



RECUPERACIÓN DE AMPLITUD EN LA MIGRACIÓN SÍSMICA PHASE SHIFT

RECOVERY OF AMPLITUDE IN THE PHASE SHIFT SEISMIC MIGRATION

Jhorman Gustavo Maldonado¹, MSc. Luis Eduardo Naspiran²,
Phd. Francisco Cabrera Zambrano³

¹Universidad de Pamplona, ²Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín

³Universidad de Pamplona

E-mail: ¹jhgust02@gmail.com, ²lnaspiran@gmail.com, ³fcabrera61@yahoo.com.br

RESUMEN

La migración sísmica es utilizada para visualizar el interior del subsuelo partiendo de datos registrados en superficie, la migración utilizando las ecuaciones unidireccionales es un método iterativo que permite recrear las fronteras del subsuelo, haciendo uso de un modelo de velocidades y los sismogramas obtenidos por los geófonos, debido a heterogeneidades en el medio existe pérdidas de energía lo que provoca una imagen tenue en los sismogramas lo cual dificulta el trabajo de los interpretes, esto es conocido como atenuación. Es posible caracterizar la atenuación en un medio, en términos del factor de calidad, al introducir este nuevo parámetro se modifica la ecuación de onda y por lo tanto el extrapolador, produciendo así un método de migración que es capaz de restaurar la energía perdida durante la propagación.

Palabras clave: Migración, sísmica, OWWE, atenuación, extrapolador.

ABSTRACT

Seismic data Seismic migration is used to visualize the interior of the subsoil starting from data recorded on the surface, the migration using the unidirectional equations is an iterative method that allows to recreate the boundaries of the subsoil, making use of a model of speeds and the seismograms obtained by the geophones, Due to heterogeneities in the medium there is loss of energy which causes a thin image in the seismograms which makes the interpreters' work difficult, this is known as attenuation. It is possible to characterize the attenuation in a medium, in terms of the quality factor, when introducing this new parameter the wave equation and therefore the extrapolator is modified, thus producing a migration method that is able to restore the energy lost during the propagation.

Keywords: Migration, seismic, OWWE, attenuation, extrapolator.

I. INTRODUCCIÓN

La migración sísmica busca generar un mapa del interior del subsuelo a partir de datos obtenidos en superficie denominados sismogramas, a medida que las ondas se propagan por un medio van perdiendo amplitud y debido a la dispersión geométrica y por características propias del medio como son porosidades donde se alojan gas o líquido que convierten la energía en calor u otras formas, en el sismograma esto se traduce en pérdidas en el contenido de frecuencias en la señal y disminución en la amplitud.



El estudio de modelos de atenuación inicia con modelos matemáticos generados a partir de experimentos con materiales sometidos a esfuerzos y midiendo las deformaciones, en el caso particular se trabajará con el modelo de Futterman (1962), donde la velocidad tiene un componente complejo.

En el presente trabajo se muestran dos métodos de migración Phase Shift programados en lenguaje C, al comparar los resultados en las imágenes finales se puede ver la importancia de incluir parámetros adicionales para llegar a una aproximación más cercana a la realidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Migración sísmica Phase Shift

La migración Phase Shift hace uso de las ecuaciones de sentido único (OWWE: One Way Wave Equation) permitiendo modelar la propagación de la onda en dos direcciones diferentes. Partiendo de la ecuación de onda .

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = v^2 \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

Al realizar una transformada de Fourier se convierten las derivadas parciales utilizando la siguiente propiedad $\left(\frac{\partial}{\partial t} \rightarrow i\omega, \frac{\partial}{\partial x} \rightarrow ik_x \right)$

por lo que la ecuación se reescribe de la forma

$$-\omega^2 P(k_x, z, \omega) = -k_x^2 v^2 P(k_x, z, \omega) + v^2 \frac{\partial^2 P(k_x, z, \omega)}{\partial z^2} \quad (3)$$

en esta ecuación se puede factorizar algunos términos y obtener la siguiente expresión

$$\frac{\partial^2 P(k_x, z, \omega)}{\partial z^2} = \left[k_x^2 - \frac{\omega^2}{v^2} \right] P(k_x, z, \omega) \quad (4)$$

el valor entre corchetes cuadrado se puede reemplazar por una nueva variable llamada k_z

$$k_x^2 = \left[k_x^2 - \frac{\omega^2}{v^2} \right] \quad (5)$$

La ecuación final puede separarse en dos cuyas soluciones representan físicamente una onda viajando hacia abajo y otra hacia arriba

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} + ik_z \right) P_D(k_x, z, \omega) = 0 \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} - ik_z \right) P_U(k_x, z, \omega) = 0 \quad (7)$$



Cuyas soluciones son de la formaciones

$$P(k_x, z + \Delta z, \omega) = P(k_x, z, \omega) e^{\square ik_z \Delta z} \quad (8)$$

por condiciones iniciales el valor del campo descendente es un pulso ricker en el dominio espacial y temporal, y el valor inicial para el campo descendente es tomado del registro en los geófonos.

