

APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MODELADO SÍSMICO Y DE POZO EN EL YACIMIENTO PIEDRAS COLORADAS PROVINCIA DE MENDOZA, REPÚBLICA ARGENTINA

Marteau Victor Marcelo

Montagna Aldo Omar

Perez Companc S.A.

ABSTRACT

Dada la complejidad de los depósitos fluviales (geometría, distribución, resolución sísmica) de las formaciones Río Blanco y Barrancas en el Yacimiento Piedras Coloradas, se decidió utilizar la herramienta de modelado sísmico para lograr un modelo geológico más confiable, mediante el aporte de la información de pozos y procedimientos sísmicos.

El método de modelado sísmico consiste en obtener secciones sísmicas “sintéticas” a partir de perfiles sónicos. Se computan perfiles de velocidad derivados de registros acústicos en cada pozo; con los que se construyen diferentes secciones estructurales, perpendiculares y paralelas a la estructura .

En estas secciones estructurales e involucrando el modelo geológico, se realizan interpolaciones laterales y verticales de velocidades, obteniendo secciones sísmicas sintéticas, las cuales son confrontadas con la sísmica adquirida; de esta forma se verifica el modelo utilizado, permitiendo también discriminar la respuesta sísmica de las unidades involucradas.

Las secciones en donde el parámetro interpolado es la velocidad, entregan información sobre las variaciones petrofísicas (básicamente porosidad), y/o litológicas de las unidades analizadas. Asimismo, las secciones interpoladas sobre la base de los registros de inducción, se pueden inferir cambios en el sistema roca – fluido tanto en litofacies de canales como en los casos en que los mismos no se desarrollan.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

- Validar el modelo geológico utilizado y determinar la resolución sísmica a partir de secciones sísmicas sintéticas generadas en función de la interpolación de registros de velocidad.
- Establecer y discriminar el tipo de respuesta sísmica de reflectores dentro de las unidades involucradas.
- Definir posibles variaciones verticales y laterales a partir de secciones estructurales con interpolación de perfiles eléctricos de pozos (perfiles sónicos, resistivos, etc.).
- Asociar esas variaciones verticales y laterales a cambios en las condiciones petrofísicas y/o en el contenido de fluidos presentes en los reservorios analizados.

INFORMACIÓN GENERAL

Los yacimientos Piedras Coloradas - Estructura Intermedia están localizados geográficamente en la zona de Tupungato, 50 Km. al sudoeste de la ciudad de Mendoza. Estos yacimientos se ubican en la margen occidental de la Cuenca Cuyana, más exactamente en el eje productivo relacionado con el tren estructural del oeste de la cuenca, siendo su extensión areal de 105 Km² (Figura N°1).

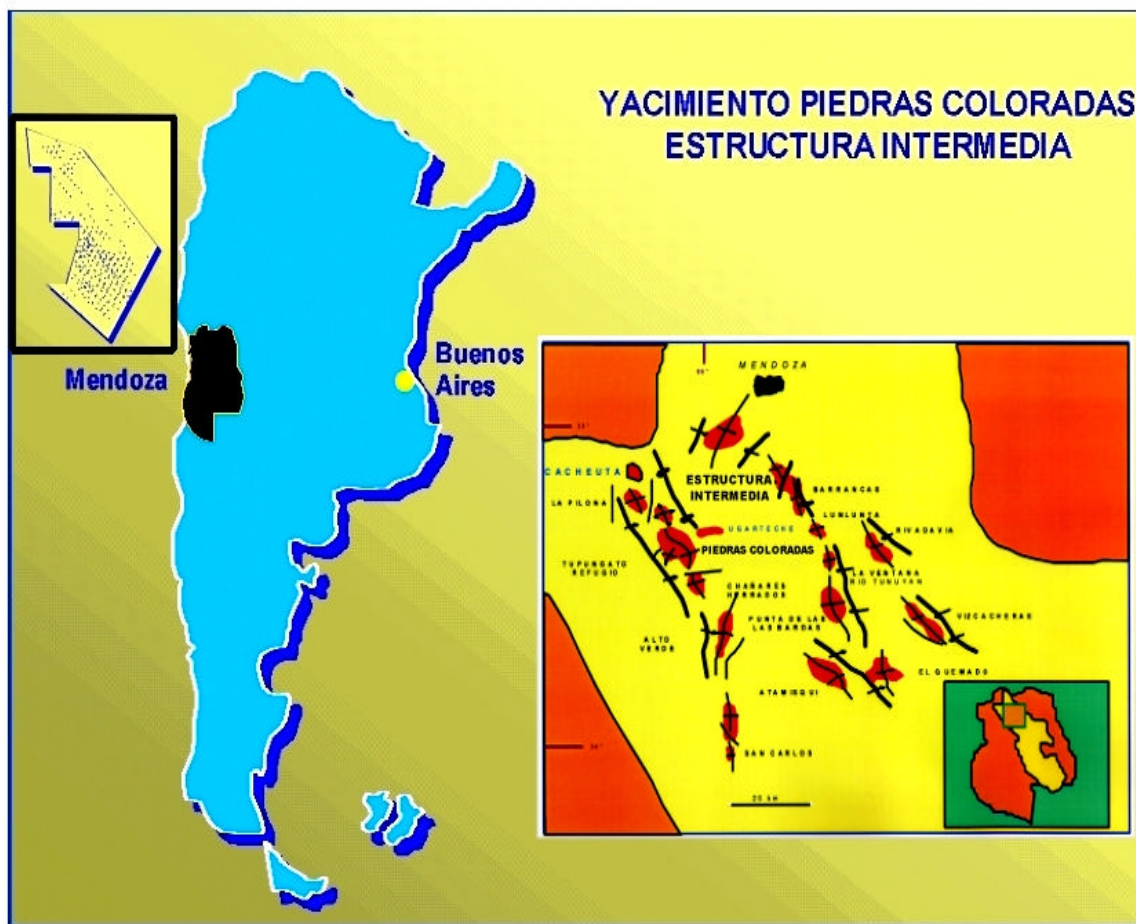


Figura N° 1: Plano de Ubicación.

Actualmente el área tiene 158 pozos perforados, de los cuales 78 tienen producción efectiva y 4 son pozos inyectores. Hasta el momento, se han producido 8.558 MMm³ de petróleo, correspondiendo 6.905 MMm³ a la Formación Barrancas y los 1.654 MMm³ restantes a la Formación Río Blanco.

