



PROCESAMIENTO SÍSMICO DE LAS LÍNEAS ADQUIRIDAS EN EL AÑO 2000 EN LA FRANJA NORTE DE CRUDOS PESADOS DE LA ZONA DE VÍA BLANCA

Mericy Lastra Cunill, Grisel Ameijeiras Fernández, Edenia Camejo Cordero, Raúl Gómez García.

*Centro de Investigaciones del Petróleo. Churrucá No 481, Cerro, La Habana, Cuba, CP 12000.
E-mail: mericy@digicupet.cu*

RESUMEN

Dada la necesidad de actualizar el modelo geológico de la Franja Norte de Crudos Pesados, en el área Vía Blanca, se reprocesaron 5 líneas sísmicas, adquiridas en el año 2000, con un levantamiento convencional 2D, y recubrimiento de 9600 %. Para resolver el problema planteado se aplicó una secuencia de procesamiento acorde a las tendencias más actuales a nivel mundial, hasta la etapa de migración en tiempo postsuma, y una posterior conversión a profundidad. Debido a que la calidad de la información primaria es regular, fundamentalmente en los puntos de excitación más cercanos a la costa, relacionados con el fondo marino irregular, se enfatizó en la atenuación de las ondas múltiples, el ajuste de amplitudes debido a la presencia de ruidos de alta amplitud en las partes someras de los registros, en el balanceo espectral por alejamientos, en el filtro de compensación Q solo de fase, y en la aplicación del mute interno para eliminar las ondas múltiples no logradas atenuar en los alejamientos cercanos. Al resultado final se le calculó el atributo de fase instantánea que demostró ser una buena opción de apoyo a la interpretación. Con el procesamiento realizado se logró una mejoría en las imágenes sísmicas, que facilitó una imagen mejor interpretable para actualizar el modelo geológico.

ABSTRACT

Given the necessity to upgrade the geologic model of the Franja Norte de Crudos Pesados, in the area Vía Blanca, 5 seismic lines were processed, acquired in the year 2000, with a conventional 2D survey, and 9600% coverage. To solve the outlined problem a processing sequence was applied that takes in to consideration the most current tendencies at world level, until the post stack migration in time, and a later conversion to depth. Because the quality of the primary information was not good enough, mostly near the coast, related with the irregular marine bottom, it was necessary to emphasize in the attenuation of the multiple waves, the adjustment of amplitude due to the presence of noises of high amplitude in the shallow parts of the recording data, in the spectral balancing, in the Q compensation filter of only phase, and in the application of the internal mute to remove the remnant multiples waves that were not attenuate for the near offset. To the final result was calculated the attribute of instantaneous phase that demonstrated to be a good support option to the interpretation. With the carried out processing a good result was achieved that facilitated an interpretable image to upgrade the geologic model.

INTRODUCCIÓN

Dada la necesidad de actualizar el modelo geológico de la Franja Norte de Crudos Pesados, en el área Vía Blanca, se reprocesaron 5 líneas sísmicas, adquiridas en el año 2000 con un levantamiento convencional 2D y recubrimiento de 9600 %.

El propósito del trabajo fue mejorar la calidad de las imágenes sísmicas y así facilitar una mejor interpretación geológica del área de estudio que permita detectar estructuras favorables para la exploración petrolera. El área de los trabajos se ubica en una zona de gran complejidad geológica por estar ubicada en el cinturón plegado cubano y con un fondo marino irregular, que provocó que la calidad de la información primaria no fuese buena, debido fundamentalmente a los ruidos detectados en los puntos de excitación más cercanos a la costa, y a la múltiple asociada al fondo marino.



Para lograr el objetivo planteado se realizó una amplia secuencia de procesamiento hasta la etapa de migración postsuma en tiempo, y una posterior conversión a profundidad. Finalmente se determinó su atributo de fase instantánea, lo que demostró ser una buena opción de apoyo a la interpretación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las 5 líneas sísmicas que fueron reprocesadas pertenecen a la ZEE del Golfo de México. Estas líneas fueron acotadas en longitud atendiendo a los requerimientos del área a interpretar. En el mapa de ubicación (figura 1), se indican en rojo la parte las partes procesadas.

