



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
<b>TOTAL</b>	<b>2433</b>

### 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

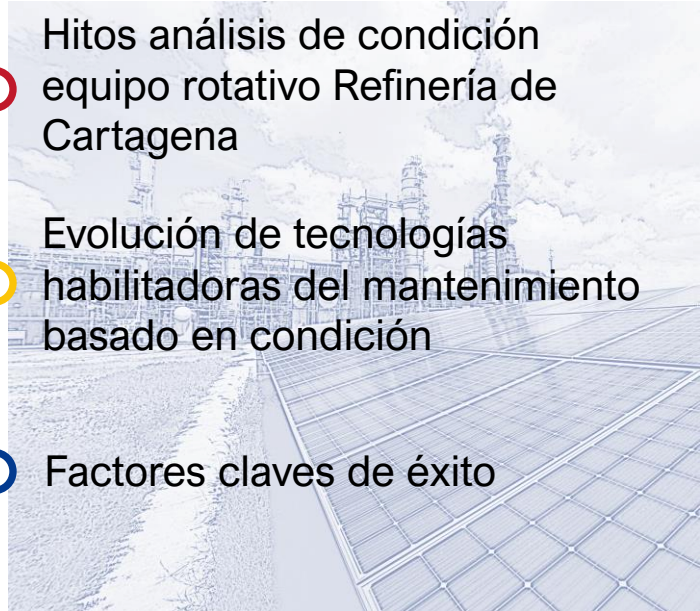


# Evolución del análisis de condición

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



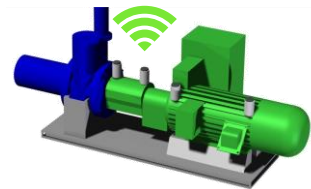
2015: Puesta en servicio Ampliación de Refinería

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

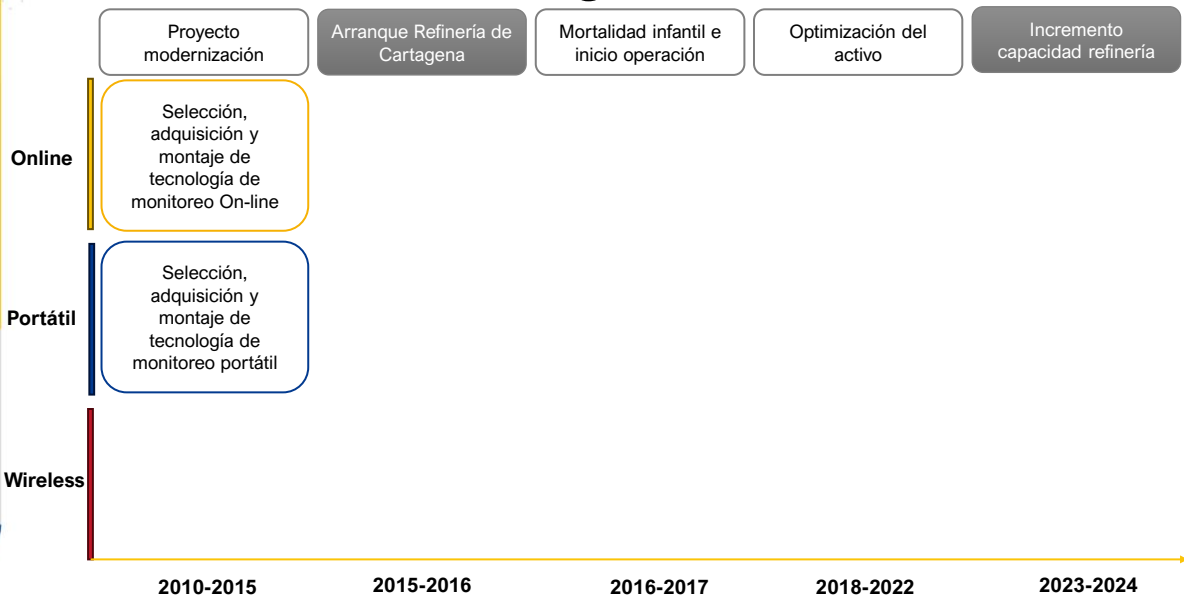


# Criterios claves selección de tecnologías

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
<b>Garantía</b>	5%	3	0,15	2	0,1	1	0,05
Capacitación	3%	3	0,09	3	0,09	2	0,06
<b>Integración de Tecnología</b>	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
<b>Costo Adquisición</b>	15%	3	0,45	1	0,15	2	0,3
Costo Mantenimiento	5%	1	0,05	3	0,15	1	0,05
				<b>230</b>		<b>194</b>	
						<b>213</b>	

