



ROCK TYPING USING HYDRAULIC UNITS, CLUSTERING METHODS IN VIVIAN AND CHONTA RESERVOIR: CAPAHUARI SUR FIELD

Machine Learning K-means, clustering, plot de Lorentz.

Tania Maruly Laupa Antay (Universidad Nacional de Ingeniería), ainat4495@gmail.com
Joel Emanuel Pezo Paredes (Universidad Nacional de Ingeniería), joel.uni1924@gmail.com

Palabras claves

Caracterización de Reservorios

Resumen

Debido a la complejidad que el rock typing presenta, asociada a la cantidad de data que se posee y a la adecuada clasificación que debe ser realizada a las regiones de roca, se propone la integración de algoritmos para el análisis de data y la interpretación petrofísica como una alternativa innovadora, rápida y confiable.

En la propuesta se ha utilizado Machine Learning K-means, para el agrupamiento de los datos y el análisis de silueta con el fin de determinar el número de grupos para las unidades de flujo hidráulico basados en datos obtenidos de registros de pozo. Se analizó el pozo 04 de Capahuari Sur (Loreto, Perú), en el cual se determinó la presencia de 3 unidades de flujo hidráulica para los reservorios Vivian y Chonta, utilizando datos de porosidad y permeabilidad en base a un método de clustering propuesto comparado con el método convencional plot de Lorentz.

Abstract

Rock Typing uses to be a complex workflow due to the ammount of data that it involves and also to the proper classification that should be given to the regions of the rock. The integration of algorithms for data analysis and the petrohysic interpretation is an innovative proposal that offers a faster and a more reliable solution. We have used Machine Learning, specifically K-means, for the data clustering and the silhouette method for the deteremination of the number of clusters for the hydraulic flow units based on the given data from the well logs. We are going to analyze the well 04 from Capahuari Sur in which it is expected that both reservoirs Vivian and Chonta have 3 well-defined flow hydraulic units which is what the Lorentz plot (conventional method) suggests.

Introducción

La caracterización de reservorios necesaria es vital para comprender la heterogeneidad del reservorio y obtener una predicción con menor incertidumbre para el cálculo del volumen in situ de hidrocarburos y la performance de esta en una simulación de reservorio. La gran cantidad de data petrofísica que se obtiene de registros de pozo debe ser analizada con innovadoras soluciones y la aplicación de K-means nos brinda una clasificación de Unidades de Flujo más rápida y confiable.

Antecedentes:

El análisis para la agrupación de los parámetros petrofísicos es un proceso con el objetivo de buscar similitudes y diferencias entre los valores de la data en el variado campo de los registros. Con el fin de distribuirlos de acuerdo a sus características de roca y fluidos contenidos se crearon Unidades de Flujo en el intervalo de interés del registro.

Existen diferentes métodos de clasificación de data y pueden ser de los siguientes tipos:

K-Means Clustering

Es uno de los más populares algoritmos de clustering debido a su efectiva y simple manera de agrupación que implica la metodología. Requiere una pre selección del número de clusters que uno está buscando, lo que suele ser una desventaja de este método. Sin embargo, puede aprovechar la gran variabilidad de data para superar este problema:

- i) Primer paso: Escoger el número de clusters y designar aleatoriamente n puntos que serán los centroides de los n clusters.
- ii) Segundo paso: Asignar los puntos más cercanos a estos n centroides y agrupar estos puntos según esa mínima distancia.
- iii) Tercer paso: Reasignar la media de los clusters; es decir, calcular el nuevo centroide de los n cluster
- iv) Cuarto paso: Repetir los pasos dos y tres hasta que logren la convergencia.

Las distancias entre puntos puede ser medido por la distancia Euclidiana como se muestra:

$$d_{xy} = \sqrt{\sum [x_j - y_i]^2}$$

Optimo número de clusterings con el método de las siluetas

Este análisis puede ser usado para el estudio de la separación entre los clustering resultantes. El plot de siluetas muestra una medida de cómo cada punto en un cluster está próximo a otros puntos contenidos en clustering vecinos y provee una manera de evaluar los parámetros como el número de clusters visualmente. Esta medida tiene un rango de [-1,+1].

