



## Reporte entregable 24

### Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

#### Detección de fallas en maquinarias - Diagnóstico en Vaca Muerta

##### I. Introducción

Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, es una de las formaciones de shale oil y shale gas más importantes a nivel mundial. Su desarrollo ha impulsado a Argentina como un actor global en el sector energético, atrayendo importantes inversiones.

Este desarrollo requiere el uso intensivo de maquinaria especializada para perforación, fractura hidráulica y transporte. Estas operaciones demandan un alto nivel de mantenimiento y diagnóstico técnico para asegurar la eficiencia y la seguridad.

La maquinaria involucrada incluye:

- Equipos de perforación: Estos equipos utilizan tecnologías avanzadas para perforar pozos de manera precisa y eficiente, incluyendo motores de fondo que permiten alcanzar objetivos geológicos específicos.
- Bombas de fractura: Utilizadas en el proceso de fractura hidráulica, estas bombas inyectan fluidos a alta presión para fracturar la roca y liberar el petróleo y gas. Las nuevas bombas de fractura, como las desarrolladas por QM Equipment, utilizan turbinas de gas natural para reducir costos y emisiones.
- Ductos y Sistemas de Transporte: Una extensa red de ductos transporta el petróleo y gas desde los pozos hasta las plantas de procesamiento y los puntos de distribución. La integridad de estos ductos es crucial para evitar fugas y asegurar la

continuidad de las operaciones. Desde 2010, se utiliza la evaluación directa para detectar y prevenir problemas como corrosión y fallas en el revestimiento de estas cañerías.

## **II. Desafío: Diagnóstico y Detección Rápida de Problemas**

El mantenimiento de estos equipos en la industria petrolera es crítico para evitar tiempos de inactividad no planificados y reducir los costos operativos. Los métodos tradicionales de diagnóstico de fallas, basados en reportes manuales de los operarios y revisiones técnicas, pueden ser lentos e ineficientes .

En un entorno complejo, donde la maquinaria opera bajo condiciones exigentes, la detección temprana de problemas es esencial para:

- Minimizar las pérdidas de producción: Las fallas en los equipos pueden provocar paradas imprevistas que interrumpen la producción y generan pérdidas económicas significativas.
- Optimizar los costos de mantenimiento: La detección temprana de fallas permite realizar un mantenimiento preventivo y evitar costosas reparaciones de emergencia.
- Aumentar la seguridad operativa: Un diagnóstico rápido y preciso ayuda a prevenir incidentes que pueden poner en riesgo la seguridad del personal y el medio ambiente.

## **III. Uso de IAGEN para Diagnóstico Rápido de Fallas**

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) es una rama de la inteligencia artificial que se centra en la creación de nuevo contenido, como modelos, imágenes, código o texto, a partir de datos existentes. Esta tecnología utiliza algoritmos avanzados para analizar grandes cantidades de información, identificar patrones y generar contenido nuevo y original que a menudo es indistinguible del creado por humanos .

La IAGEN, al integrarse con bases de datos operativas y registros de mantenimiento, ofrece capacidades que superan las limitaciones de los métodos tradicionales:

- Detectar patrones de fallas: Los modelos de IAGEN, como ChatGPT, pueden

analizar grandes volúmenes de datos técnicos, incluyendo información de sensores, registros operativos e históricos de mantenimiento, para identificar patrones que indiquen posibles fallas.

- Sugerir soluciones en tiempo real: Basándose en el análisis de datos, la IAGEN puede generar informes automáticos sobre el estado de la maquinaria, incluyendo diagnósticos de fallas y recomendaciones para su corrección.
- Predecir fallas futuras: Mediante el análisis de datos históricos y el aprendizaje automático, la IAGEN puede predecir la probabilidad de fallas futuras, permitiendo un mantenimiento preventivo más efectivo.
- Mejorar la seguridad y la protección ambiental: La IAGEN puede analizar señales satelitales para detectar tempranamente fugas en ductos, evitando la contaminación y el impacto ambiental. Este análisis también se puede aplicar a reactores de tratamiento de efluentes para optimizar su disposición y mitigar el impacto ambiental.

