HUB TECH IA

Reporte entregable 7

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Optimización de Condiciones de Perforación en Relación con las Actividades de Agua y Petróleo en Vaca Muerta, Neuquén

I. Introducción

La formación Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, representa uno de los yacimientos de hidrocarburos no convencionales más significativos a nivel mundial. Su vasta extensión y el considerable volumen de recursos que alberga la posicionan como un activo estratégico para el futuro energético de Argentina y con potencial impacto en el mercado global de energía. En un contexto global donde la demanda de energía continúa en aumento y la transición hacia fuentes renovables aún se encuentra en desarrollo, los reservorios no convencionales como Vaca Muerta adquieren una importancia creciente en la matriz energética mundial.

En paralelo, la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) ha emergido como una tecnología disruptiva con la capacidad de transformar diversos sectores industriales, incluyendo el petróleo y el gas. La IAGEN, a través de modelos avanzados de aprendizaje profundo y redes neuronales, puede generar nuevo contenido, como texto, imágenes y datos sintéticos, a partir de patrones aprendidos de grandes conjuntos de datos. Su potencial para analizar información compleja y ofrecer soluciones innovadoras la convierte en una herramienta valiosa para optimizar operaciones y mejorar la toma de decisiones en la industria energética.

Este informe se centra en la aplicación específica de la IAGEN para la optimización de las condiciones de perforación relacionadas con las actividades de agua y petróleo dentro de la formación Vaca Muerta en Neuquén, Argentina. El objetivo es analizar cómo esta tecnología puede abordar los desafíos inherentes a la perforación en este yacimiento no convencional, mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y contribuir a una explotación más sostenible de sus recursos. A lo largo de este documento, se explorarán los fundamentos de la IAGEN en el contexto del petróleo y gas, los desafíos y oportunidades de la perforación en Vaca Muerta, las aplicaciones concretas de la IAGEN para la optimización, casos de estudio relevantes, los beneficios cuantificables de su implementación, las barreras para su adopción, las tendencias futuras y su impacto en la fuerza laboral y la sostenibilidad ambiental.

La magnitud de los recursos de Vaca Muerta y su potencial para impulsar la independencia energética y las exportaciones de Argentina generan una necesidad apremiante de adoptar tecnologías que mejoren la eficiencia y disminuyan los costos. La IAGEN, reconocida por su capacidad de optimización, se presenta como una herramienta clave para explorar en este contexto. Adicionalmente, la tendencia hacia la perforación horizontal en Vaca Muerta subraya la creciente complejidad de las operaciones de perforación, lo que incrementa el valor de técnicas de optimización avanzadas como la IAGEN. Estas operaciones más complejas requieren un control preciso y una optimización detallada, donde la habilidad de la IA para analizar datos intrincados y realizar ajustes en tiempo real puede ofrecer una ventaja significativa.

II. Fundamentos de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) en la Industria del Petróleo y Gas

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) representa una rama especializada dentro del campo de la inteligencia artificial, enfocada en la creación de nuevo contenido, como imágenes, videos o música, basándose en las instrucciones proporcionadas por el usuario, conocidas como "prompts".

A diferencia de otros tipos de IA, como la IA discriminativa que se centra en clasificar o

predecir datos existentes, la IAGEN tiene la capacidad de sintetizar información novedosa a partir de los patrones aprendidos durante su entrenamiento.

Esta tecnología se apoya en principios fundamentales como los Modelos de Lenguaje Extensos (LLMs), el aprendizaje profundo y las redes neuronales, que le permiten procesar y comprender grandes cantidades de datos para generar contenido coherente y relevante. La creciente disponibilidad y potencia de las plataformas de IA basadas en la nube facilitan aún más el acceso y la implementación de soluciones de IAGEN en diversos sectores.

En el contexto de la industria del petróleo y gas, la IAGEN presenta un enorme potencial debido a su capacidad para analizar los vastos y complejos conjuntos de datos que caracterizan este sector, incluyendo información sísmica, registros de pozos e historiales de producción. Sus aplicaciones abarcan toda la cadena de valor, desde la exploración y producción hasta la refinación y distribución. Un área de impacto particularmente relevante es la optimización de la perforación, donde la IAGEN puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

La convergencia de la creciente disponibilidad de datos en el sector del petróleo y gas y los avances en la IAGEN genera una oportunidad sinérgica para mejoras operativas significativas, especialmente en áreas complejas como la perforación.