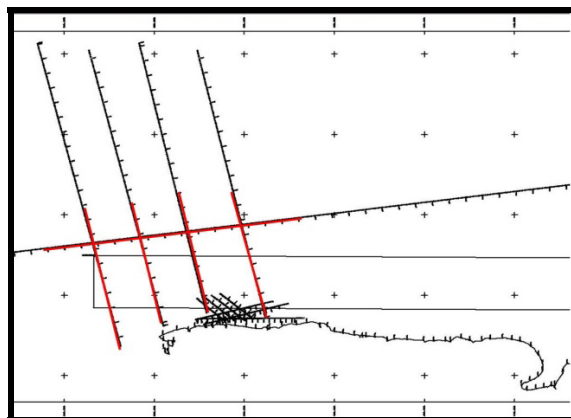


Figura 1 - Mapa de ubicación.

En la Tabla I se presentan los datos de adquisición.

Tabla I: Parámetros de adquisición.

Nombre del Campo	Descripción
Intervalo de Muestreo	4 ms
Longitud de registración	12,288 s
Multiplicidad	9600 %
Fuente	Bolt Airguns
Distancia entre los puntos de excitación	37.5 m
Profundidad de la Fuente	5 m
Profundidad del cable	8 m
Números de canales	288
Distancia entre canales	25 m
Alejamiento mínimo	135 m
Alejamiento máximo	7310 m

La calidad de la información primaria fue regular, se detectaron muchísimos ruidos en los puntos de excitación sobretodo en los puntos más cercanos a la costa, relacionados con el fondo marino. (figura 2).

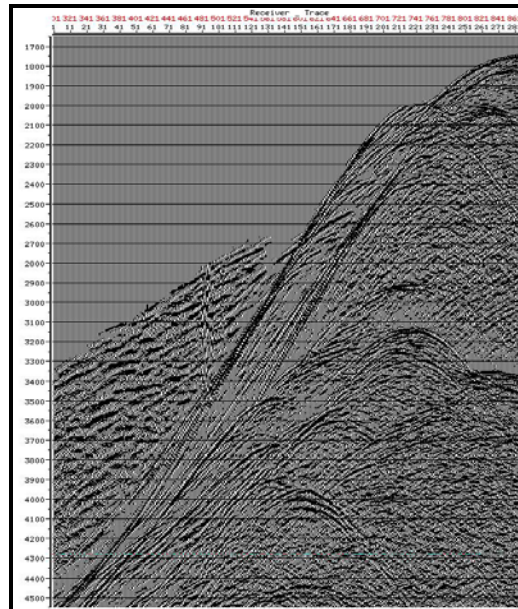


Figura 2 - Punto de excitación original.

La secuencia de procesamiento que se realizó fue la siguiente:

1. Reformateo.
2. Aplicación de la geometría.
3. Compensación del retardo de la fuente.
4. Edición de trazas malas y mute preliminar.
5. Aplicación de la signatura para la conversión de la señal a fase cero.
6. Aplicación de filtro corte bajo para la atenuación del oleaje.
7. Ordenamiento por Punto Medio de Profundidad. (CDP).
8. Análisis de velocidad 1 y mute. Cada 100 CDP.
9. Atenuación de las ondas múltiples.
10. Análisis de velocidad 2 y mute. Cada 50 CDP.
11. Corrección por divergencia esférica.
12. Aplicación de un filtro corte bajo debido a la detección de ruidos de bajas frecuencias.
13. Ajuste de amplitudes debido a la presencia de ruidos de alta amplitud fundamentalmente en las partes someras de los registros.
14. Balanceo espectral por alejamientos.
15. Deconvolución predictiva.
16. Filtro de compensación Q (solo de fase).
17. DMO por planos offset.
18. Análisis de velocidad 3 y mute. Cada 50 CDP.
19. Aplicación de mute interno y externo.
20. Suma final.
21. Migración después de la suma.
22. Mejoramiento de la coherencia.
23. Aplicación de filtro pasabanda.

ventana (ms)	filtro (Hz)
10 - 4500	6/10-72/90
5000 - 10000	6/10-56/66
24. Ecualización dinámica.
25. Conversión a fase cero.



26. Conversión a profundidad.

27. Obtención del atributo de fase instantánea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dadas las características del dato primario caracterizado por las ondas múltiples asociadas al fondo marino y sus irregularidades y los ruidos detectados en los puntos de excitación más cercanos a la costa, se hizo necesario intensificar el procesamiento con los siguientes procedimientos:

- ❖ Atenuación de las ondas múltiples: (Brooymans R., T. Mojesky, L. Pham, 2003, Sterling N., R. Díaz, A. Díaz, 2008).

Se realizó en 3 pasos:

Paso 1: Con el objetivo de darle solución a la atenuación de las múltiples perteneciente a los alejamientos cercanos se construyó un modelo de aproximación geológica unidimensional, substrayéndose la onda múltiple mediante un método adaptativo multicanal de mínimos cuadrados. (CGG, 2004a).