#### **IV. Tecnologías y Modelos Utilizados**

La implementación de IAGEN en Vaca Muerta requiere la integración de diversas tecnologías y modelos:

- Modelos de lenguaje avanzados: GPT-4 y otras versiones especializadas en análisis técnico pueden interpretar datos de sensores, registros operativos e informes de mantenimiento para generar diagnósticos precisos.
- Modelos de aprendizaje automático: Entrenados con datos históricos de fallas mecánicas, estos modelos pueden identificar patrones y predecir la probabilidad de fallas futuras. Machine Learning, una rama de la inteligencia artificial, permite que las máquinas aprendan sin ser expresamente programadas para ello, una habilidad indispensable para hacer sistemas capaces de predecir acciones .
- APIs de integración: Las APIs permiten la conexión de la IAGEN con sistemas SCADA, ERPs y otras plataformas utilizadas en la industria petrolera para acceder a datos en tiempo real.
- Automatización con RPA: La Automatización Robótica de Procesos (RPA) puede

utilizarse para extraer datos de diferentes fuentes y formatos, facilitando el análisis y la generación de informes.

- Herramientas especializadas: Existen herramientas como la aplicación desarrollada en VBA que simplifica el análisis de corrosión en ductos, automatizando el emparejamiento de anomalías, calculando tasas de corrosión y proyectando su evolución bajo estándares internacionales. Esta herramienta puede integrarse con la IAGEN para mejorar la precisión del diagnóstico.
- Data Science: La ciencia de datos juega un papel crucial en la implementación de IAGEN. Combina estadística, matemáticas e informática para analizar datos y convertirlos en información valiosa para la toma de decisiones.

## **V. Aplicación de agentes impulsados por IAGEN en la actividad**

### **1. Concepto de agentes de IAGEN**

En los últimos años, la inteligencia artificial generativa (IAGen) ha revolucionado la manera en que interactuamos con la tecnología, permitiendo el desarrollo de sistemas capaces de generar contenido, responder preguntas complejas y asistir en tareas cognitivas de alta demanda. A partir de esta capacidad, surge una nueva arquitectura tecnológica: los agentes impulsados por IAGen. Estos agentes no son simples interfaces conversacionales, sino sistemas autónomos que pueden interpretar instrucciones, tomar decisiones, ejecutar tareas y aprender de sus interacciones con el entorno.

Un agente de IAGen combina grandes modelos de lenguaje con componentes adicionales como herramientas externas, memoria, planificación y ejecución autónoma. Esto les permite operar en entornos complejos, con capacidad para descomponer objetivos en pasos, coordinar múltiples acciones, interactuar con sistemas digitales (como bases de datos, APIs o documentos) y adaptarse a los cambios del contexto en tiempo real. Estas cualidades los distinguen de los chatbots tradicionales, y abren un espectro de aplicaciones más sofisticadas y personalizables.

En el ámbito organizacional, estos agentes se están utilizando para automatizar

procesos, generar análisis de datos, asistir en la toma de decisiones y mejorar la experiencia del usuario, tanto interna como externamente. Por ejemplo, pueden asumir tareas de recursos humanos, legales, financieras o logísticas, e incluso, vinculadas a las áreas técnicas de procesos productivos, actuando como asistentes inteligentes que colaboran con equipos humanos. Esta capacidad de integrar conocimientos y ejecutar tareas de forma autónoma transforma la forma en que las organizaciones pueden escalar sus operaciones sin perder calidad ni control.

Además, los workflows agénticos —estructuras donde múltiples agentes colaboran entre sí para resolver problemas complejos— permiten distribuir responsabilidades entre distintos perfiles de agentes, cada uno con funciones específicas. Esto genera entornos de trabajo híbridos donde humanos y agentes coexisten, optimizando tiempos, costos y resultados. La posibilidad de conectar agentes con herramientas como Google Drive, CRMs o plataformas de gestión documental amplía aún más sus capacidades.

El desarrollo de agentes impulsados por IAGen representa un paso crucial hacia una nueva era de automatización inteligente.

