



Análisis de AVO y Pseudo Impedancia Acústica en la Delimitación de Yacimientos de Gas.

Gabriel Vázquez, Gerardo Ronquillo J. y Nikolai Kouzoub Instituto Mexicano del Petróleo/México

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumen

Se presentan resultados integrados de modelado directo, atributos sísmicos de AVO y básicos, análisis petrofísicos, interpretación sísmica de mapas de atributos AVO. Así como la estimación de la Pseudo impedancia acústica usando la Transformado Ondicular Continua Inversa (ICWT), para la detección y delimitación de anomalías de gas. Donde en la primera fase se realizo un procesamiento sísmico especial para preservar la amplitud y la regularización de trazas a offsets constantes, utilizando migración en tiempo antes de apilar, lo cual garantice que las variaciones de la amplitud contra distancia (AVO 3D) correspondan a la respuesta del subsuelo. Con modelado directo de AVO se calibro los intervalos productores, y con las gráficas "Crossplot y Crossection" se realizo el análisis petrofísicos. Los resultados anteriores fueron integrados con los obtenidos de pseudo impedancia acústica. Teniendo una correspondencia bastante buena con su correlación de anomalías sísmicas de interés. Mostrando que estas herramientas integradas en forma racional y optima, son herramientas poderosas en la delimitación de yacimientos de gas.

Introducción

En la exploración, delimitación, caracterización estática y explotación de yacimientos de gas o aceite, se requiere de una información adecuada sobre las propiedades petrofísicas de rocas, las cuales se estiman con base en mediciones de laboratorio en núcleos, registros geofísicos de pozos y atributos sísmicos.

En lo referente a los atributos sísmicos, existen una gran variedad, entre los cuales, los obtenidos mediante el análisis de amplitud contra distancia fuente receptor (AVO) y acimut (AVOA) son de gran importancia para la detección y delimitación de yacimientos.

Existe un volumen considerado en literatura de estudios de AVO, AVA tanto 2D y 3D en forma convencional, sin embargo actualmente, las direcciones están enfocadas en su cuantificación y aplicación de nuevas teorías en medios isótropos, anisótropos tanto elásticos como viscoelásticos, están tomando gran importancia en la detección de anomalías sísmicas de interés y la caracterización de yacimientos. Por ejemplo los estudios

de efectos viscoelásticos en modelado e inversión sísmica (Blanch J.O., 1995), efectos de atenuación y anisotropía sobre amplitudes de reflexión contra distancia fuente receptor (Carcione J.M., Helle H.B., Zhao T., 1998), efectos de isotropía transversal en ondas P AVO para arenas con gas (Kim K. Y., Wrolstad K., Aminzadeh F., 1993), anisotropía elástica en grietas alineadas en rocas porosas (Thomsen L., 1995), Características de las ondas P y notaciones para un medio isótropo transversal (Tsvankin I., 1996)

Así mismo las técnicas de inversión que se están usando en la estimación de porosidad y permeabilidad con base a parámetros elásticos AVO (Van- Wijngaarden, 1998) atributos de frecuencia Vs Offset (Shen, F. 1998) o tiempo frecuencia/escala (Steeghs, 1997; Herrmann 1997),. tour de onduladas en procesamiento de señales (Mallat, S., 1999). Así como los estudios realizados de Wapenaar, C.P.A., 1997, de análisis multiescala de AVA.

Sin embargo actualmente en análisis de anomalías sísmicas se están usando otros tipos de herramientas en la detección directa de gas y su delimitación del yacimiento, usando pseudo - impedancia acústica, con base en la ICWT. Por lo tanto en el presente estudio se realiza un análisis de resultados de AVO a detalle en la detección y delimitación de anomalías de gas en arenas y su comparación con información adicional de Pseudo impedancia acústica, empleando el software desarrollo en el proyecto D.1341 del Instituto Mexicano del Petróleo, Monoscale Seismic Data Analyzer MP (Nikolai Kouzoub y Gerardo Ronquillo 2002).

