		

Compiled by: Workgroup A
Approved by: A. Manager

Page 1 of 5

Cordant

Baker Hughes

37



¿Qué es una Matriz de Riesgos?

Cordant

Baker Hughes

38

Matriz de Riesgos

- Se utiliza para definir los Niveles de Riesgo.
- Considera la Probabilidad y la Severidad de un evento para generar un Nivel de Riesgo.
- Un mecanismo simple para aumentar la visibilidad de los Riesgos y facilitar la toma de decisiones gerenciales.

Cordant

Baker Hughes

39

39

Ejemplo de Matriz de Riesgos

			SEVERIDAD					
			1	2	4	6	8	10
		Seguridad	Cuasi Accidente	Primeros Auxilios	Menor	Reportable	Tiempo Perdido	Fatalidad
		Parada	<30min	30min - 1h	1h - 2h	2h - 4h	4h - 8h	> 8h
		Ritmo Reducido	30min - 1h	1h - 2h	2h - 4h	4h - 8h	8h - 24h	> 24h
PROBABILIDAD	1	**< 1 Año**	ALTO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO	SEVERO
	0.5	**2 Año**	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO	SEVERO
	0.25	**4 Años**	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO
	0.2	**5 Años**	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO
	0.1	**10 Años**	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	SEVERO
	0.05	**20+ Años**	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO

Cordant

Baker Hughes

40

40

Severidad de Riesgo y Criticidad

Los Niveles de Severidad dentro del modelo son usados en Niveles Límites para varios Eventos.

Esto permite resultados fáciles de interpretar ya que el límite será de 1.

Por Ejemplo:

$$Riesgo\ o\ Criticidad = Severidad * Frecuencia$$

- Si el ***Límite de Frecuencia Tolerable*** es **F = 1 cada 10 años = 1/87600** para un evento mayor.
- Se asigna una ***Severidad*** de **S = 87600** para eventos mayores
- ***Riesgo o Criticidad*** = **S x F = 87600 x 1/87600 = 1**
- Cualquier **Riesgo o Criticidad mayor que 1**, significará que el evento está ocurriendo a una **Frecuencia mayor que el Nivel Tolerable** permitido.

Cordant Baker Hughes

41

Severidad de Riesgo y Criticidad

87600 horas

		SEVERIDAD					
		1	2	4	6	8	10
	Seguridad	Cuasi Accidente	Primeros Auxilios	Menor	Reportable	Tiempo Perdido	Fatalidad
	Parada	<30min	30min - 1h	1h - 2h	2h - 4h	4h - 8h	> 8h
	Ritmo Reducido	30min - 1h	1h - 2h	2h - 4h	4h - 8h	8h - 24h	> 24h
PROBABILIDAD 1	< 1 Año	ALTO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO	SEVERO
0.5	2 Año	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO	SEVERO
0.25	4 Años	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO	SEVERO
0.2	5 Años	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO	SEVERO
0.1	10 Años	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	SEVERO
0.05	20+ Años	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO

1 en 10 años

1 en 87600 horas

Riesgo o Criticidad = S x F = 87600 x 1/8760 = 1

Cordant Baker Hughes

42

42

Criticidad de Activos

La **Criticidad del Activo** evalúa la importancia relativa de un activo para el negocio al evaluar el impacto cuando este falla.

La Criticidad puede analizarse en dos niveles distintos:

- Nivel de Activo y
- Nivel de Modo de Falla

FMEA y FMECA siguen los mismos pasos, salvo que el FMECA incluye pasos adicionales para definir la Criticidad.

Cordant Baker Hughes

43

Criticidad de Activos

A Nivel del Activo:

- Esto se realiza por fuera del contexto del FMEA y, generalmente, antes de iniciar el FMEA.
- Se utiliza para priorizar los activos y determinar el orden del análisis FMEA.

  Los activos de baja criticidad pueden no requerir un FMEA y emplear las recomendaciones del fabricante (OEM) o la estrategia de operar hasta la falla (Run-to-Failure, RTF) como estrategia inicial.

A Nivel del Modo de Falla:

- Generalmente se realiza dentro de un FMECA (Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad).
- Se utiliza para priorizar los Modos de Falla y determinar el orden del análisis de Tareas de Mitigación.
  - Frecuentemente se omite el Análisis de Tareas de Mitigación para los Modos de Falla de menor criticidad; en su lugar, se adoptan recomendaciones del OEM, de los SME o estrategias RTF.

Cordant Baker Hughes

44

Criticidad a Nivel de Activo

El método típico consiste en utilizar una **Matriz de Riesgo** de Probabilidad de Falla vs. Severidad del Efecto (Probabilidad vs. Consecuencia)

El FMEA se realiza sobre el Modo de Falla Dominante del Activo, que es el modo de falla probable más crítico, generalmente definido de manera subjetiva.