Los reservorios en explotación se encuentran dentro de la Formación Barrancas (Conglomerado Rojo Inferior) y de la Formación Río Blanco (Miembro Víctor Oscuro). (Figura N° 2).

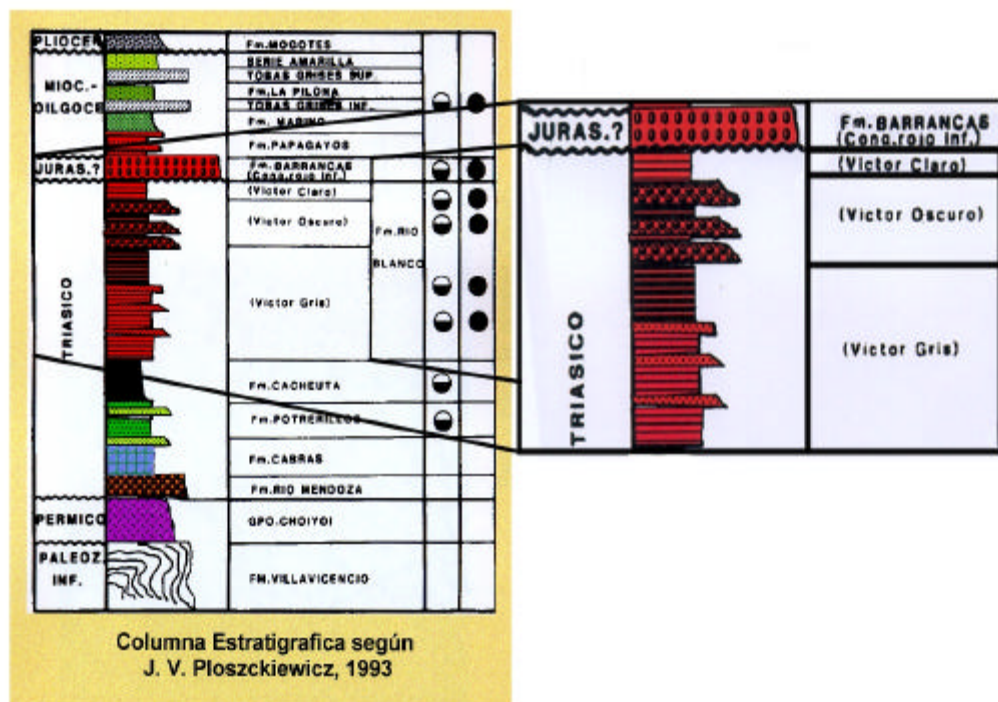


Figura N° 2: Columna Estratigráfica Sintética

La profundidad promedio a la cual se encuentran estos reservorios es de 2300 mbbp., existiendo entre ambos una separación vertical que oscila desde los 150 m. hasta los 250 m.

DESARROLLO

CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS

- **Estratigrafía**

A continuación se describirán brevemente las Formaciones Río Blanco y Barrancas, donde se ubican los reservorios principales del área de estudio.

Formación Río Blanco

Estos depósitos de edad triásica poseen un espesor total máximo de 300 m. Esta formación se divide en tres miembros, Miembro Victor Gris, Miembro Victor Oscuro y Miembro Victor Claro (Figura 3), siendo este último el de mayor espesor.

Los principales reservorios de la Formación Río Blanco se ubican en el Miembro Victor Oscuro. Litológicamente presenta gran proporción de tobas y arcilitas tobáceas con intercalaciones de areniscas tobáceas. La frecuencia de estas intercalaciones es variable y su mayor o menor concentración es uno de los aspectos que regulan la potencialidad del reservorio. En este miembro

los reservorios presentes tienen un entrapamiento estructural – estratigráfico y el mecanismo de drenaje es por gas disuelto.

El Miembro Victor Oscuro desde el punto de vista petrolero se lo diferencia en tres secciones: Inferior, Media y Superior.

