



EVALUACION GEOLOGO-DINAMICA PRELIMINAR DEL PROSPECTO HABANA DEL ESTE

Raydel Toirac Proenza, Olga Castro Castiñeira, Daimary Rodríguez García, Jesús Veloz Cairo

Centro de Investigaciones del Petróleo, Washington 169, Esq. Churruca, Cerro, Ciudad de la Habana, Cuba, C.P. 12000. toirac@ceinpet.cupet.cu

RESUMEN

El prospecto Habana del Este, fue revelado a partir de la adquisición sísmica 3D, llevada a cabo durante el año 2005. A partir de varias interpretaciones se obtuvo un mapa estructural por el tope del reservorio que permitió planificar varios pozos de exploración y evaluación, para confirmar la nueva estructura. Luego se confeccionó el modelo estático del prospecto utilizando el software de modelaje geológico PETREL, el cual posee salida exportable en formato rescue, para ser utilizada posteriormente en los simuladores dinámicos, en este caso Computer Modelling Group (CMG).

El modelo estático consta de dos escamas limitadas por fallas, el cual permitió dada su confiabilidad el ajuste dinámico que nos lleva al análisis del comportamiento productivo del campo, accediendo a confeccionar una propuesta de desarrollo del campo Habana del Este, mejorando así el grado de estudio y conocimiento del mismo.

Durante el desarrollo del trabajo también fue posible calcular los recursos y reservas con la ayuda de métodos probabilísticos, información de vital importancia para pronosticar el futuro desarrollo de un campo petrolífero.

ABSTRACT

The "Habana del Este" prospect was revealed from the 3D seismic acquisition, made during the year 2005. Thanks to various interpretations, was obtained a structural map by the top of the reservoir that allowed to plan various evaluations and explorations wells, in order to confirm the new structure. Later, was made the static model of the prospect, using the geologic modeling software "PETREL", which has an exportable way out in *rescue* format, to be used subsequently in dynamic simulators, in this case "Computer Modelling Group" (CMG).

A static model has two scale limited by faults; this model allowed, due to its trusted dynamic adjustment which takes us to the productive behavior analysis, agreeing to make a development proposal of Habana del Este field, improving so the study rank and knowledge.

During the development of this project, it was also possible to calculate the resources and reservoirs aided of probability methods, very important information to prognosticate the future evolution of a petroliferous field.



INTRODUCCION

El yacimiento petrolífero Habana del Este se encuentra en la Franja Norte de Crudos Pesados (FNCP) de nuestro país, en la Región Habana- Matanzas. A partir de su descubrimiento se han seguido diferentes estrategias de perforación y explotación con el fin de obtener un desarrollo eficiente y racional del campo y así lograr la mayor producción de petróleo posible.

En el presente trabajo se incluye la confección del modelo estático del yacimiento, la elaboración del modelo dinámico y se estudia el comportamiento del campo desde su puesta en explotación.

MATERIALES Y METODOS

El prospecto Habana del Este fue revelado a partir de la adquisición sísmica 3D, llevada a cabo durante el año 2005 en el bloque 7A, donde Cupet explora por esfuerzos propios. A partir de varias interpretaciones se obtiene un mapa estructural por el tope de los reservorios Terciarios (Fm. Canasí) que permitiría planificar varios pozos de exploración y evaluación para confirmar la estructura en cuestión.

Modelo Estático

El modelo geológico empleado en la exploración al Norte de La Habana no dista mucho del tradicionalmente usado en toda la Franja Norte de Crudos Pesados, estructuras formadas por pliegues-escamas constituidos por rocas del Gr. Veloz y la Fm. Canasí, teniendo como sello la Fm. Vega Alta conforman el objetivo principal.

Para la conformación de un modelo estático que luego pueda ser usado para la simulación de las propiedades y producciones del yacimiento se empleó el software Petrel 2008, perteneciente a la compañía Schlumberger. El mismo está dotado con excelentes herramientas de visualización y procesamiento 3D de datos.

