



Repsol: Proyecto Caleidoscopio

TECNOLOGÍA PROPIETARIA EN EL ESTADO DEL ARTE EN LOS ÁMBITOS DE LA PERFORACIÓN E IMAGEN SÍSMICA



DIRECCIÓN DE SISTEMAS
DE INFORMACIÓN

Repsol YPF

Un entorno altamente competitivo en un mercado geopolíticamente estable caracterizado por encontrarse los hidrocarburos en aguas profundas bajo espesas capas de sal. Estas son las condiciones de contorno en el Golfo de México (GOM), una de las zonas de crecimiento estratégico para Repsol desde 2003.

Caleidoscopio, junto con el proyecto Stena-Drillmax, que supone el desarrollo de la última generación en plataformas de perforación en aguas profundas.

La imagen sísmica se centra en obtener una imagen tridimensional de las zonas superficiales de la corteza terrestre. Se emite controladamente energía en forma de ondas elásticas y parte de esta energía que sufre reflexiones y refracciones en el subsuelo, es registrada en superficie; a partir de esta información, el reto para equipos multidisciplinares de Geofísicos, Geólogos y Especialistas en Sistemas de Información es reconstruir

el perfil geológico de la capa de la corteza terrestre por donde la energía ha viajado. Tras la interpretación de los resultados obtenidos, las compañías petroleras toman decisiones sobre los lugares idóneos donde perforar. Es una de las bases de un negocio basado en la gestión de la incertidumbre, en el que un 25% de probabilidad de éxito se considera elevado.

La imagen sísmica es un proceso altamente interpretativo muy dependiente de la experiencia acumulada por profesionales que dedican años de sus carreras a estudiar zonas específicas: los algoritmos no son universales (algoritmos válidos en el Mar de Norte no son válidos para las condiciones geológicas del GOM), y las aplicaciones de imagen sísmica actuales son altamente demandantes de recursos computacionales (los datos brutos de una campaña sísmica pueden ocupar hasta 15 Terabytes).

La reducción del tiempo de procesado de la ingente información de una campaña de sísmica, con algoritmos cada vez más requerientes de capacidad de cómputo ha sido siempre un *Grand Challenge* para el High Performance Computing (HPC). Hoy en día todas las compañías petroleras poseen clusters de procesado de imagen sísmica donde se ejecuta, tanto software comercial desarrollado por un reducido número

de empresas especializadas, como software propietario en el que se invierten fuertes cantidades en proyectos de I+D+i.

Por presentar una fuerte absorción en las frecuencias de la energía elástica utilizada en la adquisición de datos sísmicos, es muy complicada la obtención de imágenes sísmicas en zonas donde hay presencia de sal. En un modelo geológico muy simplista, la zona de aguas profundas del GOM puede considerarse como un enorme glaciar de sal, donde los hidrocarburos se encuentran secuestrados en los flancos de enormes domos salinos emergentes desde la base de la cuenca.

La zona posee un escenario difícil tanto para la exploración como la producción: aguas profundas e hidrocarburos atrapados en sal. No obstante, las condiciones actuales de precio elevado del crudo y fuerte demanda energética de países emergentes, así como las continuas mejoras tecnológicas en una de las industrias con mayor número de patentes anuales, hacen que proyectos en el GOM, donde se estiman reservas de 57.000 millones de barriles recuperables, sean económicamente rentables.

Este contexto definió en 2005 el objetivo del Proyecto Caleidoscopio: un requerimiento a las Direcciones de Geofísica y de Sistemas de Información de Repsol para desarrollar



una *suite* de herramientas en el ámbito de la imagen sísmica adecuada a las condiciones del GOM.

