

Guía Técnica de Análisis Nodal y Arquitectura de Datos IA

Created with NotebookLM • 16/2/2026

exported: 2026-02-16T05:47:02.850Z source: NotebookLM type: note title: "Guía Técnica de Análisis Nodal y Arquitectura de Datos IA"

Guía Técnica de Análisis Nodal y Arquitectura de Datos IA

导出时间: 16/2/2026, 1:47:02

Para cumplir con los objetivos de un **Senior Subsurface Data Engineer y Especialista en Arquitectura de IA**, a continuación se presenta la base de conocimiento estructurada y procesada para un sistema **RAG (Retrieval-Augmented Generation)**, basada estrictamente en la documentación técnica proporcionada.



Documento Maestro: Análisis Nodal y Productividad de Pozos (RAG-Ready)

1. Framework Normativo y Estándares

El análisis de productividad se rige por estándares de gestión de datos y toma de muestras para asegurar la representatividad de los modelos:

- **API RP 44:** Práctica recomendada para el muestreo de fluidos de yacimiento, esencial para análisis PVT representativos[1].
- **SPE (Society of Petroleum Engineers):** Los modelos de flujo y productividad (Vogel, Standing, Darcy) son la base de la literatura técnica referenciada para la optimización

de sistemas[2][3].

2. Taxonomía de Procesos Técnicos: Análisis Nodal

El Análisis Nodal es un método iterativo que segmenta el sistema de producción en nodos donde ocurren cambios de presión[4][5].

A. Clasificación de Nodos

- **Nodo Común:** Sección donde se produce una caída de presión por la interrelación de componentes (ej. Separadores, cabezal de pozo)[6][7].
- **Nodo Funcional:** Aquel donde existe una presión diferencial que puede representarse mediante una ecuación matemática (ej. estranguladores, tubería de producción)[6][7].
- **Nodo Solución:** Punto de división (usualmente P_{wf} o P_{hf}) donde se igualan las curvas de oferta (**Inflow**) y demanda (**Outflow**)[8][9].

B. Relaciones de Comportamiento (IPR y VLP)

1. **IPR (Inflow Performance Relationship):** Relación entre el gasto de producción (q) y la presión de fondo fluyente (P_{wf})[10][11].
 2. **VLP / TPR (Vertical Lift Performance):** Presión necesaria para elevar los fluidos desde el fondo hasta la superficie a una tasa específica[12][13].
 3. **Punto de Operación:** Intersección donde el aporte del yacimiento es igual a la capacidad de extracción del pozo ($\text{Inflow} = \text{Outflow}$)[14].
-

3. Diccionario de Mnemónicos y Parámetros

Variables críticas para alimentar modelos de IA y simuladores:

Mnemónico	Parámetro	Unidad	Descripción Técnica
Pr/Pws	Presión Estática	psi	Energía inicial del yacimiento[17][18].

Mnemónico	Parámetro	Unidad	Descripción Técnica
Pwf	Presión de Fondo Fluyente	psi	Presión en el nodo de la cara de la arena[11][17].
Phf/Pwh	Presión de Cabeza	psi	Presión registrada en el cabezal del pozo[19][20].
Qo	Gasto de Petróleo	STB/day	Tasa de producción de aceite[11][21].
qsc	Gasto de Gas	Mscf/day	Tasa de flujo de gas a condiciones estándar[20][22].
J/IP	Índice de Productividad	bpd/psi	Capacidad de aporte del pozo[11][23].
Pb	Presión de Burbujeo	psi	Presión donde aparece la primera burbuja de gas[23][24].
GOR/RGA	Relación Gas-Aceite	scf/STB	Gas producido por barril de aceite[25][26].
WC/BSW	Corte de Agua	%	Fracción de agua en el líquido total[21][27].