Entre los beneficios de los workflows auténticos impulsados por modelos de inteligencia artificial generativa, se encuentra la posibilidad de automatizar procesos productivos completos, de punta a punta, e incluso, agregar valor a partir del aprovechamiento de las habilidades de los modelos de lenguaje basados en dichas tecnologías.

Sin embargo, su implementación también plantea desafíos técnicos, éticos y jurídicos, desde el diseño responsable hasta la supervisión humana. Por eso, comprender su arquitectura, su lógica operativa y sus impactos potenciales es fundamental para su adopción efectiva y segura en diversos contextos profesionales.

## **2. Propuesta de diseño de Flujo Agéntico para la Implementación**

### **a. Fases del Flujo de Trabajo**

La implementación de IAGEN para el diagnóstico de fallas en maquinaria petrolera puede seguir un flujo de trabajo que incluye las siguientes fases:

- **Extracción de datos:** Se extraen datos de diversas fuentes, como sensores de maquinaria, registros históricos de mantenimiento, sistemas SCADA y ERPs. El Internet de las Cosas (IoT) juega un papel importante en este proceso, ya que permite la conexión e intercambio de datos entre dispositivos y sistemas a través de internet. En Vaca Muerta, esto podría incluir sensores en equipos de perforación, bombas y ductos que transmiten datos en tiempo real a la plataforma de IAGEN.
- **Procesamiento con IAGEN:** Los datos se procesan utilizando modelos de IAGEN para detectar patrones, anomalías y posibles fallas.
- **Generación de diagnóstico:** Se genera un diagnóstico con indicaciones para el mantenimiento preventivo o correctivo.
- **Notificación automática:** Se envía una notificación automática a los equipos de mantenimiento y operarios.
- **Registro de acciones correctivas:** Se registran las acciones correctivas tomadas para optimizar los modelos de IAGEN.

### **b. Ejemplo Concreto hipotético**

Un equipo de perforación presenta una variación anormal en la presión de la bomba de lodo. Con la IAGEN:

- El Agente de Extracción detecta la anomalía y la envía al modelo de IA.
- El Agente Analítico analiza la información y predice que el problema es una obstrucción parcial en la válvula.
- El Agente de Reportes genera un informe con la descripción de la falla y recomendaciones de ajuste.
- El Agente de Integración envía una alerta a los técnicos con instrucciones precisas.

## **VI. Beneficios Directos en Operaciones y Estrategia**

La implementación de IAGEN en Vaca Muerta ofrece beneficios significativos en términos de eficiencia, costos, seguridad y sostenibilidad:

- Reducción del tiempo de diagnóstico: La IAGEN puede reducir el tiempo de diagnóstico de días a minutos, permitiendo una respuesta rápida ante las fallas y minimizando las interrupciones en la producción.
- Disminución de costos: Al evitar paradas imprevistas y reparaciones urgentes, la IAGEN contribuye a la reducción de los costos operativos y de mantenimiento.
- Incremento en la seguridad operativa: La detección temprana de fallas mediante IAGEN permite tomar medidas preventivas y evitar incidentes que puedan poner en riesgo la seguridad del personal y el medio ambiente.
- Optimización de la toma de decisiones: La IAGEN proporciona información precisa y oportuna para la toma de decisiones estratégicas, como la planificación del mantenimiento y la asignación de recursos.
- Transición hacia un mantenimiento proactivo y predictivo: La IAGEN permite un cambio de paradigma en el mantenimiento, pasando de un enfoque reactivo a uno proactivo y predictivo. Esto implica la capacidad de anticipar fallas y realizar el mantenimiento antes de que ocurran, optimizando la disponibilidad de los equipos y reduciendo los costos.
- Contribución a la sostenibilidad: La IAGEN puede contribuir a operaciones más sostenibles al optimizar el uso de recursos y reducir las emisiones. Por ejemplo, la optimización del rendimiento de las bombas de fractura mediante IAGEN puede reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero

5.

