

1



Entendiendo el mecanismo de falla del componente para disminuir las fallas catastróficas y daño colateral.

Roberto Saade

Maintenance Superintendent
Drummond Limited



2

Puerto Drummond



- Primer cargue directo 31 marzo 2014.
- Dos sistemas de cargue directo con capacidad de 8000 ton / hora cada uno. (Shiploader).
- Sistemas de bandas transportadoras que confluyen en dos bandas principales con capacidad de 8000 ton/ hora cada una.
- 27.6 Km totales de banda transportadora.
- Más de 274 millones de toneladas de carbón exportado.
- 27.6 Millones ton Producidas en 2024.
- 30.2 Millones ton Exportadas en 2024.
- Líder en explotación de carbón a nivel nacional (por noveno año consecutivo).



3

Puerto Drummond

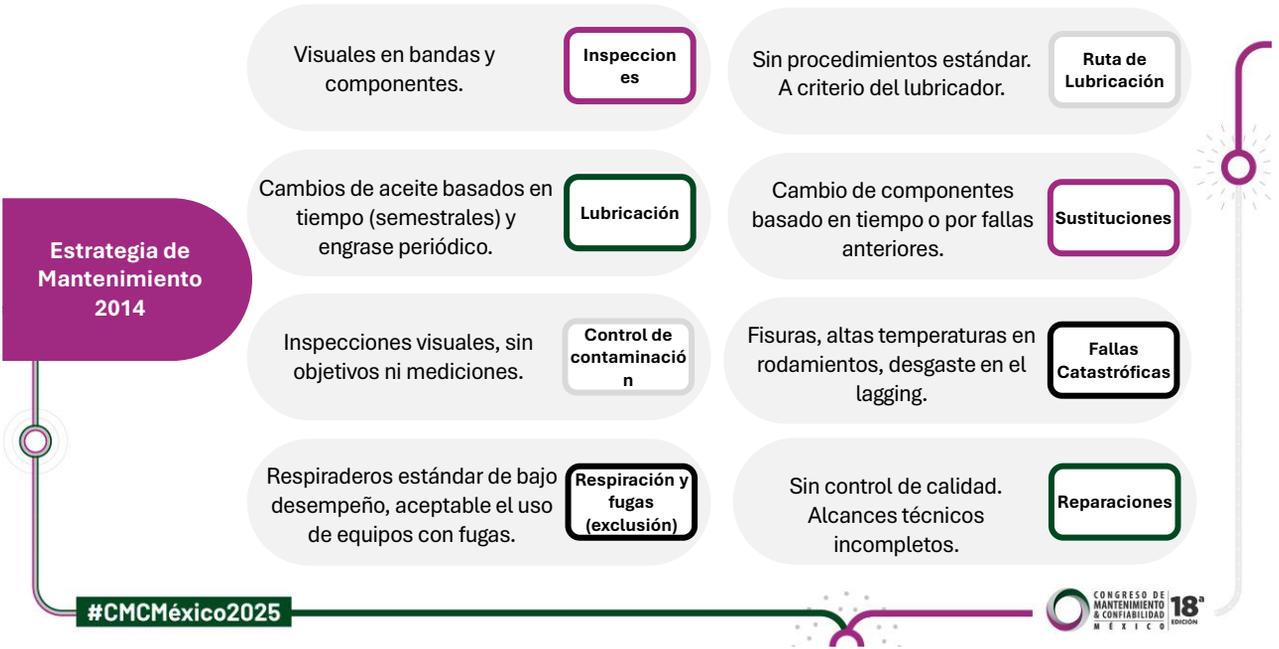


Equipos de Mantenimiento en DLTD

Componente	Cantidad
Bandas Transportadoras	77
Motores	> 260
Tambores	330
Rodillos	13,500
Reductores de Velocidad	250