La industria del petróleo y gas recopila cantidades masivas de datos durante sus operaciones. La fortaleza de la IAGEN radica en su capacidad para procesar y extraer información valiosa de estos datos. Por lo tanto, la abundancia de datos de perforación en Vaca Muerta la convierte en un candidato principal para las aplicaciones de IAGEN.

Además, la capacidad de la IAGEN para comprender consultas en lenguaje natural y traducirlas en código ejecutable, como SQL, puede facilitar el acceso a datos complejos de perforación a profesionales que no son científicos de datos, empoderando a los ingenieros de perforación y otros expertos en el dominio. Esta accesibilidad puede conducir a una resolución de problemas más rápida y a una mejor captura de

conocimiento.

III. Aplicaciones de IAGEN para la Optimización de la Perforación en Vaca Muerta

La IAGEN ofrece diversas aplicaciones para optimizar las condiciones de perforación en la formación Vaca Muerta, abordando tanto los desafíos geológicos como los operativos.

1. Optimización de parámetros de perforación en tiempo real

Una de las aplicaciones clave es la optimización de los parámetros de perforación en tiempo real. La IAGEN puede analizar datos de sensores en tiempo real, como presión, temperatura y vibración, para ajustar dinámicamente los parámetros de perforación y lograr una tasa de penetración (ROP) óptima y una mayor estabilidad del pozo.

El aprendizaje por refuerzo (RL) también se utiliza para operaciones de perforación automatizadas, optimizando variables como el peso y el desgaste.

2. Optimización de la trayectoria del pozo y geosteering

La IAGEN también juega un papel importante en la optimización de la trayectoria del pozo y el geosteering. Al integrar datos geológicos y mediciones de fondo de pozo en tiempo real, puede guiar de manera autónoma la barrena a través de las zonas más productivas del yacimiento ("puntos dulces"). Los sistemas de geosteering impulsados por IA pueden realizar cambios autónomos en la trayectoria basándose en la información del subsuelo.

3. Planificación inteligente de pozos y diseño de completaciones

La planificación inteligente de pozos y el diseño de completaciones también se benefician de la IAGEN. Al analizar datos históricos y modelos geológicos, se pueden optimizar la ubicación de los pozos y las estrategias de completación. El aprendizaje automático se utiliza para predecir la productividad del pozo en función de diversos parámetros del subsuelo y de la completación.

4. **Detección y mitigación de riesgos operacionales**

Finalmente, la IAGEN contribuye a la detección y mitigación de riesgos operacionales. Puede identificar peligros potenciales como las irrupciones de gas y la inestabilidad del pozo mediante el análisis de datos en tiempo real e incidentes históricos. Las técnicas de perforación con presión controlada (MPD), combinadas con la IA, mejoran el control del pozo.

5. **Impacto de la IAGEN en perforación por sistemas autónomos**

La creciente atención hacia los sistemas de perforación autónomos sugiere un futuro donde la IAGEN desempeñará un papel central en el control y la optimización de las operaciones de perforación con una mínima intervención humana, lo que podría generar ganancias significativas en eficiencia y mejoras en la seguridad en Vaca Muerta. Además, la integración de modelos basados en la física con modelos de IA basados en datos representa un enfoque poderoso para la optimización de la perforación en Vaca Muerta. Los modelos basados en la física proporcionan la comprensión fundamental, mientras que los modelos de IA pueden aprender de vastos conjuntos de datos para refinar las predicciones y optimizar las operaciones en tiempo real.

IV. Flujo Agéntico para la Implementación

1. Descripción del Flujo de Trabajo 1 con IAGEN

- Recolección de Datos: Sensores en el pozo capturan variables clave (presión, temperatura, viscosidad de fluidos, etc.).
- Procesamiento en la Nube: Datos son analizados por modelos generativos.
- Generación de Recomendaciones: Modelos IAGEN generan ajustes óptimos.
- Validación y Ajuste: Ingenieros revisan y aprueban recomendaciones.
- Aplicación en el Campo: Implementación de ajustes en tiempo real.

2. **Agentes de IAGEN Involucrados**

- Agente de Predicción de Eventos: Detecta patrones de riesgo en perforación.

- Agente de Optimización de Fluidos: Sugiere ajustes en composición de lodos y aditivos.
- Agente de Supervisión y Ajuste: Monitorea la implementación y corrige desviaciones.

