



1



**EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO
BASADO EN CONDICIÓN MEDIANTE
DIGITALIZACIÓN, TECNOLOGÍA,
CONECTIVIDAD E INDUSTRIA 4.0 - CASO
DE ESTUDIO: REFINERÍA DE
CARTAGENA**

Apolinar Moreno Arrieta

Líder de equipo rotativo, Refinería de Cartagena - Ecopetrol

Royman López Beltrán

Jefe departamento confiabilidad, Refinería de Cartagena - Ecopetrol

2

Antecedentes

Contexto Refinería de Cartagena, la más moderna de Latinoamérica

Complejidad, cobertura y requerimientos para equipos rotativos

Estrategia de análisis de condición de activos industriales

3

Contexto Refinería de Cartagena



En servicio desde agosto 2016

***35 plantas de procesamiento**
incluyendo la recién incorporada
unidad de crudo **U001 (2022)***

*Capacidad de procesamiento
original **165 MIL BPD**, después
de 2022 **210 MIL BPD***

*Refinería **más moderna LATAM**
acorde Solomon (FC:11.8)*

4

Cobertura y complejidad equipo rotativo

CLASE-TIPO	CANTIDAD
Bombas	1459
Ventiladores	520
Misceláneos Rotativo	146
Transmisor de Potencia	119
Mezcladores/Agitadores	73
Compresores	44
Turbinas de Vapor	32
Motores Combustión	28
Unidades Hidráulicas	6
Turbinas de Gas	3
Winches	2
Turboexpander	1
TOTAL	2433

Criticidad:

- ❑ **382 equipos críticos** por seguridad de procesos y/o disponibilidad

Complejidad:

- ❑ **71 equipos de propósito especial** (alta complejidad)

5

Alineación con la Estrategia de Ecopetrol



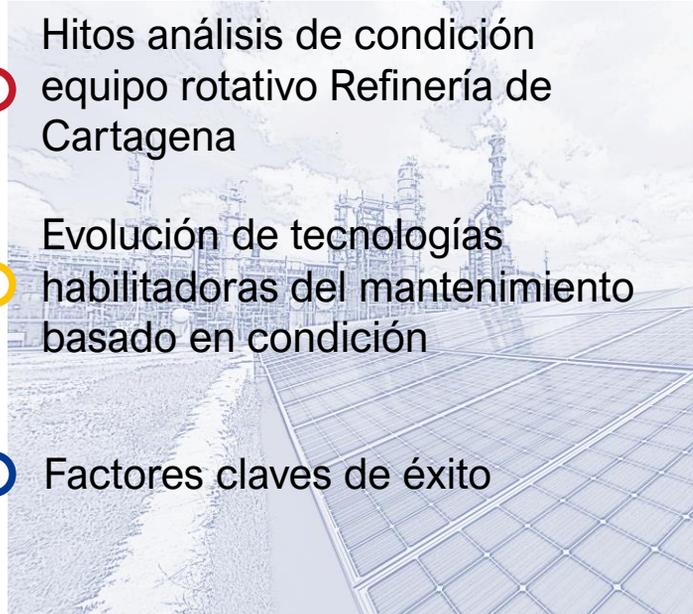
6

Evolución del análisis de condición

Hitos análisis de condición equipo rotativo Refinería de Cartagena

Evolución de tecnologías habilitadoras del mantenimiento basado en condición

Factores claves de éxito



Hitos análisis de condición equipo rotativo



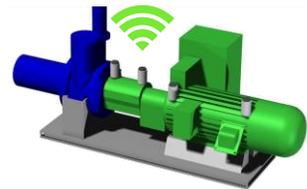
2015: Puesta en servicio Ampliación de Refinería

2015: Implementación monitoreo en línea y monitoreo portátil

2019: Integración plataforma de monitoreo de condición (S1 EVO)