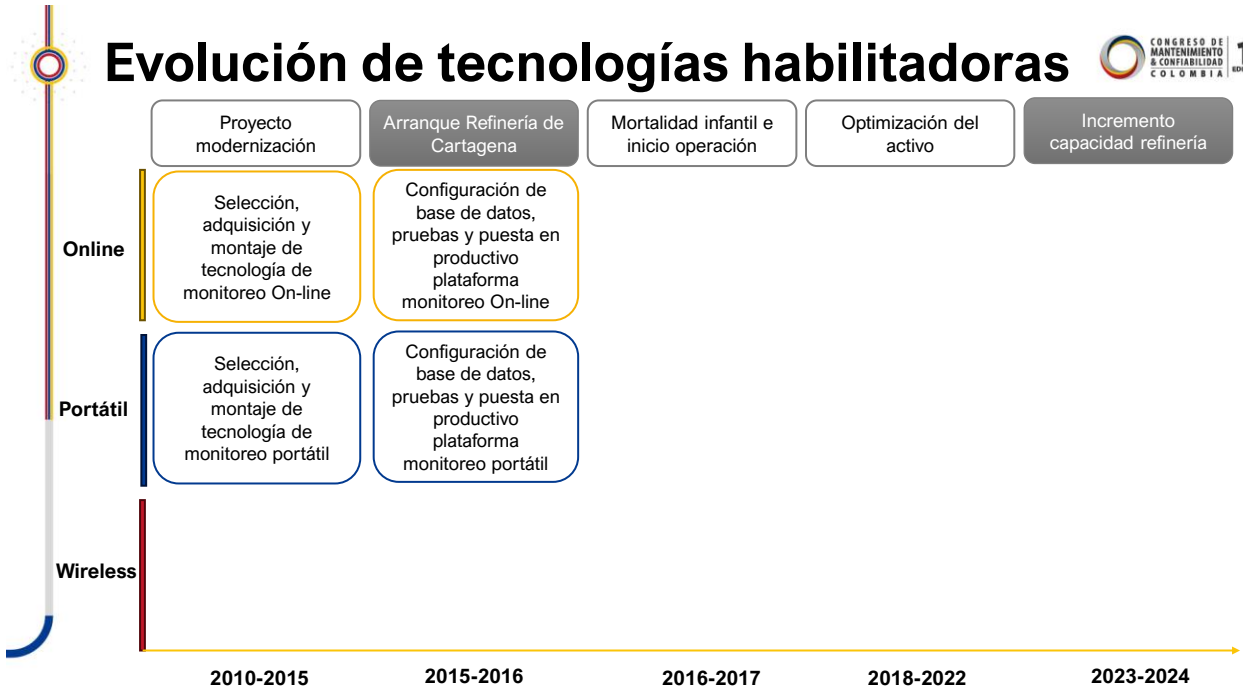
11

# Evolución de tecnologías habilitadoras



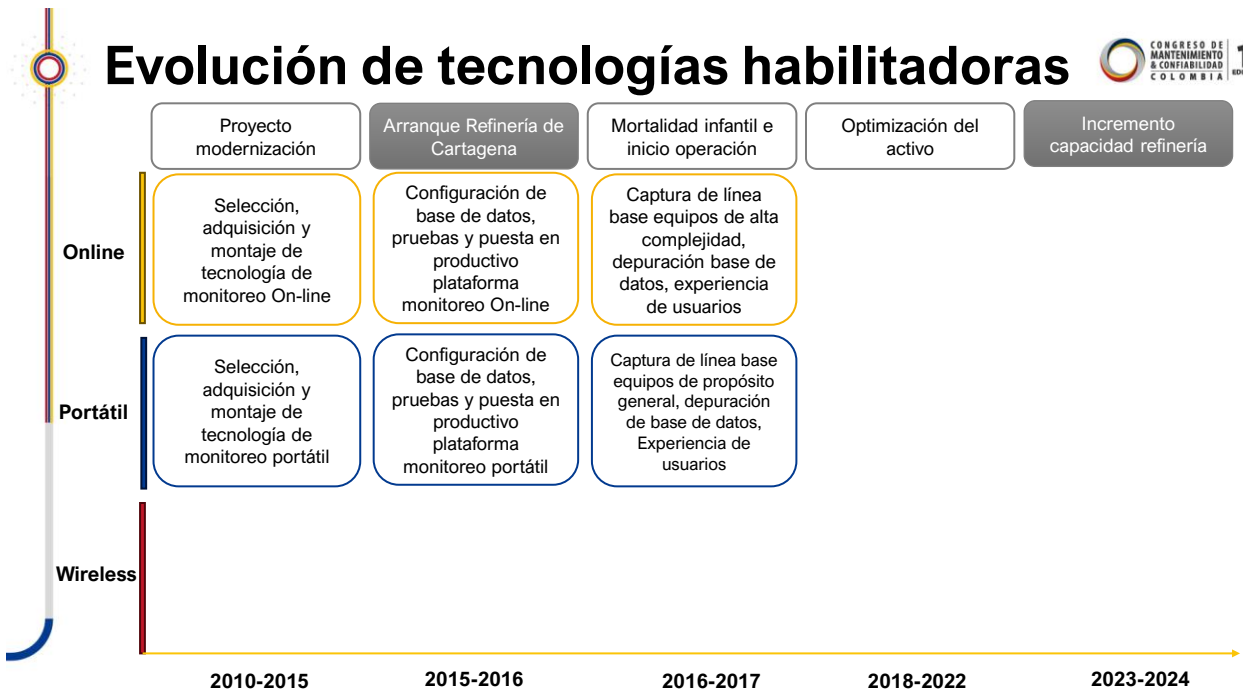
12

# Evolución de tecnologías habilitadoras



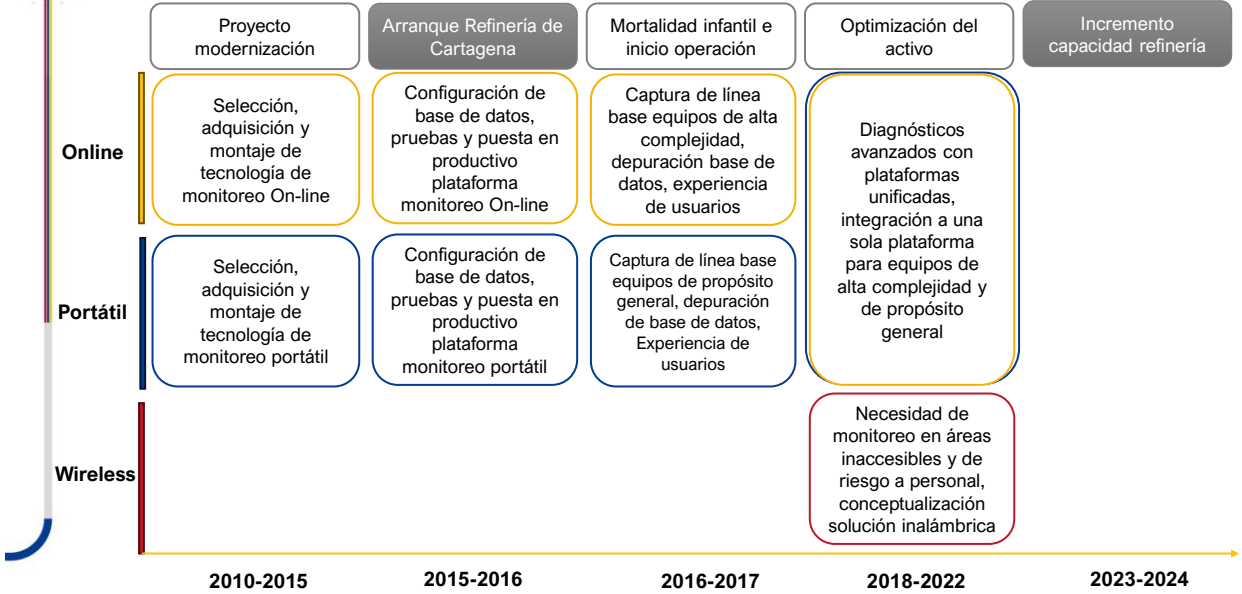