Se parte inicialmente de un mapa estructural elaborado por especialistas de interpretación sísmica, en nuestro caso un mapa estructural por el tope (envolvente) de los reservorios de Canasí. Este se importa a Petrel en formato *.prn (delimitado por espacios) conteniendo información "xyz" de la superficie en cuestión que luego se visualiza en Petrel. Para esta visualización se empleó el método de interpolación convergente que nos provee de una superficie suavizada respetando en gran medida los datos originales. Se importa además la información de pozos: boca, inclinometría, topes y registros geofísicos, estos últimos partiendo de un fichero *.las. Posteriormente se realiza un modelaje de fallas que deben ser introducidas previamente, ya sea como polígonos o bastones de fallas. En nuestro caso, al tratarse de un mapa estructural por la envolvente del reservorio, no se contaba con fallas interpretadas directamente a partir de la sísmica por lo que se modelaron a criterio de los especialistas teniendo en cuenta los estilos tectónicos observados en el yacimiento.

Se genera entonces una grilla o malla asociada directamente a la geometría de las fallas. Se usaron fallas inclinadas constituidas por pilares de falla con tres nodos: uno superior, uno medio y uno inferior. De esta forma se generan las grillas asociadas a estos, pudiendo definir tendencias u orientaciones predefinidas de acuerdo a la anisotropía estructural. Se define además el espaciamiento en las direcciones verticales "j" y horizontales "i", finalmente se creó una malla regular de 50X50 m.

Una vez vencida esta etapa, usando la grilla, se convierte la superficie en un horizonte que será luego subdividido en zonas y capas sectorizando en mayor detalle un modelo 3D al cual se podrán asignar propiedades de porosidad, permeabilidad, espesor efectivo, saturación de petróleo, etc. Las propiedades se distribuyen en el software PETREL, con la ayuda del módulo de modelaje de propiedades. Y luego este modelo geológico 3D, con sus distintas propiedades, puede ser exportado en formato "rescue" para así ser introducido en el software de simulación numérica de yacimientos de petróleo CMG.



Modelo Dinámico

Se contó con el modelo estático del yacimiento Habana del Este, confeccionado con el software de modelaje geológico PETREL. Del cual utilizando la herramienta - Export Rescue Model - se exporta el modelo estático al lenguaje del software de simulación numérica CMG.

Este software está compuesto por tres simuladores, utilizándose para el presente trabajo el simulador IMEX. Se adoptó un modelo de simulación 3D, haciendo uso del sistema internacional de unidades, modelo de doble porosidad ya que estamos en presencia de un yacimiento naturalmente fracturado, la fecha de inicio es el 1ro de Mayo del año 2008 y se utilizó la formulación matemática Gilman and Kasemi para describir el flujo entre matriz y fracturas.

Este modelo geológico consta de 370 697 celdas, el tamaño de los bloques en las direcciones I,J,K es de 50X50X50 m, siendo así el número de bloques en dichas direcciones de I= 62, J= 32 y K= 19.

Se considera como una sola unidad hidrodinámica, debido a la escases de información de que se dispone actualmente.

- Propiedades PVT de los fluidos

Se trabajó con la opción – Generate PVT table using correlations - con modelo de PVT, el Black Oil. La temperatura del yacimiento es de 50 °C, la presión del punto de burbuja es de 180 atm, la densidad del petróleo es de 14° API, la gravedad del gas 0.6 y se usaron las correlaciones Beal and Chew. Para las propiedades del agua utilizando correlaciones se utilizó como presión de referencia 60 atm., la misma temperatura del yacimiento y la salinidad del agua de 10 000 ppm.

- Petrofísica:

- Porosidad, permeabilidad y sistemas de fracturas

Los datos petrofísicos en los cuales incluimos porosidad y permeabilidad, en las direcciones I, J, K; fueron obtenidos del modelo estático e introducidos directamente en el modelo dinámico.

El espaciamiento entre fracturas utilizado fue de I=10m, J=10m y K=1m; al comienzo las permeabilidades en las direcciones I y J eran iguales y en la dirección vertical el 10% de la horizontal, sin embargo esta suposición fue cambiada de acuerdo al proceso de ajuste.