2023-1: Piloto monitoreo Wireless

2023-2: Primera planta en Colombia con monitoreo Wireless RP

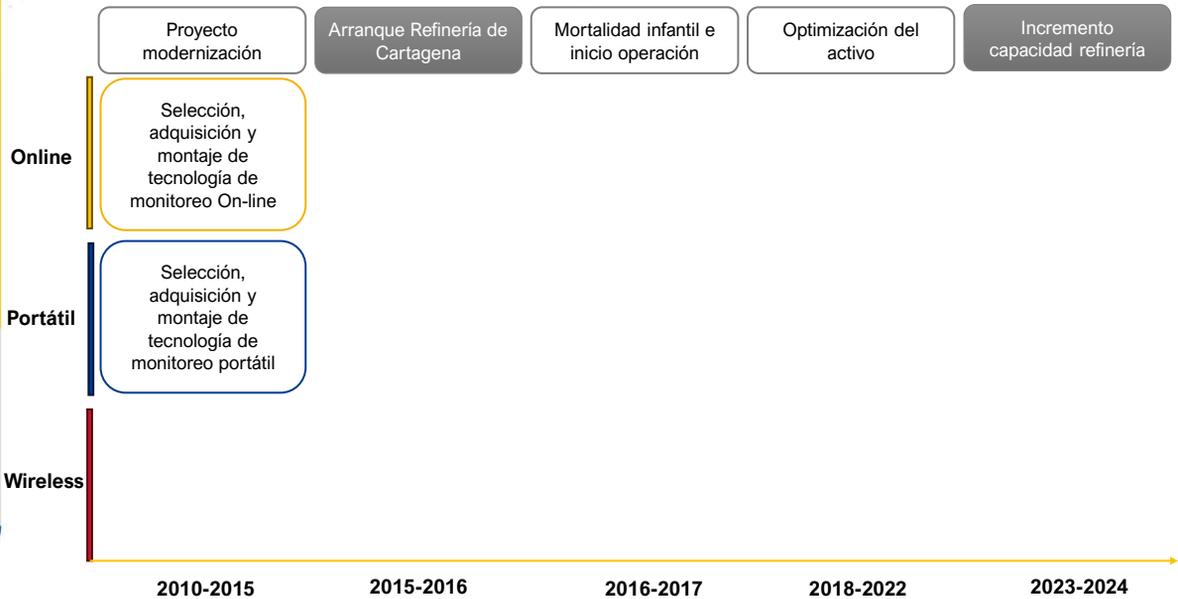


Criterios claves selección de tecnologías

CRITERIOS	PESO	ALT 1		ALT 2		ALT 3	
Características Técnicas	25%	2	0,5	1	0,25	3	0,75
Resistencia al Trabajo Pesado	5%	3	0,15	3	0,15	1	0,05
Ergonomía	7%	3	0,21	2	0,14	1	0,07
Facilidad de Manejo del Software	10%	2	0,2	3	0,3	3	0,3
Servicio Post Venta	5%	2	0,1	3	0,15	2	0,1
Garantía	5%	3	0,15	2	0,1	1	0,05
Capacitación	3%	3	0,09	3	0,09	2	0,06
Integración de Tecnología	7%	3	0,21	1	0,07	2	0,14
Facilidad de Reparación	10%	1	0,1	3	0,3	2	0,2
Creación de Base de Datos	3%	3	0,09	3	0,09	2	0,06
Costo Adquisición	15%	3	0,45	1	0,15	2	0,3
Costo Mantenimiento	5%	1	0,05	3	0,15	1	0,05
				230		194	213