13

# Evolución de tecnologías habilitadoras

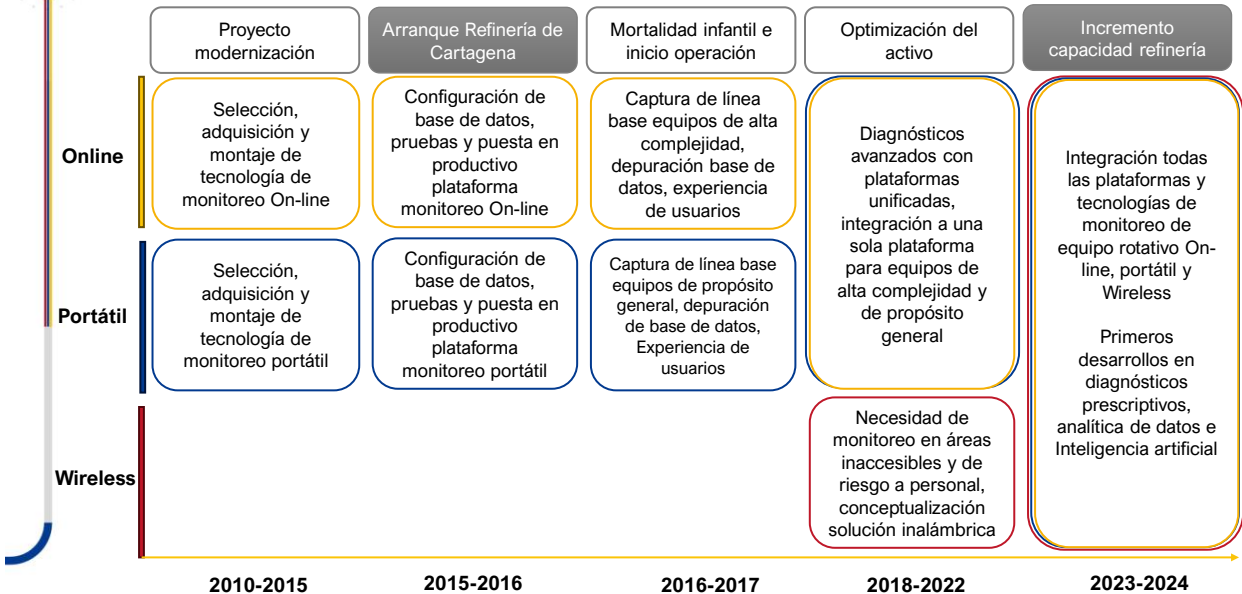


14

# Evolución de tecnologías habilitadoras



# Evolución de tecnologías habilitadoras



# 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.

## Resultados y próximos pasos

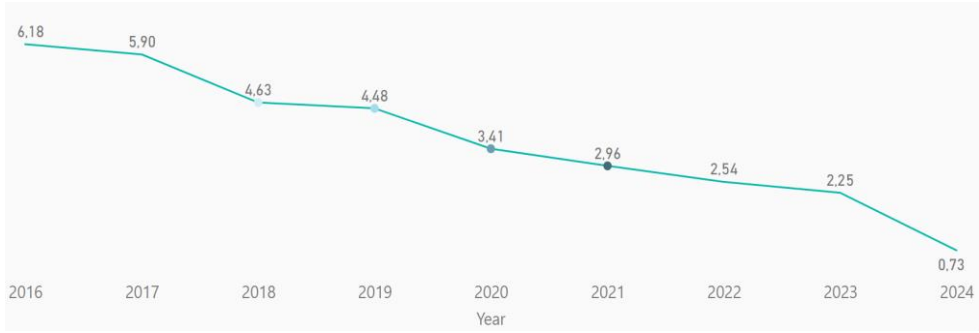
Resultados en indicadores claves de desempeño de equipo rotativo

