Por: David González y Jo Firth, CGG.

Tecnología Avanzada de Sísmica para Exploración y Producción Exitosa en Aguas del Golfo de México

A pesar que el reemplazo de reservas es cada vez más desafiante, la restructuración del sector energético en México y los recientes avances en la tecnología y técnicas sísmicas dan pauta a descubrir nuevos yacimientos petroleros

En el ambiente petrolero mundial, el reemplazo de reservas se está volviendo cada vez más desafiante debido al aumento en los riesgos de exploración de frontera que aumentan por el incremento en la complejidad geológica y operacional de los potenciales prospectos aunado a las limitaciones de acceso y riesgos operativos que evolucionan a lo largo de la vida de los campos en producción. A pesar del reciente y significativo declive en el precio del petróleo, la reestructuración del sector energético de México, junto con los recientes avances en la tecnología y técnicas sísmicas en su conjunto dan pauta para desarrollar mayores oportunidades para descubrir y acumular reservas petroleras.

Si comparamos el sector petrolero de Estados Unidos en el Golfo de México, donde los cambios graduales en la tecnología sísmica

CGG GeoConsulting ha realizado más de 250 proyectos geológicos a través de las cuencas de México, incluida la caracterización integral de yacimientos y análisis mineralógico en tierra y costa afuera, para plays convencionales y no convencionales.

han hecho posible muchos descubrimientos nuevos, consideramos que podamos esperar ver, de forma similar, el uso extenso de éstas tecnologías de punta en México. De hecho, ya se han empleado algunas de estas técnicas con el levantamiento símico más grande de acimut amplio (WAZ) registrado en el mundo (en su momento) y el primer levantamiento WAZ de banda ancha de alta densidad.

La tecnología WAZ es la técnica de adquisición sísmica preferida en las aguas profundas del Golfo de México, puesto que se reconoce por proporcionar una iluminación superior de las estructuras en áreas subsalinas complejas. Cuando se combina con tecnologías avanzadas de recuperación de una imagen del subsuelo y se enfoca en investigación y desarrollo para abordar retos locales, la técnica produce imágenes significativamente mejoradas con suficiente calidad y nitidez para permitir el posicionamiento confiable de pozos para prospectos subsalinos. En las áreas más complejas, las nuevas tecnologías de adquisiciones combinadas con soluciones de imagen, más allá del WAZ, están siendo utilizadas ahora en el Golfo de México en la parte de Estados Unidos (ver Figura 1). Ello ha proporcionado excelentes imágenes para la optimización de la explotación de reservas de hidrocarburos disponibles.

CGG tiene gran experiencia y conocimiento en el Golfo de México desde levantamientos convencionales en 3D mediante acimut amplio (WAZ) en ambos lados de la frontera, hasta levantamientos multicliente de banda ancha, offset largo y acimut completo StagSeis™ que ha realizado en las áreas Garden Banks, Keathley Canyon, Walker Ridge y Green Canyon en los Estados Unidos. En la figura 1 se muestra un ejemplo del realce de la imagen que se puede obtener mediante el uso de offsets largos y acimuts completos en esta área.

Las soluciones de adquisición y procesamiento de banda ancha, y nuevas tecnologías de la fuente sísmica, están produciendo algunos de los resultados de imagen sísmica marina más interesantes.

En el 2009 CGG inició un programa de cuatro años de duración en el Golfo de México para adquirir levantamientos sísmicos grandes en 3D en aguas profundas con una embarcación sísmica dedicada. Este programa más tarde se amplió para incluir dos proyectos con la técnica de acimut amplio 3D (WAZ), lo que hizo que CGG se convirtiera en el único proveedor de servicios de adquisición marina con cables sísmicos remolcados en México desde 2008, adquiriendo más de 150,000 km2 de datos 3D y WAZ. El éxito de estos primeros levantamientos WAZ, en particular la decisión de pasar directamente de las líneas sísmicas