4. Lógica de Algoritmos y Correlaciones

A. Ley de Darcy para Índice de Productividad (J)

Utilizado para flujo monofásico o por encima de Pb: $J = 141.2 \cdot B_o \cdot \mu_o \cdot (\ln r_{wre} - 0.75 + s) K_o \cdot h$ [11]

B. Correlación de Vogel (Reservorios Saturados)

Utilizada cuando $P_{wf} < P_b$: $Q_o, \max Q_o = 1 - 0.2(P_r/P_{wf}) - 0.8(P_r/P_{wf})^2$ [28]

C. Algoritmo Newton-Raphson para Solución de Nodos

Para resolver la presión en el nodo solución de forma iterativa, se define una función $f(x)$ donde el flujo de entrada iguala al de salida:

1. **Función Objetivo:** $f(x_n)=0$ [29][30].
 2. **Derivación:** Se calcula $f'(x_n)$ [29][31].
 3. **Actualización:** $x_{n+1}=x_n-f'(x_n)f(x_n)$ [31][32].
 4. **Convergencia:** Detener cuando $|x_{n+1}-x_n|<\text{tolerancia}$ [30][33].
-

5. Manual de Curación de Datos para IA

Para convertir las fuentes en un dataset de entrenamiento de alta fidelidad:

1. **Fragmentación (Chunking):** Dividir el texto en bloques de **1000 tokens** con un **10% de solapamiento**. Esto asegura que las fórmulas y sus definiciones (que suelen estar separadas en el texto) se mantengan en el mismo contexto [Instrucción del usuario].
 2. **Limpieza PVT:** Validar que los datos de entrada sigan la física de fluidos (ej. Bo debe aumentar ligeramente hasta Pb y luego decrecer)[25][34].
 3. **Tratamiento de Errores:** En simulaciones de red, descartar registros con un error de cálculo mayor al **10%** respecto a los datos medidos en campo (Pentrada vs Pdescarga) [35][36].
 4. **Generación de Embeddings:** Usar el modelo **text-embedding-3-small** para vectorizar los bloques técnicos, priorizando los términos del diccionario de mnemónicos [Instrucción del usuario].
-

6. Dataset Schema para Machine Learning

Estructura de datos optimizada para modelos de predicción de producción o detección de fallas en SAP:

```

{
  "dataset_schema": {
    "well_metadata": {
      "well_id": "string",
      "formation_h_ft": "float",
      "permeability_md": "float",
      "skin_factor": "float"
    },
    "pvt_properties": {
      "api_gravity": "float",
      "gor_scf_stb": "float",
      "bubble_point_psi": "float",
      "oil_viscosity_cp": "float"
    },
    "nodal_inputs": {
      "reservoir_pressure_psi": "float",
      "flowing_bottomhole_pressure_psi": "float",
      "wellhead_pressure_psi": "float",
      "choke_size_in": "float"
    },
    "sap_data": {
      "pump_depth_ft": "float",
      "operating_frequency_hz": "float",
      "pump_intake_pressure_psi": "float"
    },
    "target_variables": {
      "oil_rate_stbd": "float",
      "water_cut_pct": "float",
      "gas_rate_mscfd": "float"
    }
  }
}

```

7. Lógica de Herramientas de Software

- **PYNODAL:** Aplicación en Python que utiliza librerías como `numpy`, `pandas` y `matplotlib` para procesar archivos CSV de producción y generar curvas IPR/VLP automáticamente[37].

- **PROSPER:** Utilizado para modelar el flujo multifásico y validar el rendimiento de bombas electrocentrífugas (BEC) mediante el ajuste de correlaciones[40][41].

- **PIPESIM:** Especializado en el análisis de redes de recolección y el efecto del BSW en la rentabilidad del pozo[27].

引用来源

[1] <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [2]
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content> [3] <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content> [4]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [5]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [6]
 Análisis Nodal en Flujo Multifásico | PDF | Presión | Depósito de petróleo [7] Análisis Nodal en Flujo Multifásico | PDF | Presión | Depósito de petróleo [8]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [9]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [10]
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [11] <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [12]
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [13]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [14]
 Análisis Nodal en Flujo Multifásico | PDF | Presión | Depósito de petróleo [17]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [18]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [19]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [20]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [21]
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content> [22]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [23]
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [24] <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [25]
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content> [26]
<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [27]
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [28] <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download> [28]

[4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download](#) [29]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [30]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [31]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [32]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [33]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [34]

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755719/0755719.pdf> [35]

[https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content)

[25c4f827718b/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content) [36] [https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content)

[d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content) [37]

[https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download)

[09fca64b30fa/download](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/7a0d0764-2d05-4fe0-b8ff-09fca64b30fa/download) [40]

[https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content)

[25c4f827718b/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content) [41] [https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content)

[d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content](https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dcd955b9-d633-44a2-9c92-25c4f827718b/content)