

Proyecto Final 1: Solución Inteligente de Problemas en Operaciones de Perforación de Pozos

Eres un Ingeniero de Perforación asignado a una operación en tierra dentro de un yacimiento convencional, actualmente perforando la sección vertical de un pozo de alto riesgo. A una profundidad de 8,500 ft, se ha observado una caída abrupta en la Tasa de Penetración (ROP), pasando de 45 ft/hr a 15 ft/hr. Simultáneamente, el sistema MWD ha registrado un incremento significativo en las vibraciones axiales (3 veces el valor normal), junto con un aumento en el torque de superficie de 8,000 a 12,000 ft-lbs.

La broca actual es una PDC de 8.5", con 150 horas de operación, y la última conexión fue realizada hace 6 horas. Se esperaba encontrar una formación de Arenisca del Cretácico en esta sección.

Ante estos síntomas, el supervisor de perforación considera dos posibles causas principales:

- Desgaste severo de la broca, posiblemente generando efectos de stick-slip
- Un cambio inesperado en la litología o condiciones de la formación

Tu tarea es usar Inteligencia Artificial (IA) para analizar la situación, identificar la posible causa raíz, y recomendar acciones correctivas.

Como ingeniero de perforación líder, con conocimientos de IA, debes:

1. Definir el Problema

- Describir los síntomas.
- Enumerar posibles causas raíz

2. Seleccionar Fuentes de Datos Elegir los datos que usarás para diagnosticar el problema:

- Datos de sensores de superficie: ROP, WOB, RPM, Torque, Presión SPP, Vibración.
- Datos de fondo de pozo: herramientas MWD/LWD.

- Datos históricos de otros pozos.
 - Registros de lodo.
3. **Definir Requisitos de Datos**
- ¿Qué características deben tener los datos?
 - ¿Necesitas datos etiquetados?
4. **Seleccionar Enfoque de IA** Elegir un modelo o combinación:
- **Aprendizaje Supervisado** (Regresión)
 - **Aprendizaje No Supervisado** (Clasificación)
 - **IA Generativa** (LLMs para resumir tendencias)
 - **Algoritmos de Búsqueda** (Para explorar estrategias de corrección)
 - **Flujos de trabajo multi-agente** (opcional)
5. **Entrenar y Evaluar el Modelo**
- Describir cómo entrenarías, validarías y probarías tu modelo.
 - ¿Cuál sería tu variable objetivo?
 - ¿Qué métricas usarías (MSE, RMSE, precisión, etc.)?
6. **Generar la Recomendación**
- Explicar que resultados se esperan de los modelos y como se podría generar recomendaciones.
7. **Preparar y Presentar**
- Construir una presentación corta
 - La presentación debe incluir:
 - Resumen del Problema
 - Selección de Datos y Justificación
 - Metodología de IA
 - Perspectivas y Resultados
 - Recomendaciones esperadas

Solución Inteligente de Problemas en Operaciones de Perforación

Paso 1: Definir el Problema

Queremos demostrar o descartar si el desgaste normal de la broca PDC provoca:

- Una reducción significativa en la Tasa de Penetración (ROP), y
- Un aumento en la vibración torsional (stick-slip)

Paso 2: Recolectar los Datos

Reunir datos reales operacionales de múltiples pozos. Clasificar cada intervalo de perforación en dos grupos:

- Grupo A: Broca con desgaste severo (documentado con pérdida de cortadores)
- Grupo B: Broca sin desgaste severo

Para cada intervalo, registra:

- ROP (ft/hr o m/hr)
- Severidad de vibraciones
- WOB, RPM, densidad de lodo, tipo de formación

Paso 3: Analisis

- **Opción 1 - modelo estadístico:** Comparar medias entre grupos y realizar una prueba estadística. Comparar:
 - ROP en Grupo A vs. Grupo B
 - Stick-slip en Grupo A vs. Grupo B
- **Opción 2: modelo de regresión/modelo IA.** Entrenar dos modelos, uno para cada Grupo, con:
 - ROP como variable dependiente

- Desgaste de broca (0 = no, 1 = sí) como variable explicativa principal
- Variables dependientes: WOB, RPM, tipo de formación, etc.

Realiza otra regresión con stick-slip como variable dependiente

Paso 4: Ejecutar los Modelos

Para el modelo estadístico:

- Ejecuta pruebas para comparar las medias de ROP y niveles de stick-slip entre los Grupos A y B.
- Determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

Para los modelos de regresión:

Divide los datos en conjunto de entrenamiento (70%) y prueba (30%). Utiliza regresión, seleccionar el mejor algoritmo IA para este caso. Evalúa el rendimiento con métricas como MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Squared Error), y R^2 .

Para IA generativa (opcional):

Usa LLMs para resumir tendencias en reportes de pozos previos, y extraer patrones comunes antes del desgaste severo.

Paso 5: Interpretar los Resultados de los Modelos

Si el análisis estadístico muestra una diferencia significativa en ROP o vibración entre los grupos, se puede inferir una relación directa con el desgaste severo y de falla de la broca.

Si el modelo de regresión muestra que el desgaste de la broca tiene un coeficiente alto y significativo, y que su presencia predice una reducción del ROP o un incremento del stick-slip, se valida la hipótesis.

En caso contrario, si el tipo de formación o cambio litológico tiene mayor peso predictivo, podría sugerirse que la litología es la causa raíz.

Los modelos de IA generativa pueden respaldar la conclusión al identificar patrones textuales consistentes con desgaste en reportes previos.

Paso 6: Reportar la Conclusión

Con base en el análisis:

Si el desgaste de la broca es la causa probable:

Recomendación: Cambiar la broca por una nueva; ajustar los parámetros de perforación para reducir stick-slip (bajar RPM, incrementar WOB dentro del rango seguro).

Evaluar opciones de brocas con mayor resistencia al desgaste.

Si se identifica un cambio litológico inesperado:

Recomendación: Actualizar el modelo geológico; realizar un control de parámetros de perforación adaptativo.

Considerar el uso de herramientas LWD para anticipar cambios litológicos en tiempo real.

En ambos casos:

Sugerencia de implementación de un sistema de monitoreo automatizado con IA para alertar en tiempo real sobre condiciones anómalas.

Propuesta de crear una base de datos etiquetada de eventos de desgaste para mejorar modelos predictivos futuros.