Los coeficientes de la silueta cercano a +1 indica que la muestra está muy lejos de los clusterings vecinos. El valor de 0 indica que la muestra está muy próxima al límite de dos clusterings vecinos y valores negativos indican que esas muestras pueden haber estado asignados a un cluster erróneo.

Para obtener mejores resultados debemos de tener en cuenta dos etapas. Primero, la data de los registros de pozo debe ser seleccionada y clasificada en clusters manejables y coherentes con tal que cubra todo el rango de datos obtenidos en el registro. Segundo, la identificación de cuántos clusters sería el indicado para que las Unidades de Flujo sean representativas de la zona de interés.

En el presente trabajo utilizaremos registros de pozo tomados en el pozo 04 de Capahuari Sur que atraviesa las formaciones de Vivian y Chonta. Los parámetros tomados fueron: profundidad, SP, SXO, saturación de agua, porosidad total(neutrón), resistividad, porcentaje de volumen de arcilla y gamma ray.

Previamente haremos una selección de la zona de interés del pozo; es decir, el intervalo productivo donde haya baja lectura de Gamma Ray, alta resistividad, una buena porosidad y baja saturación de agua. En la formación Vivian analizaremos desde los 3736 metros hasta los 3767 metros y para la formación Chonta desde 3989 metros hasta los 4008 metros.

Existen plots representativos que nos indican el número de unidades de flujo a través de la capacidad de almacenamiento y la capacidad de flujo que tienen estas zonas. Para ello es necesario obtener una data de porosidad efectiva y permeabilidad a partir de los parámetros del registro del pozo.

Comenzaremos con el cálculo de la porosidad efectiva. Se tiene que considerar datos de porosidad total así como los de porcentaje de volumen de arcilla y mediante la siguiente ecuación:

$$PHIE=PHIT*(1-VSH)$$

obtenemos la porosidad efectiva de la roca.

La permeabilidad la obtendremos mediante la ecuación de Coates-Timur que usa la porosidad total y la saturación de agua irreducible, la cual se obtiene a partir de la porosidad total de los registros y la saturación de agua irreducible con ayuda de la constante de Bucklet para este caso en específico de 0.04

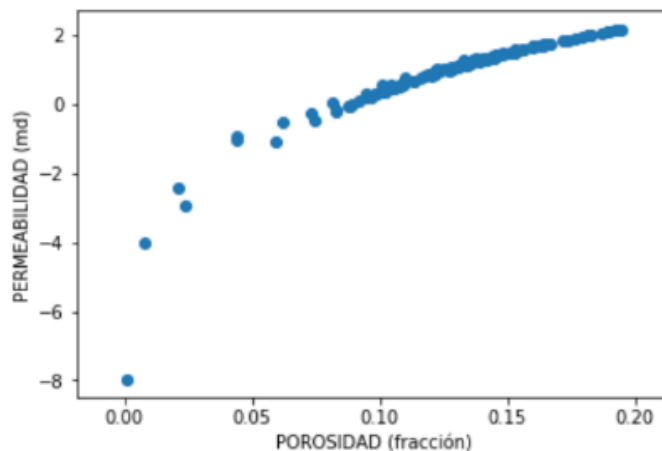
Condiciones Operativas del Ensayo:

Ensayos de Campo

En este estudio se han utilizado 128 y 198 datos de porosidad y permeabilidad para la Formación Chonta y Vivian respectivamente, ambos obtenidos a través del uso de registros y de la correlación de Timur considerando la constante de Bucklet de 0.04.

En el reservorio es normal observar zonas de alta y baja permeabilidad y porosidad, esto debido a la presencia de los tipos de roca. Al haber utilizado una correlación para hallar la permeabilidad, realizando un gráfico semilogaritmico de K versus ϕ_e para la formación Chonta (Figura 1) y Vivian (Figura 2) se puede observar la clara relación que existe entre ambas propiedades.