- Permeabilidad relativa al agua y al petróleo.

Las curvas de permeabilidades relativas y sus respectivas presiones capilares, representan a un sistema de mojabilidad neutra parcial al aceite y al agua, aunque se debe destacar que este análisis es preliminar. Estas curvas de permeabilidades relativas al agua y al petróleo, son un parámetro de ajuste y los gráficos se encuentran al final del informe.

- Condiciones iniciales del yacimiento.

Se consideraron las siguientes condiciones iniciales a partir de la información elaborada en el modelo estático:



Tabla I.- Condiciones iniciales a partir de la información elaborada en el modelo estático

Parámetro	Valor
Presión de capa inicial	232 kPa
Presión de saturación	18 238 kPa
Profundidad de referencia de la presión de capa	1 849 mTVD
Profundidad del contacto agua-petróleo asumido	2 000 mTVD

Debido a que el yacimiento se encuentra en una etapa temprana de explotación, donde se carece aún de información suficiente, el CAP se asume a una profundidad de 2000 metros TVD, para lograr el ajuste productivo del campo.

- Datos de producción del yacimiento.

La producción del campo comienza el 1ro de mayo del 2008, con el pozo descubridor del yacimiento HBE-100, el cual debido a problemas ambientales de contaminación con mucho sulfuro, ha tenido que cerrarse en varias ocasiones. El pozo HBE-101, comenzó a producir en Octubre del año 2009.

La producción del campo se introdujo como dato de entrada al simulador, lo cual se realizó de forma diaria, debido a la inestabilidad de la producción.

- Elaboración del modelo dinámico con el uso del software CMG.

Haciendo uso de las herramientas expuestas y del BUILDER, pre-procesador 2D y 3D del software CMG, se obtuvo el modelo dinámico del yacimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Partiendo del modelo dinámico creado con la ayuda de BUILDER, se realizan una serie de corridas del simulador IMEX, haciendo variaciones en el modelo que permitan obtener el mejor ajuste del mismo. Los parámetros a justar son los siguientes.

-Producción de petróleo:

Fue el parámetro que mejor se logró ajustar, en los gráficos obtenidos utilizando el Post-Procesador Results-Graph del software CMG, se observó como coinciden las curvas de las producciones históricas con las reportadas por el simulador.

-Producción de gas:

Este parámetro presenta una tendencia similar al comportamiento real, la cual se logra a partir del ajuste de las permeabilidades relativas, para lo cual se utilizaron valores análogos a otros yacimientos de la FNCP.

-Producción de agua:

Este parámetro presenta un comportamiento similar a la realidad, aunque a partir de la puesta en producción del pozo HBE-101 y cierre del HBE-100, hay un gran aumento de la producción de agua para el simulador.

-Presiones

Este parámetro es poco representativo para este trabajo, teniendo presente que se cuenta con los resultados de las investigaciones hidrodinámicas de un solo pozo, es por eso que en el grafico obtenido se observó un valor constante de la presión en todo el yacimiento para el simulador y dos valores de presión que pertenecen al pozo HBE-100.



CONCLUSIONES

- El modelo estático elaborado permitió la confección de un modelo dinámico para ser utilizado por los simuladores del software CMG al alcance de las necesidades requeridas por el mismo.
- Aunque fue posible construir el modelo dinámico del campo Habana del Este, la insuficiencia de datos en el mismo limita las posibilidades de confeccionar los esquemas de explotación del yacimiento.

RECOMENDACIONES

- Mejorar el modelo estático del yacimiento, considerando información proveniente de pozos en perforación y nuevas investigaciones hidrodinámicas.
- Ajustar el modelo dinámico a partir de la profundización en el estudio de propiedades tales como la permeabilidad, resultados productivos actualizados con los nuevos pozos perforados, e investigaciones hidrodinámicas.
- Desarrollo temprano de las estrategias de explotación del yacimiento.