Paso 2: Para atenuar las múltiples en los alejamientos lejanos, se aplicó un módulo basado en el dominio Radon que descompone en parábolas definidas por el usuario el modelo de la primaria y los eventos múltiples, los que se caracterizan por menor velocidad, sustrayendo el modelo de la múltiple del dato de entrada. (CGG, 2004d).

Paso 3: La marcada irregularidad del fondo marino que caracteriza el área, origina fuertes difracciones que a su vez generan múltiples difractadas, que no pueden ser atenuadas con los procedimientos descritos en los pasos anteriores por presentar características diferentes a las múltiples de fondo e internas, con altas frecuencias, altas amplitudes y que no se ajustan a una función hiperbólica. Para atenuar estas múltiples se diseñó un procedimiento donde se le aplicó a los datos un operador, que se movió en una ventana deslizante, que discriminó las altas frecuencias correspondientes a las múltiples difractadas.

En las figuras 3 y 4 se puede valorar el efecto de este proceso.

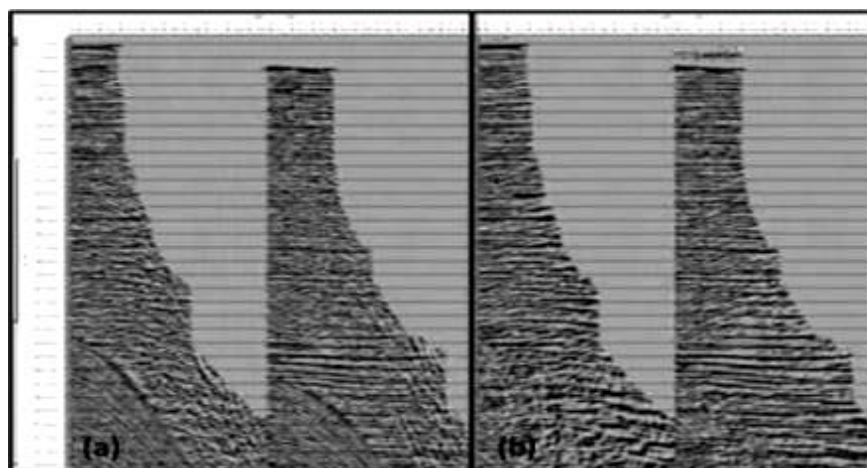


Figura 3 - CDP (a) original y (b) con atenuación de múltiples.

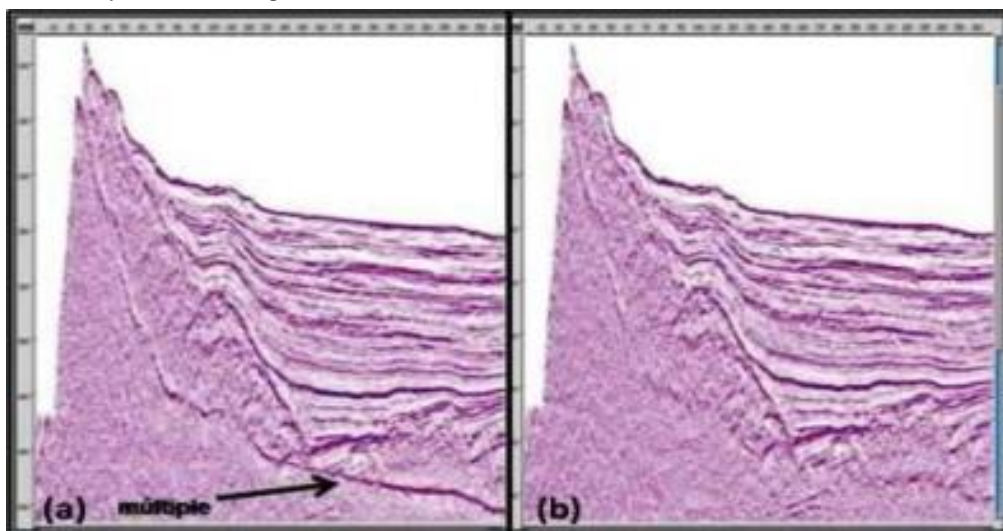


Figura 4 - Suma (a) antes y (b) después de la atenuación de la múltiple del fondo marino.

❖ Ajuste de amplitudes.

Debido a la presencia de ruidos de alta amplitud, fundamentalmente en las partes someras de los registros, se hizo necesaria una edición automática del ruido, limitándose el valor máximo de amplitud mediante pruebas. En la figura 5 se presenta un CDP sin y con el ajuste de las amplitudes y su diferencia. (CGG, 2004b).