Figura 1. gráfico semilogaritmico de K versus ϕ_e para la formación Chonta



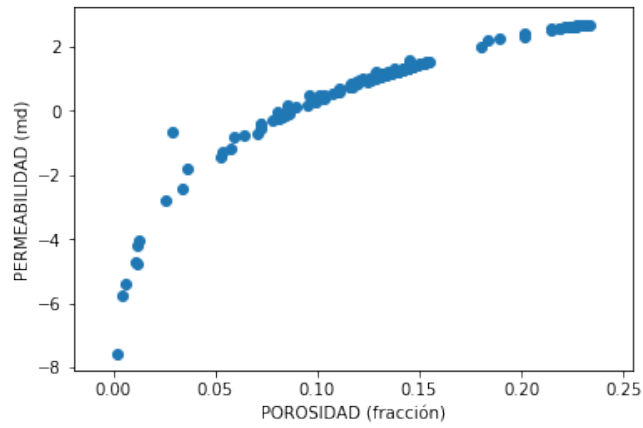


Figura 2. gráfico semilogaritmico de K versus ϕ_e para la formación Vivian

Formación Chonta

Usando la técnica de agrupamiento del K-Means podemos determinar cómo se agrupan los datos en función a la distancia, pero debemos introducir el número de grupos que deseamos obtener. Al ser ese nuestro objetivo, haremos un análisis de silueta para determinar el número de grupos óptimos para nuestra data.

Cada silueta tendrá un coeficiente que nos indica que tan separados están los grupos. Al correr el algoritmo encontramos los siguientes valores:

Número de Grupos	2	3	4	5
Coeficiente silueta	0.82916	0.63428	0.64119	0.55621

A pesar de que el $n=2$ tiene mayor coeficiente silueta, esto quiere decir que esos dos grupos generados tienen la mayor distancia de separación, observamos que tiene grupos con coeficientes menores al promedio y presentan amplias fluctuaciones en el tamaño de las siluetas, de este modo se descartan $n=2$ y 3 . Al analizar $n=4$ podemos observar que a pesar de tener los coeficientes mayores al promedio, se sigue viendo demasiada fluctuación en los tamaños de silueta. Entonces elegimos el $n=5$, sabiendo que una unidad de flujo no puede determinarse con pocos datos, agrupamos los grupos 0,2 y 3 para finalmente obtener nuestras unidades de flujo optimas que se muestran en un gráfico semilogaritmico de K versus ϕ_e (Figura 3).

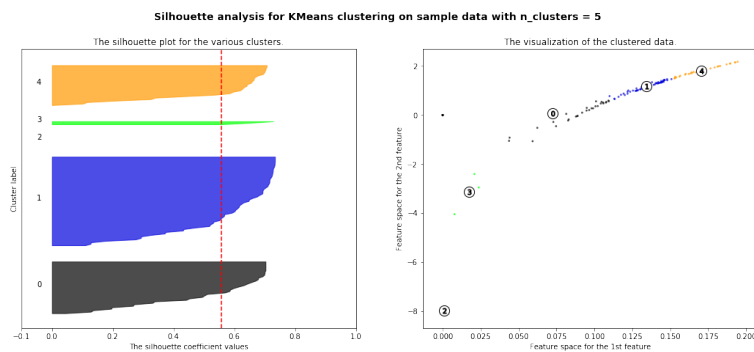


Figura 3. gráfico semilogaritmico de K versus ϕ_e

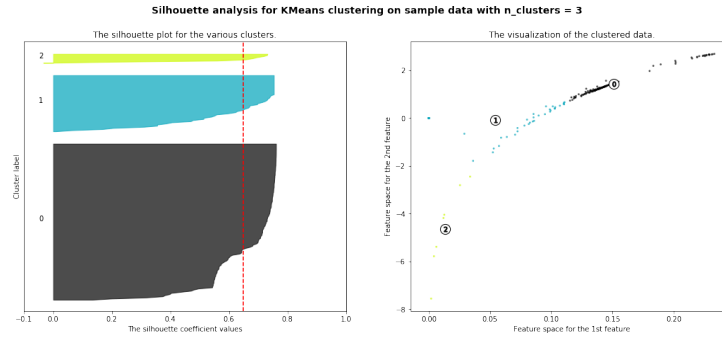


Figura 4. gráfico semilogarítmico de K versus Θ_e

Formación Vivian

Número de Grupos	2	3	4	5
Coefficiente silueta	0.81324	0.64914	0.74060	0.75232

De manera análoga observamos que los grupos $n=2,4$ y 5 tienen coeficientes menores al promedio y presentan amplias fluctuaciones en el tamaño de las siluetas, por lo cual se les descarta. Finalmente elegimos $n=3$.