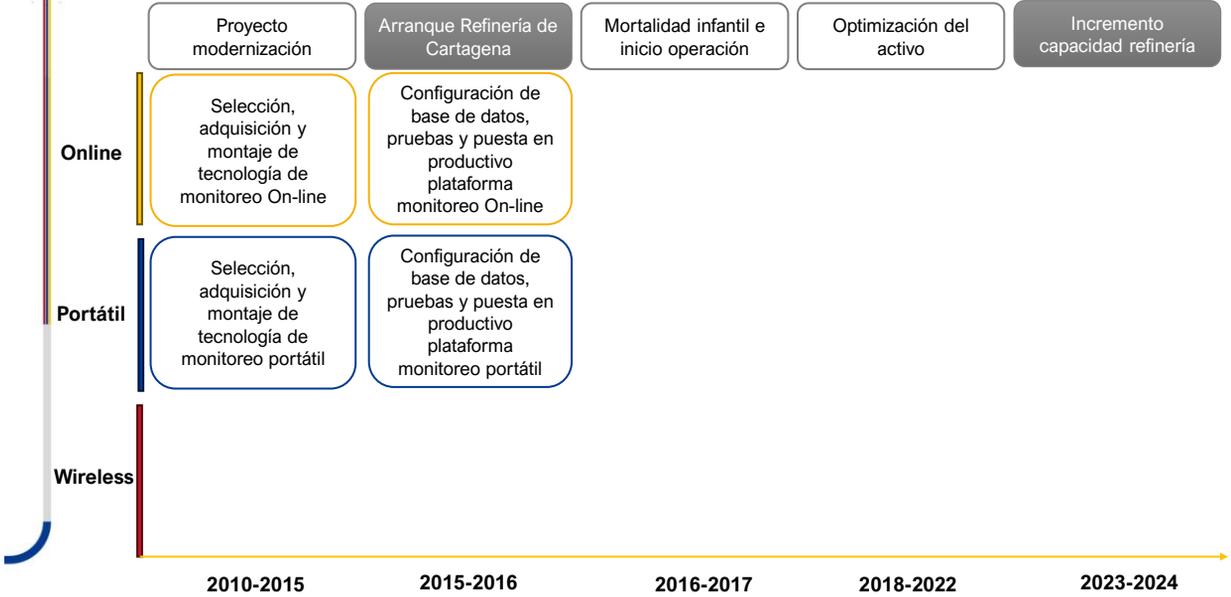
11

Evolución de tecnologías habilitadoras



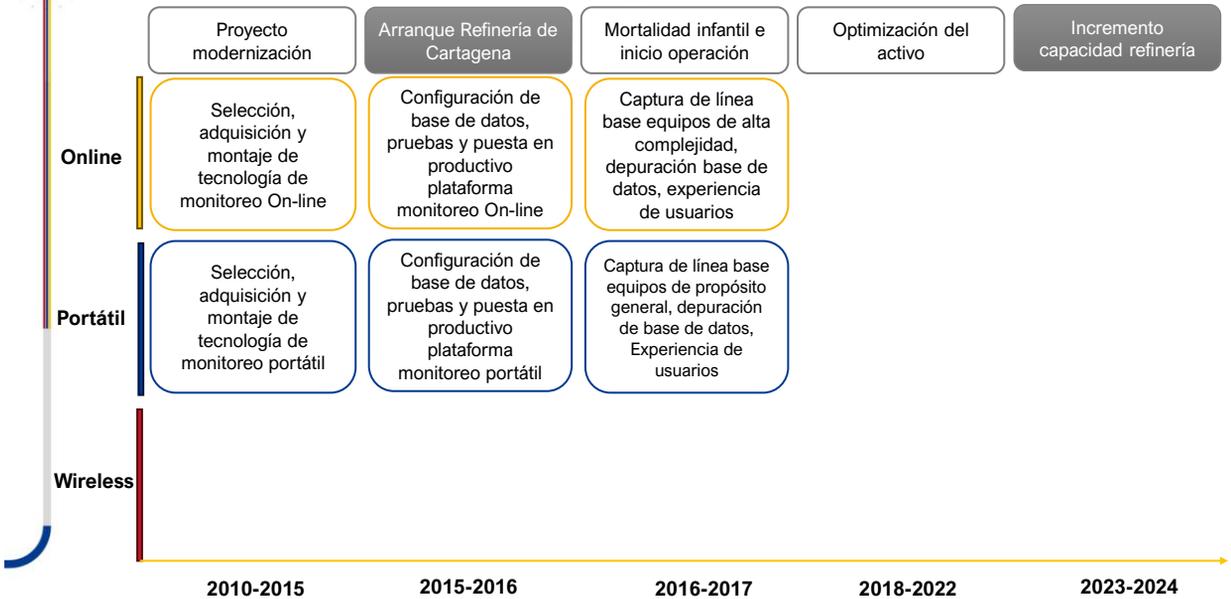
12

Evolución de tecnologías habilitadoras



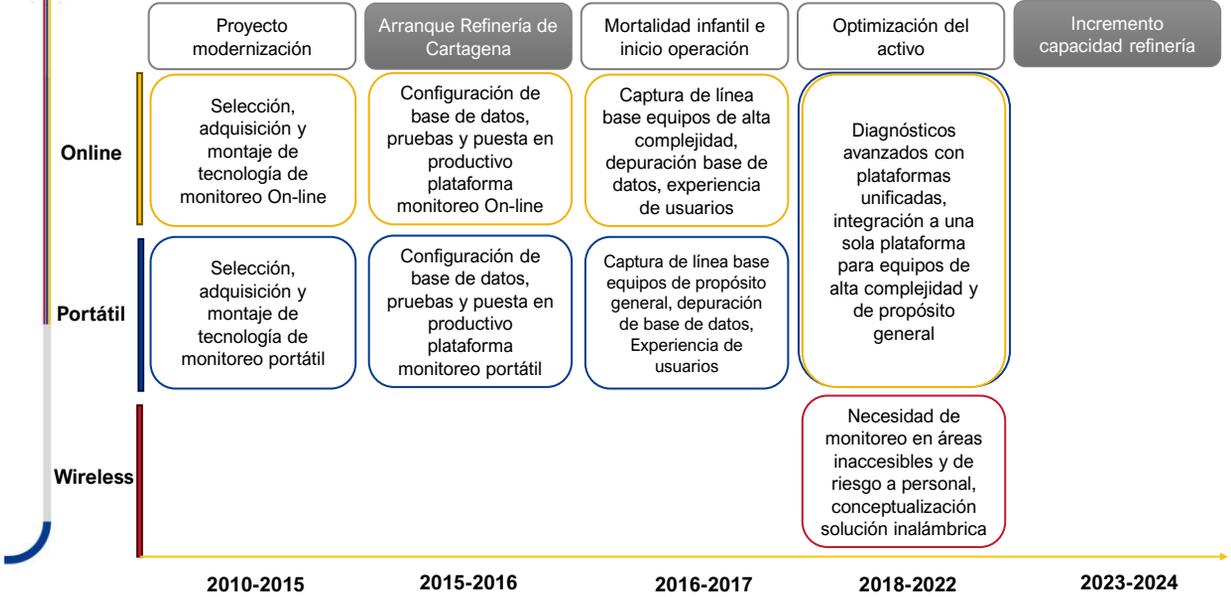
13

Evolución de tecnologías habilitadoras



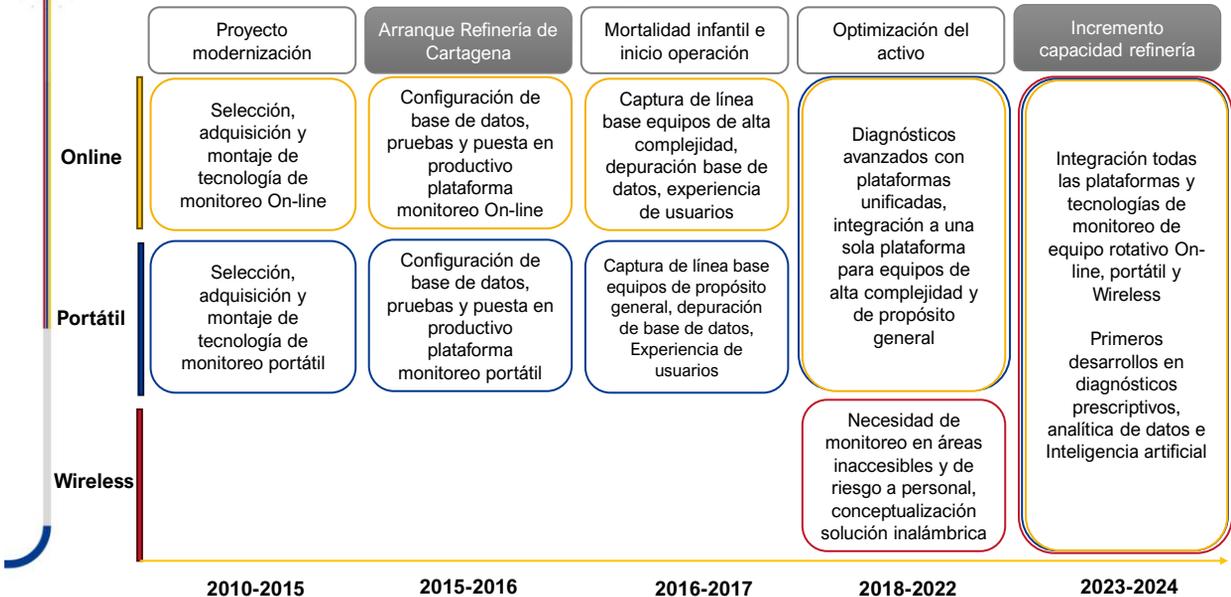
14

Evolución de tecnologías habilitadoras



15

Evolución de tecnologías habilitadoras



16

Aprendizajes 3+: Claves de éxito



Diseño de solución a largo plazo

Lograr una plataforma robusta e integrada parte de la adecuada selección de la tecnología, con aliados estratégicos comprometidos con establecer relaciones a largo plazo



Apropiación de conocimiento - conceptos y herramientas

Personal con competencias desarrolladas en monitoreo, diagnósticos y solución de problemas, además del manejo de los equipos y software



Talento humano clase mundo

Equipo de liderazgo autogestionado, para la gestión de la plataforma en todo su ciclo de vida, optimizando, actualizando y sacado el potencial de generación de valor con la anticipación.