Casos de éxito y reconocimientos recibidos

Próximos pasos – Mapa de ruta



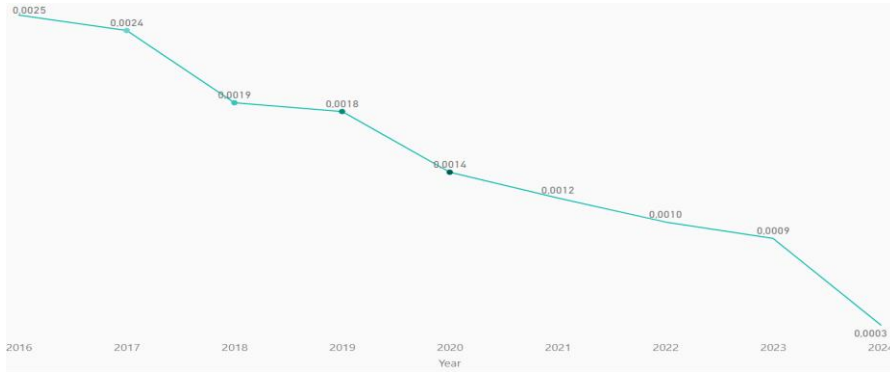
# Resultados indicadores



*Frecuencia semanal de fallas equipo rotativo*

19

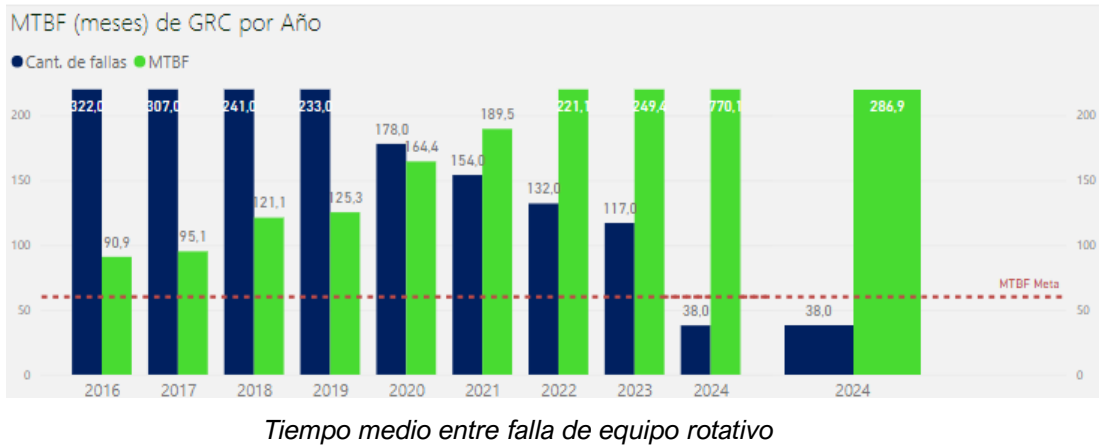
# Resultados indicadores



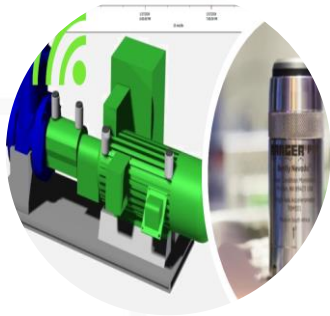
*Tasa de falla equipo rotativo*

20

## Resultados indicadores

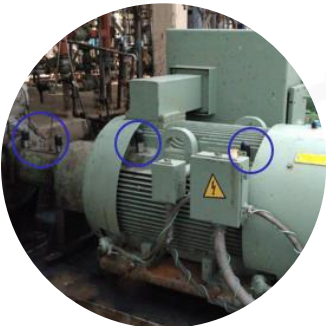


21

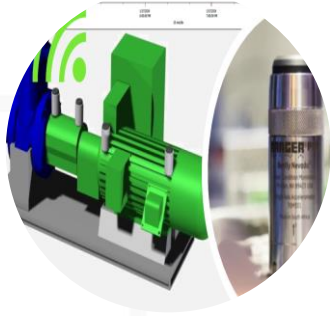


