



1



Gestión de riesgo en turbomaquinaria: Innovando más allá de la API 670

Maria Alejandra Martínez

Gerente de Proyectos – IDC Ingeniería de Confiabilidad

3



LAS TURBOMÁQUINAS Y SU GESTIÓN DEL RIESGO

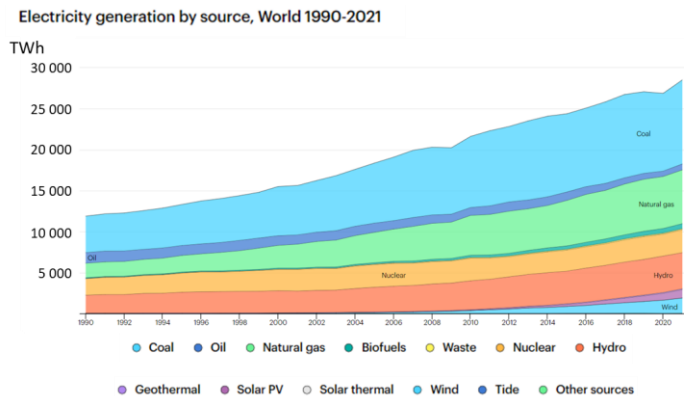
Este espacio invita a una discusión alrededor de la estrategia que tradicionalmente se ha utilizado para el monitoreo y toma de decisiones en la gestión de turbomaquinaria.

4

Relevancia de las Turbomáquinas

Impacto sobre la sociedad

Uso extendido en generación de energía eléctrica y trasiego de fluidos.

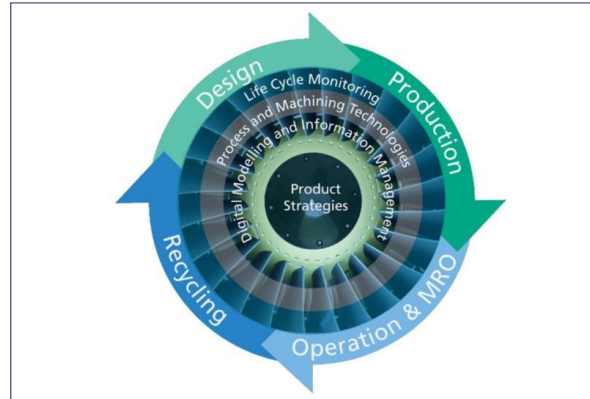


5

Relevancia de las Turbomáquinas

○ Costo elevado en las 4 etapas de ciclo de vida.

I+D, materiales, precisión, R&M, complejidad del desmantelamiento y gestión de residuos.



Ref. MDPI - Digital Twin Technologies for Turbomachinery in a Life Cycle

6

Relevancia de las Turbomáquinas

○ Alto riesgo en la integridad de infraestructuras, procesos y personas ante fallas.

Identificación patrones de falla, definición estrategia efectiva de monitoreo.



7



SENSÓRICA Y MONITOREO DE TURBOMÁQUINARIA

Enfoque utilizado históricamente

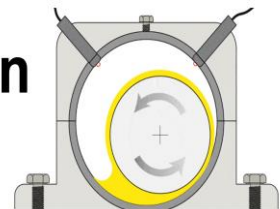
8

API 670: Machinery Protection Systems

“... Máquinas con cojinetes hidrodinámicos, deben ser equipados con monitoreo de desplazamiento de eje”

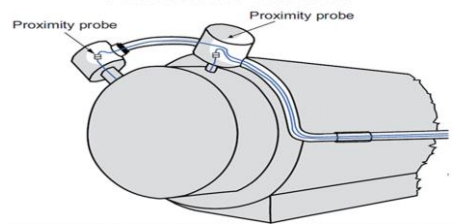
Requisitos para medición de:

Vibración Relativa



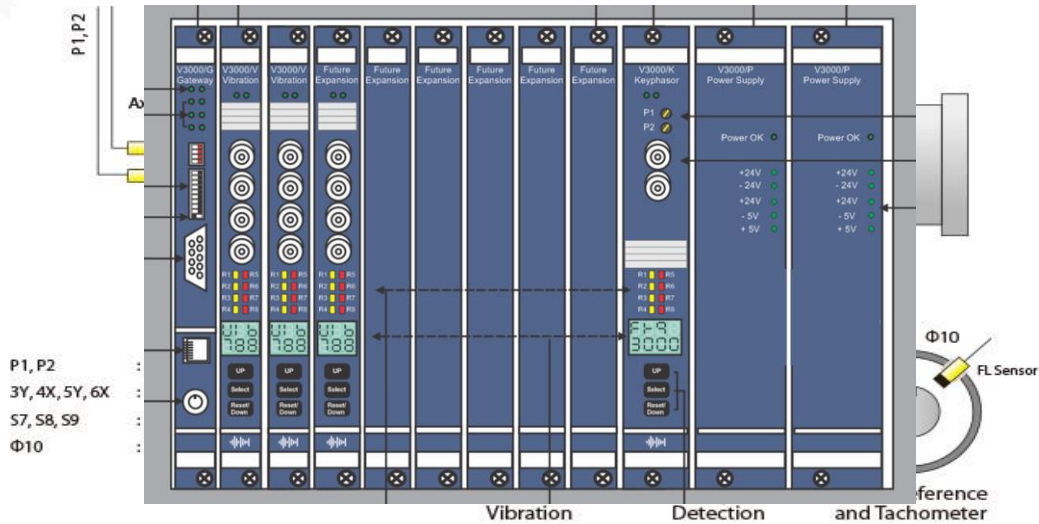
Para Turbo-
maquinaria

Vibración Radial



9

ESQUEMAS DE MONITOREO TRADICIONALES PRODUCTO DE API 670



10

Sin embargo, en las últimas décadas API 670 se ha convertido casi en el único marco metodológico para gestionar turbomaquinaria.

Solo las organizaciones con un mayor nivel de madurez en la gestión de activos, tienen una visión integral del monitoreo y gestión del riesgo de su turbomaquinaria.

11

Casos para la reflexión



Caso 1

Ausencia de herramientas de diagnóstico y visión individualizada de variables.



Caso 2

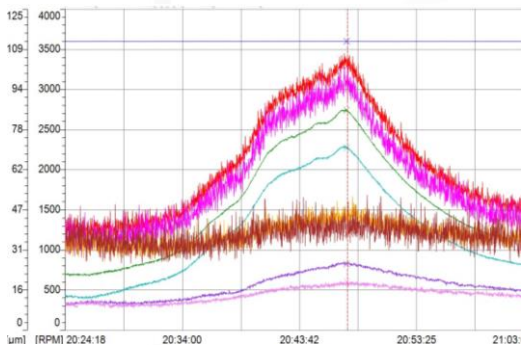
Excesivo enfoque a la vibración relativa.



Caso 3

Ausencia de estrategias de comisionamiento y control de calidad a intervenciones.

12

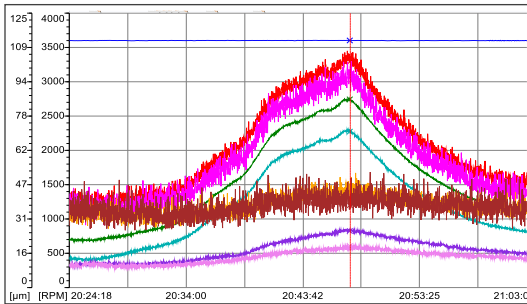


13

CASO 1

Turbogenerador de 62 MW operando en condensación con eventos repetitivos de inestabilidad dinámica no determinística.

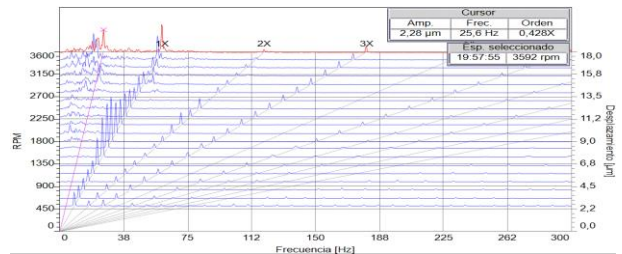
CASO 1



- ✓ Incrementos repentinos de los niveles de vibración – Alarmar y trips.
- ✓ No se identificaba causa aparente.
- ✓ Se notaba sensibilidad a cambios operativos – pero ninguno en específico.
- ✓ Mantenimiento mayor en 6 meses.

Remolino de aceite - Oil Whirl

- Holguras excesivas en cojinetes.
- Montaje incorrecto de pads.
- Alto desgaste acumulado.



14



CASO 2

Turbogenerador de 46 MW operando en extracción de vapor con dos eventos recientes de desprendimiento de álabes

15

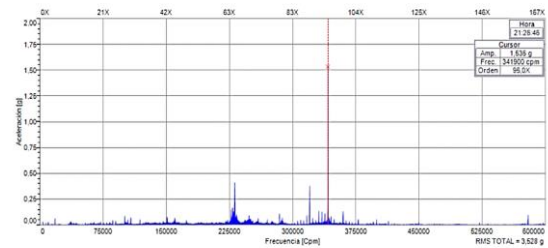
CASO 2



- ✓ Desprendimiento de alabe en una de las ruedas de la turbina.
- ✓ Sistema de protección por proximitor, que solo operó después del desprendimiento.
- ✓ Evento con segunda ocurrencia.