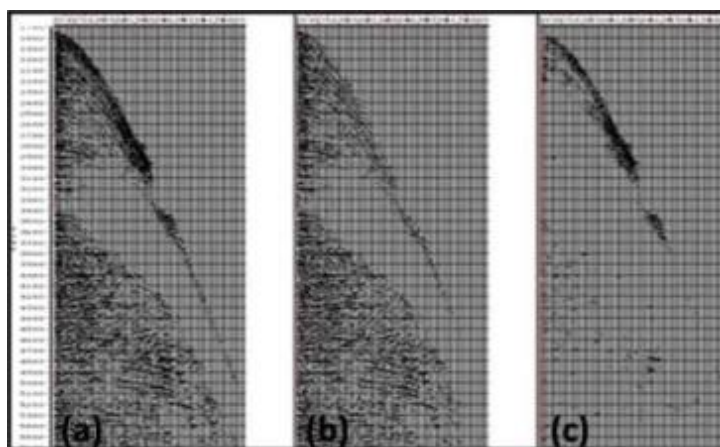


Figura 5 - CDP (a) con las amplitudes originales, (b) con el ajuste de amplitudes y (c) diferencia entre a y b.

❖ Balanceo espectral por alejamientos. (CGG, 2004e, Lastra M., *et al.*, 2011).

Se aplicó debido a los fuertes desniveles de energía dentro de los sismogramas, entre los alejamientos cercanos y lejanos.

Este procedimiento constituye una metodología que calcula y aplica operadores de balanceo en dependencia del alejamiento, haciendo coincidir cada alejamiento de un grupo de CDP con un espectro de referencia calculado para una ventana de tiempo y alejamientos definidos, con el propósito de lograr un balanceo espectral dentro del grupo de trazas que componen al CDP.



Esta metodología requirió de dos secuencias independientes de ejecución:

- 1 - Cálculo de los operadores de balanceo.
- 2 - Aplicación de los operadores de balanceo.

En la figura 6 se presenta el operador de balanceo que se aplicó. En la figura 7 se observa como con el empleo de esta técnica se logró homogenizar la energía de la señal sísmica en el interior del CDP y en la figura 8 se observa como finalmente se obtuvo una sección sumada de mayor calidad.

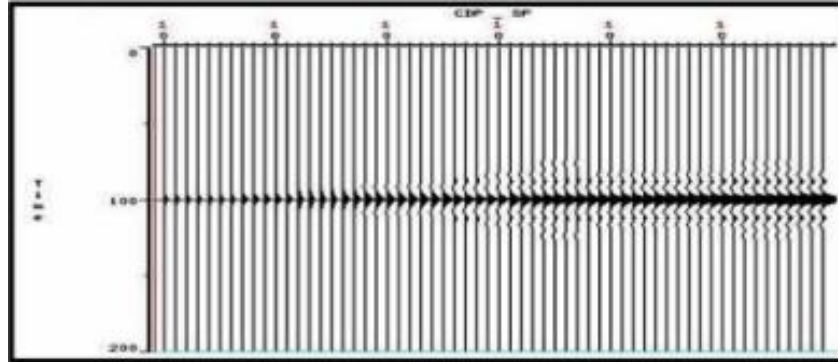


Figura 6 - Operador de balanceo.

