



## Guía para presentación de trabajos – Entrega de resumen

RES\_COLOMBIA\_R\_ARIZA\_CMMGA2025.pdf

### Título del trabajo propuesto:

Predicción de fallas en intercambiadores de calor mediante el uso de inteligencia artificial: Caso de éxito de Refinería de Cartagena

Nombre del primer autor:

Ramón Ariza

Teléfono fijo:

Móvil:

3183899796

Correo electrónico:

ramon.ariza@ecopetrol.com.co

País:

Colombia

Empresa:

Ecopetrol

Cargo:

Ingeniero de Confiabilidad

Nombre del segundo autor:

Teléfono fijo:

Móvil:

Correo electrónico:

País:

Empresa:

Cargo:

### Objetivo del trabajo:

Destacar el potencial de la inteligencia artificial para transformar las prácticas de mantenimiento en la industria, proporcionando una herramienta poderosa para la gestión activos.

### Resumen del trabajo:

En septiembre de 2020, la rotura de los intercambiadores de calor E-11 de la Unidad de Alquiler resultó en una parada no programada de la U-044 durante 18 días, con una pérdida aproximada de 1.350 millones de dólares.



Figura 1. Falla de 2020 de los E-11, ocasionada por patrón de ensuciamiento acelerado y corrosión ácida bajo depósitos

Para abordar este problema, se implementó un modelo de analítica avanzada utilizando la herramienta ASPEN MTELL®. Se generó un agente de falla de Machine Learning que aprendió los patrones de falla del E-11 y fue desplegado para monitoreo continuo en el primer trimestre de 2024.

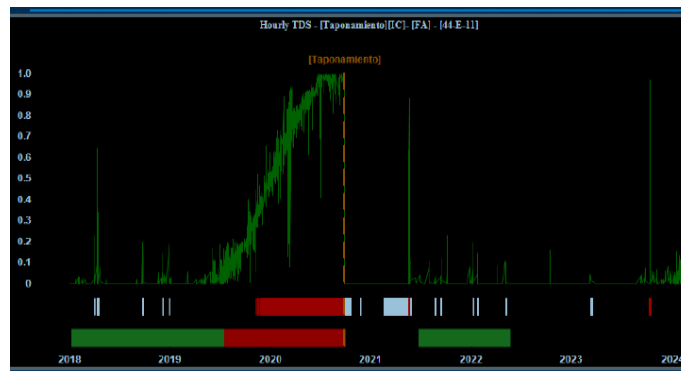


Figura 2. Patrón de falla aprendida por el modelo de Machine Learning

El 1 de abril de 2024, el agente de inteligencia artificial detectó un patrón de falla con más de un año de anticipación. Esta alerta fue analizada por un equipo integrado, que identificó las causas de la desviación y programó el restablecimiento de la operación confiable para prevenir una falla similar a la de 2020.

### Probabilidad de falla



Figura 3. Alerta temprana generada por el modelo de Machine Learning

La refinería ahora tiene la capacidad de generar modelos de Machine Learning que pueden aprender patrones de falla y monitorear en línea las variables operativas de los equipos para anticipar los modos de falla. Esto permite tomar acciones oportunas para prevenir incidentes de seguridad de proceso y pérdidas de disponibilidad de los sistemas, incrementando la confiabilidad y disponibilidad de los activos.