Excitación resonante por paso de álabes (BPF)

- Esquema de protección limitado a vibración de baja frecuencia.
- Fatiga de alto ciclaje.
- Reporte de alarma previo por BPF.

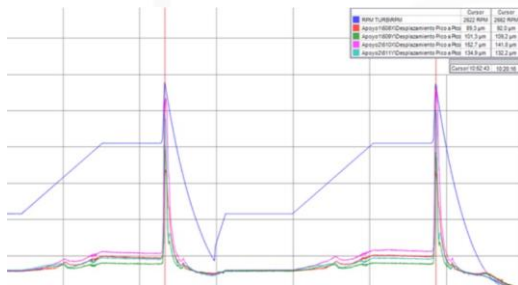


16



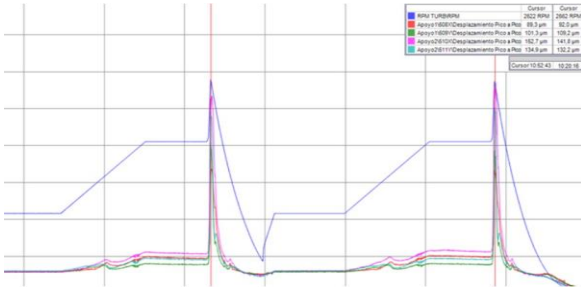
CASO 3

Turbogenerador de 27 MW con inestabilidad dinámica al paso por velocidad crítica durante el arranque posterior a parada mayor



17

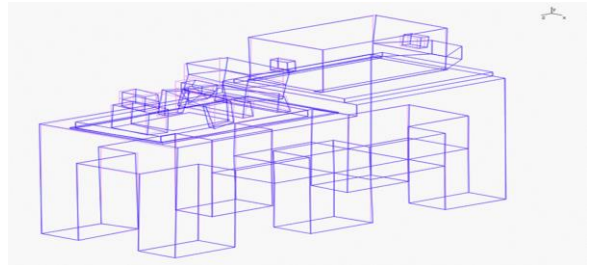
CASO 3



- ✓ Imposibilidad de puesta en marcha luego de mantenimiento mayor.
- ✓ Sistema de protección en trip al atravesar primera resonancia.
- ✓ Poco o nulo control de calidad intervenciones.

Presencia de burbujas de aire en el grouting

- ODS mostrando altas deflexiones en base de turbina.
- Presencia de grietas visibles.
- Incorrecto curado del grouting.



18

Retos & Oportunidades

La gestión de riesgo en turbomáquinas debe ir más allá de API 670

El mercado global de ingeniería de confiabilidad y mecánica se valoró en aproximadamente \$8,5 mil millones en 2023 y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 6,2% hasta 2028. Este crecimiento está impulsado por la creciente complejidad de los sistemas industriales y la necesidad de soluciones avanzadas para la gestión de activos.

19

Marco del problema



Falta de Integración

Enfoque a la medición y protección, no al monitoreo.



Trabajo desarticulado

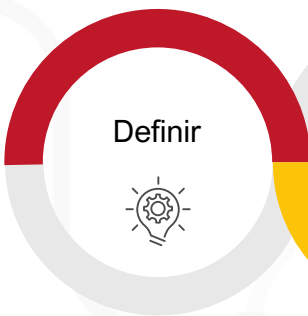
Innovaciones aisladas desde TI, Confiabilidad, falta de concepto de confiabilidad desde el diseño.



Falta de política de Gestión de Activos

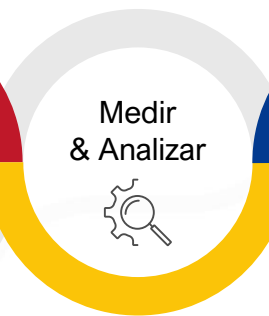
Impacto en la toma de decisiones y retorno de la inversión, horizonte de tiempo a corto plazo.

PROPUESTA METODOLÓGICA



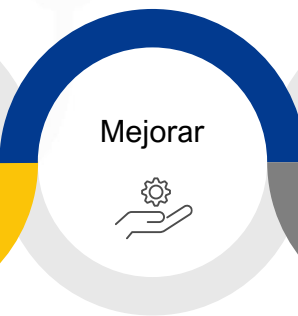
Definir

Identificar y definir oportunidad de mejora.



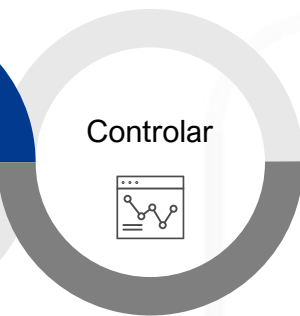
Medir & Analizar

Colección de Data y línea base. Análisis e identificación.