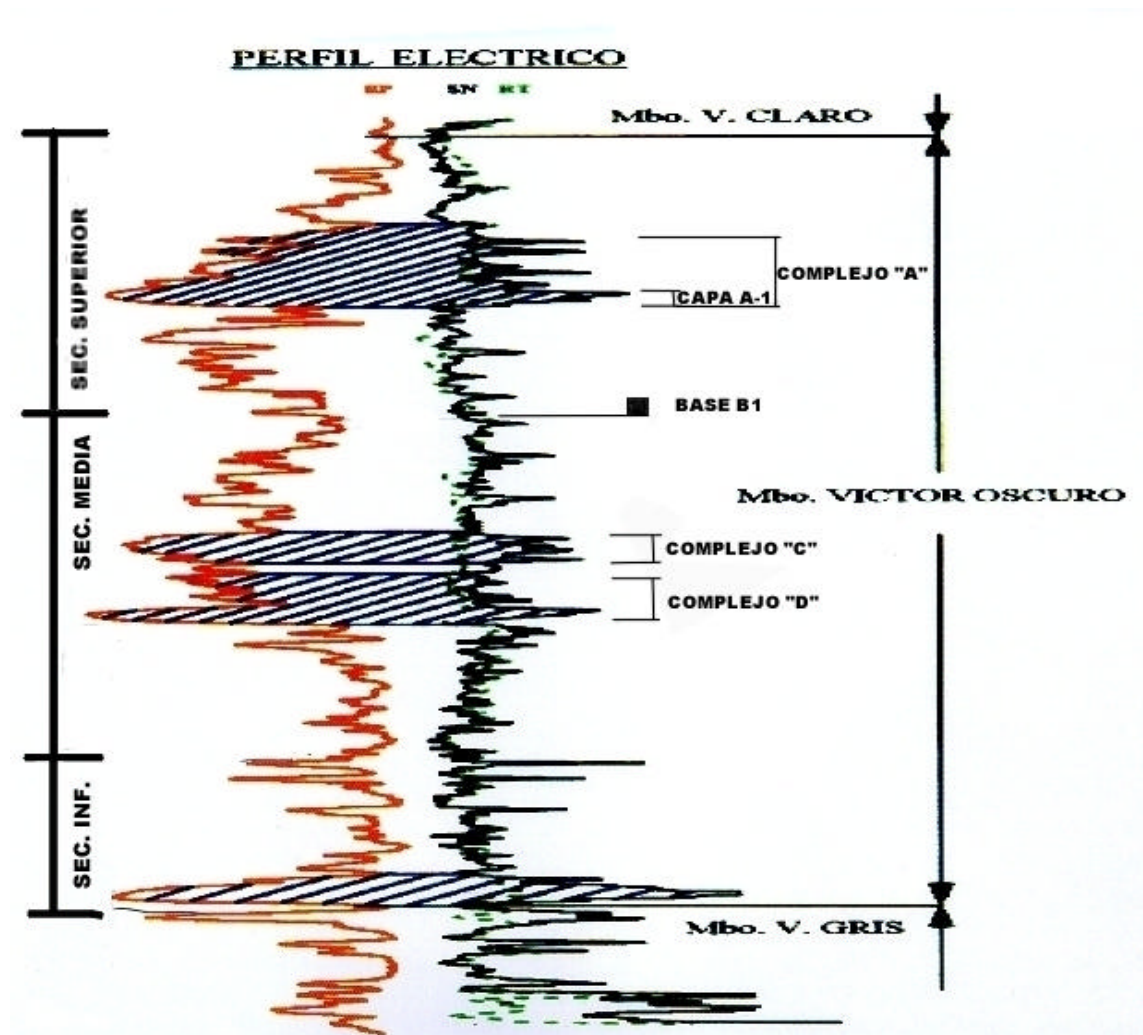


Figura N° 3: Perfil eléctrico tipo del Miembro Victor Oscuro

- **Sección Inferior:** Presenta un nivel de areniscas tobáceas en la base que denota un cambio brusco respecto de las arcilitas oscuras subyacentes correspondientes al Miembro Victor Gris. Hacia el tope, este cuerpo arenoso grada a arcilitas tobáceas y arcilitas de tonalidades gris verdosas.
- **Sección Media:** Constituida por tobas, areniscas tobáceas y arcilitas. En la base de la sección es posible reconocer una mayor participación arenosa, distinguiéndose los complejos C y D.
- **Sección Superior:** Es la principal productora de la Formación Río Blanco. A diferencia de las otras secciones, se individualiza un intervalo estratigráficamente bien definido en toda el área que se lo denomina Complejo A. El mismo se caracteriza por un predominio de intercalaciones arenosas, de gran continuidad areal en el área de estudio, aunque con variaciones litofaciales apreciables que se traducen en cambios importantes en las condiciones petrofísicas.

En general, en el ámbito del yacimiento los niveles productivos se localizan principalmente en el Complejo A de la Sección Superior del Miembro Victor Oscuro, el cual corresponde a depósitos

de ambiente fluvial caracterizado por flujos mantiformes, presentando canalizaciones poco profundas que circulan en una llanura de inundación de gran desarrollo areal.

Hacia el oeste del Yacimiento Piedras Coloradas se desarrollan los mayores espesores arenosos permeables entre 5 y 11 m., siendo el espesor útil promedio de 4,8 m. (careciendo por lo tanto de resolución sísmica) y los valores de porosidad promedio de 15 - 16 %.

Formación Barrancas (Conglomerado Rojo Inferior)

Esta unidad de edad Jurásico inferior a medio, fue definida formalmente en subsuelo por Rolleri y Criado Roqué (1968), y es el principal reservorio de la Cuenca Cuyana. Se caracteriza por reservorios heterógeneos y de irregular distribución. Para los mismos se infiere un ambiente de depositación continental, como producto de flujos fluviales efímeros, constituyen un sistema de lóbulos y barreal, típicos de un abanico distal (Tofalo R. et al).

Desde el punto de vista litológico, se distinguen conglomerados, fanglomerados y areniscas fango y grano sostén (tonalidades rojizas), con intercalaciones de arcilitas y limolitas. El arreglo de estas litologías es variable en distintas zonas del yacimiento.

La distribución vertical corresponde a un predominio de sedimentos finos en la base y gruesos hacia el tercio superior, constituyendo una secuencia completa granocreciente con ciclos individuales granodecrecientes. (Figura N° 4).

