

jifi-eai 2012



Jornadas de Investigación | Encuentro Académico Industrial

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA

26 - 30 noviembre 2012

APLICACIÓN DEL SISTEMA NEURO-DIFUSO PARA INFERIR ONDAS DE CIZALA

Ronal Coronado¹*, Nuri Hurtado² y Milagrosa Aldana¹

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Univerisdad Simón Bolívar (USB)

² Laboratorio de Física Teórica del Sólido, Universidad Central de Venezuela (UCV)

*ronalm.coronado@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo utilizamos el sistema neuro difuso (SND) con la finalidad de obtener ecuaciones que permitan predecir Velocidad de Cizalla (V_s) a partir de datos registro de porosidad (ϕ), saturación de agua (S_w) y volumen de arcilla (V_{sh}), pertenecientes a un pozo perteneciente del Campo Guafita, ubicado en la subcuenca de Apure, Venezuela. Para el entrenamiento del SND se utilizaron como datos de entrada valores de ϕ , V_{sh} y S_w y como salida valores de V_s . El entrenamiento se realizó con múltiples combinaciones de los parámetros independientes ϕ , V_{sh} y S_w . Los resultados obtenidos sugieren que el uso de los tres tipos de registros simultáneamente, mejora de forma notoria la inferencia de V_s , comparado con el uso de sólo uno de ellos o combinaciones de dos. El número de reglas difusas se varió para todas las combinaciones de parámetros. Se observó que un aumento del número de reglas no produce una mejoría notoria en los resultados.

Palabras Clave: sistemas neuro difusos, velocidad de cizalla, porosidad, saturación de agua, volumen de arcilla, ANFIS.

ABSTRACT

In this work we use neuro fuzzy system (NFS) in order to obtain inference equations of shear velocity (V_s) from log porosity (ϕ), water saturation (S_w) and clay volume (V_{sh}). The data are belonging to a well of Guafita Field located in the sub-basin of Apure, Venezuela. For training of NFS were used as input values of: ϕ , S_w , V_{sh} ; and V_s as output. The training was made with multiple combinations of independent parameters ϕ , V_{sh} and S_w . These results suggest that the use of the three types of registers simultaneously improves markedly V_s inference, compared with the use of only one of them or combinations of two parameters. The number of fuzzy rules was varied for all combinations of parameters. It was observed that increasing the number of rules does not produce a marked improvement in the results.

Keywords: neuro fuzzy system, Porosity, shear velocity, water saturation, clay volume, ANFIS

INTRODUCCIÓN

Para la caracterización de un yacimiento, es necesario contar con información de parámetros petrofísicos como la porosidad, saturación de fluidos, permeabilidad, volumen de arcilla, velocidad de onda P, velocidad de onda S, entre otros [1]. Estos parámetros pueden obtenerse mediante perfiles de pozo, que son medidas petrofísicas muy utilizadas en la reconstrucción de estructuras, composición y características físicas del subsuelo. La inferencia de parámetros

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS. Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 / 1645. Telfax: +58 212 - 6628927

Correo electrónico: jifi.eai.2012.ucv@gmail.com <http://www.ing.ucv.ve>

petrofísicos ha sido uno de los objetivos de estudio en los últimos años en esta área [2,3,4,5], siendo el análisis de registros de pozo la técnica más utilizada no sólo en la inferencia de estos parámetros, sino también en la interpretación de características geológicas del subsuelo [2,3]. El conocimiento de los valores de Velocidad de Onda S (V_s), por ejemplo, puede ayudar a generar modelos que permitan caracterizar y entender ciertas propiedades de las rocas reservorios, que caracterizan un sistema petrolero en un campo o yacimiento en estudio [1]. Sin embargo, la adquisición de los valores de velocidad de onda de cizalla es costosa, por lo que es común no contar con estos registros en muchos de los pozos perforados.

Una técnica muy utilizada en la actualidad para inferir parámetros físicos son los sistemas neuro-difusos (SND). En el área de las geociencias se han utilizado, por ejemplo, en la inferencia de valores de permeabilidad a partir de datos de porosidad [3,5] y en la determinación de parámetros petrofísicos y electro-facies [2], entre otros.