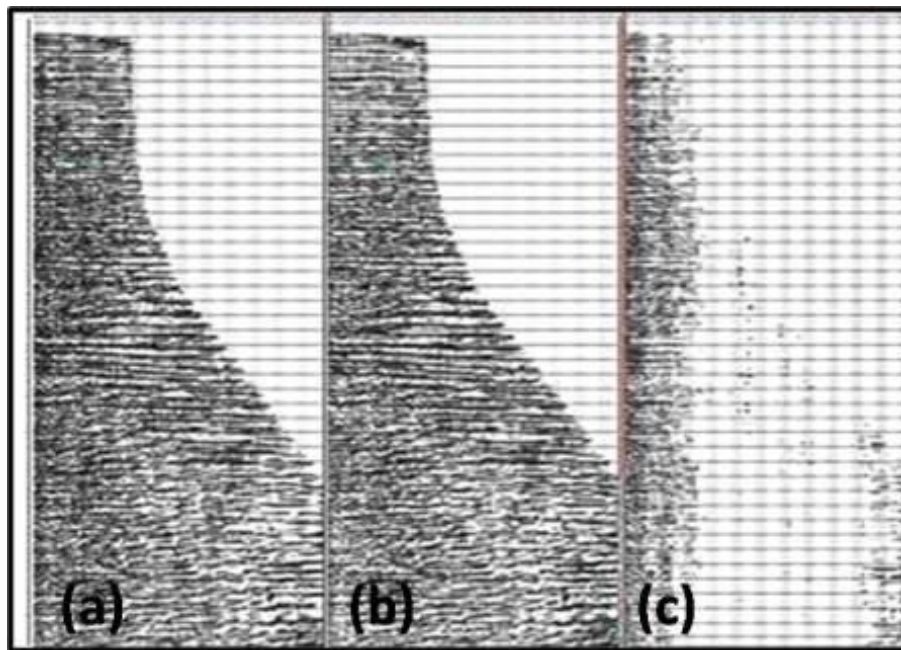


Figura 7 - CDP (a) original, (b) con balanceo espectral y (c) diferencia entre a y b.

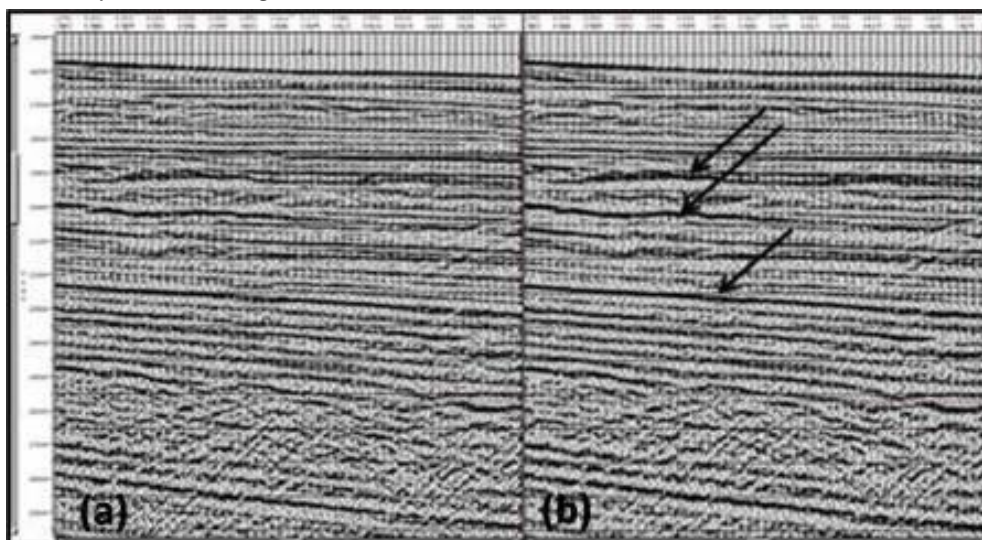


Figura 8 - Suma (a) antes y (b) después de aplicado el balanceo espectral. Las flechas señalan la mejoría obtenida.

- ❖ Filtro de compensación Q (solo de fase). (CGG, 2004c, Hargreaves N. D., A. J. Calvert, 1991, Ojeda R., 2009, Camejo E., R. Ojeda, M. Lastra, 2010, Lopo C., L. R. Andre, T. Ulrych, 1993, Ojeda R., E. Camejo, M. Lastra, 2012).

Debido a que las componentes de altas frecuencias de las ondas sísmicas se propagan a través de la tierra con velocidades más altas que las de bajas frecuencias, produciendo cambios de fase, carácter no estacionario de la señal y pérdida de resolución, se decidió atenuar el efecto de la absorción selectiva de las ondas sísmicas a través del subsuelo con un filtro Q inverso.

Se realizaron varias pruebas para determinar el valor de Q, examinándose los valores de 120, 130 y 300, determinándose un valor de $Q=130$, y una frecuencia de referencia de 20 Hz. (figura 9).