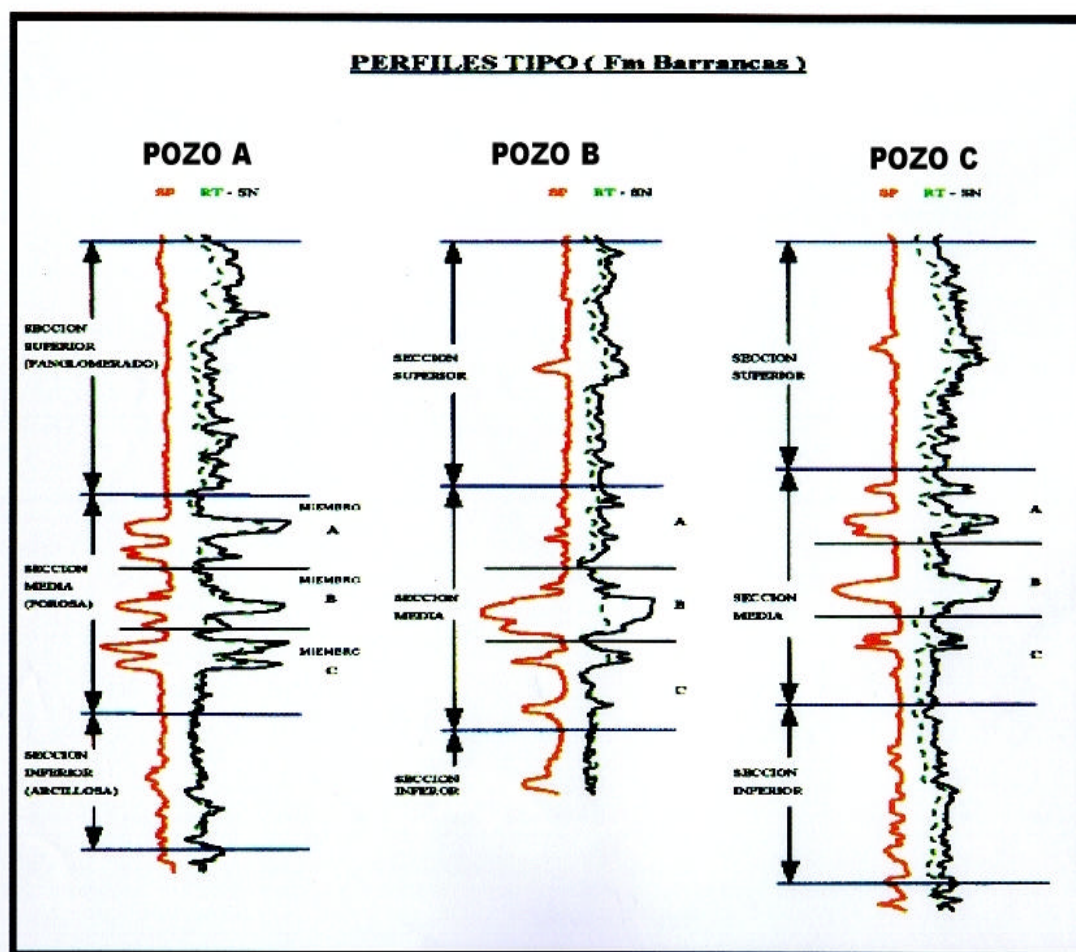


Figura N° 4: Respuesta eléctrica de la Formación Barrancas.

La disposición de los niveles arenosos con buenas condiciones petrofísicas se limita a la sección media de la unidad, constituyendo bancos de hasta 5 m de espesor, separados por niveles impermeables.

El número de estratos permeables es variable y corresponden principalmente a facies canalizadas. Estos niveles arenosos se distribuyen agrupados en tres miembros (A, B y C) de características petrofísicas, litológicas y eléctricas diferentes según el modelo actual (Figura N° 4).

En el ámbito del yacimiento Piedras Coloradas, el espesor total promedio de areniscas es de aproximadamente 8,5 m., con valores máximos de hasta 24 m., cuyos valores de porosidad promedio es de 16,8 %.

- **Estructura**

La zona del yacimiento está ubicada en la denominada subcuenca Cacheuta, sobre un hemigraben de edad triásica que forma parte de una cuenca de rift continental con relleno predominantemente clástico y piroclástico en depocentros aislados (Legarreta et al, 1993).

Pueden observarse estructuras de distinto orden y de edades superpuestas en la parte superior de la columna sedimentaria de la Cuenca Cuyana (Boggetti et al, 1998). (Figura N° 5).

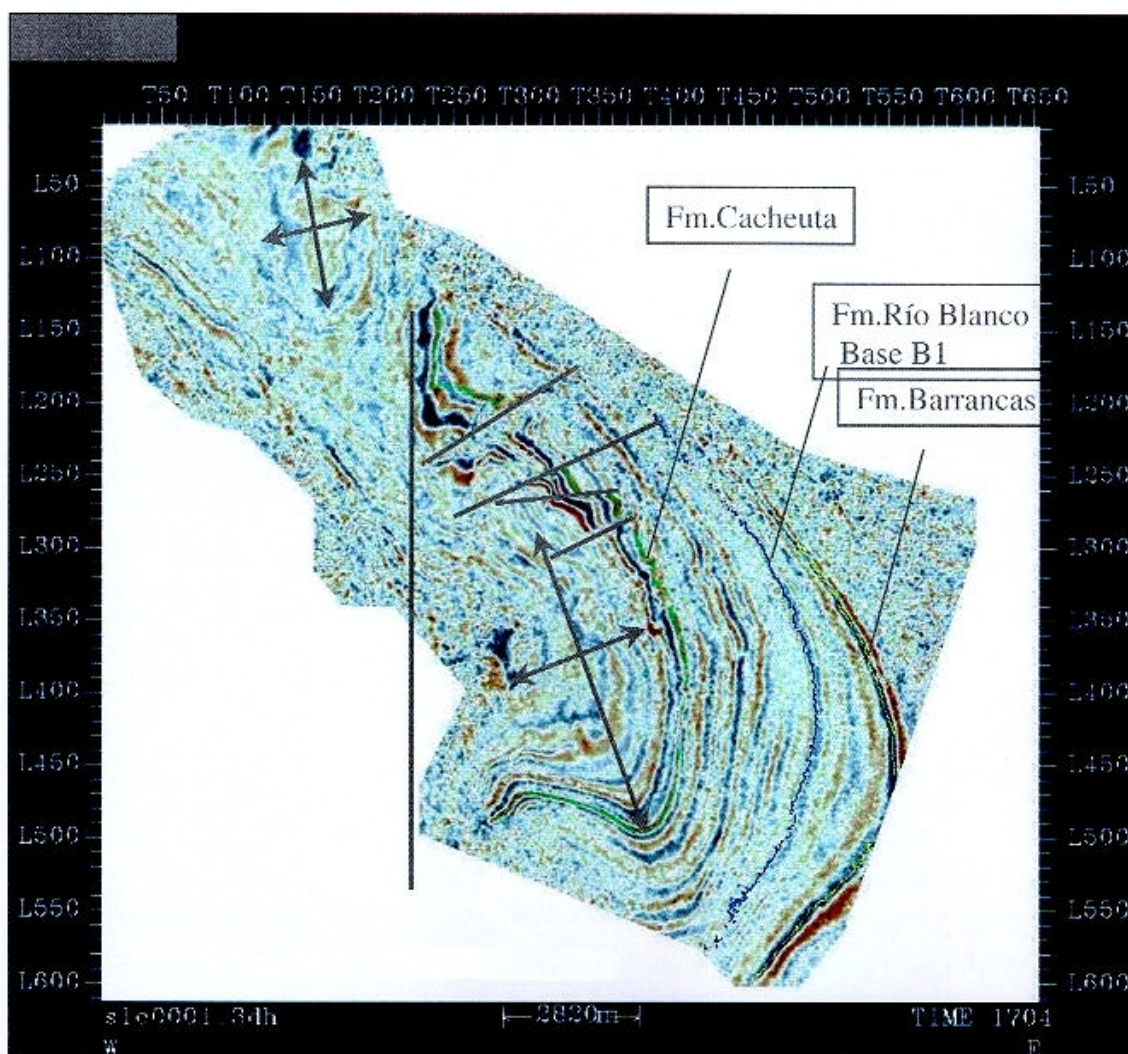


Figura N° 5: Estructuras de primer, segundo y tercer orden.
Time Slice – Sobre 1704 ms.