### Caso de éxito monitoreo inalámbrico – Unidad de crudo original U001

- 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



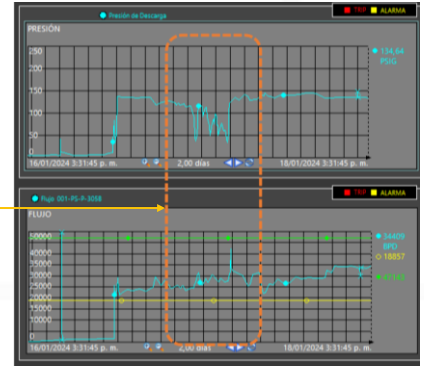
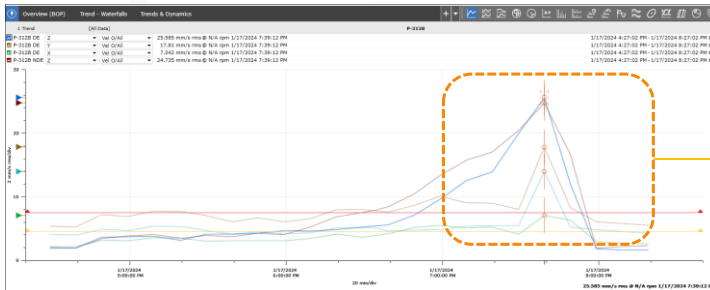
22



## Caso de éxito monitoreo inalámbrico – Unidad de crudo original U001

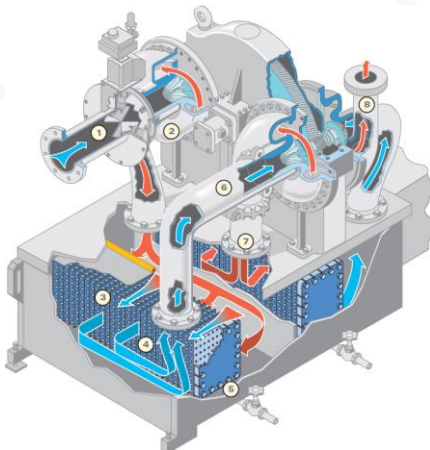


Perturbación de proceso durante arranque con riesgo inminente daño de equipo evitado con tecnología RangerPRO