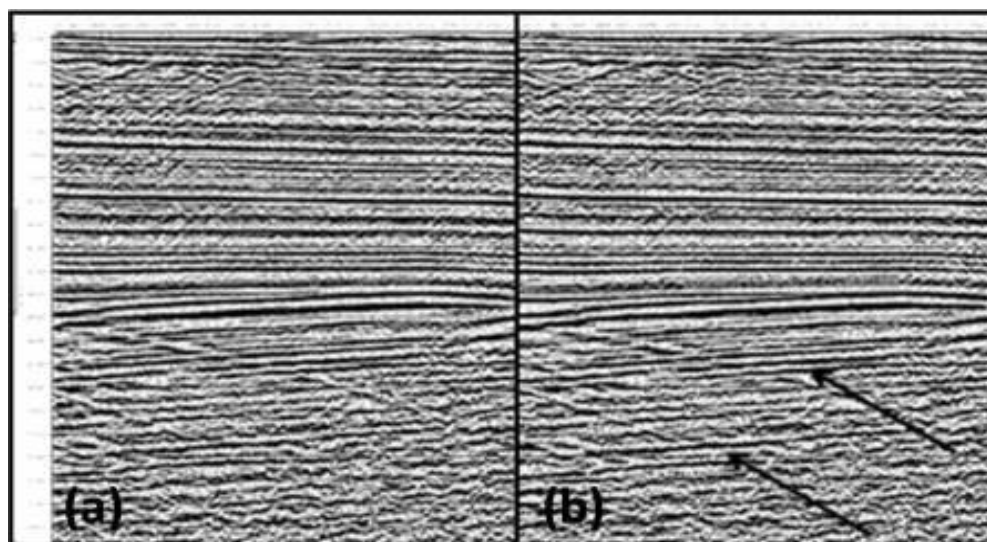


Figura 9 - Suma (a) sin y (b) con aplicación del filtro Q. Las flechas señalan la mejoría obtenida.

- ❖ Aplicación de mute interno y externo.



Una vez obtenida la suma DMO se observaron determinados ruidos lineales. El análisis de estos ruidos arrojó que estos se correspondían con restos de ondas múltiples no logradas atenuar en los alejamientos cercanos, por lo que se decidió aplicar un mute interno.

Para la aplicación del mute interno se analizó el atributo ángulo de incidencia, el que se usó como criterio para la aplicación del silenciamiento, usando los alejamientos de las trazas de entrada y las velocidades suma. Se probaron diferentes grados para el mute interno y el externo, el que varió en cada línea. (figura 10).

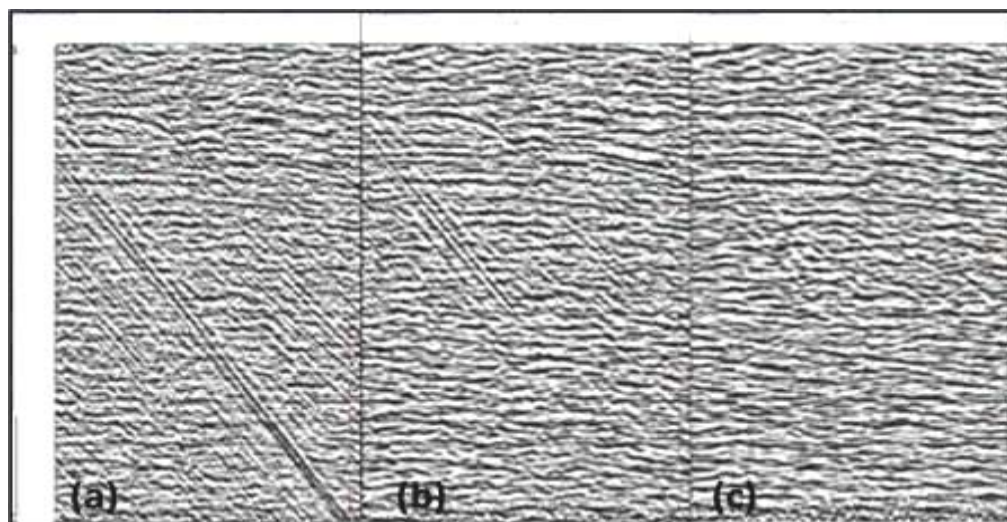


Figura 10 - Sumas (a) sin mute aplicado, (b) con mute interno de 2 grados y (c) con mute interno de 4 grados.

Como resultado final se obtuvo la suma migrada que aparece en la figura 11.

Se observa una suma de buena calidad como producto de la amplia secuencia de procesamiento realizada, con buena definición del área cabalgada, al igual que la base del postorogénico.