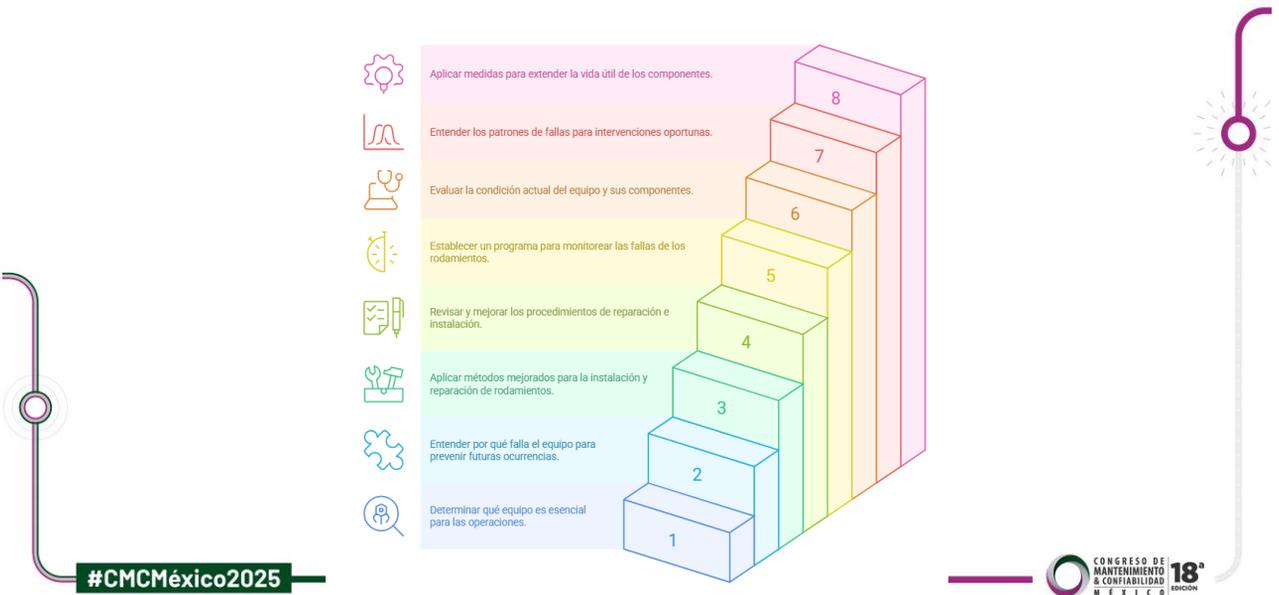


4



5

Plan de mantenimiento después de 2014



6

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.

Impacto y costo

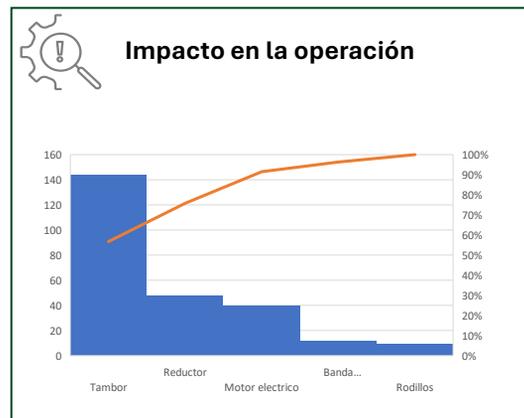
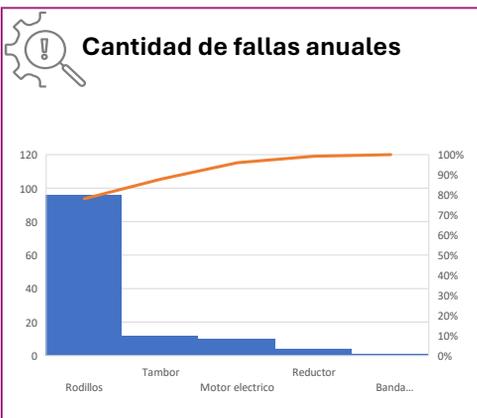
- **MOTORES:** Cambios de motor **sin criterio de condición**, cambio estándar por tiempo. **Alto uso de horas hombre. Alto volumen de inventario.** Necesidad de redundancia en todos los sistemas.
- **REDUCTORES:** **Altos costos de reparación y perdida total del componente, componente cambiado a falla.** Necesidad de uso de equipos con fugas. Necesidad de redundancia en todos los sistemas.
- **TAMBORES:** Impacto significativo en la operación, necesidad de cambio en objetivos y programa de producción por cambio de componente no planeado, danos catastróficos a ejes de montaje de rodamientos.
- **RODILLOS:** Fallas repetitivas. Bajo impacto por realizar los cambios manejados **en tiempos muertos** de la operación.
- **BANDA TRANSPORTADORA:** Alto costo de reparaciones en tiempos de parada de Mantenimiento. Alto impacto en operación

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICION

7

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.