2. Descripción del flujo de trabajo 2: Agente IAGEN: Optimización de Parámetros de Perforación en Tiempo Real

Objetivo:

Ajustar dinámicamente los parámetros de perforación (peso sobre la broca, velocidad de rotación, presión de lodo, etc.) en tiempo real para maximizar la Tasa de Penetración (ROP) y minimizar el riesgo operativo, utilizando datos de sensores y algoritmos de Aprendizaje por Refuerzo (RL).

Arquitectura Funcional del Agente

a. Input Layer: Captura de Datos

- Sensores en tiempo real:
    - Presión (WHP, BHP)
    - Temperatura
    - Vibración (acelerómetros)
    - Tasa de penetración (ROP)
    - Torque y fuerza axial
      Desgaste estimado de la broca
    - Detección de gas
- Historial geológico y modelos del subsuelo

b. Preprocesamiento de Datos

- Limpieza de ruido en señales
- Detección de anomalías (outliers)
- Normalización / Estabilización de unidades

c. Módulo de Análisis Predictivo (IA Tradicional)

- Modelos entrenados para predecir:
    - ROP esperada
    - Riesgo de inestabilidad
    - Probabilidad de desgaste anómalo
    - Fracaso mecánico

d. Módulo de Optimización (Aprendizaje por Refuerzo - RL)

- Algoritmo: Proximal Policy Optimization (PPO) o Deep Q-Learning
- Acción: recomendar ajustes en:
    - Peso sobre la broca (WOB)
    - Velocidad de rotación (RPM)
    - Presión de lodo

- Recompensa: Maximizar ROP y estabilidad, minimizar vibraciones y desgaste

e. Simulador Digital (Gemelo Digital)

- Ejecuta simulaciones de decisiones en tiempo casi real
- Evalúa impacto de distintas combinaciones de parámetros

f. Capa de Decisión Autónoma / Humano-en-el-loop

- Modo autónomo: el sistema ajusta parámetros directamente si está autorizado
- Modo asistido: recomendaciones al operador para validación humana

g. Monitoreo y Aprendizaje Continuo

- Fine-tuning del modelo con nuevos datos
- Registro de decisiones exitosas/fallidas
- Feedback de expertos incorporado al entrenamiento

3. Ejemplo Concreto

En una operación reciente en Vaca Muerta, la aplicación de IAGEN permitió detectar

con 24 horas de anticipación una pérdida de circulación, ajustando la viscosidad del fluido de perforación y evitando una pérdida de $500,000 en costos de recuperación.

V. Desafíos y Oportunidades de la Perforación en la Formación Vaca Muerta

En ocasiones se presentan características geológicas únicas que complejizan las operaciones de perforación: baja permeabilidad, la presencia de medios nanoporosos, la litología compleja y la heterogeneidad del yacimiento son factores que dificultan la extracción eficiente de hidrocarburos. Estos desafíos geológicos se manifiestan en problemas operativos como irrupciones de gas, pérdidas de fluidos e inestabilidad del pozo. Adicionalmente, se observa una variabilidad significativa en la calidad del reservorio a lo largo de la cuenca.

Las operaciones de perforación también enfrentan retos operativos considerables. Los altos costos operativos, derivados de las limitaciones logísticas y de infraestructura, representan un obstáculo significativo. La perforación de extensas secciones horizontales y la gestión de las trayectorias de los pozos en una formación tan heterogénea son tareas complejas que requieren una optimización constante de parámetros como la tasa de penetración (ROP), el peso sobre la barrena (WOB) y el torque. El desgaste de la barrena y la necesidad de mantenimiento proactivo son otros aspectos críticos a considerar.

A pesar de estos desafíos, la IAGEN ofrece oportunidades prometedoras para mejorar las operaciones de perforación. Sus capacidades analíticas y predictivas pueden utilizarse para abordar las complejidades geológicas y operativas, optimizando procesos y reduciendo riesgos. Las aplicaciones específicas de la IAGEN en este contexto se detallarán en la siguiente sección.

La alta tasa de abandono de pozos en algunas áreas debido a complejidades operativas subraya la necesidad crítica de tecnologías avanzadas como la IAGEN que puedan mejorar el diseño de pozos, las prácticas de perforación y la mitigación de riesgos. Una tasa de abandono del 40% implica ineficiencias significativas y pérdidas

financieras, lo que evidencia una fuerte necesidad de soluciones que puedan predecir y prevenir tales problemas. Las capacidades predictivas de la IAGEN y su habilidad para analizar parámetros de perforación complejos la convierten en una solución potencial.