BIBLIOGRAFIA

Schlumberger, 2008. Petrel Introduction Course.
Villar J C, 2009. Introducción a los programas de CMG.
Castro O.2009 Informes de interpretación de registros de pozo.
EPEPO 2009 Informes mensuales de pozos.
CEINPET.2009. Informes finales de pozos.
CEINPET 2003. Informe de la Etapa 1 del Proyecto 2219.
CEINPET 2009. Informe de la Etapa 1.7 del proyecto 2712.



Anexos

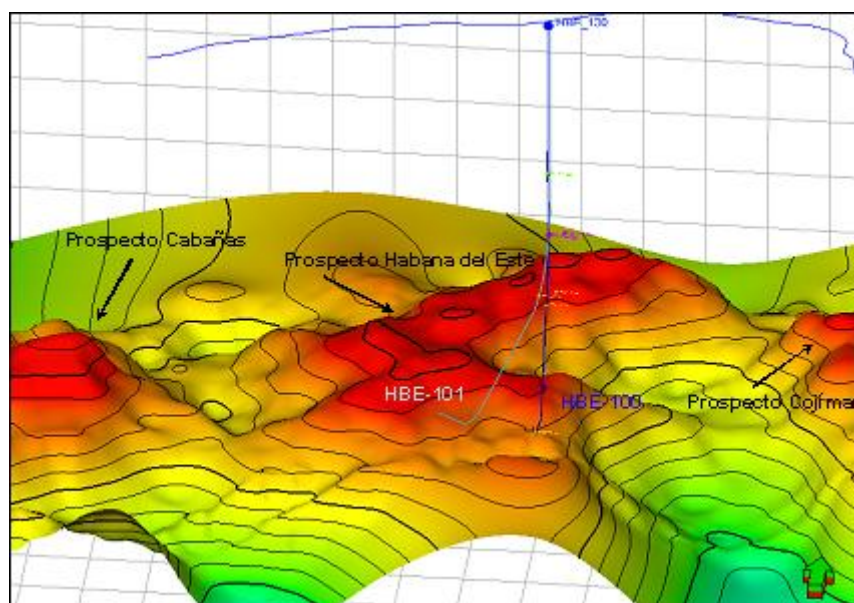


Figura 1.- Mapa de la Estructura Habana del Este.

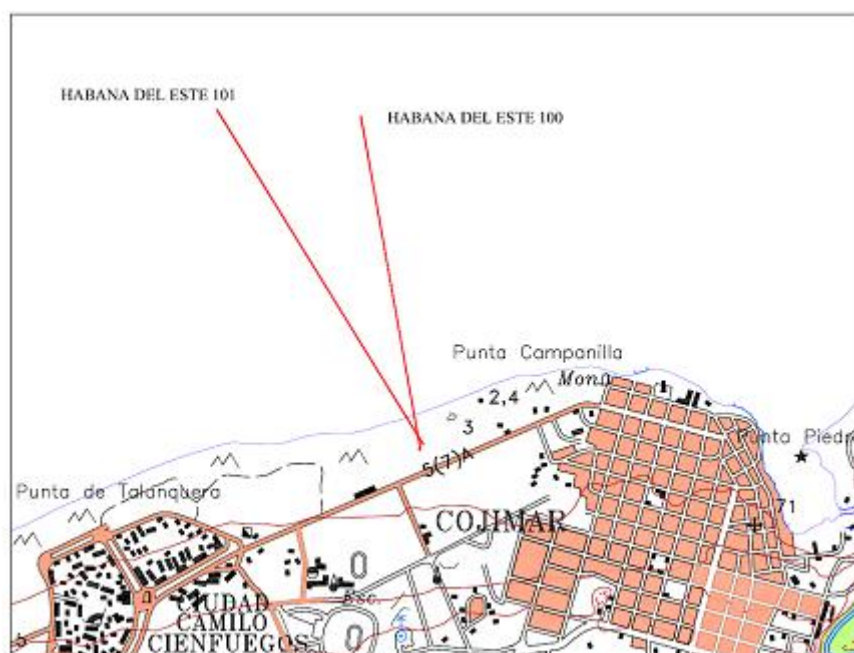


Figura 2.- Mapa de la ubicación de los pozos HBE-100 y HBE-101.