En el presente trabajo, se utilizó un SND, con el objeto de inferir valores de V_s a partir de registros de porosidad (ϕ), saturación de agua (S_w) y volumen de arcilla (V_{sh}) en un pozo del Campo Guafita, Venezuela. Se realizaron pruebas variando el número y las combinaciones de los parámetros de entrada (i.e. ϕ , S_w y V_{sh}) a objeto de obtener la mejor combinación de estos parámetros y del número de reglas difusas para predecir valores de V_s en este pozo.

MARCO GEOLÓGICO

La zona de estudio (Ver figura 1) pertenece a la cuenca de Barinas-Apure, ubicada en una depresión estructural situada en la región sur-occidental del país. Limita hacia el noroeste por los contrafuertes de las cadenas de los Andes Venezolanos, al norte por la prolongación Occidental de la Serranía del Interior Central y, al este y noroeste por el levantamiento de El Baúl; el sur de esta cuenca está separado de los llanos colombianos por un alto gravimétrico situado entre los ríos Apure y Arauca [6]. El Campo Guafita está ubicado al sureste del estado Apure, en la zona fronteriza con Colombia. En el pozo de estudio se probó la existencia de crudos livianos en una secuencia estratigráfica entre la discordancia del Neógeno y la discordancia en el tope del Cretácico. Para esa secuencia se introdujo el nombre Formación Guafita, a la cual se le asigna una edad del Oligoceno al Mioceno Temprano [7].

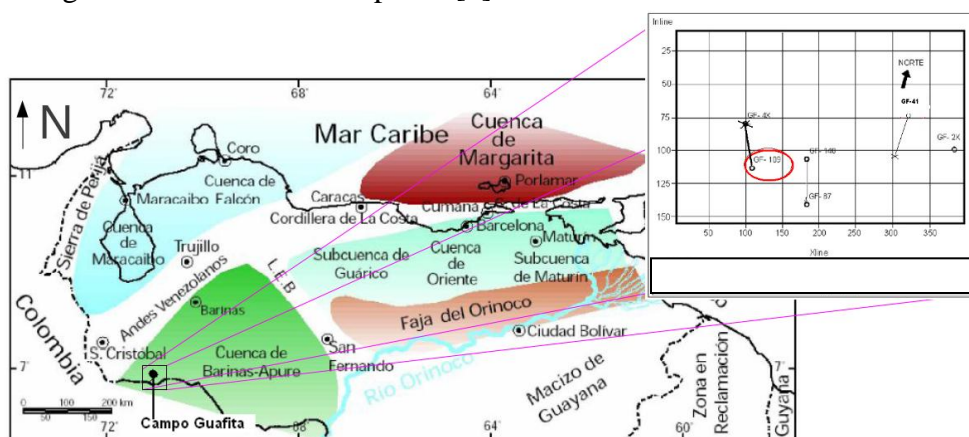
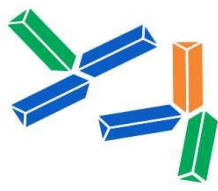


Figura 1. Ubicación de la Cuenca Barinas Apure y del Campo Guafita (encerrado en el círculo rojo, el pozo en estudio (Pozo A)).



La Formación Guafita se caracteriza por presentar una alternancia de areniscas, arenas vacas cuarzosas y arcósicas, lutitas, limolitas y algunas capas delgadas de lignito. El campo Guafita se divide en dos miembros, un miembro arenoso inferior denominado Miembro Arauca y un miembro superior lutítico-arcilítico, denominado Miembro Guardulio. En cuanto a su ambiente sedimentario, sobre la base de estudios sedimentológicos se considera deltáico constructivo de llanura baja progradante [7].

METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizó el módulo ANFIS (Adaptative Neuro-Fuzzy Inference System) de MatLab 7.0, en datos del pozo A, ubicado al norte del campo (ver figura 1), con la finalidad de generar ecuaciones que permitan predecir valores de Vs a partir de otros parámetros petrofísicos. Se contó con los siguientes registros: sónico onda S, Gamma Ray (Vsh), porosidad (ϕ) y saturación de agua (S_w). Para el entrenamiento de ANFIS se utilizó una optimización tipo híbrido, un error de tolerancia de 10^{-4} , 30 iteraciones por entrenamiento y, como función de membresía, una distribución gaussiana.