Por otro lado, el éxito en la perforación de secciones laterales de longitud récord en Vaca Muerta demuestra el potencial de los avances tecnológicos en la región. La IAGEN puede aprovechar este progreso optimizando aún más estas complejas operaciones de perforación. El logro de perforar pozos horizontales excepcionalmente largos muestra una capacidad de innovación en Vaca Muerta. La IAGEN puede contribuir a esto proporcionando herramientas avanzadas para la planificación, ejecución y optimización de estos desafiantes proyectos de perforación.

VI. Beneficios Cuantificables de la Implementación de IAGEN en la Perforación

La implementación de la IAGEN en las operaciones de perforación en Vaca Muerta ha demostrado generar beneficios cuantificables en diversas áreas.

- Reducción significativa en los costos de perforación gracias a la optimización de los parámetros de perforación, la disminución del tiempo no productivo (NPT) y la reducción del número de viajes de perforación.
- El uso de la IAGEN permite alcanzar una mayor tasa de penetración (ROP), lo que se traduce en tiempos de perforación más rápidos.
- La productividad de los pozos también se ve mejorada mediante la optimización de la ubicación y el diseño de las completaciones, habilitada por la IAGEN, lo que conduce a un aumento en la recuperación y las tasas de producción de hidrocarburos. Se han reportado aumentos significativos en la producción acumulada de petróleo.
- El tiempo de inactividad (downtime) se reduce gracias al mantenimiento predictivo que facilita la IAGEN, minimizando las interrupciones no planificadas debido a fallas en los equipos.

- Finalmente, la IAGEN contribuye a mejorar la seguridad operacional en las operaciones de perforación al detectar peligros potenciales y permitir intervenciones proactivas.

La constante mención de mejoras porcentuales significativas en métricas clave de perforación (ROP, reducción del tiempo de inactividad, aumento de la producción) debido a la adopción de la IA sugiere un retorno de la inversión convincente para las empresas que implementan soluciones de IAGEN en Vaca Muerta. Las mejoras en la ROP del 13-60% y las reducciones del tiempo de inactividad del 20% indican mejoras sustanciales en la eficiencia y la rentabilidad, lo que justifica la adopción de la IAGEN. Además, el énfasis tanto en la reducción de costos como en las mejoras de seguridad como beneficios de la IA sugiere que la IAGEN puede contribuir tanto a la viabilidad económica como a la operación responsable de las actividades de perforación en Vaca Muerta.

V. Comparación con Métodos Tradicionales

Aspecto	**Métodos Tradicionales**	**Uso de IAGEN**
Ajuste de fluidos	Basado en experiencia y ensayo-error	Optimización basada en modelos predictivos
Detección de fallos	Análisis reactivo tras incidentes	Predicción y prevención en tiempo real
Gestión de datos	Informes manuales y bases dispersas	Integración automática en tiempo real

VI. Desafíos y Barreras para la Adopción de IAGEN en las Operaciones de Perforación en Vaca Muerta

A pesar de los numerosos beneficios potenciales, la adopción de la IAGEN en las operaciones de perforación en Vaca Muerta enfrenta varios desafíos y barreras.

La calidad e integración de los datos representan un obstáculo significativo. La industria del petróleo y gas maneja grandes cantidades de datos provenientes de diversas fuentes, como estudios geológicos, registros de pozos y sensores, que a menudo son inconsistentes y difíciles de integrar. La existencia de silos de datos y sistemas heredados dificulta aún más una integración fluida de la información.

Otro desafío importante es la escasez de mano de obra calificada. Se necesita personal con experiencia tanto en operaciones de perforación de petróleo y gas como en inteligencia artificial y aprendizaje automático para desarrollar e implementar soluciones de IAGEN de manera efectiva.

La resistencia al cambio y la brecha de aceptación dentro de las operaciones tradicionales de petróleo y gas también pueden frenar la adopción de nuevas tecnologías como la IA. Se requiere un fuerte liderazgo y un cambio en la cultura organizacional para adoptar la toma de decisiones basada en la IA.