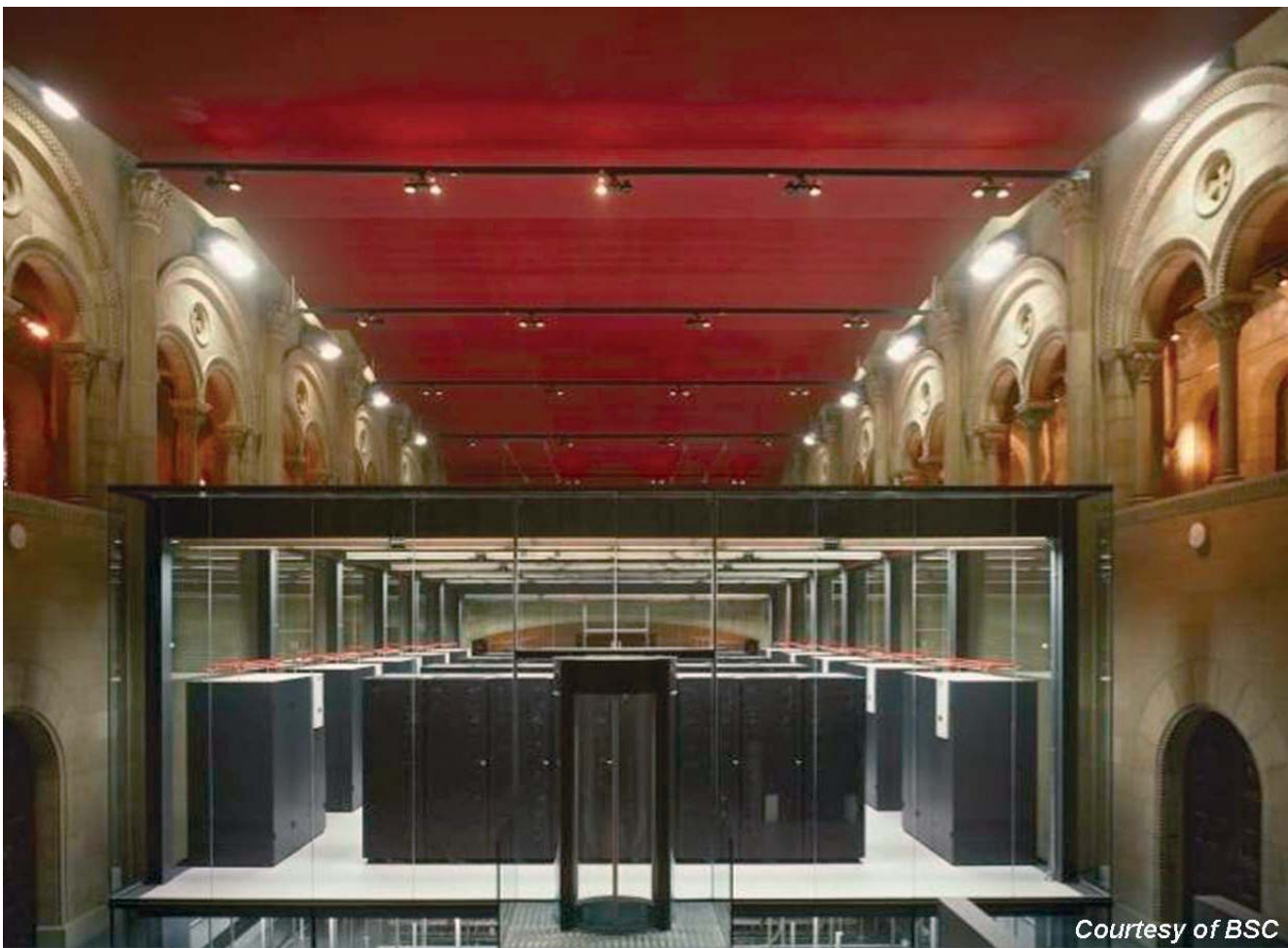
Desde finales de los 60, la comunidad científica viene proponiendo resultados teóricos en el ámbito de una formulación especial de imagen sísmica denominada RTM (Reverse Time Migration), que resuelven el problema de la imagen en presencia de sal. No obstante el reto está en la demanda de capacidad de cálculo y almacenamiento; en 2006 comparativamente con los métodos implementados en ese momento, una aplicación industrial de la RTM exigía incrementar en más de un orden de magnitud la capacidad de cálculo de los clusters de procesado y cien veces su capacidad de disco.

Para abordar en aquel momento un proyecto en el ámbito de la RTM, Repsol contaba con dos alternativas: codificar los algoritmos realizando simplificaciones severas para adaptarse a la limitación de capacidades disponibles, o afrontar un proyecto de desarrollo conjunto Hardware/Software asumiendo la no existencia de limitación de capacidad de cálculo. La decisión: poseer una RTM completa para ser ejecutada en el momento en el que los clusters, con capacidades de cálculo en el umbral del Petaflops, estuvieran comercialmente disponibles.

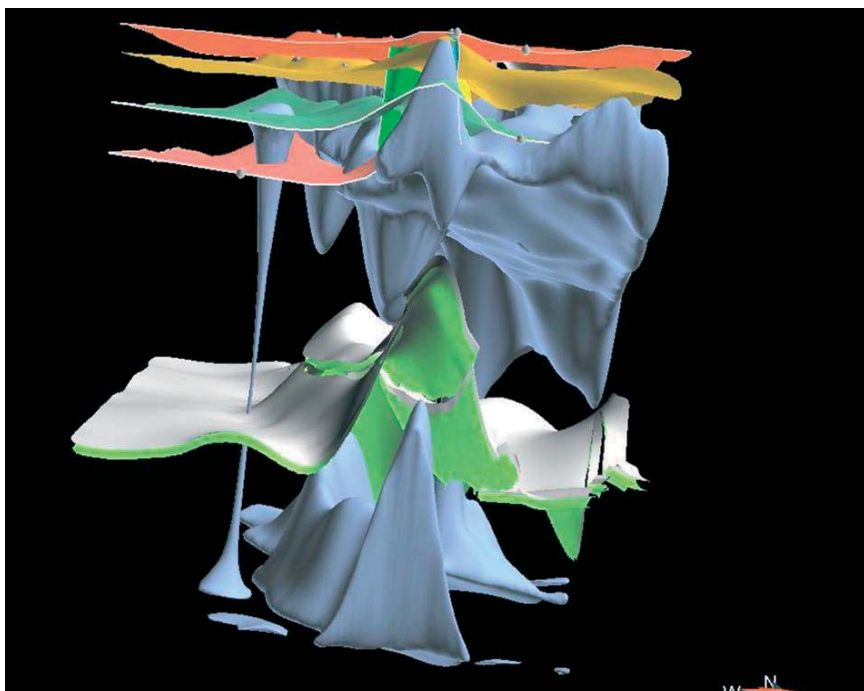
Repsol es una empresa energética con una visión de la era de *petascale* que va más allá de una limitación científico/tecnológica: necesitábamos apostar por una solución basada en