17

Resultados y próximos pasos

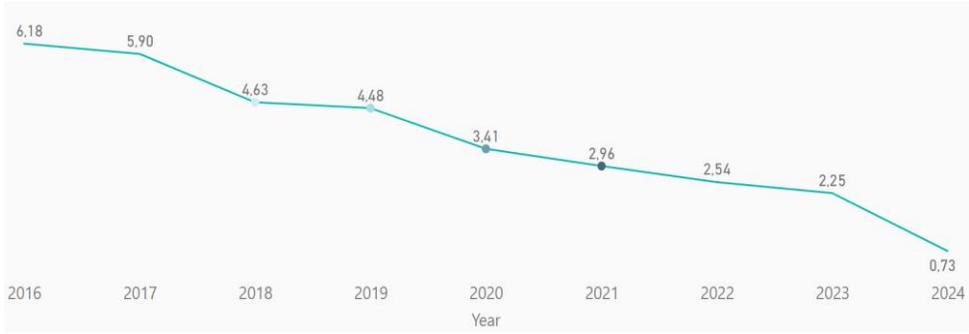
Resultados en indicadores claves de desempeño de equipo rotativo

Casos de éxito y reconocimientos recibidos

Próximos pasos – Mapa de ruta

18

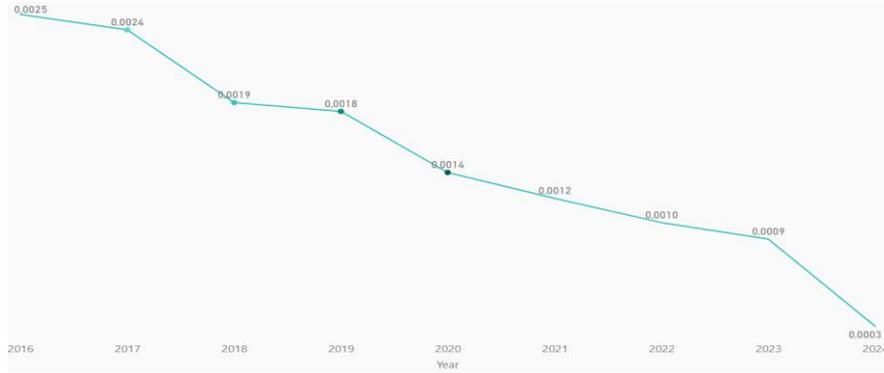
Resultados indicadores



Frecuencia semanal de fallas equipo rotativo

19

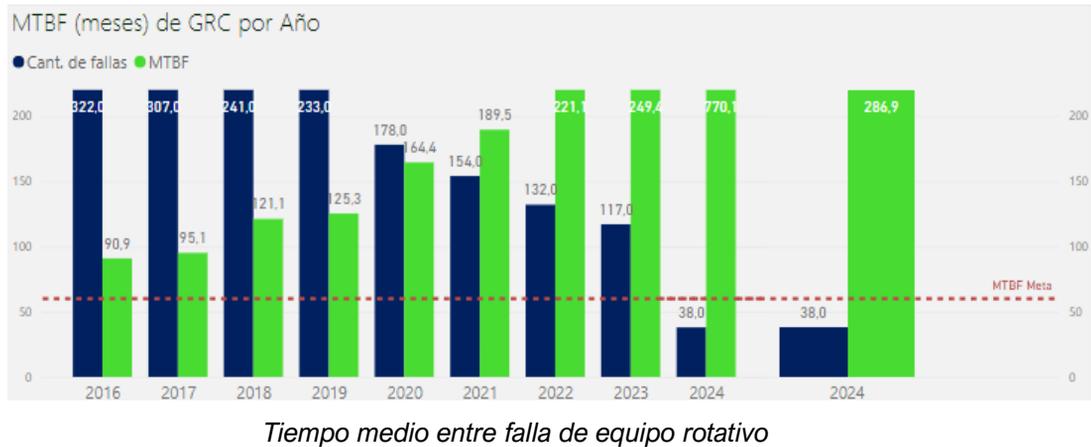
Resultados indicadores



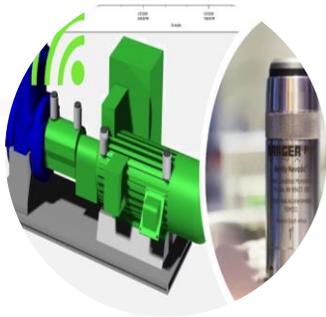
Tasa de falla equipo rotativo

20

Resultados indicadores



21

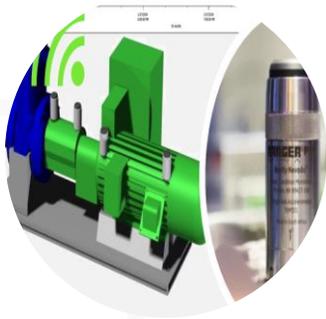