Tendencia de flujo de la bomba con el disturbio operacional

23



## Caso de éxito Compresor de Fluidización – Diagnóstico Prescriptivo

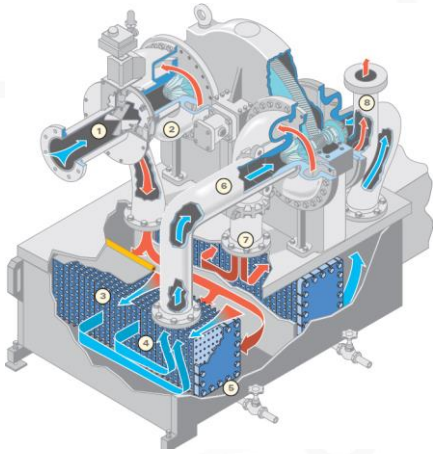


Función crítica de la unidad de Craqueo Catalítico

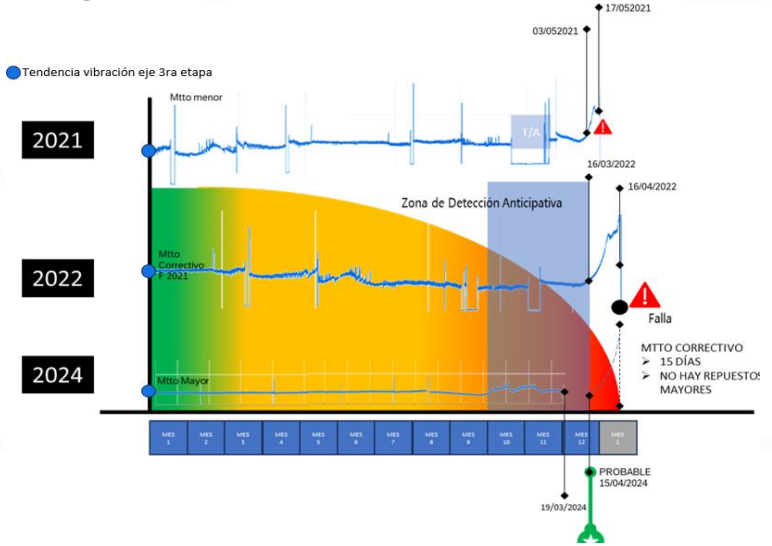
Análisis basado en:

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

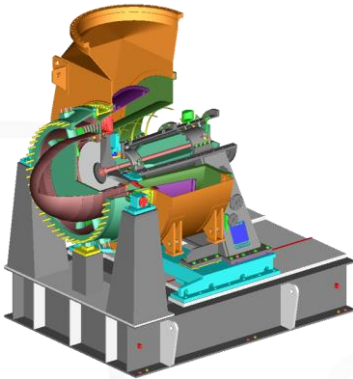
24



## Caso de éxito Compresor de Fluidización – Diagnóstico Prescriptivo



25

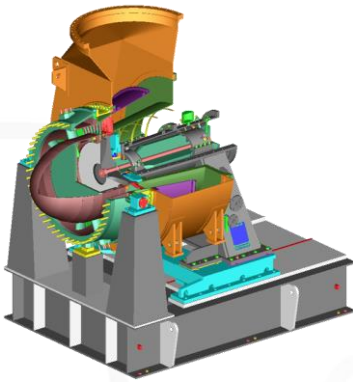


## Caso de éxito turboexpander unidad de Craqueo catalítico

- ❑ 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

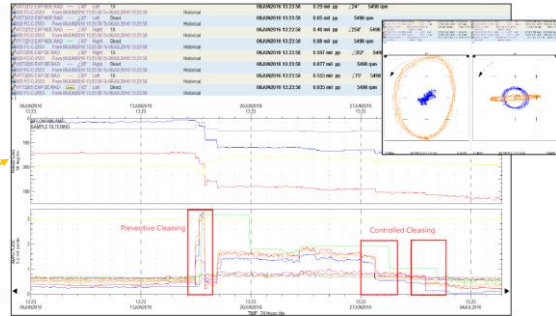
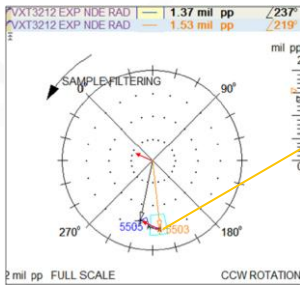
26



