# Introducción a la Inteligencia Artificial en la Ingeniería de Energía - 2026

**Asignación Semanal: Análisis de Registros de Pozos y Modelado de Incertidumbre Espacial**

**Autor:** Albieri M. Alaña R.

**Institución:** Universidad Rafael Belloso Chacín (URBE)

## Resumen (Abstract)

Este informe documenta la caracterización petrofísica y el modelado de incertidumbre de un yacimiento utilizando herramientas de ciencia de datos en Python. El problema principal radica en la interpretación de registros de pozos (datos 1D de alta resolución) y su extensión a modelos espaciales 2D donde la información es escasa. Metodológicamente, se procesaron archivos LAS para calcular el volumen de arcilla (), porosidades corregidas (, ) y saturaciones, identificando zonas de interés mediante técnicas de limpieza y transformación de datos. Simultáneamente, se aplicó un análisis estadístico sobre 100 realizaciones del modelo de permeabilidad EGG para cuantificar la incertidumbre mediante mapas de Media de tipo E (E-type Mean) y Varianza. Los resultados clave incluyen la identificación de intervalos productivos con porosidades efectivas superiores al 20% y la delimitación de canales de alta permeabilidad con baja varianza estadística. Este flujo de trabajo demuestra que la integración de registros de pozos y estadísticas de conjunto permite una toma de decisiones más robusta en la gestión de activos energéticos.

## Introducción

La ingeniería de energía moderna depende críticamente de la calidad y resolución de los datos. La **resolución de datos** determina la escala mínima de heterogeneidad que podemos capturar; en registros de pozos, esto suele ser de centímetros, mientras que en modelos espaciales es de metros. En este contexto, una **documentación de flujo de trabajo** esencial garantiza la reproducibilidad de los modelos, permitiendo que otros expertos validen las interpretaciones petrofísicas.

Para esta investigación, se distinguen dos tipos de información: los **datos duros (Hard data)**, que provienen de mediciones directas como núcleos o registros con baja incertidumbre, y los **datos blandos (Soft data)**, como la sísmica, que ofrecen una cobertura amplia pero con mayor error interpretativo. El proceso se aborda bajo la filosofía de **modelar para la incomodidad**, lo que implica no buscar un único "mejor" modelo, sino explorar múltiples escenarios que desafíen nuestras suposiciones iniciales para capturar el riesgo real.

Finalmente, el análisis se apoya en conceptos probabilísticos: la **probabilidad frecuentista**, basada en la frecuencia relativa de eventos en grandes conjuntos de datos (como las 100 realizaciones de permeabilidad), y la **probabilidad bayesiana**, que permite actualizar nuestras creencias sobre las propiedades del yacimiento a medida que incorporamos nueva evidencia de pozos.

## Método

El desarrollo técnico se dividió en dos fases computacionales implementadas en Python:

### 1. Evaluación Petrofísica (Well Log Analysis)

Se cargó un registro en formato .las utilizando la librería lasio, seguido de una limpieza de datos faltantes (NaN) mediante pandas. Se implementaron las siguientes ecuaciones fundamentales:

* **Volumen de Arcilla:** , donde  se identificó en los picos máximos de Rayos Gamma.
* **Porosidad de Densidad Corregida:** .
* **Porosidad Neutrónica Corregida:** .
* **Porosidad Total:** .

### 2. Modelado Espacial (Spatial Reservoir Modeling)

Se utilizó el modelo EGG para cargar una malla de permeabilidad 2D. El flujo de trabajo incluye la visualización de máscaras de celdas activas mediante np.ma.masked\_where.

## Resultados

### Análisis de Registros (Pozo L-30)

El análisis estadístico descriptivo mostró una distribución bimodal en el registro de Rayos Gamma, facilitando la distinción entre arenas y lutitas. Tras aplicar las correcciones por arcillosidad, se observó que la porosidad en la zona del yacimiento (identificada entre los 2200m y 2350m de profundidad) promedia un 22%. La visualización en 4 pistas (Gamma Ray/Vsh, RHOB/NPHI, Porosidad Corregida y Saturación) reveló una clara separación entre la respuesta neutrónica y de densidad, típica de zonas con presencia de hidrocarburos.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que la integración de datos petrofísicos y espaciales es fundamental para reducir el riesgo exploratorio.

1. **Interpretación:** La zona del yacimiento presenta una excelente calidad de roca, pero la corrección por  fue crítica; sin ella, la porosidad se habría sobreestimado en un 15%, afectando el cálculo de reservas.
2. **Implicaciones de la Incertidumbre:** Los mapas E-type revelan que, aunque existe una tendencia clara de flujo, la varianza en los límites de las celdas activas podría afectar la eficiencia de proyectos de recuperación secundaria (inyección de agua).
3. **Limitaciones y Trabajo Futuro:** El modelo actual es estático. Como trabajo futuro, se recomienda integrar datos de producción para realizar un "History Matching" utilizando algoritmos de aprendizaje por refuerzo, lo que permitiría refinar aún más los mapas de permeabilidad.

**Referencias**

* *Alana, A. (2026). Análisis de Datos de Energía con Python. Repositorio GitHub.*