Caso de éxito monitoreo inalámbrico – Unidad de crudo original U001

- Implementación pionera en Colombia de monitoreo Wireless RangerPRO en equipo rotativo
- 12 funciones y 24 equipos
- Casos de anticipación de eventos que han evitado fallas con alto impacto a la operación



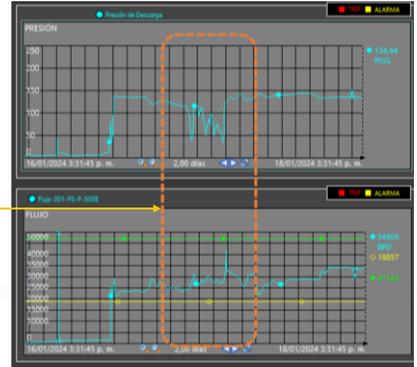
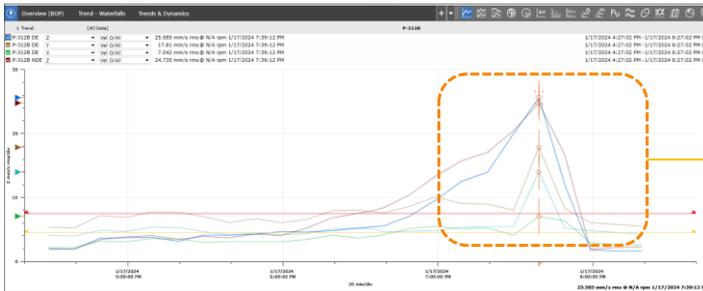
22



Caso de éxito monitoreo inalámbrico – Unidad de crudo original U001

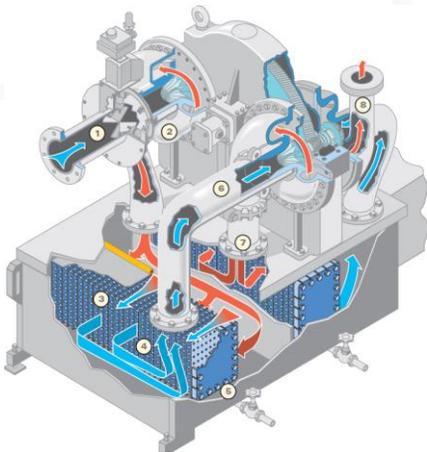


Perturbación de proceso durante arranque con riesgo inminente daño de equipo evitado con tecnología RangerPRO