En el módulo de ANFIS se implementan reglas difusas del tipo Takagi-Sugeno-Kang, para establecer las relaciones matemáticas de inferencia, bajo las siguientes premisas:

Si x pertenece a un conjunto B_1 e y pertenece a un conjunto C_1 entonces $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Si x pertenece a un conjunto B_2 e y pertenece a un conjunto C_2 entonces $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

El funcionamiento interno de ANFIS se puede dividir en 5 capas:

- *Capa 1 (capa de pertenencia):* Se le asigna el grado de pertenencia a las entradas de la función de cada nodo o parámetro que el antecedente posee, parámetros ajustables donde esta función puede tener una forma definida (Gaussiana, triangular, etc...) con valores en el rango entre 0 y 1.
- *Capa 2 (nodos de reglas):* En esta capa se calcula el grado de activación de cada nodo (neurona). Esto se realiza aplicando el producto T-norma entre las señales de entrada y este producto modela la operación lógica AND.
- *Capa 3:* Esta es la capa en la cual se normalizan los grados de activación de cada una de las entradas, es decir, los pesos normalizados.
- *Capa 4:* En esta capa se calcula la salida, lo cual se hace mediante el grado de activación por salida de la regla asociada al consecuente.
- *Capa 5:* Esta capa viene a ser la agregación o combinación de las salidas.

Por simplicidad se utilizó la nomenclatura descrita a continuación para definir la cantidad de reglas utilizadas para cada parámetro:

[P.1 P.2 ... P.k] [R.1 R.2 ... R.k] = [Parámetro.1 Parámetro.2 ... Parámetro.k] [número de Reglas.1 número de Reglas.2 ... número de Reglas.k],

Por ejemplo, si se tiene la siguiente combinación de parámetros - reglas difusas: $[\varphi S_w] [2 1]$, el parámetro que toma mayor importancia en el entrenamiento es φ , ya que posee 2 reglas difusas, en comparación con S_w tiene solo una. El producto de las reglas da 2, como φ posee la mayor cantidad de reglas difusas, la S_w estará condicionada por los valores de φ durante el entrenamiento, esto se esquematiza en la fig. 2.

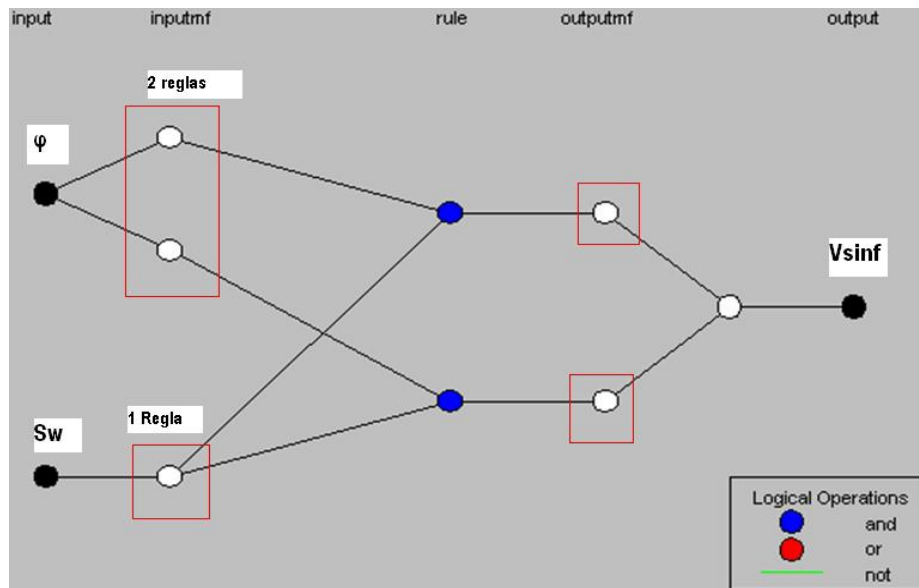


Figura 2. Estructura Neuro-Difusa para la combinación de parámetros-reglas $[\varphi S_w] [2 1]$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El entrenamiento de ANFIS, fue realizado utilizando el 50% de los valores de porosidad (φ), volumen de arcilla (V_{sh}) y saturación de agua (S_w) y de velocidad de cizalla (V_s). Estos valores se tomaron de forma aleatoria del conjunto de datos con el que se contaba del pozo A, del Campo de Guafita, Venezuela. La escogencia del 50% de los datos aleatoriamente se repitió un número considerable de veces para asegurar que los resultados no dependiesen de una muestra en particular.