## **VII. Oportunidades y Beneficios Concretos**

### **Comparación con Métodos Tradicionales**

Característica	Métodos tradicionales	IAGEN
Detección de fallas	Basada en reportes manuales e inspecciones visuales	Análisis automatizado de datos de sensores y patrones históricos
Tiempo de respuesta	Lento, puede tomar horas o días	Rápido, con diagnósticos en tiempo real
Precisión del diagnóstico	Sujeto a errores humanos e interpretación subjetiva	Mayor precisión gracias al análisis de datos objetivos
Capacidad predictiva	Limitada	Predicción de fallas futuras mediante Machine Learning
Integración con otros sistemas	Generalmente limitada	Integración con SCADA, ERPs y otras plataformas a través de APIs
Costo	Puede ser alto debido a la necesidad de inspecciones y reparaciones de emergencia	Reducción de costos a largo plazo gracias al mantenimiento preventivo y la optimización de recursos

**Se recomienda la Inversión de corto plazo en equipos de implementación de agentes de IA en tecnología y capacitación.**

Se requiere inversión en pruebas de concepto y pruebas piloto. El foco aquí tiene que ser la formación del talento para implementar, ya que se verifica una tendencia de reducción de costos en sistemas que permiten automatización “no code” y “low code”. Para la primera etapa, también se recomienda recurrir a equipos con experiencia en diseño e implementación de agentes de IA. Por último, es clave formar un equipo “in house” para el acompañamiento y la apropiación de una cultura agéntica que redefine la interacción humano-máquina.

## **IX. Conclusión**

La implementación de IAGEN en Vaca Muerta para el diagnóstico de problemas en maquinaria petrolera ofrece una oportunidad para optimizar las operaciones y asegurar la competitividad en el mercado global. La IAGEN no solo permite la detección temprana de fallas y la predicción de posibles problemas, sino que también impulsa un cambio de paradigma en el mantenimiento, pasando de un enfoque reactivo a uno proactivo y predictivo.

Esta transformación beneficia a todos los stakeholders: los operadores pueden reducir costos y aumentar la producción, los equipos de mantenimiento pueden trabajar de manera más eficiente y segura, y el medio ambiente se beneficia de la optimización de recursos y la reducción de emisiones.

La clave del éxito radica en una implementación estratégica que considere la capacitación del personal, la calidad de los datos y la integración con los sistemas existentes. Además, es crucial abordar los desafíos específicos del entorno de Vaca

Muerta, como la corrosión inducida por bacterias.

En el futuro, se espera que la IAGEN continúe evolucionando, con modelos más sofisticados y una mayor integración con otras tecnologías, como el IoT y la robótica. Esto permitirá un diagnóstico aún más preciso, una mayor automatización del mantenimiento y una contribución significativa a la sostenibilidad de las operaciones en Vaca Muerta.

### **Fuentes citadas**

1. Vaca Muerta 4.0: IA y Big Data en los yacimientos - Energía, fecha de acceso: marzo 16, 2025, <https://mase.lmneuquen.com/vaca-muerta/vaca-muerta-40-ia-y-big-data-los-yacimiento-s-n801572>
2. Petro-4-24.pdf - IAPG, fecha de acceso: marzo 16,, 2025, [https://iapg.org.ar/petrotecnica\\_notas/424/Petro-4-24.pdf](https://iapg.org.ar/petrotecnica_notas/424/Petro-4-24.pdf)
3. Aún falta para terminar el año y en el IAPG seguimos - Petrotecnica, fecha de acceso: marzo 16, 2025, [https://www.petrotecnica.com.ar/324/Petro\\_3-24.pdf](https://www.petrotecnica.com.ar/324/Petro_3-24.pdf)
4. Seminario: "Vaca Muerta: nuevas tecnologías en perforación direccional y geonavegación", fecha de acceso: marzo 16, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=llr34h1kFml>
5. Argentina desarrolla tecnología de punta para Vaca Muerta, fecha de acceso: marzo 16, 2025, <https://www.argentina.gob.ar/noticias/argentina-desarrolla-tecnologia-de-punta-para-vaca-muerta>