Se muestran los resultados logrados tanto en la etapa de modelado directo, análisis AVO, mapas de horizontes de atributos AVO y análisis petrofísicos con gráficas "Crossplot y Crossection", usando el software especializado de AVO 3-D de Hampson & Russell, lo cual permitió conocer la respuesta o firma de AVO sobre pozos productores. Con el modelado de AVO se calibro los intervalos productores, dando énfasis a considerar el AVO como un indicador directo de hidrocarburo, extrapolando su respuesta en los datos sísmicos reales para las localizaciones de anomalías sísmicas interés en el área de estudio, se incluyó la información geológica y petrofísica, registros geofísicos de pozo y horizontes sísmicos de interés interpretados.

El análisis de AVO fue apoyado por otros productos de AVO complementarias como apilados de rango limitado en offsets y ángulos, registros de CDP's en el dominio del tiempo - ángulo, con el atributo sísmico de envolvente de amplitud aplicado. Así como la estimación de Pseudo impedancias acústicas estimadas con ICWT,

donde se empleo CDP's y secciones sísmicas apiladas (migradas en tiempo)

Por otra parte, cabe mencionar que los datos sísmicos utilizados para el estudio de AVO fueron procesados, aplicando procesos sísmicos enfocados a preservar la amplitud y la regularización de trazas a offsets constantes, utilizando migración en tiempo antes de apilar, lo cual garantiza que las variaciones de la amplitud contra distancia (AVO 3D) correspondan a la respuesta del subsuelo, permitiendo la búsqueda de las diferentes clases de arena con posibilidad de contener hidrocarburos (gas).

Los resultados de detalle de AVO fueron integrados con los obtenidos de pseudo impedancia acústica. Teniendo una correspondencia bastante buena con su correlación de anomalías sísmicas de interés.

Acondicionamiento de los datos sísmicos.

En el procesamiento de datos sísmicos es necesario la identificación y cancelación de la energía sísmica que afecta ó enmascara a las ondas primarias asociadas a las interfaces geológicas del subsuelo, tal como es la energía del ruido aleatorio y coherente. La cancelación del ruido es de suma importancia en los estudios de AVO, ya que distorsiona la firma ó patrón del mismo con respecto a la variación de la amplitud con el offset, lo cual produce incertidumbre en los resultados del estudio de AVO obtenidos.

Con base en lo anterior, se procedió al análisis de la calidad de la misma. Para ello, se revisó la relación de offsets mínimo y máximo, los cambios de amplitud relacionados con la expresión sísmica de AVO buscada, así como verificar que el contenido del ancho de banda de frecuencias sea él óptimo. En la **Figura 1 a)** se presentan los registros de CDP's Migrados en Tiempo antes de Apilar con Preservación de Amplitud. Se observa que la información sísmica presenta un alto contenido de ruido aleatorio y coherente, en especial sobre los offsets cercanos, que afecta a la anomalía potencial de AVO. Por esta razón se aplicaron los filtros de Radón y paso de banda para mejorar la relación señal - ruido, y los resultados son mostrados en las **Figura 1 b) y c)**. En estos gráficos se observa una mejor definición y limpieza en la respuesta sísmica debido a la cancelación del ruido remanente de baja y alta frecuencia presente en los datos sísmicos originales, así como una mejor definición de la amplitud con respecto al incremento en el offset; lo que aumenta la confianza del uso de estos datos sísmicos para el estudio de AVO y de la estimación de la impedancia acústica entre otros.

Análisis de resultados

Se mostrara él análisis de los resultados de atributos sísmicos básicos, AVO y de Pseudo impedancia acústica (Transformada ondicular continua inversa). En la Figura 1 d) se muestran los registros cercanos al pozo 1, con el filtro pasa - banda y envolvente de amplitud. Se observa buena definición de las amplitudes caracterizado por el aumento de la amplitud con respecto al incremento en

offset para dicho pozo. Otro resultado obtenido en CDP's, es usando la Transformada Ondicular Continua Inversa, donde en la Figura 1 e) se muestra anomalías de interés de Pseudo impedancias acústica entre los CDP's 475 a 482, donde se localiza el pozo productor.

Asimismo, en la Figura 2 a) se despliega la sección apilada en modo RAP con envolvente de amplitud con los procesos de filtrado radón y pasa banda aplicados para una zona cercana al pozo 1. En este gráfico se destaca una anomalía de alta amplitud ó punto brillante asociada al intervalo productor.