Cuando el medio es dispersivo la ecuación de onda tiene una ligera variación, porque se incluye el termino del factor de calidad Q.

2.2 Factor de calidad

La atenuación es el cociente entre la energía perdida en un ciclo sobre la energía total.

$$\frac{1}{Q} = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \frac{\Delta\omega}{\omega} \quad (9)$$

En términos del modelo de atenuación de Futterman la velocidad de propagación en cada capa depende del factor de calidad y de las frecuencias de la siguiente forma

$$\frac{1}{v_p(\omega)} = \frac{1}{v_r} + \frac{1}{\pi v_r Q_r} \ln \left| \frac{\Delta\omega}{\omega} \right| \quad (10)$$

como la velocidad no es un valor constante es necesario alterar la ecuación de onda ya que ahora cuenta con un valor de velocidad complejo entonces el valor k_z en la ecuación (8) cambia

$$P(k_x, z + \Delta z, \omega) = P(k_x, z, \omega) e^{\square i \sqrt{\frac{\omega^2}{v^2} - k_x^2} \Delta z} \quad (11)$$

donde

$$\frac{\omega}{v} = k_\omega - i l_\omega \quad (12)$$

luego el valor que aparece dentro de la raíz cuadrada ya no es un entero y la condición de estabilidad necesaria cambia, pues no es posible garantizar que el valor dentro de la raíz sea un numero positivo, existe diferentes formas de afrontar este problema, en este artículo se soluciona separando la raíz cuadrada como la raíz de un complejo de esta manera el operador raíz cuadrada queda de la siguiente manera

$$P(k_x, z + \Delta z, \omega) = P(k_x, z, \omega) e^{\square ik_{zr}(\omega)} e^{\square k_{zi}(\omega)} \quad (13)$$

Donde k_{zr} y k_{zi} son la parte real e imaginaria de la raíz cuadrada del número complejo respectivamente. por lo tanto el extrapolador cambia y ahora cuenta con un término que modula la amplitud de la onda y el término con el valor complejo modifica los valores de frecuencia en la propagación.

III. RESULTADOS



Las ecuaciones presentadas muestran el proceso iterativo donde el campo posterior es encontrado a partir del dato anterior, de esta manera se crea un algoritmo que permite realizar la migración sísmica Phase Shift (Gazdag). (Ver anexos)

En un primer experimento se genera un dato sintético con ayuda del software libre Seismic Unix

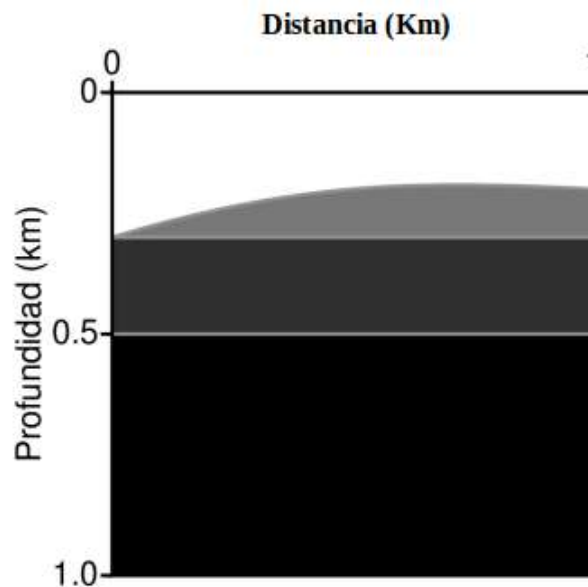


Figura 1: Modelo de cuatro velocidades y tres interfaces.

En la figura 1 se muestra un modelo de velocidades cuyos valores se muestran en la tabla 1.

Tabla 1; Velocidades del modelo

Factor de calidad	de	Velocidad (m/s)	colores
30		2800	
30		3000	
30		3200	
30		3400	

En este modelo se genera un sismograma sintético con atenuación, la ventaja que se tiene es que el modelo de atenuación que utiliza internamente la rutina de SU (Seismic Unix) llamada “triseis” es el modelo de Futterman, para este experimento se coloca un arreglo de geófonos a cada lado de la fuente que se ubica en el centro del modelo, para un sólo disparo se muestra a continuación el registro (Figura 2).

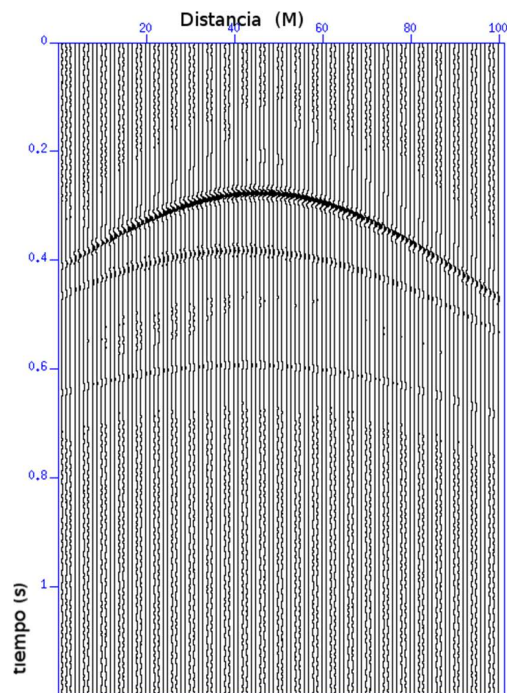


Figura 2: Registro en los geófonos para un disparo realizado en el centro del modelo.

