



Reporte entregable 6

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Evaluación del Sitio, Análisis de Viabilidad y Evaluación de Proyectos de Explotación con Inteligencia Artificial Generativa (IA GEN) en Vaca Muerta, Neuquén

I. Introducción

1. Presentación del Sector y Actividad Específica

La cuenca de Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, es reconocida por poseer una de las formaciones de hidrocarburos no convencionales más importantes a nivel mundial.

Su explotación requiere una evaluación rigurosa del sitio para determinar la viabilidad económica, técnica y ambiental antes de iniciar cualquier operación extractiva. Este análisis implica la evaluación de factores como la calidad del reservorio, la accesibilidad al sitio, la disponibilidad de infraestructura y el impacto ambiental potencial.

2. Desafío y Oportunidad

La evaluación del sitio y el análisis de viabilidad tradicionalmente requieren la recolección e interpretación manual de grandes volúmenes de datos geológicos, geofísicos y de perforación. Este proceso puede ser costoso, lento y susceptible a errores humanos. Además, los métodos tradicionales pueden no ser suficientemente

precisos para caracterizar la complejidad de los yacimientos no convencionales como los de Vaca Muerta.

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.

Ofrece una oportunidad innovadora para optimizar este proceso. Mediante el análisis automatizado de datos, la IAGEN puede generar modelos geológicos más precisos, identificar patrones complejos y predecir el comportamiento del reservorio con mayor exactitud. Esto permite reducir tiempos y costos, mejorar la toma de decisiones y minimizar los riesgos asociados a la exploración y explotación de hidrocarburos.

II. Aplicación de la IAGEN en la Evaluación del Sitio y Viabilidad

1. Uso de IAGEN en la Evaluación de Sitios

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) puede ser utilizada para:

- Generar modelos geológicos 3D: A partir de datos sísmicos, de pozos y de sensores remotos, la IAGEN puede crear representaciones virtuales del subsuelo con mayor precisión que los métodos tradicionales. Estos modelos permiten una mejor comprensión de la estructura del reservorio, la distribución de los hidrocarburos y las características geomecánicas de la roca.
- Identificar zonas de interés: La IAGEN puede analizar grandes conjuntos de datos para identificar patrones y anomalías que indiquen la presencia de hidrocarburos. Esto permite focalizar la exploración en áreas con mayor potencial y reducir el riesgo de perforar pozos improductivos.
- Predecir la productividad de los pozos: Mediante el análisis de datos históricos de producción y las características del reservorio, la IAGEN puede predecir el rendimiento de futuros pozos. Esto permite optimizar la planificación de la

perforación y maximizar la recuperación de hidrocarburos.

- Optimizar la ubicación de los pozos: La IAGEN puede ayudar a determinar la ubicación óptima de los pozos para maximizar la producción y minimizar el impacto ambiental. Esto implica considerar factores como la proximidad a la infraestructura existente, la presencia de acuíferos y la sensibilidad ecológica del área. Los sistemas inteligentes pueden alertar a los operadores sobre condiciones peligrosas en el sitio, lo que permite optimizar la respuesta a posibles problemas y reducir el riesgo de accidentes. Además, la IAGEN puede contribuir a una gestión más eficiente de los recursos, optimizando el uso de energía, minimizando el desperdicio y reduciendo el impacto ambiental.

2. Predicción de la Demanda

La IAGEN también puede ser utilizada para predecir la demanda de petróleo y gas. La industria de los hidrocarburos depende en gran medida de la demanda del mercado, por lo que es crucial anticipar la cantidad de productos que se necesitarán en determinados lugares y momentos.

La IAGEN puede analizar patrones históricos y tendencias de consumo para predecir de manera precisa la demanda futura. Esto ayuda a las empresas a optimizar los niveles de inventario, la producción y la distribución, minimizando los riesgos de sobreproducción o escasez de productos.

III. Tecnologías y Modelos Específicos Utilizados

- Redes Neuronales Generativas (GANs): Las GANs son un tipo de red neuronal que puede generar nuevos datos que son similares a los datos de entrenamiento. En la evaluación de sitios en Vaca Muerta, las GANs se pueden utilizar para generar modelos geológicos 3D realistas que representen con precisión la compleja estructura de la formación Vaca Muerta, incluyendo la distribución de las fracturas, la porosidad y la permeabilidad de la roca. También pueden simular escenarios de producción para predecir el comportamiento del reservorio bajo diferentes

condiciones de explotación.