Tendencia de flujo de la bomba con el disturbio operacional

23



Caso de éxito Compresor de Fluidización – Diagnóstico Prescriptivo

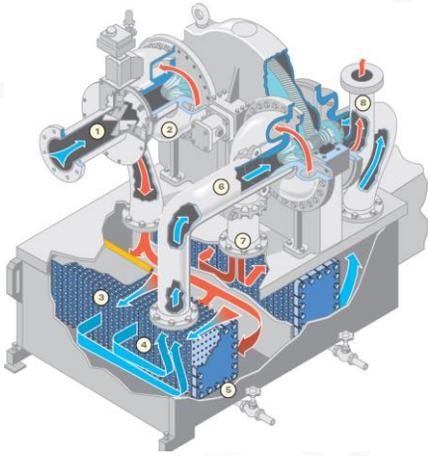


Función crítica de la unidad de Craqueo Catalítico

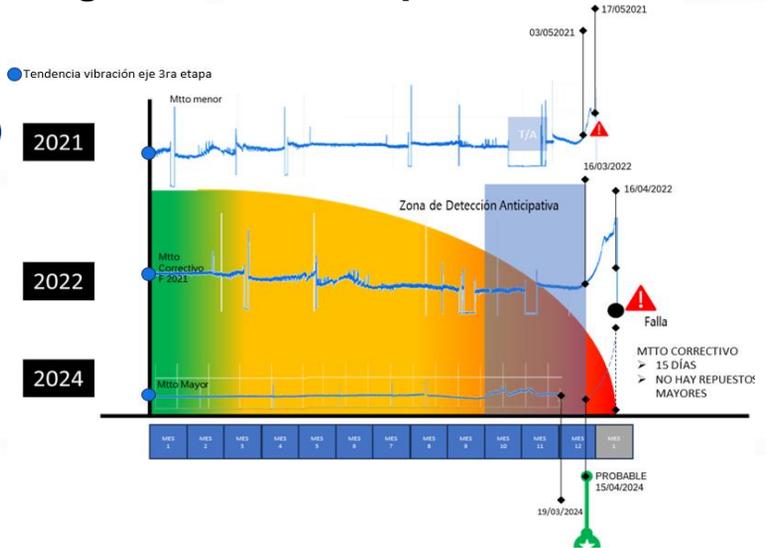
Análisis basado en:

- Comportamiento histórico del equipo
- Análisis de condición dinámica y operativa de la última corrida
- Análisis de confiabilidad con probabilidades de fallas y consecuencias

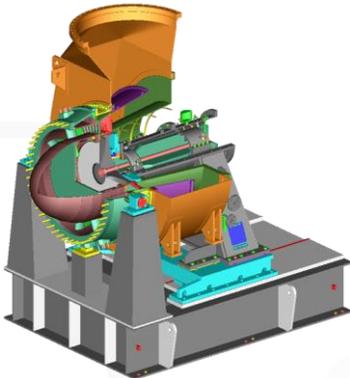
24



Caso de éxito Compresor de Fluidización – Diagnóstico Prescriptivo



25

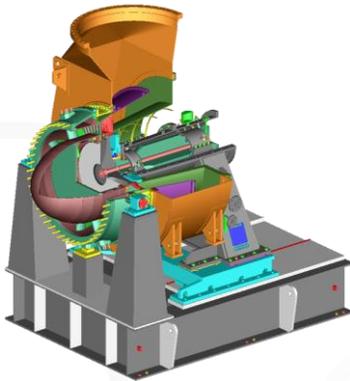


Caso de éxito turboexpander unidad de Craqueo catalítico



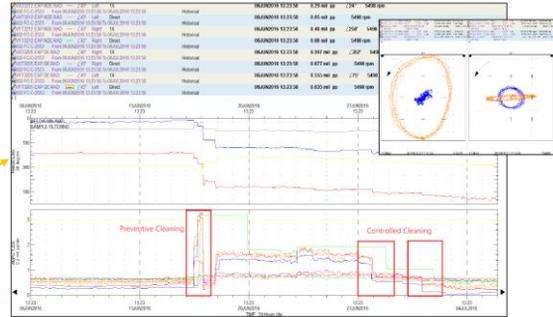
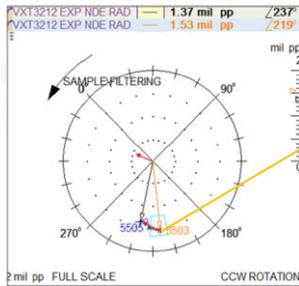
- ❑ Máquina rotativa más compleja de la Refinería
- ❑ Tren integra motor de arranque, motor-generador, transmisión, soplador y expander
- ❑ Fenómeno de ensuciamiento y erosión de expander con alto impacto en la disponibilidad de la unidad

26

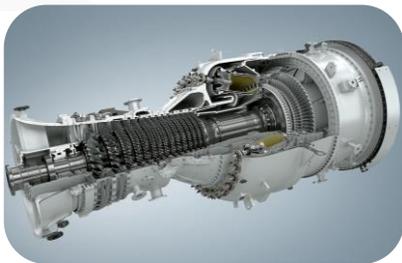


Caso de éxito turboexpander unidad de Craqueo catalítico

Modelo de diagnóstico y anticipación de
ensuciamiento del expander y requerimiento de
procedimiento de ciclo térmico en línea