Se realiza una adquisición de datos para este modelo, cambiando la posición de la fuente cada 10 metros, la información obtenida es migrada con los algoritmos de Phase Shift y Phase Shiftf modificado. Los resultados se muestran a continuación

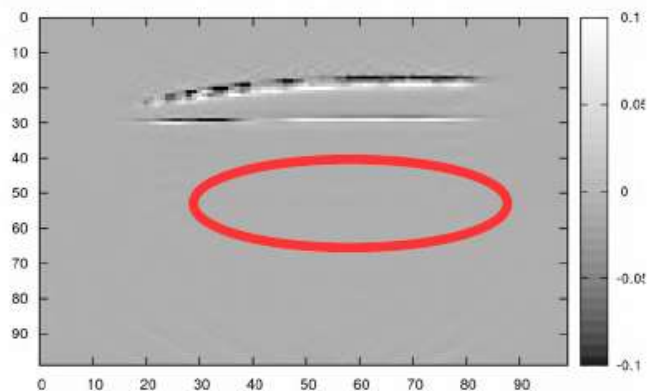


Figura 3: Imagen obtenida de la migración PS sin tener en cuenta el factor de calidad.

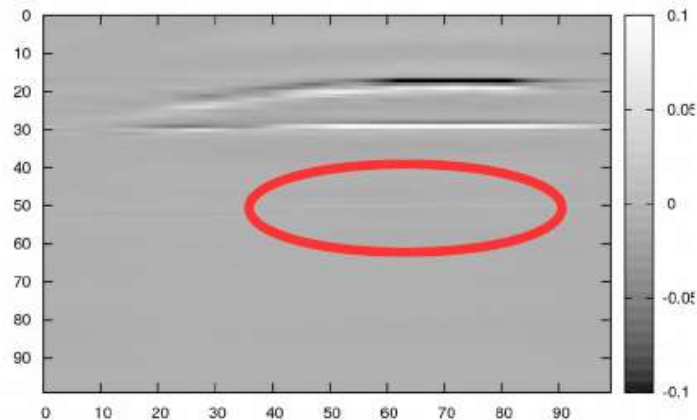


Figura 4: Imagen obtenida de la migración PS teniendo en cuenta el factor de calidad.

Como se puede apreciar en la zona resaltada por el ovalo rojo la atenuación sufrida por la onda durante su recorrido ha perdido amplitud y al realizar la migración sísmica sin tener en cuenta la recuperación de energía utilizando el factor de calidad en la imagen la interface se nota débilmente, sin embargo en la imagen (4) la interface aparece con una amplitud mayor en comparación con la figura (3).

IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La implementación computacional de la ecuación de onda en un medio viscoacustico utilizando el modelo de atenuación de Futterman produjo imagenes con mayor contraste en las zonas donde existe atenuación.

La recuperación en la amplitud es apreciable desde un punto de vista cualitativo, al comparar las imágenes se puede reconocer algunas mejoras en zonas que en el código original apenas se reconocían.

Con los datos obtenidos al final no ha sido posible encontrar si se recuperaron las altas frecuencias pues es uno de los objetivos de implementar este tipo de método.

Al realizar aproximaciones de las ecuaciones a modelos más reales nos vemos enfrentados a problemas de carácter complejo, donde la matemática y la computación deben ir de la mano para encontrar la mejor aproximación.

Trabajos futuros

Se pretende implementar los códigos generados en lenguaje de programación C en modelos más complejos e incluso con datos reales obtenidos en adquisiciones sísmicas.

Es necesario optimizar los códigos para disminuir el costo computacional.



Referencias

- JIANGFENG ZHANG, (2002). Wavefield extrapolation and prestack depth migration in anelastic inhomogeneous media, *GEOPHYSICAL PROSPECTING*, , 50,629-643
- Kjartansson Constante Q- (1995); Wave propagation and attenuation *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH* (1979).
- RUNE MITTET (2006). Prestack depth migration with compensation for absorption and dispersion *GEOPHYSICS*, VOL. 60, NO. 5 P. 1485-1494.
- NANXUN DAI and GORDON (2000). Inverse Q migration, University of Toronto.
- Tieyuan Zhu, (2015)Implementation aspects of attenuation compensation in reverse-time migration,*Geophysical Prospecting*.
- Flor A. Vivas (2010). True-amplitude one-way wave equation migration in the mixed domain, *Geophysics* ISSN: 0016-8033.