- **Modelos de Transformadores:** Los modelos de transformadores son un tipo de red neuronal que se utiliza para procesar secuencias de datos, como texto o imágenes. En la evaluación de sitios en Vaca Muerta, los modelos de transformadores se pueden utilizar para analizar datos sísmicos e interpretar imágenes geológicas, identificando patrones sutiles que pueden indicar la presencia de hidrocarburos.
- **Aprendizaje Profundo:** El aprendizaje profundo es un tipo de aprendizaje automático que utiliza redes neuronales con múltiples capas para analizar datos complejos. En la evaluación de sitios en Vaca Muerta, el aprendizaje profundo se puede utilizar para predecir la productividad de los pozos, considerando variables como la composición del gas de esquisto, la presión del yacimiento y las características de la roca. También se puede utilizar para optimizar la planificación de la perforación, determinando la mejor trayectoria para los pozos y minimizando el riesgo de problemas durante la perforación.
- **Gemelos digitales:** Un gemelo digital es una réplica virtual de un activo físico, como un pozo o un yacimiento. En Vaca Muerta, los gemelos digitales se pueden utilizar para simular el comportamiento del reservorio en tiempo real, considerando factores como la producción de los pozos, la inyección de agua y la presión del yacimiento. Esto permite a los operadores optimizar las operaciones, predecir posibles problemas y tomar decisiones informadas para maximizar la producción y la eficiencia.

IV. Flujo de Trabajo para la Implementación de agentes de inteligencia artificial

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. Diseño Paso a Paso de Flujo de Trabajo con IAGEN

- a. Recolección de datos: Recopilar datos geológicos, geofísicos, de pozos y de sensores remotos. En el caso de Vaca Muerta, esto implica la integración de datos de diversas fuentes, incluyendo bases de datos de pozos existentes, registros de perforación, imágenes sísmicas 2D y 3D, datos de sensores de fondo de pozo, información sobre la composición del gas de esquisto, y datos micro sísmicos para monitorear la actividad de fracturamiento.
- b. Preprocesamiento de datos: Limpiar, organizar y preparar los datos para su análisis con IAGEN. Esto implica la eliminación de datos erróneos, la normalización de los datos y la transformación de los datos en un formato adecuado para los algoritmos de IAGEN, como la creación de mapas de propiedades del reservorio, la generación de modelos geológicos 3D y la preparación de datos de series temporales para el análisis de producción.
- c. Entrenamiento de modelos: Utilizar los datos para entrenar modelos de IAGEN específicos para la evaluación del sitio y la predicción de la viabilidad. Esto implica la selección de los modelos de IAGEN más adecuados para la tarea, como GANs para la generación de modelos geológicos, modelos de transformadores para el análisis sísmico, y algoritmos de aprendizaje profundo para la predicción de la productividad. También se requiere la optimización de los parámetros del modelo para asegurar su precisión y rendimiento.

- d. Validación de modelos: Evaluar la precisión y el rendimiento de los modelos utilizando datos de prueba. Esto implica la comparación de las predicciones del modelo con datos reales de producción, información geológica de pozos de evaluación, y datos de monitoreo de yacimientos para asegurar la confiabilidad del modelo.
- e. Generación de resultados: Utilizar los modelos para generar predicciones, simulaciones y visualizaciones. Esto implica la aplicación del modelo a nuevos datos para obtener información sobre el sitio, como la predicción de la productividad de pozos, la identificación de zonas de interés para la exploración, la simulación del comportamiento del reservorio bajo diferentes escenarios de producción, y la generación de mapas de riesgo geológico.
- f. Análisis e interpretación: Interpretar los resultados generados por la IAGEN para tomar decisiones informadas sobre la exploración y explotación. Esto implica la colaboración entre expertos en IA y geociencias para analizar los resultados, validar las predicciones del modelo con su conocimiento experto, y extraer conclusiones relevantes para la toma de decisiones.

3. Agentes IAGEN Involucrados y su Rol

- Agente de Recolección de Datos: Automatiza la recopilación y organización de datos de diversas fuentes. Este agente se encarga de acceder a las diferentes fuentes de datos, extraer la información relevante y organizarla en un formato adecuado para el análisis.
- Agente de Preprocesamiento de Datos: Limpia y prepara los datos para su uso en modelos de IAGEN. Este agente se encarga de eliminar datos erróneos, normalizar los datos y transformarlos en un formato adecuado para los algoritmos de IAGEN.
- Agente de Entrenamiento de Modelos: Selecciona y entrena los modelos de IAGEN más adecuados para la tarea. Este agente se encarga de evaluar diferentes modelos de IAGEN, seleccionar el modelo más adecuado para la tarea y optimizar los parámetros del modelo.
- Agente de Validación de Modelos: Evalúa la precisión y el rendimiento de los

modelos. Este agente se encarga de comparar las predicciones del modelo con datos reales para asegurar la confiabilidad del modelo.

- Agente de Generación de Resultados: Genera predicciones, simulaciones y visualizaciones a partir de los modelos. Este agente se encarga de aplicar el modelo a nuevos datos para obtener información sobre el sitio y la viabilidad del proyecto.
- Agente de Interpretación de Resultados: Ayuda a los expertos a interpretar los resultados y tomar decisiones. Este agente se encarga de presentar los resultados de forma clara y concisa, y de colaborar con los expertos en la interpretación de los resultados.