#CMCMéxico2025

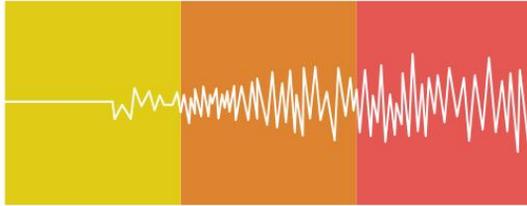
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICION

8

Impacto en la operación por fallas en sistemas de bandas transportadoras



Menor < > Crítico



Rodillos

Impacto bajo según el tipo de falla

Motores y reductores

Impacto medio debido a la redundancia

Tambores y bandas

Impacto crítico, detiene el flujo de material

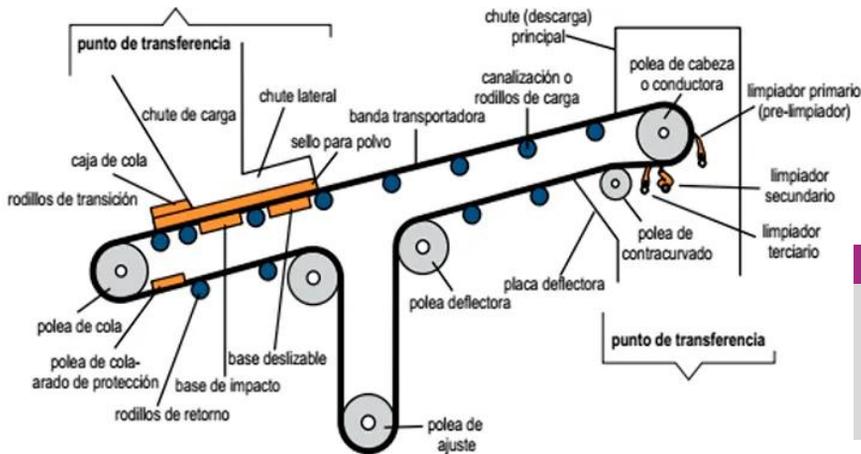


Sistema de conveyor diseñado con equipos motrices redundantes.

Todo tambor de una bandas es esencial para su funcionamiento, no tiene redundancia.

#CMCMéxico2025

Sistemas de Conveyors



Elementos principales:

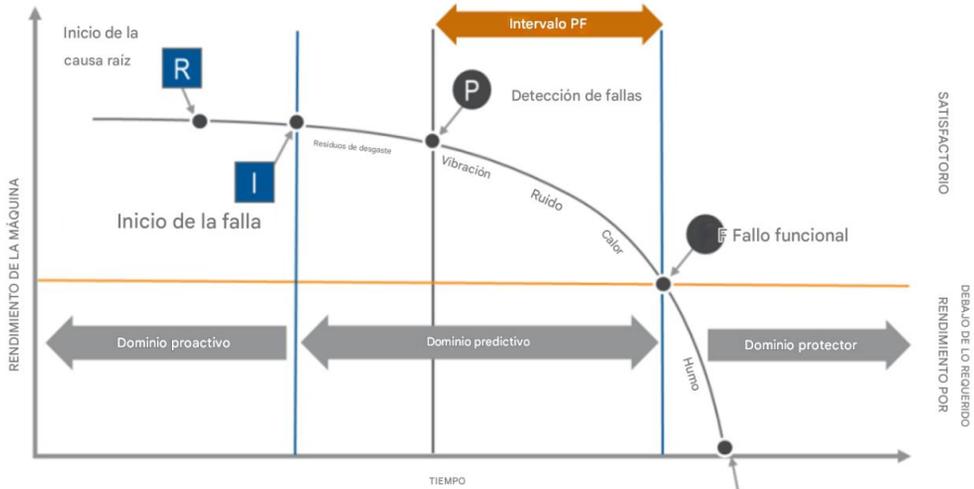
- Motor eléctrico
- Reductor
- Tambor o polea
- Rodillos
- Banda transportadora