- Anticlinal (estructura de primer orden).
- Estructuras de segundo orden que involucran toda la columna sedimentaria. Se trata de fallas transcurrentes que seccionan al anticlinal de primer orden por el oeste. Esta falla levógira tiene un rechazo vertical del orden de los 200 m. y coincide aproximadamente con la falla maestra del rift y puede ser generada por una reactivación principalmente horizontal de la misma durante el Terciario más alto.
- Fallas transcurrentes de tercer orden con un diseño en flor negativa tanto en corte como en los “time slices”. Son pequeñas fracturas que involucran toda la columna.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El diagrama de flujo de la Figura N° 6 sintetiza la metodología utilizada, la cual puede ser dividida en las siguientes etapas:

- a) Carga de datos y edición de curvas. Generación de perfiles sísmicos “sintéticos”
 - b) Generación del modelo geológico
 - c) Realización de secciones estructurales perpendiculares y paralelas a la estructura (Interpolación de perfiles)
 - d) Creación de secciones sísmicas sintéticas y comparación con la sísmica real.
- a) **Carga de datos y Edición de curvas:** Los perfiles de pozos fueron cargados a partir de diferentes fuentes mientras que la información secundaria fue realizada a partir de datos alfanuméricos. Seguidamente, se procedió a acondicionar los perfiles y a normalizar los mismos.
En aquellos pozos donde el registro acústico no estaba presente en todo el intervalo de interés, se procedió a computar perfiles sísmicos sintéticos a partir del registro de inducción corta. Se realizaron test de calibración en pozos con registros de perfiles sísmicos hasta boca de pozo.
 - b) **Generación del modelo geológico:** Se definió el modelo geológico, básicamente se trabajó con pases formacionales, miembros y unidades de flujo para cada sección en particular (Figura N°7).
 - c) **Realización e interpretación de secciones estructurales (Interpolación de perfiles):** Con las curvas y el modelo geológico se procedió a realizar distintas secciones, tomando como base diferentes perfiles y realizándose la interpolación (vertical y horizontal). Se tomó como elemento de control para la misma los horizontes y el marco estructural definido (Figuras N° 8 y 9). Las figuras muestran secciones obtenidas de la interpolación del perfil de velocidad, como así también se presentan secciones con la interpolación del perfil de inducción profunda.
 - d) **Creación de secciones sísmicas sintéticas:** A partir de las secciones estructurales de velocidad, y utilizando los mismos parámetros de postprocesamiento que la sísmica (ondícula, filtros, AGC, etc.), se obtuvieron las secciones sísmicas sintéticas correspondientes a cada una de las transectas involucradas en la zona de estudio (Figuras N° 10).

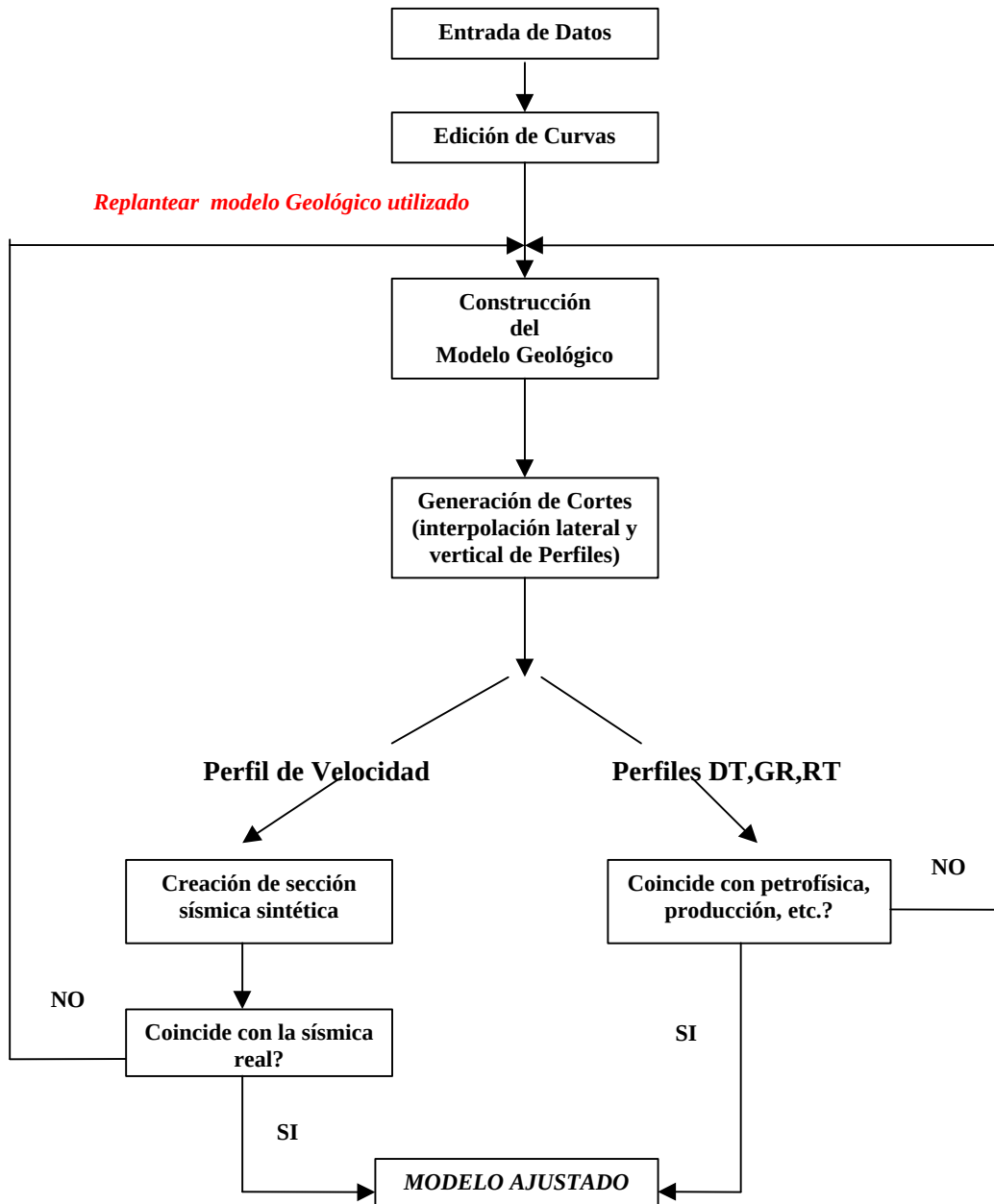


Figura N° 6: Diagrama de Flujo.

Posteriormente se realizaron ocho secciones, tanto en sentido Este–Oeste como en dirección Norte–Sur, ej: PC-A; PC-B; PC-C.