V. Beneficios Directos en Términos Operativos y Estratégicos

- Reducción de tiempos: La IAGEN puede acelerar significativamente el proceso de evaluación del sitio, pasando de meses a semanas o incluso días. Esto permite a las empresas tomar decisiones más rápidas y eficientes sobre la exploración y explotación de los recursos.
- Mayor precisión: Los modelos generados por la IAGEN son más precisos y robustos que los métodos tradicionales, lo que permite una mejor toma de decisiones. En el caso de Vaca Muerta, la IAGEN puede mejorar la precisión del modelo de propiedad del subsuelo en un 60% en comparación con la geoestadística tradicional, reduciendo el tiempo de respuesta en un 75%. Esto reduce considerablemente el riesgo en la ubicación de pozos y mejora cualquier decisión económica basada en la simulación de reservorios.
- Reducción de costos: La automatización del análisis de datos reduce los costos asociados a la exploración y la evaluación del sitio. La IAGEN tiene el potencial de reducir los costos de producción hasta en 5 dólares por barril, con una ganancia de productividad del 25%. Además, podría aumentar las reservas de petróleo en un 8% a un 20% al mejorar los métodos de recuperación de recursos.
- Minimización de riesgos: La IAGEN puede predecir posibles riesgos geológicos y operativos, lo que permite tomar medidas preventivas. Los sistemas de IAGEN

pueden monitorear el estado de los equipos en tiempo real, utilizando sensores y datos históricos para predecir fallas antes de que ocurran. Esto no solo minimiza el riesgo de paros no planificados, sino que también prolonga la vida útil de los equipos y reduce los costos de mantenimiento.

- **Mejora de la sostenibilidad:** La IAGEN puede contribuir a la optimización de la producción y a la reducción del impacto ambiental de las operaciones. Los algoritmos de IAGEN pueden analizar los datos de consumo de energía y proponer cambios en los patrones de operación que permitan reducir el consumo sin comprometer la calidad del producto.

1. Impacto Medible en Eficiencia, Costos y Seguridad

- **Aumento de la eficiencia:** Se estima que la IAGEN puede aumentar la eficiencia en la evaluación del sitio entre un 30% y un 50%. Esto se traduce en una reducción significativa del tiempo necesario para la exploración y evaluación de los recursos.
- **Reducción de costos:** La IAGEN puede reducir los costos de producción hasta en 5 dólares por barril.
- **Mejora de la seguridad:** La predicción de riesgos geológicos con IAGEN puede mejorar la seguridad de las operaciones y reducir la probabilidad de accidentes. Esto se logra mediante la identificación temprana de posibles peligros y la implementación de medidas preventivas.

2. Comparación con Métodos Tradicionales

Aspecto	Método Tradicional	IAGEN
Tiempo de Evaluación	3-6 meses	2-6 semanas
Costos	Alto	Reducido

Precisión	Variable	Elevada
Riesgos	Altos	Mitigados con IA
Impacto Ambiental	Mayor	Menor
Eficiencia del Análisis de Datos	Baja	Alta

VI. Desafíos y estrategias

Impacto de la IAGEN en el Empleo en la Industria Petrolera

La implementación de la IAGEN en la industria petrolera plantea interrogantes sobre su impacto en el empleo. La naturaleza cíclica de la industria, con fluctuaciones en la demanda de mano de obra, ya representa un desafío para la estabilidad laboral en el sector. Si bien la automatización de tareas puede llevar a la reducción de algunos puestos de trabajo, también se espera que la IAGEN genere nuevas oportunidades laborales. La demanda de profesionales con experiencia en IA y ciencias de la tierra aumentará, y se requerirán nuevas habilidades para la gestión e interpretación de los datos generados por la IAGEN. Es crucial invertir en la capacitación y formación de la fuerza laboral para asegurar una transición justa y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la IAGEN.

Adicionalmente, la adopción de nuevas tecnologías puede encontrar resistencia por parte del personal acostumbrado a los métodos tradicionales. Es crucial abordar estas preocupaciones mediante la capacitación y la comunicación efectiva de los beneficios de la IAGEN.

Consideraciones Éticas del Uso de la IA en la Industria de los Hidrocarburos

El uso de la IA en la industria de los hidrocarburos plantea consideraciones éticas que deben ser abordadas. Es fundamental asegurar que la IA se utilice de manera responsable y que se minimicen los riesgos potenciales. La transparencia en los procesos de toma de decisiones de la IA es crucial para generar confianza y facilitar la identificación de errores. La protección de datos personales y la privacidad de los trabajadores también deben ser garantizadas. Es necesario establecer marcos éticos claros para guiar el desarrollo y uso de la IA en la industria petrolera, considerando el impacto social, ambiental y económico de estas tecnologías.