#### Tabla de contenido del trabajo:

1. Introducción
  - 1.1. Contexto y Justificación
  - 1.2. Objetivos del Estudio
  - 1.3. Importancia de la Predicción de Fallas en Intercambiadores de Calor
2. Métodos
  - 2.1. Descripción del Problema
    - 2.1.1. Incidente de 2020 en la Unidad de Alquiler
  - 2.2. Herramientas y Tecnologías Utilizadas
    - 2.2.1. ASPEN MTELL®
    - 2.2.2. Modelos de Machine Learning
  - 2.3. Procedimiento de Implementación
    - 2.3.1. Recopilación de Datos Históricos
    - 2.3.2. Desarrollo y Entrenamiento del Agente de Falla
    - 2.3.3. Despliegue y Monitoreo Continuo
3. Resultados
  - 3.1. Detección de Patrones de Falla
    - 3.1.1. Caso del 1 de abril de 2024
  - 3.2. Análisis de Alertas y Acciones Tomadas
    - 3.2.1. Identificación de Causas de Desviación
    - 3.2.2. Programación del Restablecimiento de la Operación
  - 3.3. Impacto en la Operación
    - 3.3.1. Reducción de Tiempos de Inactividad
    - 3.3.2. Optimización de Costos de Mantenimiento



3.3.3. Mejora en la Confiabilidad y Disponibilidad de los Activos

4. Discusión
  - 4.1. Evaluación de la Eficacia del Modelo
  - 4.2. Comparación con Métodos Tradicionales de Mantenimiento
  - 4.3. Lecciones Aprendidas y Recomendaciones
  - 4.4. Potencial Futuro de la Inteligencia Artificial en Mantenimiento Predictivo
5. Conclusiones
  - 5.1. Resumen de Hallazgos Clave
  - 5.2. Implicaciones para la Industria
  - 5.3. Sigüientes Pasos y Futuras Investigaciones
6. Referencias

Clasifique su resumen en la siguiente tabla según el tema:

(Marque sólo un tema en la casilla con una X)

## 1. MANTENIMIENTO

### 1.1 Planeación y programación

#### Tecnologías

- Tecnologías aplicadas a la planeación y programación de mantenimiento

#### Competencias

- Estrategias y Planes para el desarrollo de competencias para la planeación y programación de mantenimiento
- Experiencias en la formación de ingenieros para el mantenimiento

#### Finanzas y costos

- Beneficios económicos de la planeación y programación de mantenimiento
- La visibilidad de los costos de mantenimiento en las finanzas de la empresa

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- Mantenimiento ecológico para un futuro sostenible
- Planeación y programación de mantenimiento para sostenibilidad y medio ambiente

#### Mejores prácticas

- Como planear mantenimiento eficientemente
- Como reducir el backlog y lograr el cumplimiento del programa de mantenimiento

### 1.2 Ejecución y Supervisión

#### Tecnologías

- La robotización de las labores de mantenimiento



- Como la tecnología mejora y optimiza la ejecución de mantenimiento

#### Competencias

- Certificación en competencias de ejecución y supervisión de mantenimiento.
- Beneficios de ejecutores y supervisores competentes
- Confiabilidad operativa
- Tercerización del mantenimiento
- El liderazgo

#### Finanzas y costos

- Elaboración y cumplimiento de los presupuestos para la ejecución de mantenimiento

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- Ejecución y supervisión del mantenimiento para asegurar la sostenibilidad del negocio y el cuidado del medio ambiente

#### Mejores prácticas

- Liderazgo en la supervisión de la ejecución de mantenimiento y el logro de buenos resultados.

### 1.3 Análisis de resultados y toma de decisiones

#### Tecnologías

- Transformación digital en mantenimiento
- Nuevas tecnologías en análisis de resultados de la ejecución de mantenimiento y metodologías para la toma de decisiones

#### Competencias

- Formación de los ingenieros de mantenimiento para el análisis de resultados de la ejecución de mantenimiento y la adecuada toma de decisiones para cumplir con la disponibilidad y la confiabilidad requerida

#### Finanzas y costos

- Análisis de los costos de mantenimiento, cumplimiento de presupuestos y la correspondiente toma de decisiones

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- El papel del mantenimiento en la sostenibilidad y ESG (ambiental, social y de gobernanza)
- El impacto del mantenimiento en operaciones neutras de carbono
- Análisis de resultados y toma de decisiones para asegurar la sostenibilidad del negocio y el cuidado del medio ambiente