#CMCMéxico2025





Curva PF



#CMCMéxico2025



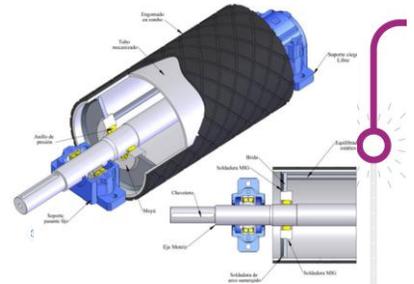
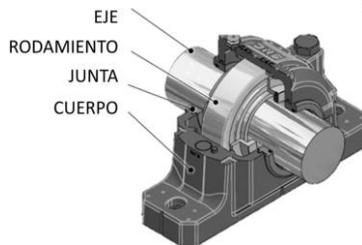
11

Tambores



PRINCIPALES MODOS DE FALLA

- Desgaste de recubrimiento.
- Desalineación y desbalanceo del tambor.
- Fisuras, desgastes o roturas en la estructura y eje.
- Fallas en rodamientos.



Elementos Principales

- Rodamientos
- Soportes
- Eje
- Cuerpo del tambor
- Recubrimiento del tambor

Fuente: https://www.mdpi.com/sensors/sensors-21-02228/article_deploy/html/images/sensors-21-02228-g002-550.jpg

#CMCMéxico2025



12



Modos de falla de TAMBORES que pueden ser monitorizados

- **Desgastes en Lagging**
 - Por falla súbita (ruptura).
 - Por tiempo (pérdida de capa).
 - Por situación externa (contaminación entre lagging y cuerpo de tambor).
- **Daño en rodamientos**
 - Por falla súbita (elementos rodantes).
 - Por tiempo (Desajuste).
 - Por situación externa (Anclajes, vibración de estructura, lubricación).
- **Desgaste de ejes**
 - Por falla súbita (ruptura).
 - Por tiempo (pérdida de dimensiones).



13

Modos de falla de TAMBORES que pueden ser monitorizados

EL DAÑO EN RODAMIENTOS REPRESENTABA EL 99% DE LOS DAÑOS CATASTROFICOS EN TAMBORES.

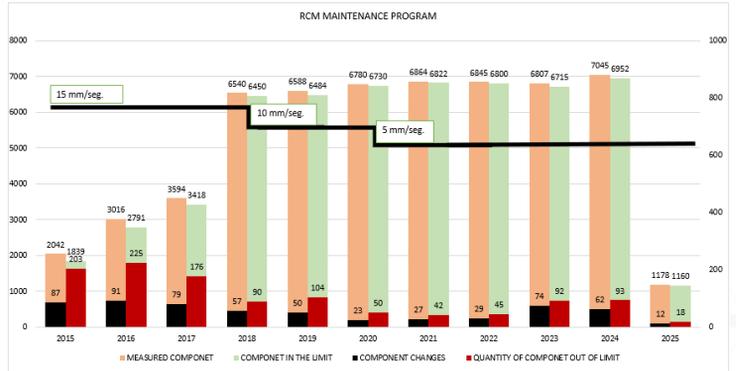


14



Definición de Parámetros y límites

- Amplitud de falla catastrófica: 25 a 30 mm/s en velocidad pista externa
- Se determina 50% para intervención para evitar falla catastrófica.
- Se hacer revisión anual de componentes fuera de límites y se determina estado de componentes después de reemplazo para ver magnitud del daño.
- Se disminuyen amplitudes de intervención hasta llegar a 5 mm/s donde se puede observar que los elementos mecánicos después de un procedimiento de ajuste pueden volver a sus amplitudes de cero horas.
- En 5mm/s en la variable de velocidad es posible intervenir el rodamiento y llevarlo a su estado de vibración inicial.



#CMCMéxico2025



Definición de Parámetros y límites

- Cero fallas catastróficas en 10 años.
- Disminución del 100% de componentes en amplitud de daño (15mm/s)
- Disminución significativa de componentes llegando a limite de falla incipiente.