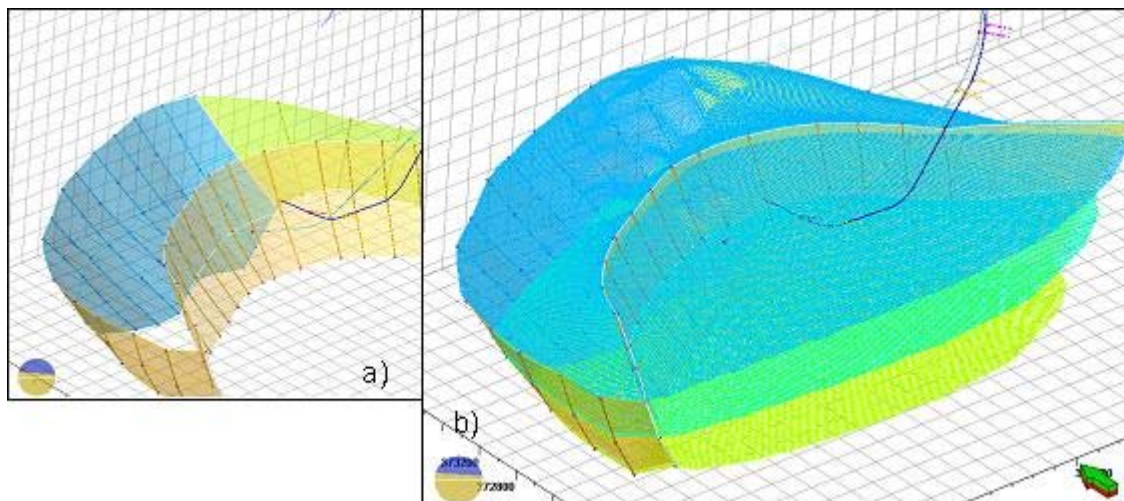


Figura 3.- Pilares inclinados de fallas ya modelados y mallas superior, media e inferior de 50X50m.