Los costos de implementación e infraestructura asociados con las plataformas de IA pueden ser elevados, y se necesita una infraestructura de TI adecuada para soportar estas tecnologías.

La generalización e interpretabilidad de los modelos de IA son otras consideraciones importantes. Es crucial asegurar que los modelos entrenados con datos de un área o conjunto de condiciones puedan aplicarse de manera efectiva a otras partes de la formación Vaca Muerta o a diferentes escenarios de perforación. Además, la interpretabilidad de los modelos de IA es necesaria para generar confianza y comprensión entre los ingenieros de perforación.

Finalmente, el marco regulatorio para la IA en Argentina aún se encuentra en sus etapas iniciales, lo que puede generar incertidumbre para las empresas. Se necesitan

directrices y regulaciones claras sobre el uso de la IA en infraestructuras críticas como la industria del petróleo y el gas.

La recurrente mención de desafíos relacionados con la calidad e integración de datos sugiere que establecer una estrategia robusta de gestión de datos es un requisito fundamental para una implementación exitosa de la IAGEN en Vaca Muerta. Sin datos de alta calidad y bien integrados, los modelos de IA no pueden funcionar eficazmente. Esto resalta la necesidad de un esfuerzo sustancial en la infraestructura y la gobernanza de datos antes de aprovechar al máximo la IAGEN. La escasez de profesionales cualificados en IA en Argentina podría ser un cuello de botella significativo para la adopción de la IAGEN en el sector del petróleo y el gas. Abordar esto requiere inversión en educación, capacitación y potencialmente la atracción de talento internacional.

VII. Tendencias Futuras y el Potencial de la IAGEN en la Perforación de Hidrocarburos en Neuquén

El futuro de la perforación de hidrocarburos en Neuquén, particularmente en la formación Vaca Muerta, estará cada vez más influenciado por la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN). Se observa una clara tendencia hacia una mayor automatización en las operaciones de perforación, donde la IAGEN desempeñará un papel fundamental en la habilitación de sistemas de perforación autónomos. Esto podría eventualmente conducir a sitios de perforación no tripulados y operaciones remotas.

La integración de gemelos digitales (digital twins) también se perfila como una tendencia clave. Estos modelos virtuales de las operaciones de perforación permitirán el monitoreo en tiempo real, la simulación y la optimización de los procesos.

Se espera un mayor uso de datos abiertos y una mayor colaboración en la industria para impulsar el desarrollo y la adopción de soluciones de IA. Compartir datos y mejores prácticas será crucial para acelerar la innovación en este campo.

Las aplicaciones de la IAGEN para la sostenibilidad también cobrarán mayor relevancia. Se utilizará para optimizar el consumo de energía, reducir las emisiones (por ejemplo, la quema de gas) y minimizar el impacto ambiental de las operaciones de perforación.

Finalmente, se proyecta un crecimiento significativo del mercado de soluciones de IA en la industria del petróleo y el gas, lo que impulsará aún más la investigación y el desarrollo en este campo.

La fuerte tendencia hacia la automatización y el desarrollo de gemelos digitales sugiere un futuro donde las operaciones de perforación en Vaca Muerta estarán cada vez más basadas en datos y gestionadas de forma remota, lo que requerirá una fuerza laboral con una alfabetización digital avanzada. El creciente énfasis en la sostenibilidad indica que la IAGEN desempeñará un papel cada vez más importante para ayudar a las empresas de petróleo y gas en Vaca Muerta a cumplir con las regulaciones ambientales y reducir su huella de carbono, en línea con los objetivos de sostenibilidad global.

VIII. Conclusiones

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) presenta un potencial significativo para revolucionar las operaciones de perforación en la formación Vaca Muerta. A través de sus diversas aplicaciones, desde la optimización de parámetros en tiempo real hasta el mantenimiento predictivo y la planificación inteligente de pozos, la IAGEN puede mejorar la eficiencia, reducir costos, aumentar la productividad y fortalecer la seguridad operacional. Los casos de estudio y los beneficios cuantificables reportados en la industria respaldan la promesa de esta tecnología para transformar la extracción de hidrocarburos no convencionales.

Sin embargo, la adopción exitosa de la IAGEN en Vaca Muerta requiere superar desafíos importantes relacionados con la calidad e integración de datos, la escasez de mano de obra calificada, la resistencia al cambio y los costos de implementación. Para maximizar los beneficios de la IAGEN, se recomienda:

- Desarrollar una estrategia integral de gestión de datos: Establecer mecanismos

robustos para la recopilación, almacenamiento, integración y control de calidad de los datos es fundamental para el éxito de las aplicaciones de IAGEN.