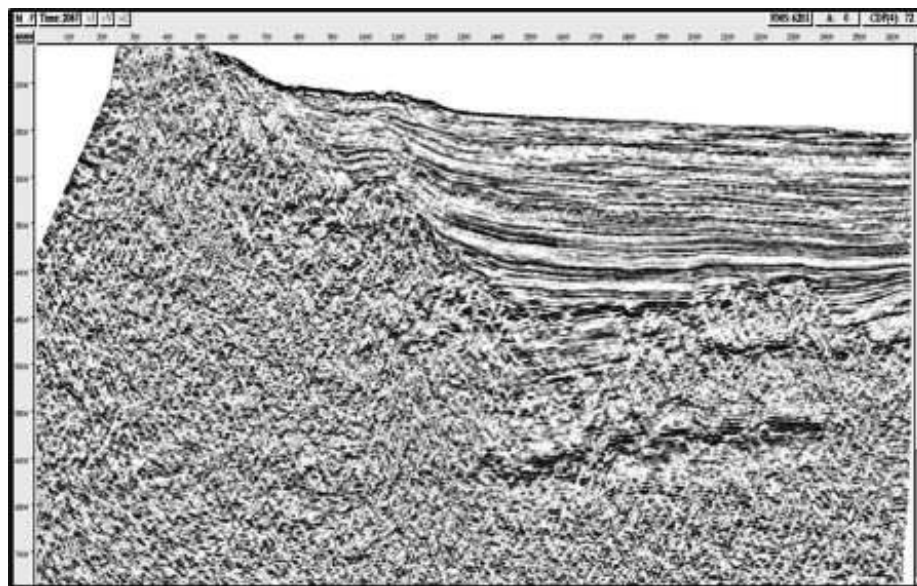


Figura 11 - Migración postsuma.



Ante la no posibilidad de realizar migración presuma, a petición de los especialistas en interpretación el resultado final se convirtió en profundidad y a este último se le obtuvo su atributo de fase instantánea.

En la figura 12 se presenta el corte resultante después de la conversión a profundidad de la migración postsuma en tiempo, para lo cual se convirtió la velocidad raíz medio cuadrática (V_{rms}) en velocidad media (V_{media}), mediante un convertidor de velocidades, y con una función variable en tiempo y en distancia se modificó la escala vertical, pero se aclara que producto de este proceso los horizontes solo fueron desplazados con la migración postsuma en tiempo y no en profundidad.

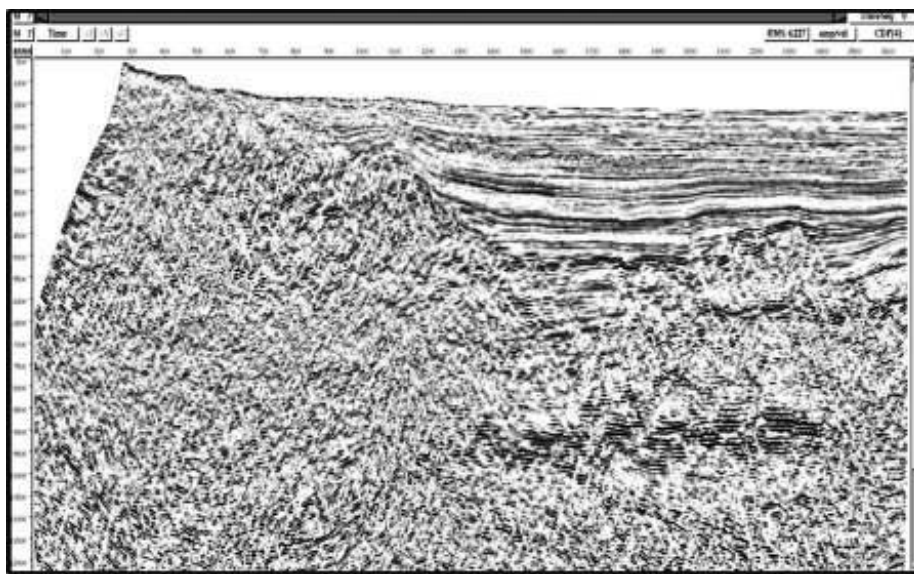


Figura 12 - Conversión a profundidad de la migración postsuma en tiempo.

Por último se calculó el atributo de fase instantánea a la sección convertida a profundidad, lo cual constituyó un apoyo efectivo al proceso de interpretación. (figura 13).