un procesador potente, barato (preferiblemente con un origen en mercados masivos, que asegurase continuidad y evolución), un bajo consumo de energía y fácil de programar.

Una vez definido el qué, el siguiente paso fue definir el cómo, es decir la metodología bajo la cual el proyecto se desarrollaría. Estudiando proyectos de similares características, concluimos que la estructura debía de girar alrededor de los 3 pilares sobre los que se fundamenta el procesado sísmico moderno: el modelo, los algoritmos y la capacidad. Con demasiada frecuencia se presentan asimetrías en la forma de abordar este tipo de proyectos; las compañías tienden a focalizarse en la dirección en la que desarrollan su



Courtesy of BSC



principal actividad. Por ejemplo proyectos liderados por empresas de hardware se focalizan en la dimensión capacidad; compañías de software se desplazan hacia la dimensión algoritmo y las petroleras hacia el modelo. El éxito del Proyecto dependía del equilibrio entre las tres direcciones. Por tanto, para abordarlo, deberíamos definir un modelo de colaboración en el que las entidades involucradas garantizaran el equilibrio entre las tres dimensiones.

La **Dimensión Modelo** se cubre por el equipo de la Dirección de Geofísica de Repsol, con un avalado conocimiento del GOM y que aporta la visión del usuario final, fundamental en este tipo de proyectos. Además, a través del acuerdo de cofinanciación del Barcelona-CSI (Center for Subsurfacing Imaging), se cuenta en esta dimensión con la participación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

La **Dimensión Algoritmo**: Contamos con la participación de 3DGeo, una empresa radicada en California, con una privilegiada relación con el Stanford Exploration Project y reconocida internacionalmente como

referente en la RTM. 3DGeo desarrolla el marco teórico y, en colaboración con la Dirección de Geofísica, el diseño funcional de los algoritmos RTM.

Los códigos son optimizados en el Barcelona Supercomputing Center, Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) en colaboración con el grupo HPC de Sistemas de Información de Repsol. BSC es una iniciativa conjunta entre el Gobierno de España, la Generalitat de Catalunya y la Universitat Politècnica de Catalunya cuyo fin es la investigación y el desarrollo de tecnologías de la información para el progreso científico e industrial. BSC cuenta con experiencia en desarrollo de software de similares características de otras industrias y opera el supercomputador Mare Nostrum, situado entre los 15 superordenadores más potentes del mundo según el TOP500 (www.top500.com). Los aproximadamente 93 Teraflops de capacidad actuales del Mare Nostrum están soportados por tecnología POWERPC de IBM.

BSC tiene firmado un acuerdo de exclusividad para la industria del

petróleo con Repsol y en estos momentos, junto con IBM está abordando el proyecto Mare Incógnito, para el desarrollo de supercomputadores con capacidades Petaflops soportados sobre las nuevas generaciones de procesadores IBM.

La **Dimensión Capacidad**. El corazón de la arquitectura. En febrero de 2005 IBM anunció el procesador CELL/B.E. que sería desarrollado junto a Sony y Toshiba. Un procesador heterogéneo que cuenta con un procesador PowerPC y con de 8 procesadores SIMD conectados por un BUS de hasta 25,6 GB/s que dan un rendimiento de hasta 200 Gflops en precisión simple a 3,2 GHz. En la actualidad esta familia de procesadores está incluida en la consola Sony PlayStation 3, en algunas versiones de televisores Toshiba y en la familia de *blades* QS de IBM. Por sus características, este tipo de procesadores está especialmente indicado para algoritmos de sismica pues la paralelización aparece a nivel procesador con comunicaciones muy rápidas entre componentes.

A través del proyecto Mare Incógnito, BSC colabora con IBM en la creación del SDK de la siguiente generación de procesadores CELL. En el marco de este acuerdo BSC, IBM y Repsol están portando todos los códigos RTM a tecnología CELL.

Los resultados obtenidos hasta el momento son más que alentadores, habiéndose obtenido al menos un orden de magnitud de mejora en rendimiento con procesadores de la misma gama. Otro aspecto de interés lo constituyen los resultados sobre el ratio de Gflops por unidad de energía eléctrica suministrada y calor disipado.

En estos momentos el equipo multidisciplinar colabora en el diseño de un cluster sobre tecnología CELL propiedad de Repsol, con lo que en breve, la compañía comenzará a obtener imágenes sísmicas del GOM procesadas con RTM. ♦