



## SECUENCIA DE PROCESAMIENTO CON RESULTADOS NOVEDOSOS EN LA SECCIÓN SÍSMICA 2D MIGRADA EN TIEMPO

**Nancy E. Sterling Baños, Rubén Díaz Fonseca**

Centro de Investigación del Petróleo, Cuba, Washington 169 esquina Churruca Cerro Ciudad de la Habana,  
[nancy@diqi.cupet.cu](mailto:nancy@diqi.cupet.cu)

### RESUMEN

La complejidad del procesamiento sísmico perteneciente a La Zona del Cinturón Plegado se debe a factores presentes en el cuadro ondulatorio que opacan la onda primaria como: ondas múltiples producidas por diferentes fuentes y fuertes contrastes de velocidades tanto a lo largo del tiempo como lateral.

Se realizó una metodología de trabajo dirigida a la preservación de amplitudes desde la etapa inicial del procesamiento hasta su culminación, con el objetivo de utilizar el resultado para el procesamiento de AVO (Amplitudes versus offsets) y atributos sísmicos.

El resultado del trabajo permite incorporar al procesamiento aspectos que son recomendables trabajar en detalle en zonas geológicamente complejas como son:

- Recuperación y conservación de las amplitudes.
- La Atenuación de las ondas múltiples.
- Transformación de los datos sísmicos adquiridos a fase mínima, con el propósito de aplicar una deconvolución predictiva.
- Tratamiento cuidadoso en el pos-procesamiento, para no perder la diferenciación del cuadro ondulatorio.

Al comparar los resultados obtenidos de este procesamiento con procesamientos realizados anteriormente, se aprecia mayor poder resolutivo en el corte derivado de esta investigación observándose:

- Mejor diferenciación del cuadro ondulatorio.
- Mejor correlación de los ejes cósmicos pertenecientes al límite superior de la zona compresiva.
- Revelación de un reflector con buena correlación y expresividad por debajo de los cabalgamientos.
- Se aprecia igual comportamiento de energía (baja) en el interior de dos levantamientos, siendo corroborado por pozo manifestación de petróleo en el levantamiento asociado a tiempos menores y el segundo es el objetivo del actual estudio.

### ABSTRACT

The complexity of seismic data processing that belongs to the folded belt is because of factors present in the wave field like: multiple waves produced by different sources and strong velocity contrasts through the time and lateral.

In this study, we develop a methodology that was done for the preservation of amplitudes from initial stage of processing to the final stage with the objective of using results for the processing of AVO (amplitudes versus offsets) and seismic attributes.

The result of the work permits the incorporation of processing aspects that are recommended for detailed works in complex geological zones like:

- Recuperation and conservation of amplitudes.
- Attenuation of multiple waves.
- Transformation of acquired seismic data at minimum phase with the objective to apply a predictive deconvolution.
- Careful treatment in the post-processing to prevent the lost of the differentiation of the wave field.

Comparing the results obtained from this processing with processing realized earlier, more resolution power is appreciated in the seismic section of this investigation, being observed:

- Better differentiation of the wave field.
- Better correlation of reflectors belonging to the superior limit of the compressive zone.
- Revelation of a reflector with good expressiveness below the thrust



- Low energy is observed inside two lifting. Oil seeps were corroborated in the lifting associated with minor time and the second is the objective of the actual study.

## INTRODUCCIÓN

El reprocesamiento de las líneas sísmicas se ejecutó en el Centro de Procesamiento de la UCTB de Exploración del Ceinpet.

Los objetivos de este trabajo son: obtener una secuencia sísmica 2D marina con la técnica de migración post-suma en tiempo en un sector geológicamente complejo, mantener la conservación de las amplitudes durante todo el procesamiento para alcanzar un resultado que cumplimentara las exigencias del procesamiento de AVO (Amplitudes versus offset) y atributos sísmicos, mejorar los resultados obtenidos en procesamientos anteriores principalmente en los sectores correspondientes a estructuras compresivas y obtener secciones migradas en tiempo con buena diferenciación del cuadro de ondas.