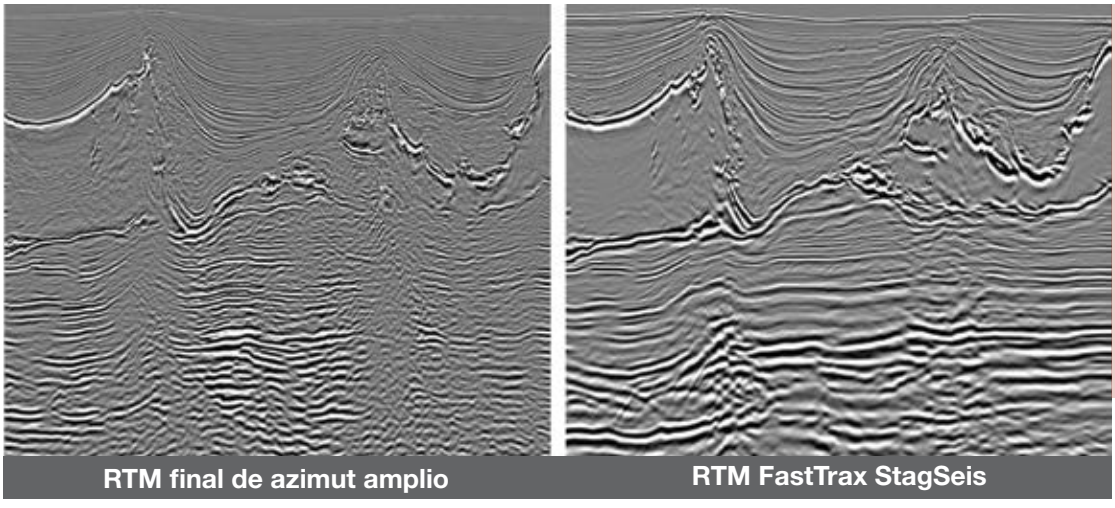


Figura 1. La imagen sísmica (derecha) obtenida con el uso de StagSeis™, la solución de banda ancha, offset largo y acimut completo, muestra mejoras significativas comparada con los resultados obtenidos con una sísmica de acimut amplio (WAZ) convencional (izquierda) - Parte estadounidense del Golfo de México.

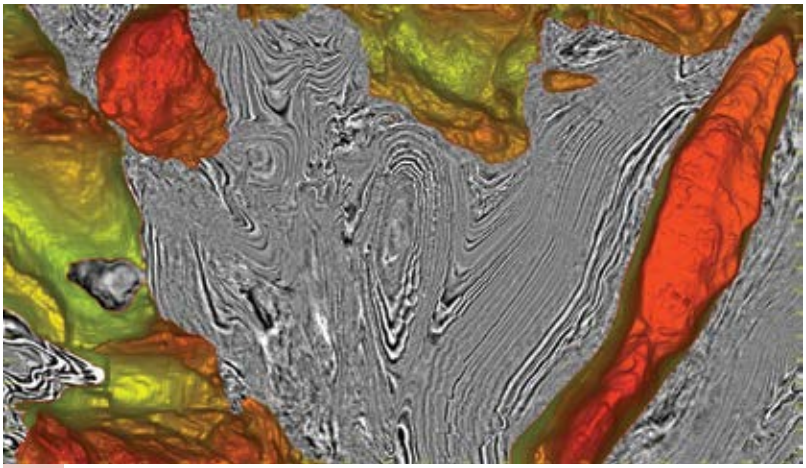
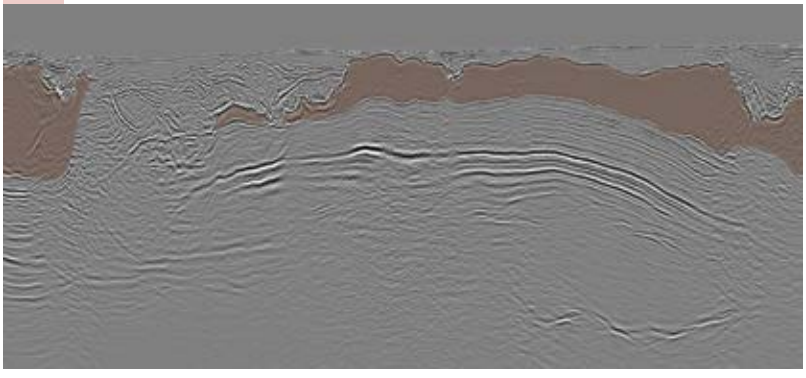