Continuando con el análisis de AVO, en las Figura 2 se presentan las secciones de los atributos AVO de relación de Poisson escalado en b) (se observa una respuesta de anomalía positiva y negativa, lo cual indica cima y base del cuerpo de la arena con gas). Así como el producto AVO (P*G) en c), en la dirección Inline, respectivamente. En ambas gráficas se observa una buena definición y extensión de la anomalía AVO asociada al intervalo productor del pozo 1, sobre todo en la de P*G, que se despliega de una forma más clara, la definición del cuerpo de arena con gas, Nivel-2, 1480 ms. La imagen muestran una anomalía positiva de AVO en el intervalo productor (color púrpura), asociadas con arenas clase 3.

Por ultimo se obtiene la Pseudo impedancias acústica en la sección apilada migrada, donde, se logra aislar las anomalías sísmicas de interés con contenido de gas, por lo que tenemos una herramienta novedosa y rápida, para la detección directa de zonas con contenido de gas, como lo demuestra la Figura 2 en d), donde entre los CDP's 471 y 489 se tiene las anomalías más representativas del yacimiento. Así mismo los estudios de AVO y otros atributos concuerdan con este ultimo atributo.

Conclusiones

La aplicación de los procesos de filtrado permitió eliminar el ruido remanente en las trazas sísmicas, y con ello elevar el nivel de confianza del estudio de AVO, atributos básicos y Pseudo Impedancias Acústica efectuados.

Los resultados de los atributos de AVO, mapas de atributos sísmicos e Impedancia acústica para el Pozo 1 fue buena, lo cual crea confianza en éstas técnicas en la reducción del riesgo exploratorio en las localizaciones propuestas y en la delimitación de yacimientos.

Anomalías de AVO son observables con atributos de P X G y relación de Poisson escalado (SPR), e integrados con el atributo de Pseudo Impedancias Acústica en los mapas de los horizontes Nivel_1, Nivel_2 y Nivel_3 son herramientas de gran importancia en la detección directa de hidrocarburos.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento a la Gerencia de Prospección Geofísica y al Programa de Yacimientos Naturalmente Fracturados (YNF) del Instituto Mexicano del Petróleo.

Referencias

- Blanch J.O., 1995, A study of viscous effects in seismic modeling, imaging, and inversion: methodology, computational aspects, and sensitivity. Ph.D. Thesis, Rice University, Houston, Texas.
- Carcione J.M., Helle H.B., Zhao T., 1998, Effects of attenuation and anisotropy on reflection amplitude versus offset. *Geophysics*, v.63, no.5, p.1652-1658.
- Herrmann F.J., 1997, A scaling medium representation, a discussion on well - logs, fractals and waves. PhD thesis, Delft University of Tecnology. Delft, Netherlands.
- Kim K. Y., Wrolstad K., Aminzadeh F., 1993, Effects of transverse isotropy on P-wave AVO for gas sands, *Geophysics*, **58**, 883 – 888.
- Mallat,S,1999.Wavelet tour of signal processing.2d Edition. Academic Press
- Nikolai Kouzoub y Gerardo Ronquillo J. 2002.Caracterización estática de yacimientos carbonatados usando atributos sísmicos y modela matemático. Proyecto D.1341 programa de YNF: IMP México.
- Steeghs, T.P.H., 1997, Local Power Spectra and Seismic Interpretation: PhD thesis, Delft University of Tecnology. Delft, Netherlands.
- Shen Feng 1998. Seismic Characterization of Fractured Reservoirs Part I. Ph. D. Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Thomsen L., 1995, Elastic anisotropy due to aligned cracks in porous rock, *Geophys. Prosp.*, **43**, 805-830.
- Tsvankin I., 1996, P-wave signatures and notation for transversely isotropic media: An overview, *Geophysics*, **61**, 467-483.
- Van Wijngaarden, A., 1998, Imaging and characterization of angle -dependend seismic refletion data: Ph .D. thesis, Delft University of Technology.
- Wapenaar, C.P.A., 1997, Multi-scale AVA analysis, 67th Ann. Intern. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 218-221.