La secuencia de procesamiento aplicada en este sector pretende demostrar la necesidad de aplicar esta metodología para aclarar más la imagen sísmica de las estructuras detectadas en interpretaciones anteriores, además de obtener nuevas estructuras no reveladas con vista al ajuste de los programas de perforación en el área.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología de trabajo

Para optimizar el trabajo se siguió la secuencia de trabajo representada en el diagrama que se describe a continuación: Figura 1.



Figura 1.- Diagrama que representa la metodología seguida.



### Secuencia de Procesamiento de la Sísmica 2D.

- Lectura de los datos.
- Asignación de los datos de la radionavegación al dato sísmico.
- Compensación del retardo de la fuente (50 MS).
- Conversión de fase mixta a mínima.
- Blanqueo de las primeras entradas (mute externo)
- Atenuación del ruido originado por el oleaje, se empleo un filtro pasa alta 5 Hz.
- Restablecimiento de amplitudes SDICO (corrección por la divergencia esférica basada en la función V2T).
- Compensación de amplitudes por efecto del offset.
  - a) Obtención de una base de datos de amplitudes.
  - b) Obtención de los coeficientes de ganancia a partir de la base de datos de amplitudes y su control.
  - c) Corrección de los coeficientes de ganancia.
- Atenuación del ruido lineal de ser necesario.
- Ordenamiento por CDP y alejamientos
- Atenuación de múltiples para los alejamientos cercanos:
  - a. Atenuación de la onda múltiple relacionada con la superficie (creación del modelo de la múltiple).
  - b. Substracción Adaptativa multicanal por el método de los mínimos cuadrados (substracción de la múltiple).
- Análisis de velocidades cada 500m y mute externo.
- Atenuación de múltiples para los alejamientos lejanos (filtro parabólico).
- Conjunto de procedimientos dirigidos a la atenuación de múltiples de alta frecuencia y amplitud como las difractadas.
- Atenuación de amplitudes anómalas.
- Deconvolución predictiva monocanal:
 

Long. Operador	Ventana	GAP	Ruido Blanco
180MS	100-1600	20MS	1%
180MS	1500-4000	30MS	3%
- Análisis de velocidades cada 500m y mute externo.
- Corrección estática residual consistente con la superficie.
- Análisis de velocidades cada 313m y mute externo.
- Atenuación residual de amplitudes anómalas en los casos que lo requerían.
- Atenuación del ruido aleatorio en los casos que lo requerían.
- Ajuste de amplitudes.
- Migración parcial (DMO por planos offset).
- Análisis de velocidades cada 250 m y MUTE.
- Suma.
- Migración Residual (Stolt + Diferencia Finitas ángulo de migración 45°).
- Atenuación de ruidos aleatorios en el dominio F-X.
- Conversión a fase cero.
- Aplicación del filtro Pasabanda (referido al fondo marino)
- VENTANA (MS)                      FILTRO (HZ)
 

0000-1000	5/10-55/66hz
1500-3400	5/10-30/40hz
3900-5000	5/10-20/30hz

- Ecualización dinámica variable en tiempo (referida al fondo marino) DYNQU MO multi operador multiventana, Longitudes del Operador 350 MS para la zona del pos-orogénico y otro de 1500MS para el resto del corte.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En una geología como la de Cuba, caracterizada por una compleja tectónica compresiva es recomendable trabajar en detalle y considerar algunos aspectos tales como:

1. Transformación de los datos sísmicos adquiridos a fase mínima, con el objetivo de aplicar una deconvolución predictiva. Los resultados para la zona por debajo del pos-orogénico son muy favorable aplicar la deconvolución predictiva, por literatura técnica se recomienda trabajar en aguas profundas con los datos en fase cero pero si aplicamos este concepto no se podría aplicar esta deconvolución como se describirá más adelante, esto tiene su explicación debido a la geometría de la red de perfiles que llegan al tirante de aguas profundas pero también llegan hasta aguas someras con tectónica de compresión, siendo de interés para Cupet.
2. Recuperación y conservación de las amplitudes durante todo el procesamiento. Por vez primera se realiza en el centro de procesamiento del Ceinpet este objetivo, para esto se tomó en consideración no aplicar ningún procedimiento que podría alterarlas, aspectos que se hizo trabajoso debido a la utilización de procedimiento hasta el momento que respondían con buenos resultados pero en alguna medida alteraban las amplitudes los que se sustituyeron por procedimientos apropiados.
  - Restablecimiento de amplitudes por la divergencia esférica basada en la función V2T
  - Compensación de amplitudes por efecto del offset.
  - a) Obtención de una base de datos de amplitudes.
  - b) Obtención de los coeficientes de ganancia a partir de la base de datos de amplitudes y su control.
  - c) Corrección de los coeficientes de ganancia.
  - Ajuste de amplitudes.
3. Atenuación de las ondas múltiples. Se aplicó un complejo de métodos para lograr tal objetivo Figura 2.