Figura 2. Corte de profundidad que muestra la parte superior del manto salino.

existentes de offset largo 2D a un volumen grande de datos 3D WAZ, sin un levantamiento 3D intermedio (un paso audaz en 2009), quedó demostrado por un prospecto de hidrocarburos exitoso identificado con los datos Fast-Track PSDM WAZ.

Un componente crítico del éxito de este y otros levantamientos ha sido el procesado de los datos y la recuperación de una imagen fehaciente del subsuelo. CGG ha mantenido su presencia en México por más de 25 años, con aproximadamente el 85% de empleados mexicanos, proporcionando una combinación de investigación y desarrollo, conocimiento y experiencia regionales respaldados por una red mundial de especialistas multidisciplinarios en las geociencias y en la aplicación de tecnologías recientes. Esta combinación apoya todos los aspectos en la generación de una imagen para exploración, desarrollo y evaluación de hidrocarburos y aprovecha las ventajas de las técnicas avanzadas de adquisición marina para enfrentar los retos geológicos locales y producir las imágenes más nítidas disponibles en la actualidad de plays potenciales en esta área prolífica.

Figura 3. Los datos del levantamiento WAZ muestran imágenes nítidas de prospectos debajo del manto salino.



CGG entregó un volumen Fast-Track Migración Pre-Apilamiento en Profundidad de todo el levantamiento WAZ de 25,000 km2 a los cuatro meses después de la adquisición final (se muestran secciones a modo de ejemplo en las figuras 2 y 3). El procesamiento final empleó un paquete completo de algoritmos de procesamiento 3D diseñados especialmente para explotar la información acimutal contenida en los datos WAZ. Estos paquetes incluyeron SRME 3D (eliminación de múltiple de la superficie), regularización y tomografía para datos WAZ, así como también RTM (Reverse Time Migration) y una avanzada gama de algoritmos de técnicas diseñadas específicamente para el modelado de las velocidades para la imagen subsalina, y por lo tanto ideal para una tectónica compleja salina encontrada a lo largo de esta área. Los datos de acimut amplio fueron parte de un estudio regional que también incluyó la adquisición y el uso de datos gravimétricos y magnéticos para la zona.

La migración pre-apilamiento de profundidad final del conjunto de datos WAZ de alta densidad y banda ancha ha proporcionado una mejora de cambio evolutiva en toda el área

Las soluciones de adquisición y procesamiento de banda ancha, que proporcionan un ancho de banda extenso sin fantasmas de receptor; y nuevas tecnologías de la fuente sísmica, que abordan el fantasma de la fuente, están produciendo algunos de los resultados de imagen sísmica marina más interesantes. Los levantamientos marinos WAZ de banda ancha más recientes pueden brindar nitidez y resolución a muchos entornos geológicos distintos en todo el mundo, pero particularmente a regiones con geología compleja, tales como las áreas dominadas por sal en el Golfo de México. Geología compleja significa trayectorias de rayos y velocidades sísmicas complejas, las cuales tienen como resultado la distorsión del campo de onda, iluminación irregular y por último mala calidad de la imagen. Los

COATech 2016

FABTECH MEXICO | AWS Weldmex | METALFORM MEXICO

"Exposición Internacional para la Industria de Recubrimientos, Pinturas en Polvo y Control de Corrosión"

MAYO 4-6, 2016 || Centro Banamex, México

Innovaciones en recubrimientos y pinturas en polvo

Soluciones para tratamientos de superficies

Tendencias en control y prevención de corrosión

Tecnología en maquinaria y equipo

Contáctanos:
Mauricio Cadena
mauricio.cadena@tsfactory.com.mx
Skype. mcadenar
Tel. +52.55.5543.0084
Cel. +52.55.4356.4427