En la figura 3 se muestran los resultados de Velocidad de onda cizalla ($V_s(\varphi, V_{sh}, S_w)$) a profundidad, al utilizar (a) 2 reglas difusas ($[\varphi V_{sh} S_w] [2 1 1]$) y (b) 4 reglas difusas ($[\varphi V_{sh} S_w] [2 2 1]$) respectivamente. Esta figura nos permite concluir que un aumento en el número de reglas difusas (de 2 a 4) no representa una mejora considerable en la calidad de los resultados. Hicimos pruebas para otras combinaciones de número de reglas, llegando siempre a la misma conclusión.

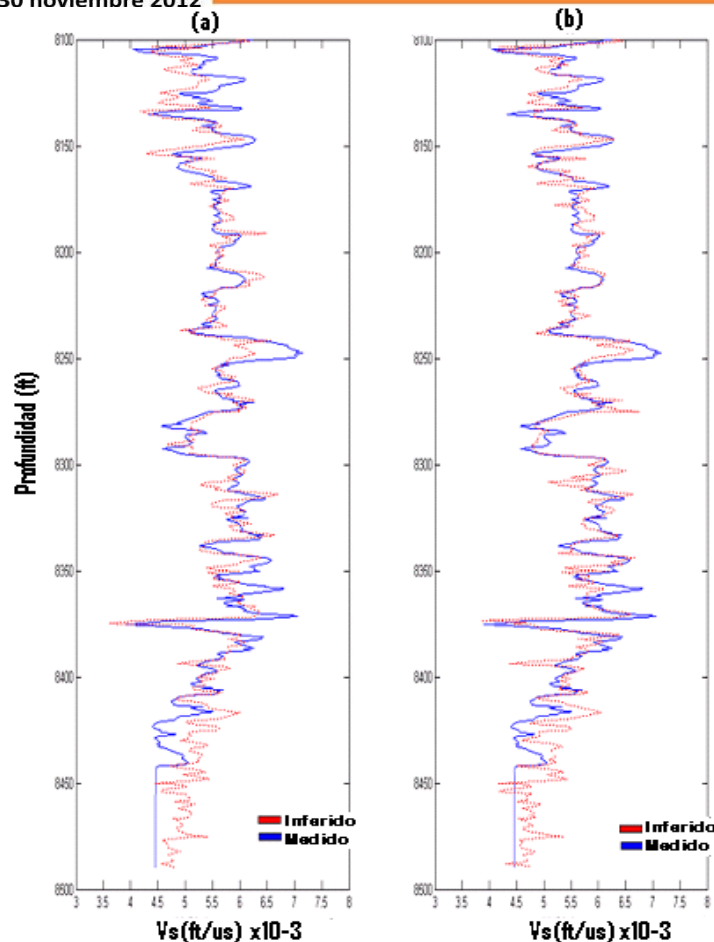
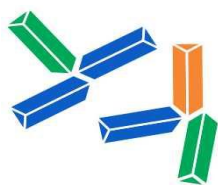


Figura 3. Registro Vs del pozo A (línea azul continua) e inferencia (línea roja punteada) utilizando: (a) 2 reglas difusas y (b) 4 reglas difusas.

Los resultados mostrados en la figura 3, fueron obtenidos luego de haber realizado diferentes combinaciones entre los parámetros ϕ , V_{sh} y S_w , donde se varió el número de reglas difusas, a fin de establecer la influencia de cada uno de estos parámetros en la inferencia de V_s (ver tabla 1). Los resultados de estas combinaciones sobre los valores de la inferencia muestran una mejoría considerable al aumentar el número de parámetros de entrada en el entrenamiento.