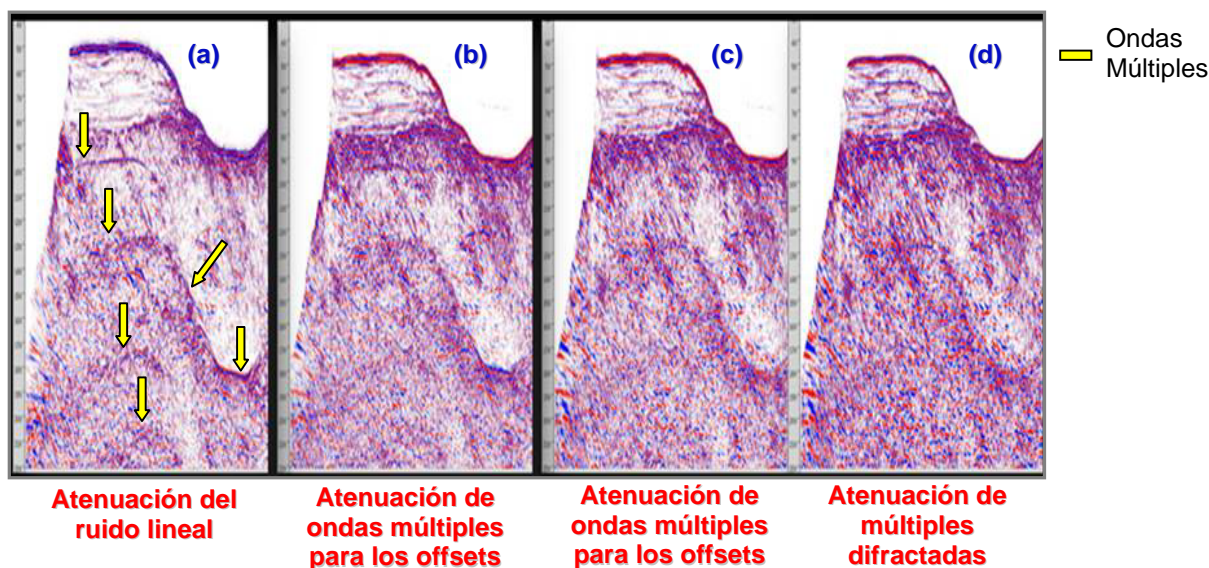




Figura 2.- Atenuación de las ondas múltiples. En el tercer paso solo queda una residual de múltiples que durante el procesamiento con selecciones de velocidades serán atenuadas más.

- ODSMA. Atenuación de Múltiples relacionadas con la superficie (obtención del modelo de la onda múltiple).
  - LABSUB. Substracción Adaptativa multicanal por el método de los mínimos cuadrados (substracción de la múltiple). En este paso se atenúan las múltiples para los alejamientos cercanos.
  - Atenuación de las múltiples para los alejamientos lejanos con la aplicación de un filtro parabólico.
  - DIMAT (conjunto de procedimientos dirigidos a la atenuación de múltiples de altas frecuencia y amplitudes como las difractadas).
4. Deconvolución: el paso de predicción (GAP) se encuentra asociado al modelo geológico. Se ha comprobado que para zonas compresivas da mejores resultado aplicar:
- a. GAP pequeño -----> sección del corte donde exista presencia de cuencas sedimentarias.
  - b. GAP grande -----> sección del corte donde exista presencia de eventos compresivos. Se utilizó la deconvolución en su variante predictiva:
- | Long. Operador | Ventana   | GAP  | Ruido Blanco |
|----------------|-----------|------|--------------|
| 180MS          | 100-1600  | 20MS | 1%           |
| 180MS          | 1500-4000 | 30MS | 3%           |
5. Conversión del resultado final a fase cero. Como es sabido, los resultados finales del procesamiento sísmico deben estar en fase cero, esto se debe a que se alcanza una mejor correlación de los ejes cofásicos en el cuadro ondulatorio, lográndose mejor definición de los elementos geológicos presentes en el corte, además de constituir una de las premisas para el análisis de AVO.
6. Tratamiento detallado en los análisis de velocidades. Se realizaron cuatro análisis de velocidades, con el paso de la selección de velocidades:
- a) Primer análisis de 500m (antes de la atenuación de las ondas múltiples)
  - b) Segundo análisis de 500m (después de deconvolución)
  - c) Tercer análisis de 313m (después de estáticas residuales)
  - d) Cuarto análisis de 250m (después de DMO)
7. Tratamiento cuidadoso en el post procesamiento. Para no perder la diferenciación del cuadro ondulatorio, deben ser atenuados los ruidos en el sismograma como los lineales y no en esta etapa, además aplicarse la ecualización con un operador grande para no emparejar el corte sísmico Figura 3.