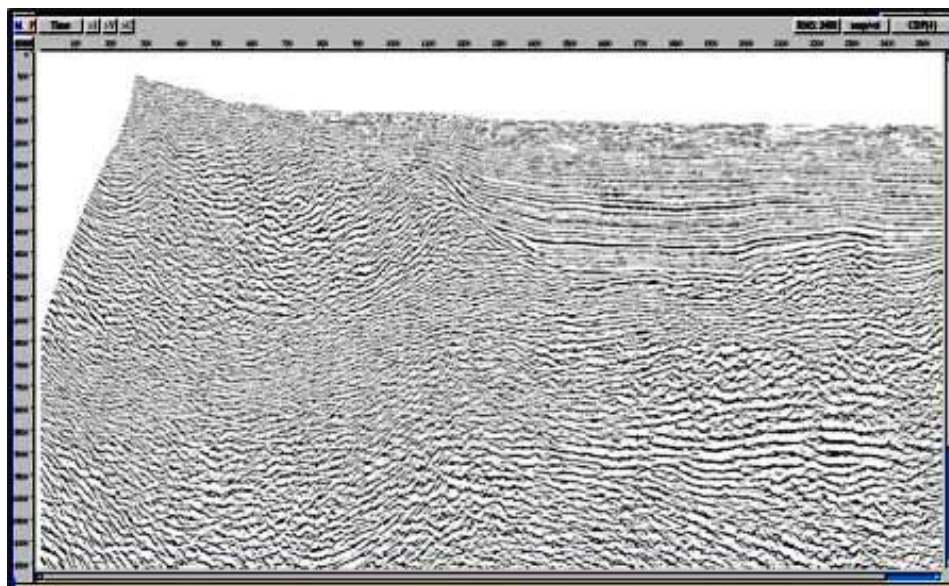


Figura 13 - Atributo fase instantánea de la sección convertida a profundidad.



Con el resultado final obtenido, se dio solución a los objetivos trazados, obteniéndose una sección sísmica sumada con buen poder resolutivo.

CONCLUSIONES

1. Se aplicó una secuencia de procesamiento acorde a las tendencias más actuales, aunque lamentablemente solo hasta la migración postsuma en tiempo por las limitaciones de hardware del centro.
2. La aplicación del atributo de fase instantánea demostró ser una buena opción final de apoyo a la interpretación.
3. Con el procesamiento realizado se logró una mejora de las imágenes sísmicas, que facilitó una imagen mejor interpretable para identificar estructuras con posible interés petrolero en la región investigada.

BIBLIOGRAFÍA

- Brooymans R., T. Mojesky, L. Pham, 2003. A Review of Current Marine Demultiple Techniques with Examples from the East Coast of Canada: <http://www.cseg.ca/conventions/abstracts/2003/2003abstracts/465S0204.pdf>.
- Camejo E., R. Ojeda, M. Lastra, 2010. Factor de Atenuación Q. En Lastra M., Proyecto 7037 (Primera Etapa). Asimilación de nuevas tecnologías para el procesamiento sísmico. La Habana, Archivo Técnico del CEINPET. 36 p.
- CGG, 2004a. 1D surface related multiple attenuation. Seismic Processing Software. Massy Cedex - France, Compagnie Générale de Géophysique, 8 p.
- CGG, 2004b. Automatic sample editing. Seismic Processing Software. Massy Cedex - France, Compagnie Générale de Géophysique, 8 p.
- CGG, 2004c. Inverse Q-filtering. Seismic Processing Software. Massy Cedex - France, Compagnie Générale de Géophysique, 12 p.
- CGG, 2004d. Multichannel least-squares adaptive subtraction. Seismic Processing Software. Massy Cedex - France, Compagnie Générale de Géophysique, 8 p.
- CGG, 2004e. Spectral offset balancing. Seismic Processing Software. Massy Cedex - France, Compagnie Générale de Géophysique, 16 p.
- Hargreaves N. D., A. J. Calvert, 1991. Inverse Q filtering by Fourier transform. *Geophysics*. 56 (4): 519-527.
- Lastra M., et al., 2011. Incorporación al flujo de procesamiento de módulos de la versión 3100 que no se han puesto en marcha. En Lastra M., Proyecto 7037 (Segunda Etapa). Continuación de la asimilación de las nuevas tecnologías de procesamiento sísmico. La Habana, Archivo Técnico del CEINPET. 42 p.
- Lopo C., L. R. Andre, T. Ulrych, 1993. Modelling of attenuation and dispersion. *Geophysics*. 58 (8): 1167-1173.
- Ojeda R., 2009. FiltQ. En Lastra M., Proyecto 2723 (Etapa 6). Continuación del desarrollo y aplicación de nuevos enfoques teóricos y prácticos de procesamiento sísmico 2D y 3D. La Habana, Archivo Técnico del CEINPET. 78 p.
- Ojeda R., E. Camejo, M. Lastra, 2012. El Factor Q y su filtrado en el procesamiento de los datos sísmicos. Experiencias en Cuba: XXXI Convención Panamericana de Ingenieros. UNAICC. La Habana.
- Sterling N., R. Díaz, A. Díaz, 2008. Atenuación de las múltiples. En Lastra M., Proyecto 2723 (Etapa 5). Desarrollo y aplicación de nuevos enfoques teóricos y prácticos de procesamiento sísmico 2D y 3D. La Habana, Archivo Técnico CEINPET. 130 p