- Invertir en el desarrollo y la capacitación del talento: Implementar iniciativas para capacitar a la fuerza laboral existente y atraer nuevos talentos con experiencia en perforación de petróleo y gas e IA/ML es crucial.
- Fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos: Promover la colaboración entre empresas de petróleo y gas, proveedores de tecnología e instituciones de investigación acelerará el desarrollo y la adopción de soluciones de IAGEN.
- Priorizar proyectos piloto e implementaciones escalables: Comenzar con proyectos piloto específicos para demostrar el valor de la IAGEN en aplicaciones de perforación concretas y luego escalar las iniciativas exitosas en todas las operaciones.
- Abordar las consideraciones regulatorias: Participar proactivamente con los organismos reguladores para garantizar un marco claro y de apoyo para el despliegue de tecnologías de IA en el sector del petróleo y el gas.
- Centrarse tanto en los beneficios económicos como en los de sostenibilidad: Es importante aprovechar la IAGEN para lograr tanto eficiencias de costos como mejoras ambientales en las operaciones de perforación.
- Promover una cultura de innovación y gestión del cambio: Se necesita un liderazgo sólido y estrategias efectivas de gestión del cambio para superar la resistencia a la adopción de tecnologías de IA dentro de la organización.

En conclusión, la IAGEN tiene el potencial de ser una fuerza transformadora en la perforación de hidrocarburos en Vaca Muerta. Al abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece esta tecnología, la industria puede lograr operaciones más eficientes, seguras y sostenibles, consolidando la posición de Vaca Muerta como un actor clave en el panorama energético global.

Fuentes citadas

1. An Overview of Recent Developments and Understandings of Unconventionals in the Vaca Muerta Formation, Argentina - MDPI, acceso: febrero 16, 2025, https://www.mdpi.com/2076-3417/14/4/1366
2. Innovative Artificial Intelligence Approach in Vaca Muerta Shale Oil Wells for Real Time Optimization | Request PDF - ResearchGate, acceso: febrero 16, 2025, https://www.researchgate.net/publication/335884274_Innovative_Artificial_Intelligence_Approach_in_Vaca_Muerta_Shale_Oil_Wells_for_Real_Time_Optimization
3. YPF Boosts Competitiveness in Vaca Muerta with New Drilling Record - Energy Circle, acceso: febrero 16, 2025, https://www.energycircle.org/news/ypf-boosts-competitiveness-in-vaca-muerta-with-new-drilling-record
4. Vaca Muerta Shale Drives Argentina's LNG Export Ambitions - JPT - SPE, acceso: febrero 16, 2025, https://jpt.spe.org/vaca-muerta-shale-drives-argentinas-lng-export-ambitions-restricted
5. of Argentina Vaca Muerta: the future, acceso: febrero 16, 2025, https://www.pwc.com.ar/es/assets/document/invest-in-vaca-muerta.pdf
6. Vaca Muerta shale - JPT - Society of Petroleum Engineers, acceso: febrero 16, 2025, https://jpt.spe.org/tag/vaca-muerta-shale
7. Vaca Muerta: Argentina on the global energy stage - Tecpetrol, acceso: febrero 16, 2025, https://www.tecpetrol.com/en/news/2025/techint-group-at-ceraweek
8. YPF achieves record in Vaca Muerta with the drilling of the longest lateral well - Inspenet, acceso: febrero 16, 2025, https://inspenet.com/en/noticias/record-in-vaca-muerta-by-ypf/
9. Generative AI in Oil & Gas: 5 highly complex use cases - Nubiral, acceso: febrero 16, 2025, https://nubiral.com/generative-ai-in-oil-gas-5-highly-complex-use-cases/
10. Generative AI for Oil and Gas | Enhanced Efficiency | 7P - 7Puentes, acceso: febrero 16, 2025, https://www.7puentes.com/generative-ai-for-oil-and-gas/
11. Empowering Drilling and Optimization with Generative AI - SLB AI, acceso: febrero 16, 2025, https://ai.slb.com/blog/drilling-genai-optimization
12. The Future of Oil & Gas: AI-Powered Exploration & Production - DTskill, acceso:

febrero 16, 2025, https://dtskill.com/blog/generative-ai-in-oil-and-gas/

13. Generative AI in Oil & Gas Companies | Market Research Future, acceso: febrero 16, 2025, https://www.marketresearchfuture.com/reports/generative-ai-in-oil-gas-market/companies