#### Mejores prácticas



- El Metaverso en la gestión del mantenimiento
- Las fábricas digitales para optimizar el mantenimiento
- La optimización de los costos de mantenimiento con base en el análisis de resultados


## 2. GESTIÓN DE ACTIVOS

### 2.1 Planeación y objetivos de gestión de activos

#### Tecnologías

- Ayudas tecnológicas para la elaboración y seguimiento de los Planes de Gestión de Activos (PGA) y el Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)

--

#### Competencias

- La importancia de las habilidades blandas en la gestión de los activos
- Estrategias y planes para el desarrollo de competencias para la elaboración y seguimiento del PGA y del PEGA


#### Ciclo de vida del activo

- Costos del ciclo de vida del activo (planeación, evaluación, acompañamiento y seguimiento)

--

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- Planeación de la gestión de activos para sostenibilidad y cuidado del medio ambiente

--

#### Mejores prácticas

- Como elaborar de manera correcta el PEGA
- Construcción del PGA y lograr en su cumplimiento


### 2.2 Aplicación de gestión de activos

#### Tecnologías

- Tecnologías que apoyan la aplicación de la gestión de activos y el cumplimiento del plan de implantación.

--

#### Competencias

- EL liderazgo en los procesos de rotación de personal
- Competencias requeridas para asegurar la implantación y aplicación de la gestión de activos


#### Ciclo de vida del activo



- Análisis de costo, riesgo, desempeño
- Aplicación del ciclo de vida de los activos

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- Como la aplicación de la gestión de activos, asegura la sostenibilidad del negocio y el cuidado del medio ambiente

#### Mejores prácticas

- Habilitadores claves para la implementación de la gestión de activos
- Herramienta de mapeo para la documentación GFMAM, incluida la familia de normas ISO 55000
- La maduración de la aplicación de la gestión de activos (excelencia y certificaciones)
- Para qué sirven las normas de la familia ISO 55000 en los logros de gestión de activos y sus futuros desarrollos

### 2.3 Análisis de resultados y toma de decisiones

#### Tecnologías

- Transformación digital en la Gestión de Activos
- La tecnología aplicada en análisis de resultados de la gestión de activos y metodologías para la toma de decisiones

#### Competencias

- Formación de los ingenieros de gestión de activos para el análisis de resultados de los activos y la adecuada toma de decisiones para cumplir con el PGA y el PEGA

#### Ciclo de vida del activo

- Manejo del envejecimiento de los activos y toma de decisiones para la desincorporación
- Análisis del desempeño de los activos durante su ciclo de vida y la oportuna toma de decisiones

#### Sostenibilidad y medio ambiente

- Impacto de la gestión de activos en la sostenibilidad y ESG (ambiental, social y de gobernanza)
- Descarbonización de los activos a través del uso de fuentes no convencionales de energía
- Análisis de resultados y toma de decisiones en gestión de activos para asegurar la sostenibilidad del negocio y el cuidado del medio ambiente

#### Mejores prácticas

- La excelencia en la gestión de activos (madurez del proceso)



- ¿Cómo y cuándo actualizar el PEGA?
- Aseguramiento del cumplimiento del PGA

## 2.4 Generación de valor de los activos

### Tecnologías

- Digitalización como herramienta para potenciar la generación de valor en gestión de activos
- Tecnologías para medir la generación de valor de los activos

### Competencias

- Competencias requeridas para la medición de la generación de valor de los activos

### Ciclo de vida del activo

- Generación de valor en las fases de diseño, ingeniería, operación y mantenimiento del activo
- Valor agregado de los activos durante su ciclo de vida

### Sostenibilidad y medio ambiente

- La sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente como valor generado por los activos

### Mejores prácticas

- ¿Cómo se mide en la empresa el valor económico agregado y la generación de valor de los activos?
- Indicadores de gestión que reflejen el valor agregado por los activos