Se generó el modelo de cada uno de ellos, a partir de la correlación de los siguientes niveles (Figuras N° 7):

- F. Barrancas - (Tope de la F. Barrancas)
- NG - (Nivel Guía F. Barrancas)
- Mb. A - (Tope del Miembro A de la Sección Media de la F. Barrancas)
- Mb. B - (Tope del Miembro B de la Sección Media de la F. Barrancas)
- Mb. C - (Tope del Miembro C de la Sección Media de la F. Barrancas)

- Sección Arcillosa .
- VC - (Tope del Miembro Victor Claro de la Formación Río Blanco).
- VO - (Tope del Miembro Victor Oscuro de la Formación Río Blanco).
- NG – (Nivel Guía dentro del Miembro Victor Oscuro de la F. Río Blanco).
- Capa A-1 – (Base del Complejo A de la Sección Superior del Mb. Victor Oscuro de la F. Río Blanco).

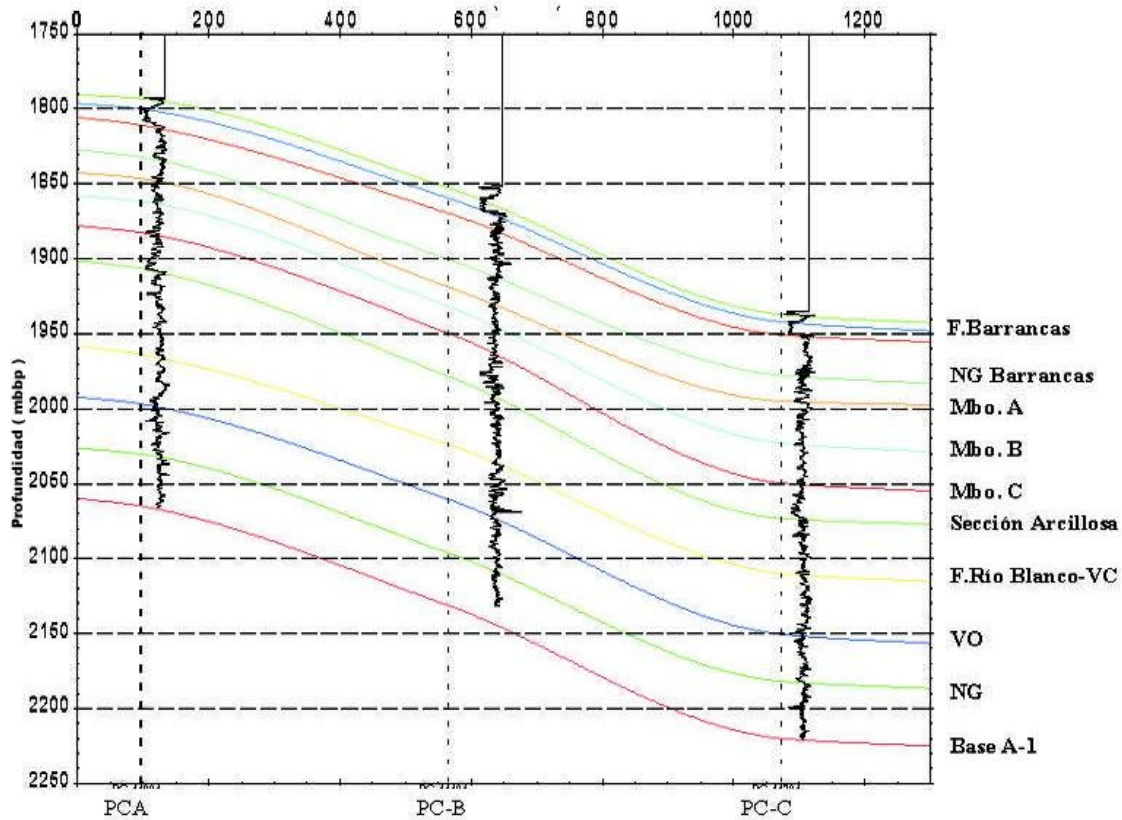


Figura N° 7: Generación del Modelo Geológico – Correlación de Pases Formacionales y Miembros.

El paso siguiente fue definir los perfiles de trabajo. Se decidió utilizar el perfil sísmico (para generar los perfiles de velocidad necesarios para realizar las secciones sísmicas sintéticas) y el perfil de inducción profundo.

Así se realizaron transectas con la interpolación de estos perfiles, destacándose variaciones laterales manifiestas en el intervalo de interés (Miembros A, B y C), tanto en las secciones donde el parámetro interpolado fue la velocidad, como en las secciones donde se trabajó con la inducción profunda (Figuras N° 8 y 9). Es necesario destacar que se realizaron varias secciones estructurales, algunas involucrando al Miembro Victor Oscuro (F. Río Blanco) y al Conglomerado Rojo Inferior (F. Barrancas) y otras solamente al primero.