/COATech

@COATechMexico

WWW.COATECHMEXICO.COM

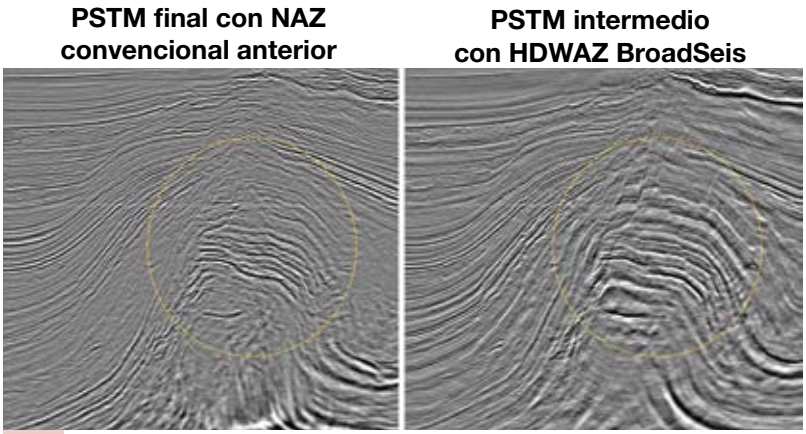


Figura 4. Comparación de las técnicas BroadSeis HD-WAZ que muestran una mejor definición del plano de falla.

conjuntos de datos sísmicos con tecnología antigua sufren de un ancho de banda limitado, un control de velocidad deficiente y una baja relación de señal a ruido e interferencia de múltiples. Una combinación de las más recientes técnicas de adquisición WAZ de banda ancha, procesamiento y técnicas de imagen supera muchos de estos problemas.

El primer levantamiento WAZ de banda ancha de alta densidad en el mundo, fue adquirido en la Sonda de Campeche usando la solución BroadSeis™ de CGG, la cual proporcionó imágenes detalladas, de alta resolución, que son ideales para la caracterización de yacimientos. La tecnología de adquisición y configuración única de BroadSeis entrega más de 6 octavos de ancho de banda con excelentes relaciones de señal a ruido de baja frecuencia. En este levantamiento se desplegaron 4 fuentes y 24 líneas de cables sísmicos remolcados en un arreglo con múltiples embarcaciones probado en levantamientos sísmicos previos con WAZ. Se proporcionó alta resolución temporal mediante una configuración de cables sísmicos de profundidad variable, creando diversidad de fantasmas de receptor (ghost notch), permitiendo imágenes de banda ancha de 2.5 a 150 Hz. Se requería alta resolución espacial en ambas direcciones inline y crossline, por lo que fue necesario usar una malla de disparo densa y líneas de navegación intercaladas. Se empleó una grabación continua para traslapar el registro de disparos con el fin de maximizar la longitud de grabación a pesar de la cercanía de los puntos de disparo. Se lograron reducciones significativas de infill mediante el uso de cables sísmicos direccionales desplegados en configuración de abanico (fanning).

Los levantamientos marinos WAZ de banda ancha más recientes pueden brindar nitidez y resolución a muchos entornos geológicos distintos en todo el mundo, pero particularmente a regiones con geología compleja

Fue necesario superar desafíos operativos significativos, puesto que había movimientos de buques petroleros, zonas de exclusión alrededor de las unidades flotantes de producción almacenamiento y descarga (FPSO, por sus siglas en inglés) y una variedad de obstrucciones que debían adaptarse. Algunas de las áreas eran aguas someras, con espacio marino limitado para maniobras. Hubo zonas de adquisición prioritarias para cubrir sitios de perforación a corto plazo. Por lo tanto fue necesario realizar cambios en la planeación de la adquisición para extender la configuración y la dirección de disparo para adaptarlos a las circunstancias, sin comprometer la seguridad ni la integridad de los datos.