AÑO	MEASURED COMPONENT	COMPONENT OUT OF LIMIT	COMPONENT WITH NO ISSUES	VIBRATION LIMITS	& Off Limit
2015	2042	203	1839	15	10%
2016	3016	225	2791	15	7%
2017	3594	176	3418	10	5%
2018	6540	90	6450	5	1%
2019	6588	104	6484	5	2%
2020	6780	50	6730	5	1%
2021	6864	42	6822	5	1%
2022	6845	45	6800	5	1%
2023	6807	92	6715	5	1%
2024	7045	93	6952	5	1%
2025	3533	79	3454	5	2%

#CMCMéxico2025



Resultados de un ajuste (Caso de Éxito)

TAMBORES 24/TAMBOR 9 TAKE UP					
Vibraciones	Mantenimientos	Imagen	Última	Anterior	Fecha
			0.141 [g]	0.096 [g]	
1H L.D.	SKF-22244		2.48 [mm/s]	1.44 [mm/s]	27/01/2025
			0.079 [gE]	0.145 [gE]	
1A L.D.	SKF-22244		2.02 [mm/s]	1.97 [mm/s]	27/01/2025
			0.291 [gE]	0.102 [gE]	
2V L.I.	SKF-22244		4.46 [mm/s]	4.59 [mm/s]	27/01/2025
			0.307 [gE]	0.305 [gE]	
2H L.I.	SKF-22244		0.078 [g]	0.079 [g]	27/01/2025
			1.53 [mm/s]	1.5 [mm/s]	
			0.258 [gE]	0.168 [gE]	
2A L.I.	SKF-22244		5.75 [mm/s]	4.23 [mm/s]	27/01/2025
			0.201 [gE]	0.128 [gE]	

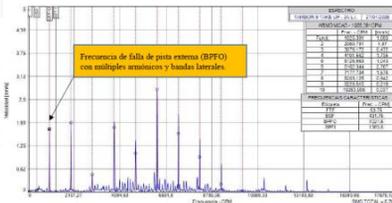
7/31/2016 WO 53735
 Ajuste de ambos lados SIN GIRO DE PISTA
 Antes de intervención:
 A.L.I 5.74 mm/s
 A.L.D 4.47 mm/s
 Después de intervención:
 No registra; sin embargo, en septiembre el A.L.I subió a 7.14 mm/s

3/25/2017 WO 65184
 Ajuste de ambos rodamientos
 Antes de intervención:
 A.L.I 7.67 mm/s
 A.L.D 4.46 mm/s
 Después de intervención:
 A.L.I 1.87 mm/s
 A.L.D NR

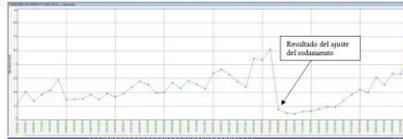
6/23/2022 Wo 184657
 Antes de Intervención:
 A.L.I 6.98 mm/s
 A.L.D 1.52 mm/s
 Después de intervención:
 A.L.I 0.96 mm/s
 A.L.D 1.16 mm/s

TAMBORES 24/TAMBOR 9 TAKE UP					
Vibraciones	Mantenimientos	Imagen	Última	Anterior	Fecha
			0.082 [g]	0.219 [g]	
2V L.I.	SKF-22244		1.28 [mm/s]	4.46 [mm/s]	4/03/2025
			0.09 [gE]	0.307 [gE]	
1H L.D.	SKF-22244		0.067 [g]	0.141 [g]	4/03/2025
			1.06 [mm/s]	2.48 [mm/s]	
			0.049 [gE]	0.079 [gE]	
1A L.D.	SKF-22244		0.064 [g]	0.066 [g]	4/03/2025
			1.07 [mm/s]	2.02 [mm/s]	
			0.064 [gE]	0.291 [gE]	
2H L.I.	SKF-22244		0.062 [g]	0.078 [g]	4/03/2025
			1.07 [mm/s]	1.53 [mm/s]	
			0.084 [gE]	0.258 [gE]	
2A L.I.	SKF-22244		0.115 [g]	0.395 [g]	4/03/2025
			1.46 [mm/s]	5.75 [mm/s]	
			0.111 [gE]	0.201 [gE]	