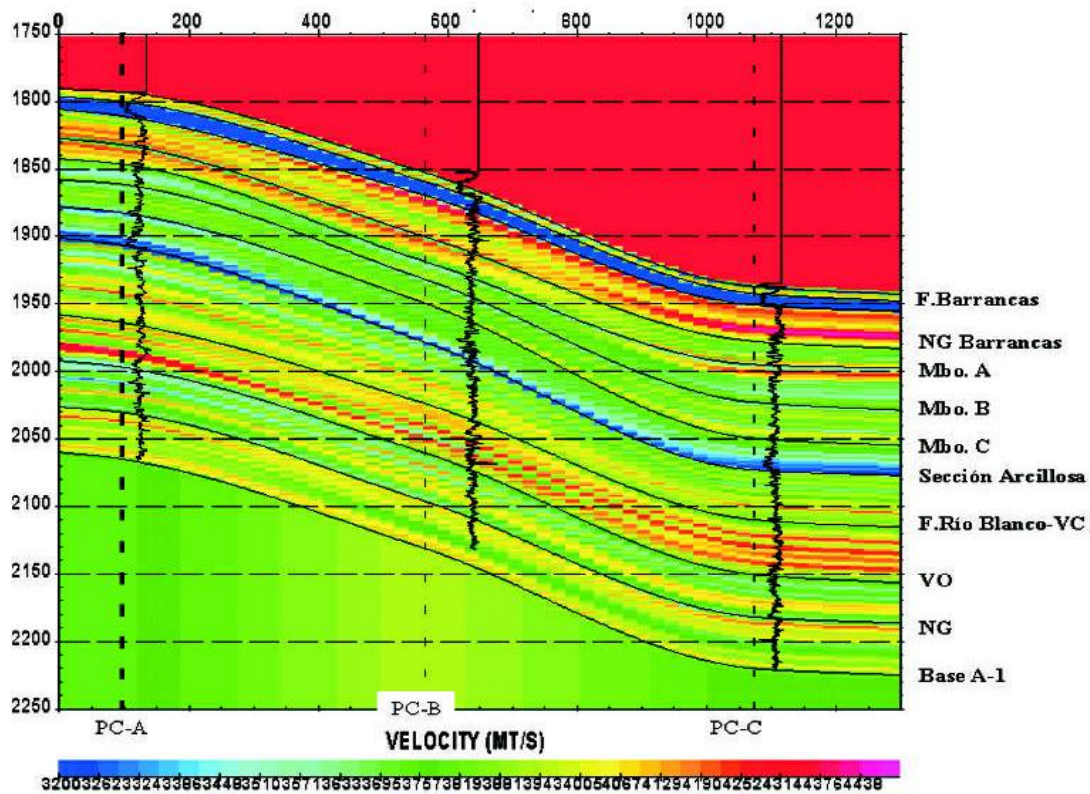


Figura N° 8: Sección Estructural (E-W) donde el parámetro interpolado es la Velocidad.

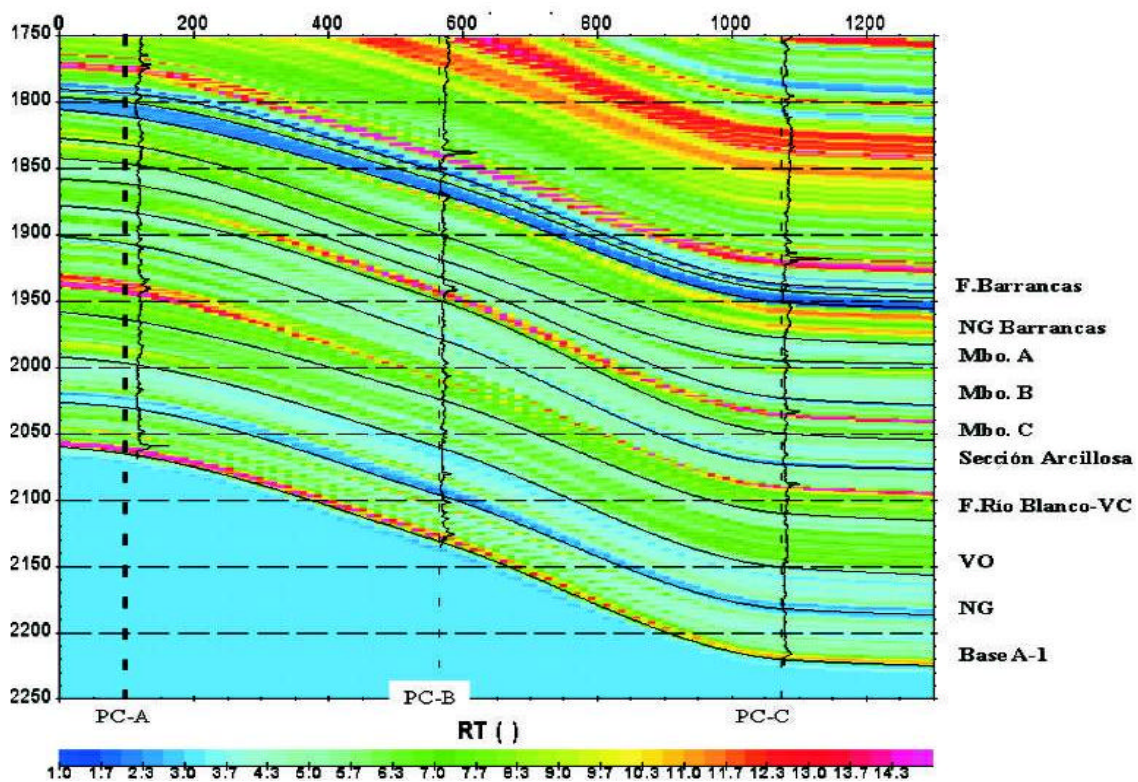


Figura N° 9: Sección Estructural (E-W) donde el parámetro interpolado es la Inducción Profunda.

Pozos y Formaciones	Q0 (m3/def.)	Petroleo (%)	Qb (m3/def.)
PC-A			
F. Barrancas	0.00	(0 %)	0.00
F. Río Blanco	3.40	(83 %)	4.08
PC-B			
F. Barrancas	5.80	(91 %)	6.38
F. Río Blanco	2.20	(62.5 %)	3.52
PC-C			
F. Barrancas	4.90	(77 %)	6.37
F. Río Blanco	0.60	(77 %)	0.78

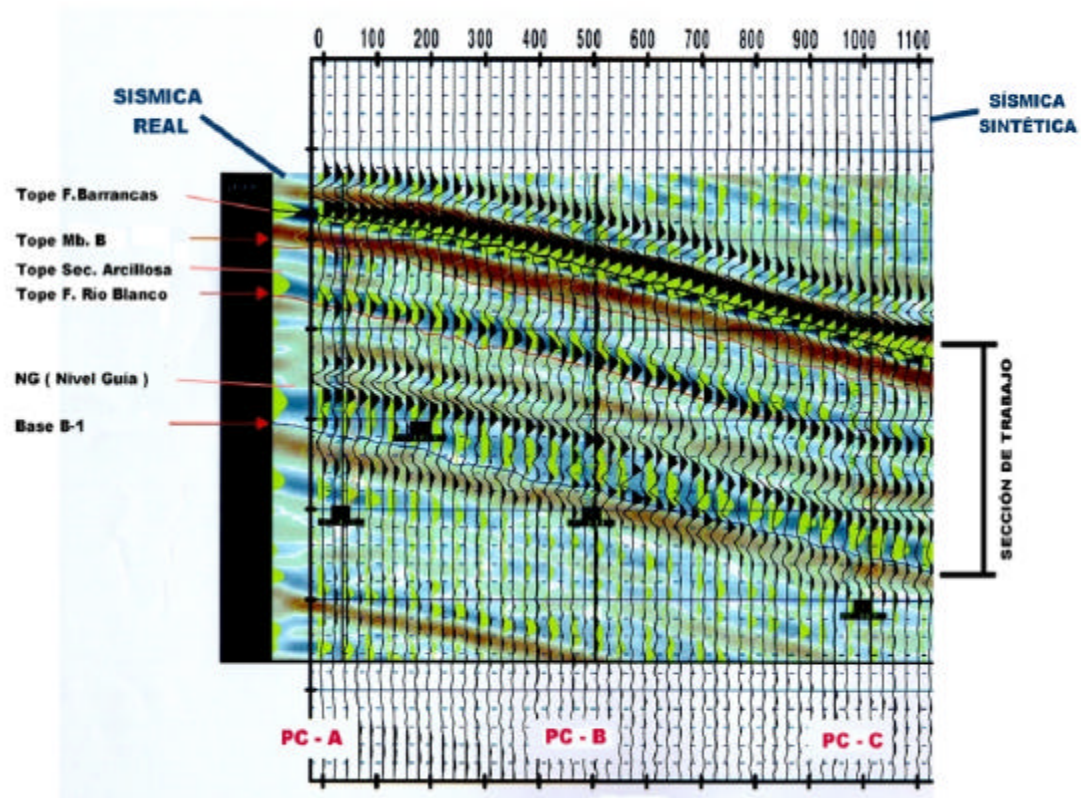
Tabla I: Datos de producción y su correlación con las variables interpoladas.