Mejorar

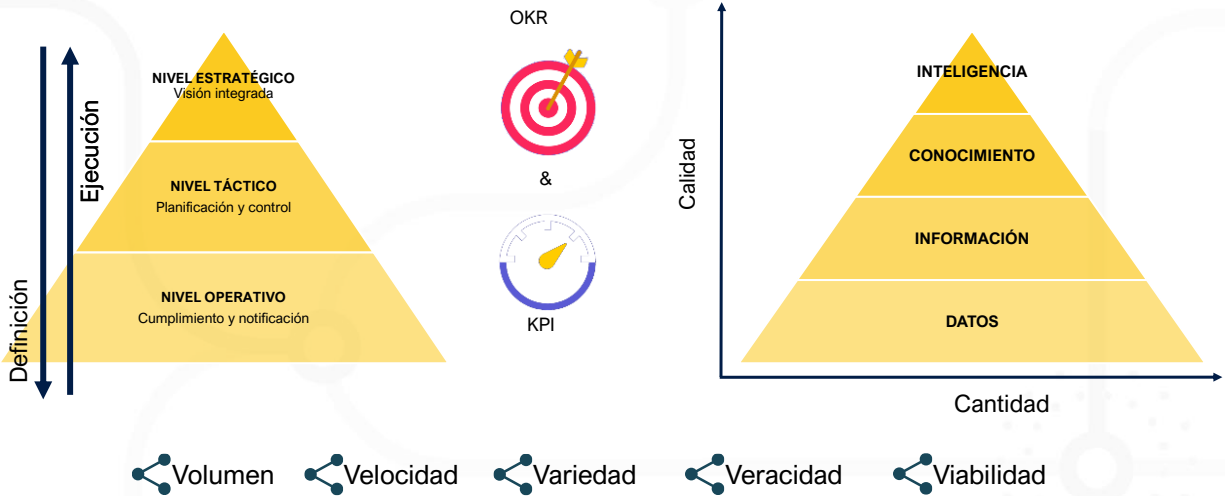
Generación, priorización e implementación de soluciones



Controlar

Monitorear procesos para derivaciones.

Gobierno del dato



22



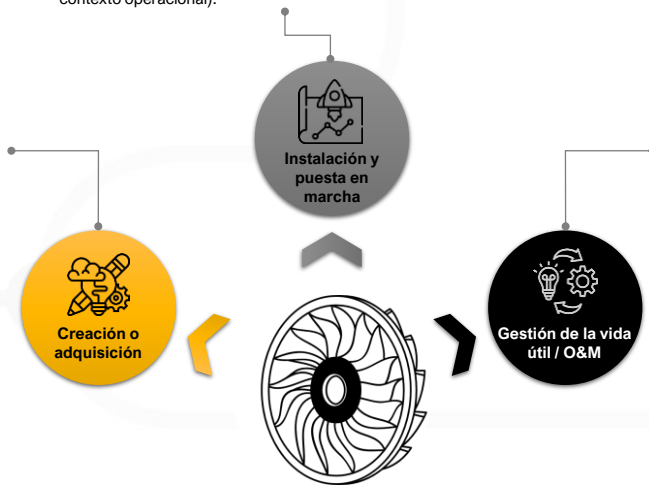
23

Pruebas de pre y comisioning, caracterización de la turbomáquina y generación de la línea base bajo estándares aplicables de aceptación, con análisis como:

- Análisis rotodinámicos (mediciones en baja, media y alta frecuencia) vibración relativa y absoluta.
- Análisis especiales ODS, Bump Test, Mode shapes.
- Análisis termográficos.
- Análisis tribológicos.
- Análisis de variables eléctricas.

Puesta en marcha sistema medición, monitoreo y diagnóstico (integración contexto operacional).

- Definición de requerimientos con:
- Análisis RAMS
 - Siguiendo estándares para garantizar adecuado O&M (ISO 17359, API 670)



- Integración de monitoreo de condición con variables de operación.
- Herramientas de diagnóstico
- Control de calidad a intervenciones y cambios operacionales.

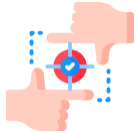


Información tomada de casos en un Oleoducto y la Agroindustria

OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN



**DECISIONES
INFORMADAS E
IMPACTOS EN**



Caso real de aplicación.
Oleoducto Colombiano

“
El centro de una sociedad,
economía y comunidad
moderna, no es la tecnología,
es la información.”



iGracias!

Maria A. Martínez

amartinez@idc-confiabilidad.com