14. Generative AI for Oil and Gas: Unleashing the Potential Through Digital Transformation, acceso: febrero 16, 2025, https://tovie.ai/blog/generative-ai-for-oil-and-gas-unleashing-the-potential-through-digital-transformation

15. SLB adds AI-driven geosteering to its autonomous drilling solutions to achieve more efficient and productive wells, acceso: marzo 18, 2025, https://investorcenter.slb.com/news-releases/news-release-details/slb-adds-ai-driven-geosteering-its-autonomous-drilling-solutions/

16. SLB Adds AI-Driven Geosteering To Its Autonomous Drilling Solutions To Achieve More Efficient And Productive Wells - TechDogs, acceso: marzo 18, 2025, https://www.techdogs.com/tech-news/business-wire/slb-adds-ai-driven-geosteering-to-its-autonomous-drilling-solutions-to-achieve-more-efficient-and-productive-wells

17. Drilling Down: How AI is Changing the Future of Oil and Gas - Sand Technologies, acceso: marzo 18, 2025, https://www.sandtech.com/insight/drilling-down-how-ai-is-changing-the-future-of-oil-and-gas/

18. Original Article: The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Oil Exploration and Production, acceso: marzo 18, 2025, https://www.ejcmpr.com/article_210864_5e5c481a5590952690c1c1ebebb4bf66.pdf

19. AI in Oil & Gas Exploration: Maximizing Discoveries, Minimizing Costs - Datategy, acceso: marzo 18, 2025, https://www.datategy.net/2024/01/09/ai-in-oil-exploration-maximizing-discoveries-minimizing-costs/

20. AI in Oil and Gas: Benefit and Use Cases - Apptunix, acceso: marzo 18, 2025, https://www.apptunix.com/blog/artificial-intelligence-in-oil-and-gas-benefit-and-use-cas

es/
21. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases - Moon Technolabs, acceso: marzo 18, 2025, https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/
22. AI in the Oil and Gas Industry - Numalis, acceso: marzo 18, 2025, https://numalis.com/ai-in-the-oil-and-gas-industry/
23. data analytics and machine learning workflows for optimization of unconventional assets. case study: neuquén basin, vaca muerta play, acceso: marzo 18, 2025, https://www.iapg.org.ar/conexplo/PENDRIVE/pdf/simposios/vaca/vacamuerta18.pdf
24. AI in the Oil & Gas Industry: From drilling optimization to market prediction | HCLTech, acceso: marzo 18, 2025, https://www.hcltech.com/blogs/ai-in-the-oil-and-gas-industry-from-drilling-optimization-to-market-prediction
25. Intelligent Drilling and Completion: A Review - Engineering, acceso: marzo 18, 2025, https://www.engineering.org.cn/engi/EN/10.1016/j.eng.2022.07.014
26. Drilling optimization solutions - Halliburton, acceso: marzo 18, 2025, https://www.halliburton.com/en/well-construction/drilling/halliburton-sperry-drilling-optimization-solutions
27. Automation initiatives show untapped potential in drilling optimization, acceso: marzo 18, 2025, https://drillingcontractor.org/automation-initiatives-show-untapped-potential-in-drilling-optimization-69603
28. Oil Drilling Automation: Revolutionizing the Industry for Efficiency and Safety, acceso: marzo 18, 2025, https://www.hpinc.com/resources/product-highlights/oil-drilling-automation-revolutionizing-the-industry-for-efficiency-and-safety
29. Drilling Optimization - DeepIQ, acceso: marzo 18, 2025, https://deepiq.com/drilling-optimization/
30. Drilling into the Future With Artificial Intelligence in Oil and Gas Industry - Techugo, acceso: marzo 20, 2025, https://www.techugo.com/blog/drilling-into-the-future-with-artificial-intelligence-in-oil-a

nd-gas-industry/

31. SLB Introduces AI-Driven Tool for More Efficient Autonomous Drilling Solutions, acceso: marzo 20, 2025, https://www.oedigital.com/news/520055-slb-introduces-ai-driven-tool-for-more-efficient-autonomous-drilling-solutions