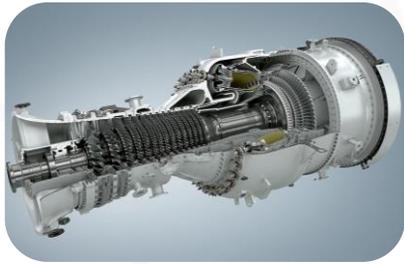
27



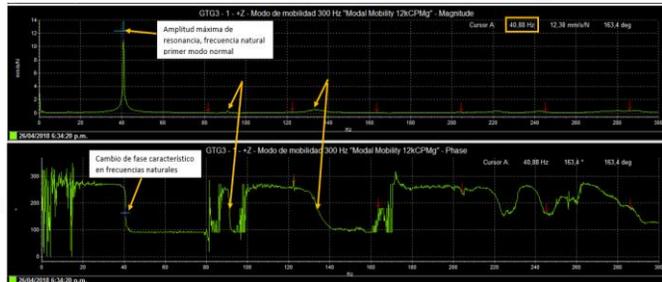
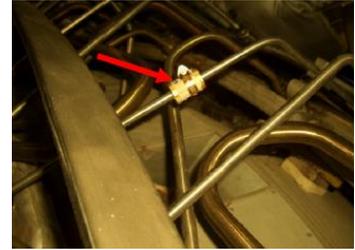
Caso de éxito turbogases – sistema de generación eléctrica

- Turbogases del sistema de generación de ciclo combinado de la Refinería
- Sistema de generación con capacidad nominal de 195 MW
- Sistemas modernos y con alto grado de complejidad

28



Caso de éxito turbogases – sistema de generación eléctrica



29



Reconocimientos por la madurez de la plataforma de análisis de condición



Digital Transformation Award 2017: Por la madurez LATAM de la plataforma de monitoreo en línea



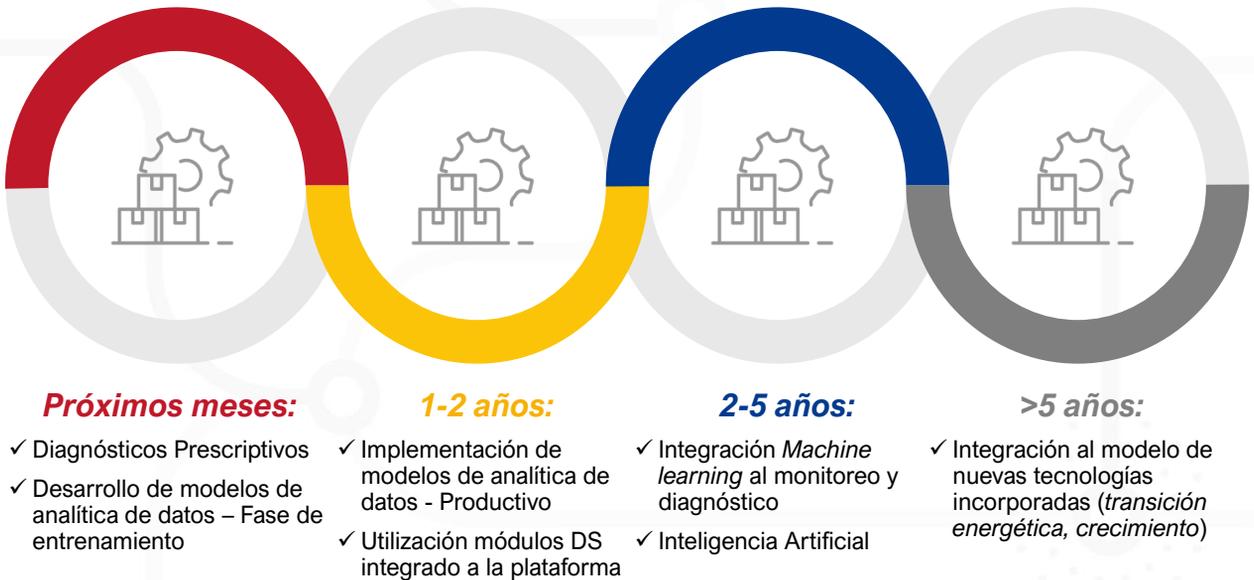
Digital Transformation Award 2023: Pionero en Colombia monitoreo Wireless y cuarta implementación exitosa LATAM



Casos de éxito publicados: Revista mundial *Orbit*, conferencias técnicas ACIEM

30

Próximos pasos – Mapa de ruta



31

iGracias!



Apolinar Moreno Arrieta
Apolinar.moreno@ecopetrol.com.co



Royman López Beltrán
Royman.lopez@ecopetrol.com.co

32