Finalmente observamos los gráficos iniciales ya teniendo identificadas las zonas de flujo para la Formación Chonta (Figura 5) y Vivian (Figura 6)

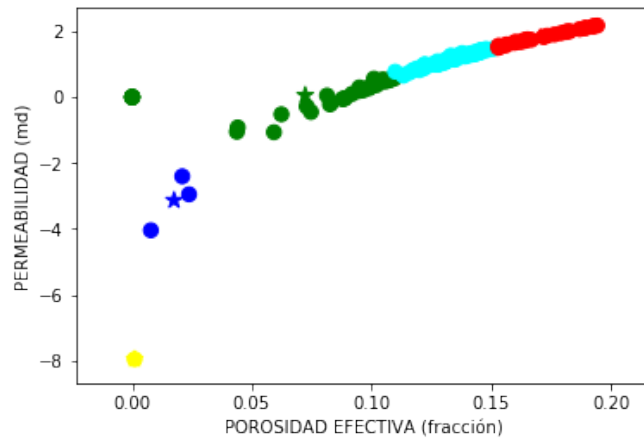


Figura 5. las zonas de flujo para la Formación Chonta

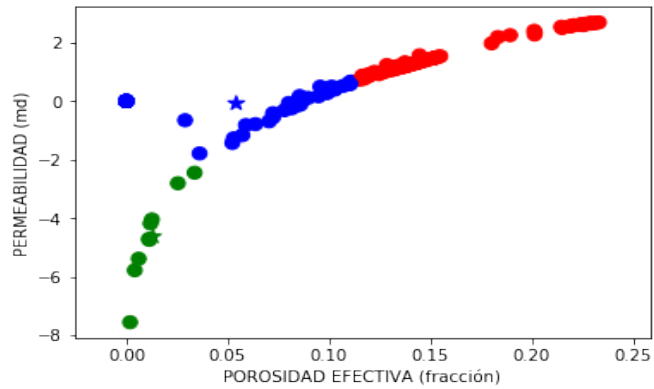


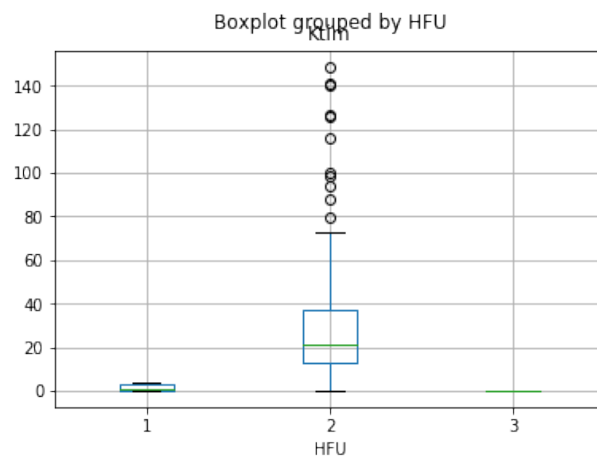
Figura 6. las zonas de flujo para la Formación Vivian

Resultados:

CHONTA

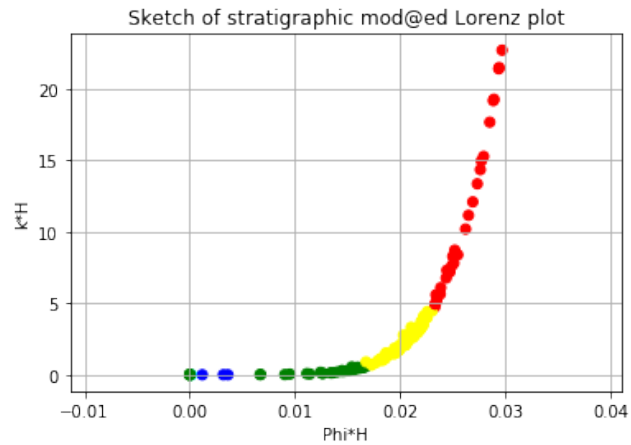
Rangos y valores promedios de distintos parámetros para cada HFU son mostrados en la siguiente tabla