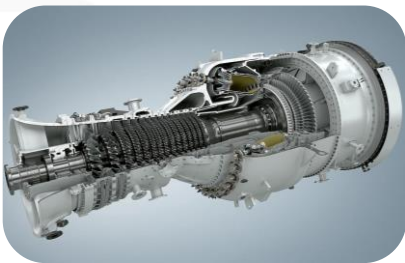


## Caso de éxito turboexpander unidad de Craqueo catalítico

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



27

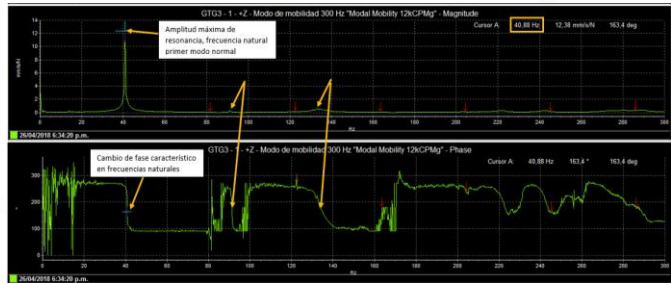
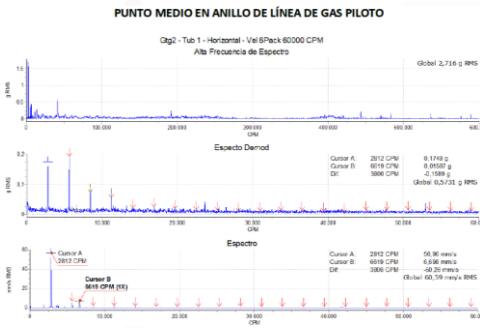
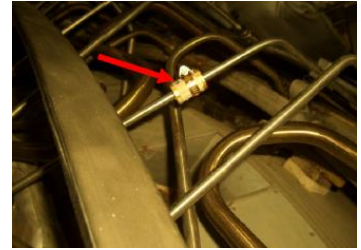
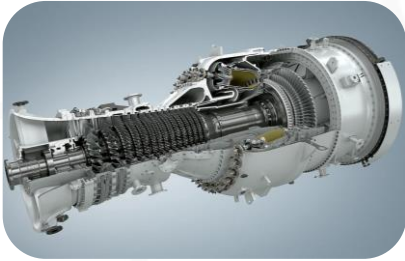


## Caso de éxito turbogases – sistema de generación eléctrica

- 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



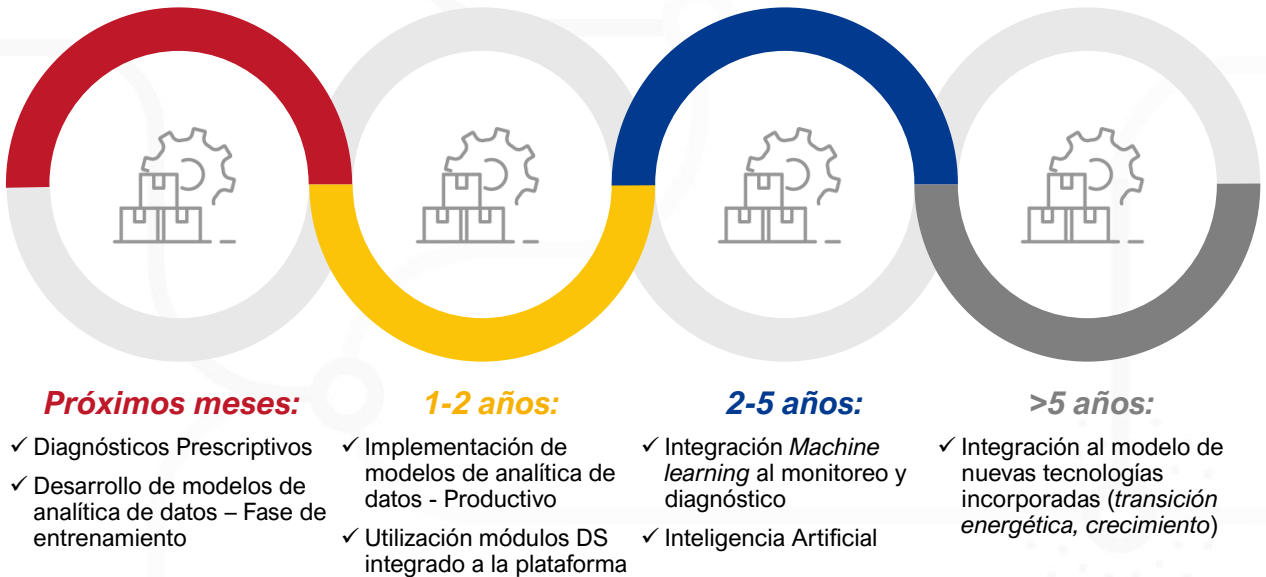
**Digital Transformation Award 2017:** Por la madurez LATAM de la plataforma de monitoreo en línea

**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