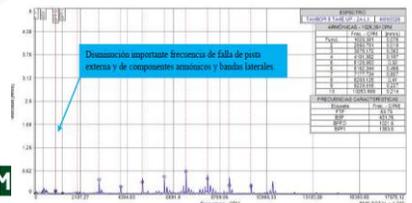
2A LI ANNEX VELOCITY SPECTRUM BEFORE



2A ANNEX VELOCITY TREND (RMS), LEFT SIDE



2A LI ANNEX VELOCITY SPECTRUM CURRENT



19

Ejemplo de ajuste para extensión de vida útil de un rodamiento con vibraciones en zona de principio de falla

- Medición de vibraciones del equipo por ruta planeada de monitoreo o bajo solicitud por ruido perceptible.
- Interpretación de espectros frecuencias de vibración para determinar sección del mecanismo a intervenir.
- Intervenir según sea el caso: Desbalance, falla en pista externa, interna, elementos rodantes, canastilla, torque de los tornillos de anclaje, etc.

Para el caso de pista externa:

- Revisar intervenciones previas al rodamiento afectado. En caso de tener dos ajustes previos la Orden de trabajo prioriza el cambio. Si tiene uno o ningún ajuste desde su instalación se indica revisión con ajuste y giro de pista.
- Retirar tapa superior de chumacera.
- Izar tambor de modo que quede rodamiento libre.
- Limpiar grasa de rodamiento y revisar:
 - Juego radial interno con galgas midiendo en el punto libre.
 - Revisar estado de elementos rodantes, pistas interna y externa, sellos, chumacera y jaula según parámetros de medidas.
- Revisar que no haya movimiento o giro previo entre adaptador y eje del tambor, pista interna y el adaptador o pista externa y chumacera.
- Se gira la pista 120 grados en dirección al avance de la banda si el rugosímetro registra rugosidad excesiva en el área de carga.
- Se ajusta el adaptador según recomendaciones de fábrica de acuerdo a tabla de montaje y según tipo de rodamiento (nomenclatura de rodamiento). Si el ajuste no llega por lo menos a la tolerancias minina por tabla, cambie el rodamiento.
- Se verifica correcto ingreso de grasa a rodamiento se toman muestras en un ciclo libre se pesa y se registra la cantidad suministrada para evaluar condición de inyectores.
- Se entrega equipo operativo.
- Se realiza medición post-intervención.

Los tiempos para ajuste rondan de 1 a 2 horas, sin embargo la logística para izaje de contrapesas y tambores y las condiciones adicionales cuando se deben remover piezas acopladas o se tiene restricción de acceso pueden tomar hasta 36 horas en los equipos más críticos.

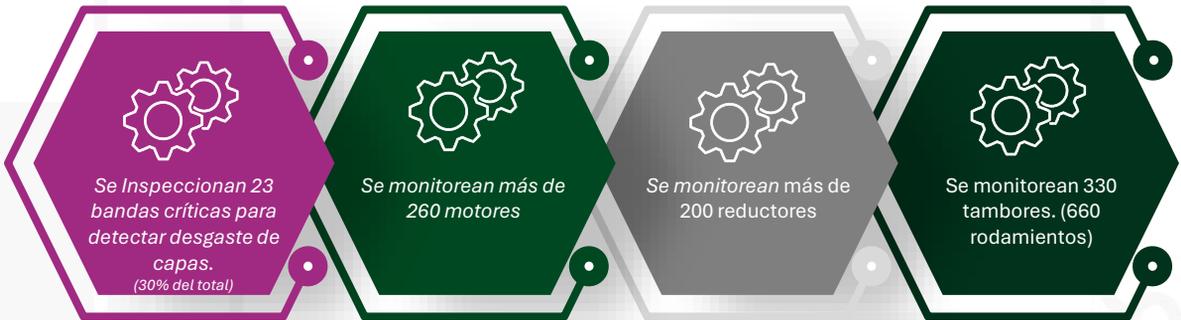
Documentación de todas las medidas y condiciones antes y después de intervención como insumo para una intervención posterior.