La Criticidad del Activo se utiliza para priorizar más allá del desarrollo de la estrategia:

- Órdenes de trabajo correctivo de mantenimiento en la programación semanal
- Órdenes de trabajo preventivo cuando lo indica la programación
- Estrategias de repuestos
- Distribución de gastos de capital
- Etc.



$$Riesgo\ o\ Criticidad = Severidad * Frecuencia$$

Cordant Baker Hughes

45

Criticidad a Nivel del Modo de Falla

Existen tres métodos típicos:

- Matriz de Riesgo
- Número de Prioridad de Riesgo – RPN
- Enfoque Cuantitativo según MIL-1629A*

* El primer procedimiento FMECA fue desarrollado por el Ejército de EE. UU. como Procedimiento Militar MIL-P-1629, “Procedimientos para realizar un análisis de modos, efectos y criticidad de fallas”, en 1949.

Cordant Baker Hughes

46

Criticidad a Nivel del Modo de Falla

Método de **Matriz de Riesgo** empleado en el Análisis a Nivel de Activo para cada Modo de Falla y Efecto identificado

Usar un **Número de Prioridad de Riesgo – RPN**

$$RPN = Severidad * Probabilidad * Detectabilidad$$

- Cada uno en una **Escala de 1 a 10**.
- La Probabilidad y la Severidad provienen generalmente de una Matriz de Riesgo.
- La Detectabilidad suele definirse de forma Subjetiva en base a:
  - La Confiabilidad y Precisión del Método de Detección para Identificar un Modo de Falla Inminente o Punto P de Falla Potencial.
  - El Tiempo de Advertencia (Intervalo P-F) que se proporciona de forma consistente antes de que ocurra la Falla Funcional.

Cordant Baker Hughes

47

Criticidad a Nivel del Modo de Falla

Un **Enfoque Cuantitativo** según **MIL-1629A***

- Un método intensivo, que requiere un nivel de calidad de datos de los modos de falla que rara vez se obtiene.
- Por lo general no se utiliza, salvo en situaciones que lo exijan y donde los datos estén estrictamente controlados y se generen con precisión

$$C_m = B * A * Lp * T$$

C_m = Número de Criticidad para el Modo de Falla
B = Probabilidad del Efecto de Falla
A = Tasa de Modos de Falla (Factor de Asignación)
L_p = Tasa de Falla de la Parte que Falla
T = Tiempo de Misión

Fuente: MIL-STD-1629A

Cordant Baker Hughes

48

FMECA: Ejemplo de Matriz de Riesgo

Probabilidad de Ocurrencia			Severidad del Efecto				
			Baja	Menor	Moderada	Mayor	Catastrófica
			1	3	5	8	10
	Múltiples veces/año	10	10	30	50	75	100
	Cada 1 - 5 años	8	8	24	40	64	75
	Cada 5 - 10 años	5	5	15	25	40	50
	Cada 10 - 20 años	3	3	9	15	24	30
	> 20 años	1	1	3	5	8	10

Cordant Baker Hughes

49

FMECA: Ejemplo de Matriz de Riesgo

Las categorías típicas de severidad incluyen:

- Seguridad*, Ambiental*, Ingresos (Producción Perdida por tiempo de parada o calidad), Costos (Reparaciones y Materia Prima desperdiciada) y cualquier otro Impacto al Negocio vital para la organización.

(*) Muchas organizaciones ubican actualmente los Impactos de Seguridad y Ambientales en una matriz separada de la Matriz de los Impactos Financieros.

- Pero los resultados de ambas matrices se utilizan para definir una única calificación máxima global, independientemente de la categoría.

Cordant Baker Hughes

50

FMECA – Ejemplo Semi-Cuantitativo

Activo	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Probabilidad	Severidad	Criticidad
Bomba Centrífuga	Sello	Contener agua hasta 200 psi	Fugas de agua en el sello	Desgaste por edad	Peligro potencial de resbalón (casi accidente)	8	1	8
	Rodamiento	Proporcionar rotación suave de la bomba hasta 3000 rpm,	La bomba no rota suavemente a ninguna rpm	Desgaste por edad	Parada de línea por 8 h a $500/h + $500 de costo de reparación	5	8	40
	Rotor	proporcionar fuerza motriz para el agua	Sin fuerza motriz	El impulsor se rompió en pedazos por el impacto de un objeto extraño	Parada de línea por 16 h a $500/h + $2000 de costos de reparación + daños colaterales	1	10	10

Severidad	Acción
Severa	Se requiere respuesta inmediata con planes de estrategia inicial implementados en un plazo de 3 meses
Alta	Se requiere respuesta con planes de estrategia inicial implementados en un plazo de 6 meses
Moderada	Se requiere respuesta con planes de estrategia inicial implementados en un plazo de 12 meses
Baja	Usar el plan prescrito por el OEM o RTF como estrategia inicial