HFU	Límite Inferior FZI	Limite Superior FZI	FZI Promedio
1	0.064196	2.904038	0.7850502
2	1.437714	2.957269	2.1170510
3	3.263624	4.758704	4.4763356



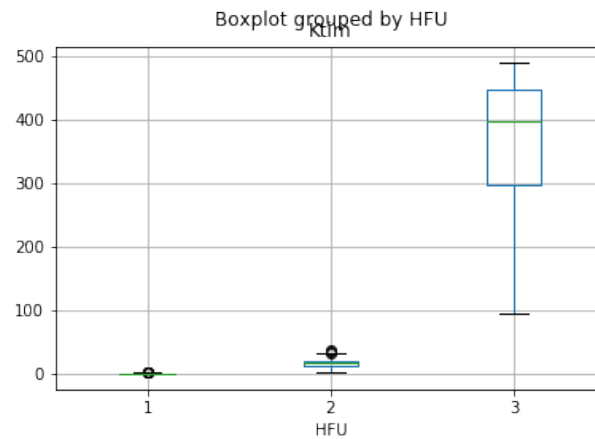
Del grafico BoxPlot podemos identificar que la UHF que tendrá mayor capacidad de flujo será la 2.

Finalmente contrastamos los resultados obtenidos con el plot de lorentz, el cual es un método convencional usado para la determinación de las UHF, y observamos que los resultados son los mismos.



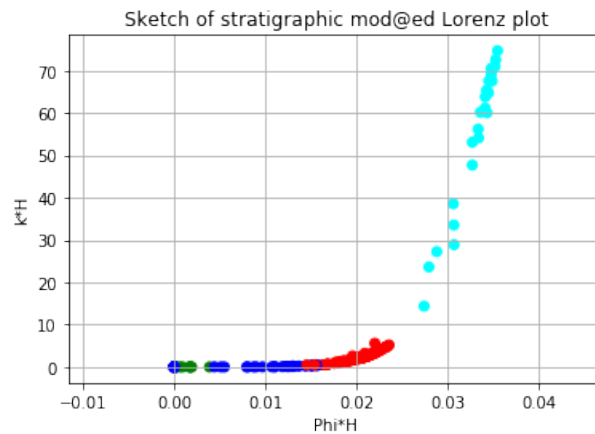
VIVIAN

HFU	Límite Inferior FZI	Limite Superior FZI	FZI Promedio
1	0.5991602	1.6741045	1.8660845
2	0.0998126	3.5992131	2.3775286
3	0.2790157	0.6354579	0.4473685



Del grafico BoxPlot podemos identificar que la UHF que tendrá mayor capacidad de flujo será la 3.

Finalmente contrastamos los resultados obtenidos con el plot de lorentz, el cual es un método convencional usado para la determinación de las UHF, y observamos que los resultados son los mismos.



Conclusiones:

El rock typing nos indica la presencia de 3 unidades de flujo hidráulica para cada reservorio Vivian y Chonta, basados en datos de porosidad y permeabilidad, es consistente y validada para el método de clustering propuesto con respecto a un workflow convencional de rock typing (plot de Lorentz). El método propuesto ofrece una manera rápida, sencilla e innovadora con resultados veredignos y confiables que se ajustan a la realidad.

Referencias Bibliograficas:

- [1] Wafa Al Kattan, Sameer N. AL Jawad and Haider Ashour Jomaah, "Cluster Analysis Approach to Identify Rok Type in Tertiary Reservoir of Khabaz Oil Field Case Study," Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering. Vol.19 No. 2 June 2018
- [2] Carlos Pinillos, Jaime Cáceres, Federico Seminario, "Metodología para la determinación de regions de roca en la caracterización de reservorios del yacimiento San Martín," V INGEPET 2005 (EXPL-4-CP-207)