#CMCMéxico2025

20



Estrategia de monitoreo de condición mediante Inspecciones y Análisis de vibraciones



Se monitorea diariamente la temperatura, condición perceptible (ruidos) y condición visual (estado físico) de mas de 13.500 rodillos.

#CMCMéxico2025



Curva reducción Fallas Funcionales

MTTO PREVENTIVO &

- Cambio componente por temperatura fisuras y/o desgaste (a falla).
- Inspección visual de bandas.
- Cambio aceite anual sin monitoreo.
- Control contaminación – Visual.
- Lubricación sin procedimiento estándar.
- Cambio componente por tiempo.
- Reparación de tambores – recubrimiento.

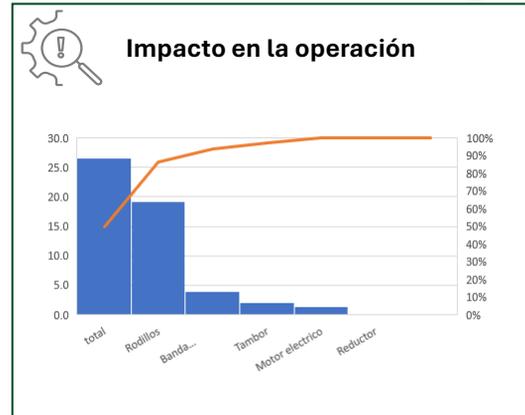
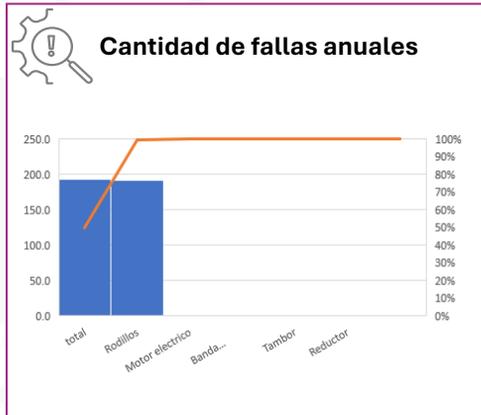


- Análisis de fallas, Identificación equipos críticos.
- Mejores prácticas instalación & reparación.
- Evaluación procedimientos instalación & reparación.
- Seguimientos Fallas rodamientos Monitoreo.
- Evaluación estado Actual Componentes .
- Definición de intervención preventiva fallas catastróficas.
- Estrategia de extensión vida útil.
- Análisis de frecuencia y amplitudes de fallas.
- Implementaciones adicionales para extender vida útil.

#CMCMéxico2025



Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.



#CMCMéxico2025



23

Definir el impacto de estas fallas en tiempo, dinero y horas de paro anuales.



Impacto y costo

- **MOTORES:** Cambios de según monitoreo de condiciones. **Mejora de practicas de lubricación y evaluación por identificación de causas de falla.** Motores cambiados en ventanas de oportunidad , programados y preparados. **Disminución de inventario.** Disminución significativa de necesidad de uso de redundancia para operar.
- **REDUCTORES:** **Disminución significativa en costos de reparación, reparaciones consistentes en cambios de elementos rodantes, estado de engranes óptimos para reuso por buenas practicas de lubricación y no contaminación.** Extinción total de fugas en equipos. Disminución significativa de necesidad de uso de redundancia para operar.
- **TAMBORES:** **Extensión de vida útil de elementos rodantes, tambores monitoreados y ajustados según parámetros de vibración y temperatura en ventanas de oportunidad. 0 solo fallo en 11 años de implementación de programa. Extinción total de daños en ejes.**
- **RODILLOS:** Fallas repetitivas. Cambios manejados en tiempos muertos de la operación.
- **BANDA TRANSPORTADORA:** **Alto costo de reparaciones en tiempos de parada de Mantenimiento.** Monitoreo de capas, capacitación en inspecciones y compra de herramientas de reparación temporal ha disminuido reparaciones fuera de tiempos Muertos de la operación.

#CMCMéxico2025



24



iGracias!

Roberto Saade Fernández

rsaade@drummondltd.com