Se aplicó a los datos una secuencia de procesamiento integrado orientado a yacimientos. Los algoritmos 3D mostraron todo el potencial de los datos WAZ usando información acimutal adicional, no solo para la atenuación de ruido y múltiples sino durante todo el procesamiento de imágenes. Los datos BroadSeis WAZ de alta densidad muestran mejoras importantes con respecto a datos sísmicos de acimut restringido existentes con anterioridad, incluida una mayor definición en la sección somera, imágenes de plano de falla más nítidas y mejores definiciones de estructuras profundas. La imagen derecha de la Figura 4, obtenida con resultados preliminares de la migración pre-apilamiento en profundidad en los datos WAZ de alta densidad y banda ancha, muestra mejor calidad en comparación con la imagen izquierda que resulta de una sísmica anterior de acimut restringido convencional (NAZ). La migración pre-apilamiento de profundidad final del conjunto de datos WAZ de alta densidad y banda ancha ha proporcionado una mejora de cambio evolutiva en toda el área.

Un flujo de caracterización de yacimiento sísmico en paralelo realizado por el equipo GeoConsulting de CGG incluyó un análisis de propiedades de rocas, correlación de pozos con la sísmica y modelado de gathers sintéticos. Se realizó un análisis detallado del yacimiento mediante productos de inversión acústica, estocástica y acimutal a fin de proporcionar detalles de densidad y orientación de fracturas, entre otras propiedades del yacimiento. La porosidad y la intensidad de fracturas obtenidas de las muestras del núcleo y el registro de imágenes mostraron buena correlación con las obtenidas de la sísmica.

La tecnología WAZ es la técnica de adquisición sísmica preferida en las aguas profundas del Golfo de México

CGG GeoConsulting ha realizado más de 250 proyectos geológicos a través de las cuencas de México, incluida la caracterización integral de yacimientos y análisis mineralógico en tierra y costa afuera, para plays convencionales y no convencionales. Un proyecto de levantamiento de datos con métodos potenciales de cuatro años en curso, que comprende adquisición, procesamiento, modelación, interpretación y capacitación, está dirigido a la definición de un modelo tectónico regional amplio y al mapeo de diferentes tipos de cuerpos salinos.

Además de la amplitud y profundidad de la experiencia en el Golfo de México en ambos lados de la frontera, CGG también ha desarrollado bases de datos geológicos para apoyar la actividad a lo largo del enlace de exploración a producción. Adicionalmente, un nuevo estudio geológico-petrolero, en progreso a través de las cuencas de México, se beneficiará del extenso conocimiento del área que posee CGG.

A través de la experiencia operacional que CGG ha ganado durante los últimos ocho años como el único proveedor de servicios de adquisición marina con cables sísmicos

remolcados en México, se han logrado reducciones significativas en los tiempos de adquisición y se han establecido muchos récords de producción. La reducción en los tiempos del programa, en combinación con el conocimiento geológico local y las actividades de investigación y desarrollo centradas en satisfacer los desafíos de obtención de mejores imágenes geológicas locales ha dado lugar a una calidad de datos significativamente mejorados y en menores tiempos de entrega de datos finales. Como ejemplo, los datos Fast-Track para el levantamiento WAZ de 25,000 km2 que se muestra en las figuras 1 y 2 estuvieron disponibles tres meses después de la adquisición, el procesamiento final estuvo disponible en 12 meses, y las imágenes enfocadas al yacimiento de calidad superior estuvieron disponibles cuatro meses después. Puesto que el sector energético de México se abre a una gran cantidad de nuevos jugadores, la experiencia en el conocimiento de los retos y oportunidades que esta región presenta, será de inmenso valor para ayudar a capitalizar rápidamente todo su potencial.

Puesto que el sector energético de México se abre a una gran cantidad de nuevos jugadores, la experiencia en el conocimiento de los retos y oportunidades que esta región presenta, será importante para ayudar a capitalizar todo su potencial.

Agradecimiento

Los autores desean agradecer a la CNH por la autorización para la publicación de este artículo.