Cordant Baker Hughes

51

FMECA Típico Usando RPN

Activo	Componente	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Probabilidad	Severidad	Método Detección	Detectabilidad	RPN
Bomba Centrífuga	Sello	Contener agua hasta 200 psi	Fuga de agua en Sellos	Desgaste por edad	Riesgo potencial de resbalón (Cuasi Accidente)	8	1	Visual	8	64
	Rodamiento	Prover rotación suave de la bomba hasta 2000 rpm	La Bomba no gira suave a ninguna rpm	Desgaste por edad	Parada de línea durante 8 horas a 500 $/hora + 500 $ de costo de reparación.	5	8	Vibración	2	80
	Rotor	Proveer fuerza de movimiento al agua	Sin fuerza de movimiento	Rotor quebrado en pedazos por impacto de objeto extraño	Parada de línea durante 16 horas a 500 $/hora + 2000 $ de costes de reparación + daños colaterales	1	10	Nada (Aleatorio)	10	100

RPN = Número de Prioridad de Riesgo (1 to 1000)

Severidad

Catastrófico 10

Bajo 1

Probabilidad

Varias veces / año 10

> 20 años 1

Detectabilidad

Bajo 10

Alto 1

Cordant Baker Hughes

52

Cuantificar Efectos de Falla

ID	Descripción	Costo por Ocurrencia	Costo por Hora	Severidad Seguridad	Severidad Operacional	Severidad Ambiental
DT	Tiempo de Parada	$ -	$ 2,570	0	0	0
DAM $5,000	Daño al Equipo - $5,000	$ 5,000	$ -	0	0	0
DAM $10,000	Daño al Equipo - $10,000	$ 10,000	$ -	0	0	0
DAM $100,000,000	Daño al Equipo	$ 10,000,000	$ -	0	0	0
DAM $500	Daño al Equipo - $500	$ 500	$ -	0	0	0
ENV1	Daño ambiental de largo plazo (5 años o mas), o que requiera mas de $5 millones para estudiar o corregir	$ -	$ -	0	0	876000
ENV2	Daño ambiental de mediano plazo (1-5 años), o que requiera de $1 a $5 millones para estudiar o corregir	$ -	$ -	0	0	87600
ENV3	Daño ambiental de corto plazo (<1 año), o que requiera hasta $1 millón para corregir	$ -	$ -	0	0	43800
ENV4	Daño ambiental que requiera hasta $250,000 para estudiar o corregir	$ -	$ -	0	0	8760
ENV5	Impacto ambiental insignificante, gestionado dentro de los presupuestos operativos	$ -	$ -	0	0	876
H&S1	Fatalidad de personal, contratista o público	$ -	$ -	876000	0	0
H&S2	Lesión grave o enfermedad ocupacional (no recuperable) o discapacidades mayores permanentes (agudas o crónicas)	$ -	$ -	87600	0	0
H&S3	Lesión con tiempo perdido o trabajo restringido o enfermedad ocupacional (recuperable)	$ -	$ -	43800	0	0
H&S4	Lesión con tratamiento médico o primeros auxilios, sin tiempo perdido ni enfermedad ocupacional	$ -	$ -	8760	0	0
H&S5	Sin lesión	$ -	$ -	876	0	0
HOUSEKEEPING	Orden y limpieza	$ -	$ 50	0	0	0
REG1	Posible intervención y procesamiento regulatorio	$ -	$ -	0	876000	0
REG2	Incumplimiento de licencias, legislación, regulación o estándares corporativos obligatorios	$ -	$ -	0	87600	0
REG3	Incumplimiento de estándares, lineamientos o legislación inminente, o asunto planteado como inquietud corporativa mediante Auditoría hallazgo	$ -	$ -	0	43800	0
REG4	Incumplimiento de procedimientos o lineamientos internos	$ -	$ -	0	8760	0
REG5	Sin incumplimiento de licencias, estándares, lineamientos o Auditoría relacionados	$ -	$ -	0	876	0

Cordant Baker Hughes

53



Santiago Sotuyo Blanco

Ingeniero Principal de Confiabilidad - Latino América
Cordant™ Solutions, IET, Baker Hughes
santiago.sotuyo@bakerhughes.com

¿PREGUNTAS O COMENTARIOS?

¡Muchas Gracias!

Cordant Baker Hughes

54


SESIÓN 10
ESCANEA EL CÓDIGO QR
RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE
7ª EDICIÓN
¡GRACIAS!
Santiago Sotuyo Blanco
santiago.sotuyo@bakerhughes.com
Baker Hughes

55