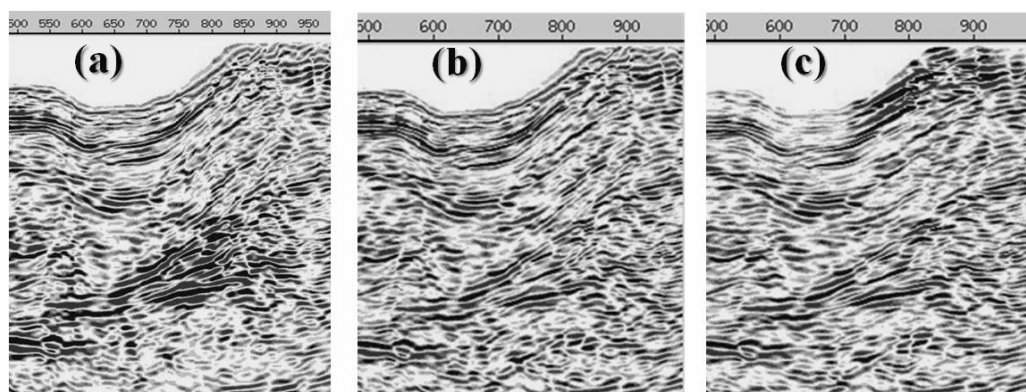


Figura 3.- En (a), (b) y (c) se le aplicó la misma secuencia de procesamiento solo difieren en el pos-procesamiento; (a) es el resultado del presente trabajo en (b) se usó un filtro bidimensional y ecualización con un largo del operador pequeño y en (c) lo mismo que (b) más mezcla, en estas dos últimas variantes se aplicaron filtros inapropiados para la conservación de amplitudes perdiéndose la dinámica del corte.

## DISCUSIÓN

Al comparar los resultados obtenidos, con el resultado de procesamiento anteriores, se aprecia mayor poder resolutivo en los resultados del presente trabajo Figura 4.

Tabla I.- Valoración del procesamiento realizado en la presente investigación y otros efectuados en etapas anteriores por otros centros (la misma adquisición).

VALORACIÓN	Procesamiento DIGICUPET	Procesamiento FORÁNEO
1. Recuperación y conservación de las amplitudes	Se conservaron durante todo el procesamiento las amplitudes	No se conservaron. Se aplicó el filtro bidimensional FK. y Mezcla Indiscriminadamente.
2. Atenuación de las ondas múltiples	Buena efectividad	Aceptable quedaron residuales
3. Deconvolución	Ventana GAP 100-1600 20MS 1500-4000 30MS	En SHE99----- No deconv. En SHE02----- Spike
4. Tratamiento en los análisis de velocidades	Detallado teniendo en cuenta el modelo geólogo – geofísico, para realizar la selección de velocidades	Detallado. El resultado de la PSTM se obtuvo de escalar el corte de profundidad a tiempo
5. Transformación a fase cero	Se aplicó el procedimiento	No se hizo
6. Tratamiento en el pos-procesamiento	Cuidadoso, solo se aplicó filtro variable en tiempo y ecualización con largo del operador grande	Se fue poco cuidadoso: FK, Mezcla, SCALING con el fin de bajar la ganancia en la parte inferior del corte.
7. Poder resolutivo de la imagen sísmica	Hay buena diferenciación del cuadro ondulatorio	Solo para los tiempos entre 0-1000MS se aprecia buena relación señal/ruido