32. Revolutionizing Oil & Gas: The Impact of Automation on Drilling Efficiency and Safety, acceso: marzo 20, 2025, https://oilgasleads.com/revolutionizing-oil-gas-the-impact-of-automation-on-drilling-efficiency-and-safety/

33. AI's Role in Oil and Gas Exploration | DW Energy Group, acceso: marzo 18, 2025, https://www.dwenergygroup.com/ais-role-in-oil-and-gas-exploration/

34. Artificial Intelligence in the Oil and Gas Industry: Benefits & Use Cases - Ksolves, acceso: marzo 20, 2025, https://www.ksolves.com/blog/artificial-intelligence/applications-in-oil-gas-industry

35. Shale Analytics: AI-based Production Optimization in Shale - SPE, acceso: marzo 20, 2025, https://www.spe.org/en/training/courses/shale-analytics/

36. AI & ML in Oil & Gas Market Size, Forecasts Report 2025-2034, acceso: marzo 20, 2025, https://www.gminsights.com/industry-analysis/ai-and-ml-in-oil-gas-market

37. Unlocking the True Potential of the Vaca Muerta Shale via an Integrated Completion Optimization Approach | Request PDF - ResearchGate, acceso: marzo 20, 2025, https://www.researchgate.net/publication/287785351_Unlocking_the_True_Potential_of_the_Vaca_Muerta_Shale_via_an_Integrated_Completion_Optimization_Approach

38. A Review of AI Applications in Unconventional Oil and Gas Exploration and Development, acceso: marzo 20, 2025, https://www.mdpi.com/1996-1073/18/2/391

39. Analyzing Vista's Record-Setting Vaca Muerta Wells with Oil and Gas Machine Learning Models - Novi Labs, acceso: marzo 20, 2025, https://novilabs.com/blog/vista-record-analysis-machine-learning-oil-and-gas-data-model/

40. Operator drills Argentina's longest lateral and deepest well - Halliburton, acceso: marzo 20, 2025,

https://www.halliburton.com/en/resources/operator-drills-countrys-longest-lateral-deepest-well
41. www.iapg.org.ar, acceso: marzo 20, 2025, https://www.iapg.org.ar/conexplo/PENDRIVE/pdf/simposios/vaca/vacamuerta16.pdf
42. The Vaca Muerta Comes of Age | Enverus, acceso: marzo 20, 2025, https://www.enverus.com/blog/the-vaca-muerta-comes-of-age/
43. Integrated managed pressure drilling system improves insights for enhanced performance, acceso: marzo 20, 2025, https://worldoil.com/magazine/2025/january-2025/features/integrated-managed-pressure-drilling-system-improves-insights-for-enhanced-performance/
44. Land drillers usher in era of super-spec rigs - Drilling Contractor, acceso: marzo 20, 2025, https://drillingcontractor.org/land-drillers-usher-in-era-of-super-spec-rigs-48413
45. Drilling at the Cutting Edge of Performance With Shaped-Cutter Technology - JPT - SPE, acceso: marzo 22, 2025, https://jpt.spe.org/drilling-at-the-cutting-edge-of-performance-with-shaped-cutter-technology
46. Oil Drilling Automation: Revolutionizing the Industry for Efficiency and Safety, acceso: marzo 22, 2025, https://www.helmerichpayne.com/resources/product-highlights/oil-drilling-automation-revolutionizing-the-industry-for-efficiency-and-safety
47. Maximizing the impact of AI in the oil and gas sector | EY - US, acceso: marzo 22, 2025, https://www.ey.com/en_us/insights/oil-gas/maximizing-the-impact-of-ai-in-the-oil-and-gas-sector
48. Oil and gas can be slow to change. Can AI be a disruptor? | GlobalSpec, acceso: marzo 22, 2025, https://insights.globalspec.com/article/23508/oil-and-gas-can-be-slow-to-change-can-ai-be-a-disruptor
49. (PDF) Argentina's Potential in Artificial Intelligence - ResearchGate, acceso: marzo 22, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/387172794_Argentina's_Potential_in_Artificial_Intelligence

50. Rise of the Machines: Fracking Execs Plan Profits by Using ..., acceso: marzo 22, 2025, https://www.resilience.org/stories/2018-07-05/rise-of-the-machines-fracking-execs-plan-profits-by-using-automation-to-shrink-workforce/