Tabla 1. Resultado de los valores de R^2 obtenidos del cross plot entre V_s (registro) y V_s (inferido) al aumentar la información petrofísica en el entrenamiento del sistema neuro difuso (SND).

Combinación de [Parámetro(s)][Número de Regla(s)]	Linealidad entre V_s (registro) – V_s (inferido), R^2
$[\phi][2]$	0.040
$[\phi \ S_w][2 \ 1]$	0.222
$[\phi \ S_w \ V_{sh}][2 \ 1 \ 1]$	0.580

De las múltiples combinaciones parámetro-reglas que hicimos, encontramos que las combinaciones que arrojaban las mejores ecuaciones de inferencia fueron:

$$[\varphi \text{ Vsh } S_w] [2 \ 1 \ 1] \text{ y } [\varphi \text{ Vsh } S_w] [2 \ 2 \ 1]$$

Alcanzando valores de inferencia del orden del (70 – 80)%

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos utilizado el sistema neuro difuso (Módulo ANFIS, Matlab) para inferir valores de velocidad de onda de cizalla (V_s), a partir de parámetros petrofísicos como φ , S_w y V_{sh} , en un pozo del Campo Guafita, Venezuela.

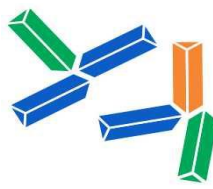
Los resultados de inferir velocidad de cizalla al variar la cantidad y tipo de parámetros ($V_s(\varphi)$, $V_s(V_{sh})$, $V_s(S_w)$, $V_s(\varphi, V_{sh})$, $V_s(\varphi, S_w)$, $V_s(V_{sh}, S_w)$ y $V_s(\varphi, V_{sh}, S_w)$) nos muestran que la mientras más información se tenga del pozo (mas parámetros), la inferencia de la onda cizalla mejora considerablemente.

De la inferencia con todos los parámetros disponibles, $V_s(\varphi, V_{sh}, S_w)$, se observó que el aumento en el número de reglas difusas no mejora la calidad de los resultados.

El entrenamiento del sistema neuro difuso se hizo utilizando el 50% de los datos ($V_s, \varphi, V_{sh}, S_w$) escogidos aleatoriamente. Al validar las ecuaciones con el 100% de los datos (φ, V_{sh}, S_w) se obtuvo una excelente inferencia indicada por una correlación del 80%.

REFERENCIAS

- [1] Cuddy, S. and Glover, P. (2002). The Application of Fuzzy Logic and Genetic Algorithms to Reservoir Characterization and Modeling. In Soft Computing for Reservoir Characterization and Modeling Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing, 219-242.
- [2] Finol, J., Jing, X.D. (2002): Permeability prediction in shaly formations: the fuzzy modeling approach. Geophysics 67 (3), 817-829
- [3] Finol, J., Guo, Y. & Jing, X. (2001): A rule based fuzzy model for the prediction of petrophysical rock parameters. Journal of Petroleum Science and Engineering Vol. 29, Pp. 97-113.
- [4] Hurtado, N., Aldana, M., Torres J. (2009): Comparison between neuro-fuzzy and fractal models for permeability prediction. Comput. Geosci., 13, 181-186.
- [5] Torres, J., Hurtado, N. and Aldana, M. (2007): Comparación de tres técnicas distintas con datos reales de pozo, en la determinación de la permeabilidad. CIENCIA Vol. 15(4), Pp. 433-437. Maracaibo, Venezuela.



jifi-eai 2012



Jornadas de Investigación | Encuentro Académico Industrial

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA

26 - 30 noviembre 2012

- [6] González de J. C., Iturralde, J. y Picard, X., (1980): Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas: Ediciones Foninves, Caracas. 2: 1031 p.
- [7] Ortega, J., Van Erve., A. y Monroy, Z., (1987): Formación Guafita: Nueva Unidad Litoestratigráfica del Terciario en el Subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure, Venezuela Sur accidental: Boletín Sociedad Venezolana de Geólogos, N°. 31, 9-35.

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS. Coordinación de Investigación .Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 / 1645. Telfax: +58 212 - 6628927

Correo electrónico: jifi.eai.2012.ucv@gmail.com <http://www.ing.ucv.ve>