Anexo

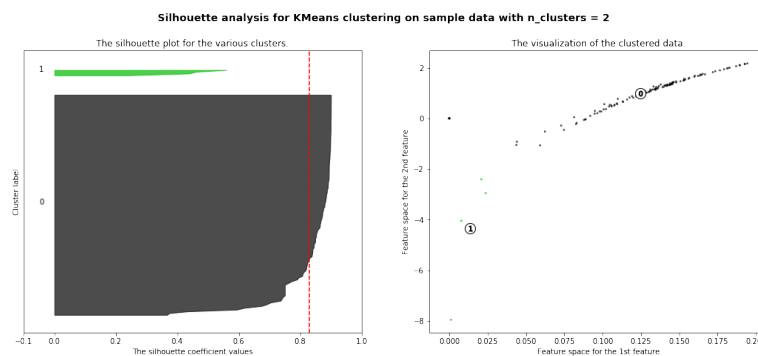


Figura 3.1

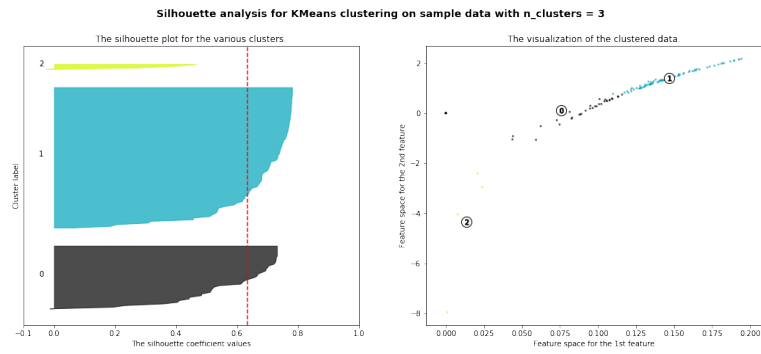


Figura 3.2

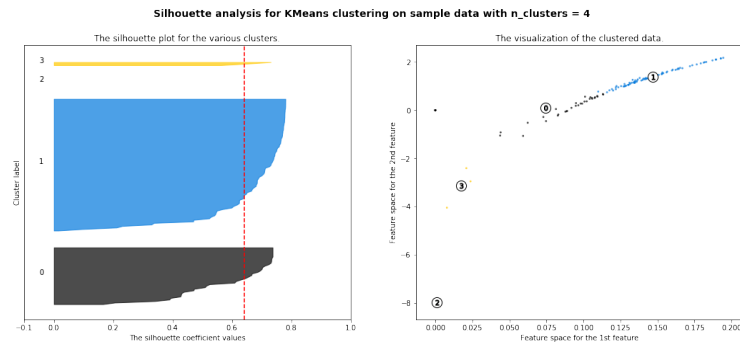


Figura 3.3

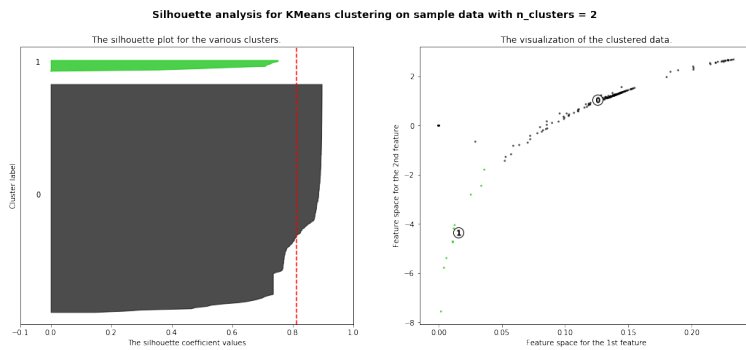


Figura 4.1

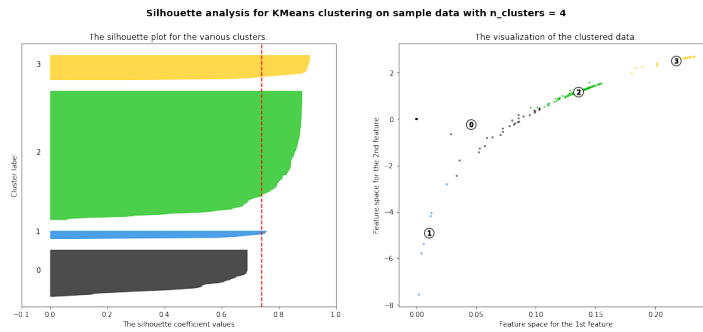


Figura 4.2

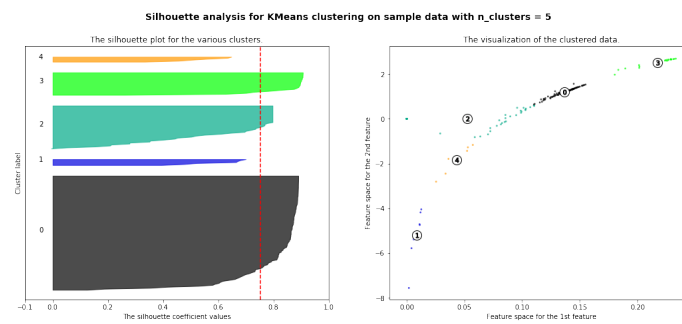
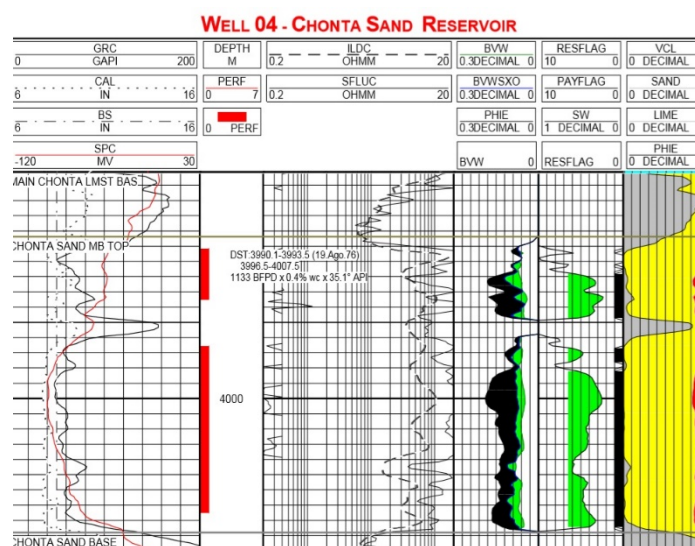


Figura 4.2

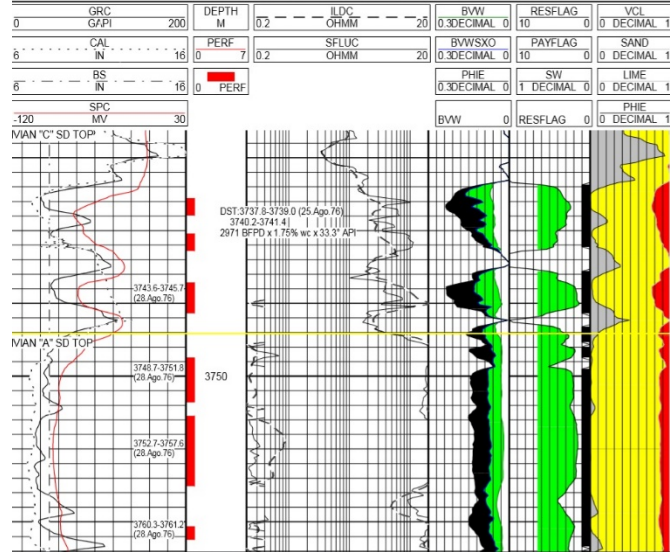
Registros del pozo 04-Capahuari Sur



CAPAHUARY SUR FIELD

PETROPHYSICAL LOG ANALYSIS

WELL 04 - VIVIAN RESERVOIR



Breve Cv:

- **Tania Maruly Laupa Antay:** Participación en Ferias de Proyectos de la Facultad de petróleo-UNI. Asistencia a Conferencias organizadas por el SPE Sección Lima destacando: Desarrollos en Crudos Pesados en un escenario de bajos precios, Cambio Climático y Energías Renovables aplicadas a la Industria Petrolera. Actualmente trabajando en KAL ENERGY LIMA- Perú.
- **Joel Emanuel Pezo Paredes:** Participante en Ferias de Proyectos en la Facultad de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural. Ganador de una beca 2018 en Instalación de Gas natural otorgado por el CAREC (Comité de Administración de los recursos para la capacitación). Ganador de una media beca en Especialización en Sistemas Integrado de Gestión.