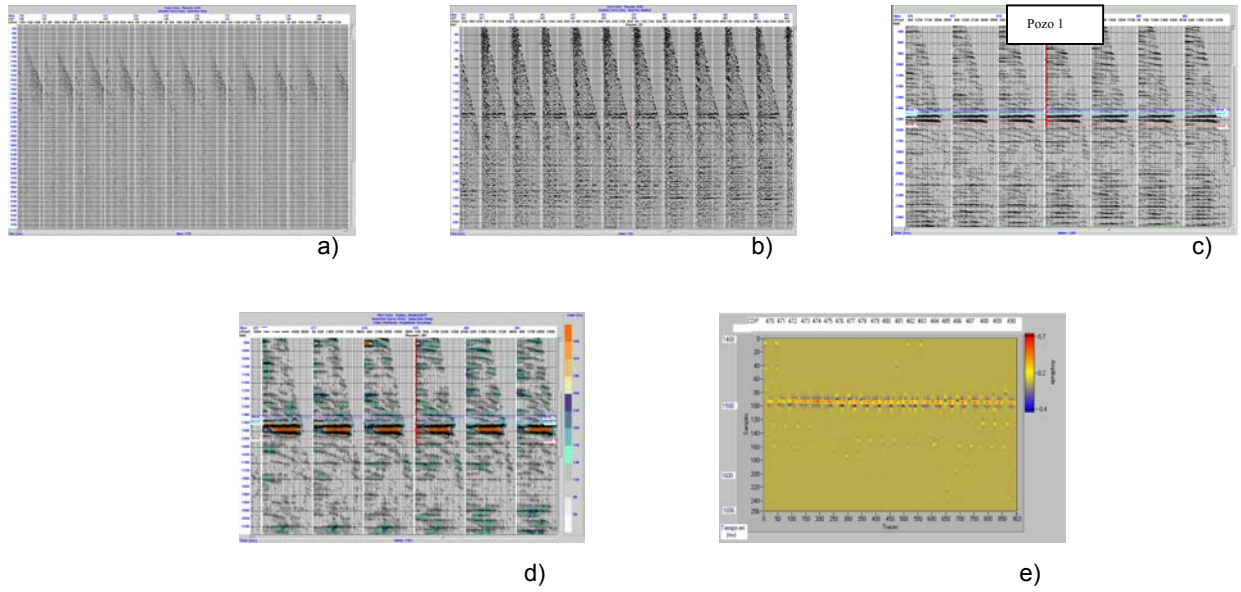


Figura 1. Integración de resultados de CDPs: a) Migrados en tiempo con preservación de amplitud; b) y c) con filtro radón y paso de banda; d) envolvente de amplitud y e) seudo impedancia acústica con ICWT.

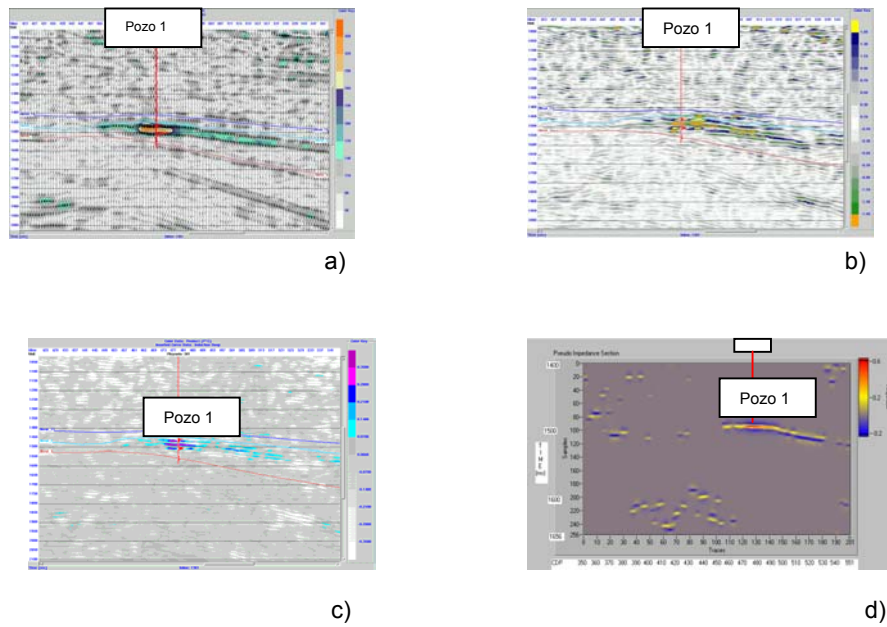


Figura 2. Resultados integrados de las secciones sísmicas: a) sección RAP con la envolvente de amplitud, b) relación de Poisson escalado, c) AVO(P*G) y d) seudo impedancia acústica con ICWT.