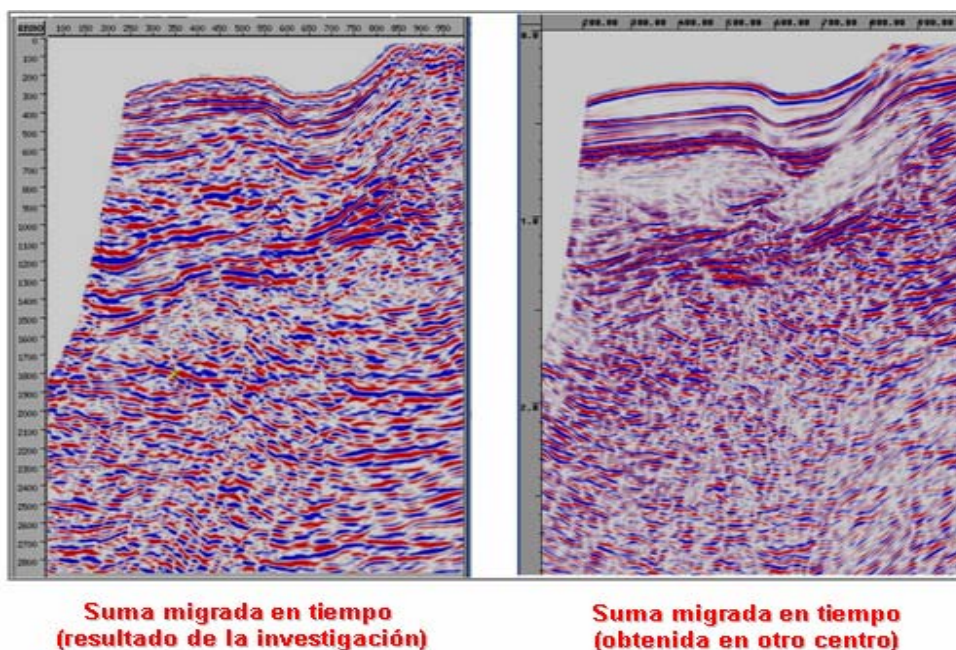


Figura 4.- Se evidencia en la migración del extremo izquierdo mejor relación señal útil/ruido

Entre los resultados alcanzados se aprecia Figura 5:

- En la sección sísmica buena diferenciación del cuadro ondulatorio.
- Se destaca buena correlación de los ejes cofásicos pertenecientes al límite superior de la zona compresiva.
- Revelación de un reflector con buena correlación del eje cofásico que se encuentra por debajo de los cabalgamientos que pudiera estar asociado a un evento de interés.
- Comportamiento de energía (baja) en el interior de los dos levantamientos, siendo corroborado manifestación de petróleo por pozo en el levantamiento asociado a tiempos menores y el segundo con tiempos mayores constituye el objetivo de estudio actual.
- Buen poder resolutivo alcanzado de la imagen sísmica con el complejo de métodos utilizados para la atenuación de las ondas múltiples.