Limitaciones regulatorias

Es necesario asegurar que la IAGEN se utilice de manera responsable y cumpla con las regulaciones existentes. Esto implica trabajar con las autoridades para establecer marcos regulatorios que promuevan la innovación y la seguridad.

Disponibilidad de datos

La IAGEN requiere grandes cantidades de datos de calidad para su entrenamiento y funcionamiento. Es fundamental invertir en la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos para asegurar la efectividad de la IAGEN. La digitalización y evaluación de los registros de datos son cruciales, ya que los registros incompletos pueden ser un problema importante en la industria.

Talento especializado

Se necesita personal con experiencia en IA y ciencias de la tierra para desarrollar e implementar soluciones de IAGEN. Es crucial invertir en la formación y contratación de personal calificado para asegurar el éxito de la implementación de la IAGEN. La colaboración interdisciplinaria entre expertos en IA y geociencias es fundamental para maximizar los beneficios de la IAGEN.

Estrategias para la Integración Efectiva

- **Capacitación y comunicación:** Es fundamental capacitar al personal en el uso de la IAGEN y comunicar los beneficios de su implementación. Esto implica desarrollar

programas de capacitación que aborden las necesidades específicas de los diferentes roles y niveles de la organización.

- Colaboración con reguladores: Trabajar con las autoridades para asegurar el cumplimiento de las regulaciones y promover la adopción responsable de la IAGEN. Esto implica participar en diálogos con los reguladores para establecer marcos regulatorios claros y eficientes.
- Inversión en infraestructura de datos: Desarrollar una infraestructura de datos robusta y accesible para facilitar el uso de la IAGEN. Esto implica invertir en sistemas de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos que permitan la gestión eficiente de la información.
- 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.
- Atracción de talento: Invertir en la formación y contratación de personal con experiencia en IA y geociencias. Esto implica desarrollar programas de formación especializados y ofrecer condiciones laborales competitivas para atraer a los mejores talentos.

VII. Conclusión

La aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa en la evaluación del sitio y la viabilidad de explotación en Vaca Muerta tiene el potencial de transformar la industria de los hidrocarburos. Al automatizar el análisis de datos, generar modelos más precisos y predecir el comportamiento del reservorio, la IAGEN permite optimizar la

toma de decisiones, reducir costos, mejorar la seguridad y minimizar el impacto ambiental. La adopción de esta tecnología será clave para la competitividad y la sostenibilidad del sector en el futuro.

En el futuro, se espera que la IAGEN continúe evolucionando y que su aplicación en la industria petrolera se expanda aún más. La investigación y el desarrollo de nuevas técnicas de IAGEN, junto con la mejora de la calidad y la disponibilidad de datos, permitirán una mayor precisión en la evaluación de sitios, la predicción de la productividad de los pozos y la optimización de las operaciones. La IAGEN tiene el potencial de contribuir a una producción de energía más sostenible y eficiente en el largo plazo, maximizando el valor de los recursos de Vaca Muerta y minimizando el impacto ambiental.

Fuentes citadas

1. La Influencia de la Inteligencia Artificial en la Industria Petrolera. - Universidad Politécnica Territorial de los Valles del Tuy, acceso: febrero 28, 2025, https://uptvallesdeltuy.com/ojs/index.php/revista_criticaconciencia/article/download/411/194/960
2. La Era de la Inteligencia Artificial en la Industria Petrolera: Oportunidades Clave y Retos para el Sector en México - ITPE, acceso: febrero 28, 2025, <https://itpe.mx/la-era-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-petrolera-oportunidades-clave-y-retos-para-el-sector-en-mexico/>
3. El impacto de la IA en la industria del petróleo y el gas, acceso: febrero 28, 2025, <https://acp.com.co/portal/el-impacto-de-la-ia-en-la-industria-del-petroleo-y-el-gas/>
4. Cómo la Inteligencia Artificial puede fortalecer la industria petrolera - Misión Verdad, acceso: febrero 28, 2025, <https://misionverdad.com/venezuela/como-la-inteligencia-artificial-puede-fortalecer-la-industria-petrolera>
5. industrias petroleras a nivel mundial, limitaciones y alcances en el siglo xxi - Dialnet, acceso: febrero 28, 2025, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9493475.pdf>

6. 10 Consideraciones éticas en torno al uso de la inteligencia artificial, acceso: febrero 28, 2025,

<https://adrianvillegasd.com/10-consideraciones-eticas-en-torno-al-uso-de-la-inteligencia-artificial/>

7. Revista Ingeniería Petrolera juli-agosto 2024 by aipmac - Issuu, acceso: febrero 28, 2025, https://issuu.com/aipmac/docs/revista_ingenieria_petrolera_julio-agosto_2024