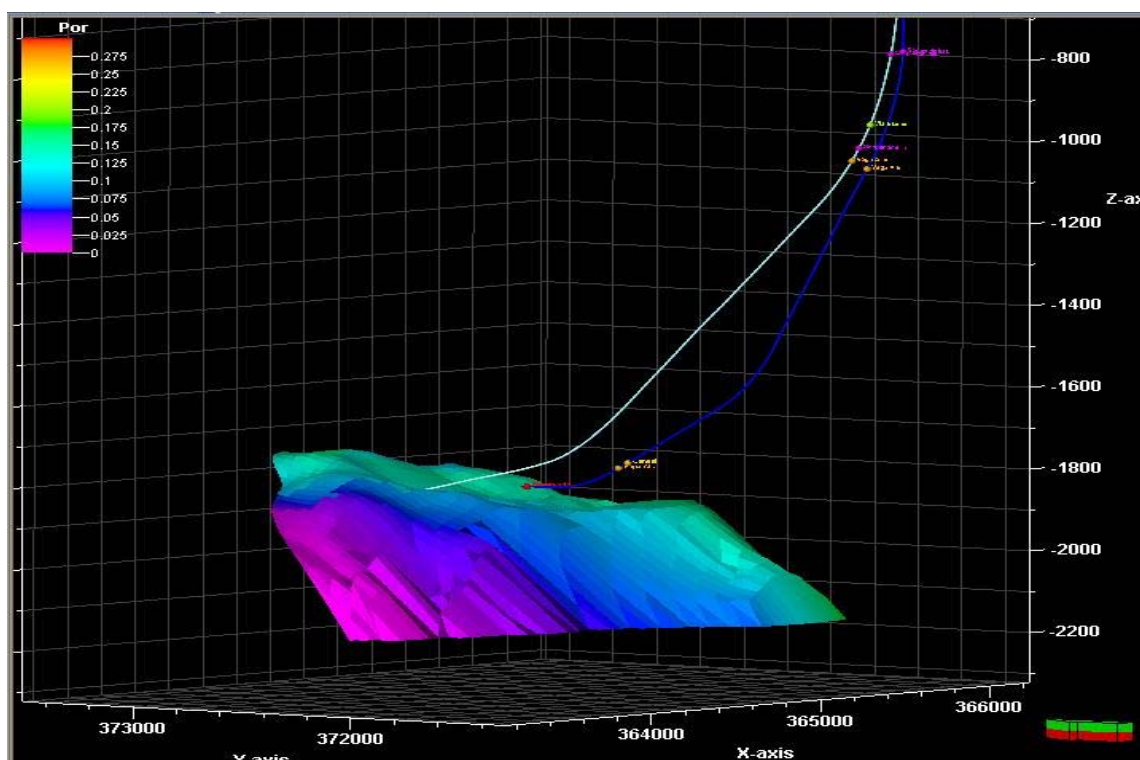


Figura 4- Imagen del modelo 3D donde se observa la distribución de la propiedad porosidad.

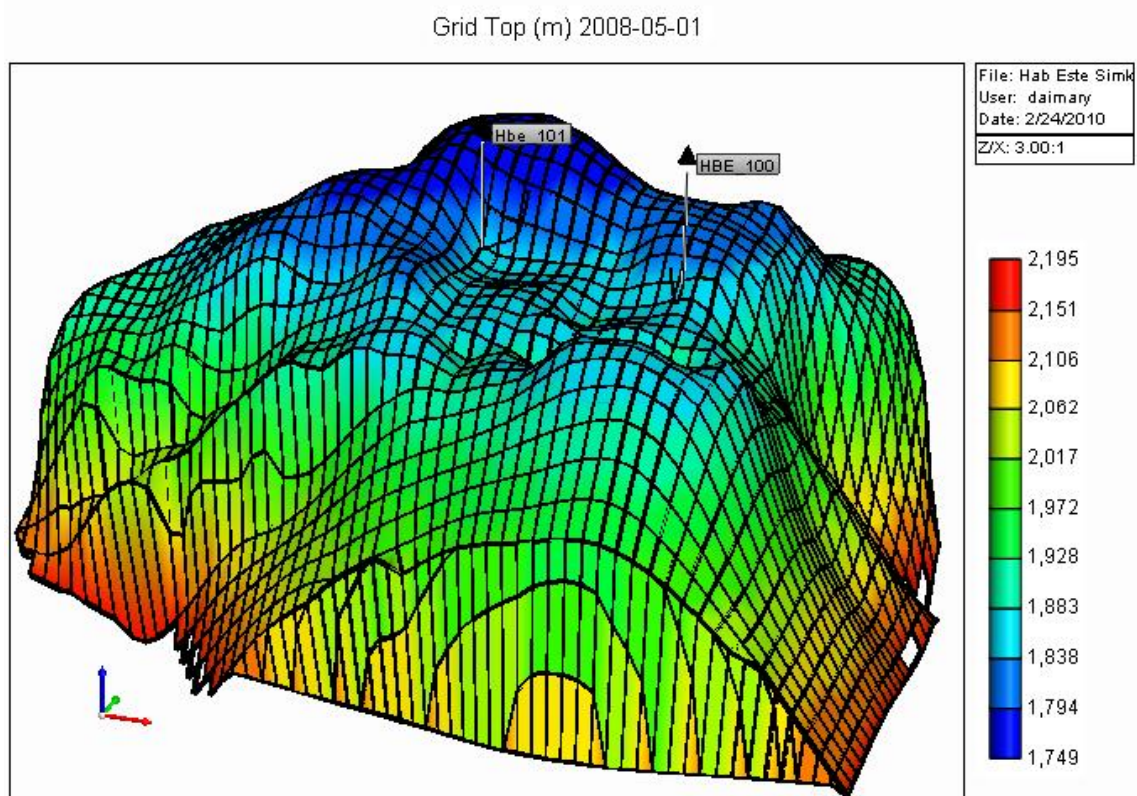


Figura 5- Modelo Dinámico del Yacimiento Petrolífero Habana del Este.