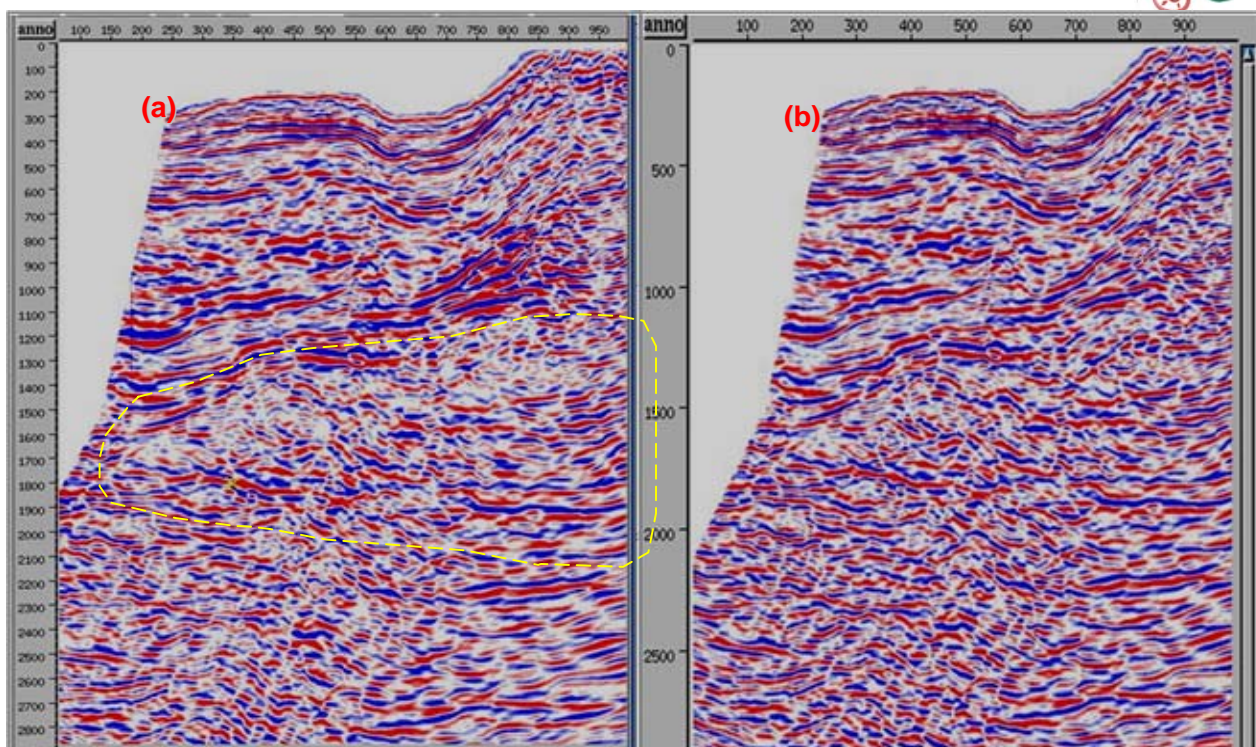


Figura 5.- En (a) y (b) se le aplicó la misma secuencia de procesamiento, solo difieren en el pos-procesamiento; (b) complementa a (a).

## CONCLUSIONES

- ✓ El objetivo principal se cumplió con un dato apto para aplicarle el procesamiento de AVO y atributos sísmico.
- ✓ El trabajo realizado cumplió los objetivos desde el punto de vista estructural, con la notable mejoría de la parte profunda de la sección sísmica migrada en tiempo permitiendo un mejor conocimiento del área para la interpretación sísmogeológica.
- ✓ El resultado permitió aplicar una metodología de procesamiento con preservación de amplitudes durante todo el procesamiento, no antes realizada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cefoga course noise attenuation march 2004  
 Cefoga course amplitude vs. Offset. March 2004  
 GeoCluster documentación de referencia Sdtr 4.3, 2004  
 Manual del curso Fase controlada  
 Mohamet t. Hadidi, morteza sabih. Mobil's results for the 1997 workshop on multiple attenuation. 1997.  
 Oz Yilmaz. Seismic data analysis. Volumen 1 y 2. 1987  
 Proyecto 2723 etapa1 2005. "Resultado metodológicos de procesamiento sísmico 2D y 3D con los nuevos procedimientos matemáticos no explotados hasta el momento".  
 Proyecto 2723 etapa2 2005. "Resultado metodológicos de procesamiento sísmico 2D y 3D con los nuevos procedimientos matemáticos no explotados hasta el momento".  
 Proyecto 7037 etapa1 2010. "Nuevas tecnologías para el procesamiento de datos sísmico"  
 R. Brooymans, t.mojesky, a review of current marine demultiple techniques whit examples from the east coast of canada.  
 Rutherford s. Y williams r., 1989, amplitude versus offset variations in gas sand. Geophysics, vol.34, 680-688  
 CUARTA CONVENCION CUBANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, GEOCIENCIAS '2011.  
 Memorias en CD-Rom, La Habana, 4 al 8 de abril de 2011. ISBN 978-959-7117-30-8





Veiga, C, 2008 Tesis en opción al Título Académico de Máster en Geología: Atributos sísmicos para la búsqueda y evaluación de las anomalías gaso - petrolíferas.