Posteriormente se realizaron las secciones sísmicas sintéticas, utilizando parámetros de postprocesos similares a los usados en la etapa de procesamiento de la sísmica 3D. Los valores usados fueron:

- Modelo de densidad: Gardner
- Tipo de ondícula: Ricker (fase cero)
- Longitud de la ondícula: 124 Msec
- Máxima Amplitud de la ondícula: 1
- Mínima Amplitud de la ondícula: -0.44
- Polaridad: Positiva
- Frecuencia central: 35 Hz
- Filtro: Butterw-HP
 - Baja frecuencia: 0 – 25
 - Alta Frecuencia: 50 – 70
 - Tolerancias: 40 –40
- AGC: 5

Finalmente, estas secciones sísmicas sintéticas fueron comparadas con la información sísmica real (Figuras N° 10 y 10a).

Por su parte, las secciones interpoladas fueron analizadas y confrontadas con mapas de electrofacies, sísmica real y datos de producción.



Figuras N° 10: Comparación entre la Sísmica Real y la Sísmica Sintética.

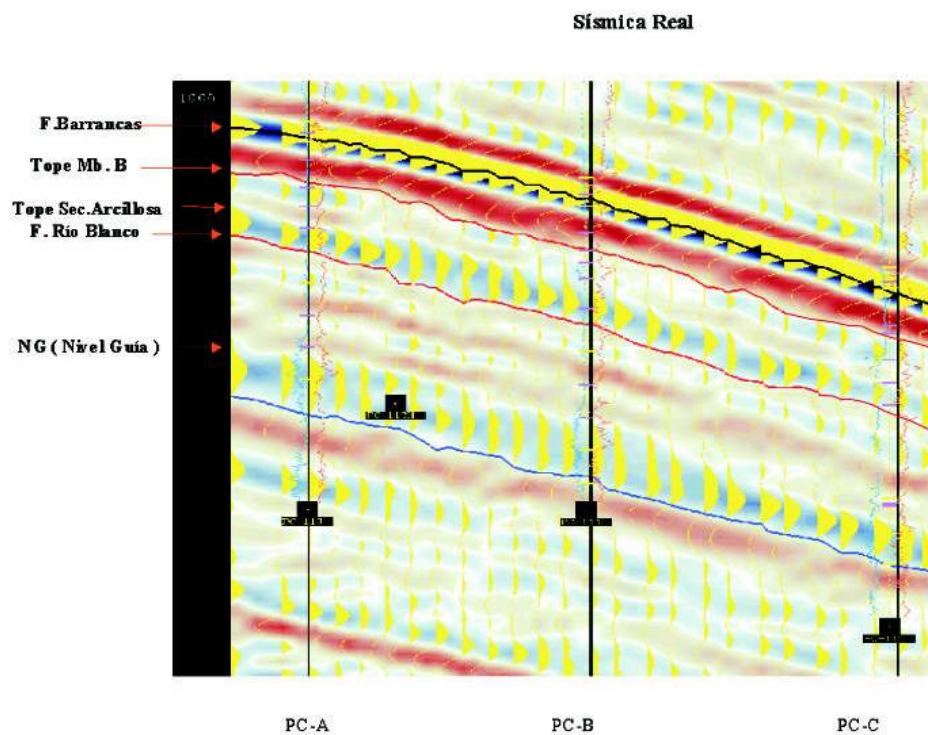


Figura N° 10a: Sección Sísmica Real.

CONCLUSIONES

- 1) La sección sísmica sintética, muestra una buena correlación con la sección sísmica real (Figura N° 10 y 10a).
- 2) En base a los perfiles de pozo, se pueden distinguir tres unidades dentro de la F. Barrancas (Figura N°4).
 - Sección Superior o fanglomerádica.
 - Sección Media o porosa (Miembros A, B y C).
 - Sección Inferior o arcillosa.

Con el modelado (trasladándolo a las secciones sísmicas), se han podido individualizar los siguientes componentes de la Formación Barrancas:

- Sección Superior o fanglomerádica
- Tope del Miembro B de la Sección Media
- Tope de la Sección Inferior o arcillosa.

La determinación en la sísmica del techo de la sección arcillosa es de suma importancia puesto que estaríamos acotando la base de la zona de mayor interés (sección porosa) de la Formación Barrancas.

De esta forma, la identificación del reflector correspondiente al tope del Miembro B (Formación Barrancas), permitirá caracterizar al Miembro A y al Miembro B con análisis de atributos de traza compleja en ventanas de tiempos por encima y por debajo de este reflector.

Por su parte, el trabajar con ventanas de tiempo por arriba del techo de la sección arcillosa, posibilitará la caracterización del Miembro C. De esta forma se obtendría la caracterización total de la Sección Media o porosa de la Formación Barrancas.

- 3) Para la Formación Río Blanco el modelado muestra al NG (Nivel Guía) con buena respuesta sísmica y si bien la Capa A-1 no se vería representada (sin resolución sísmica), el desarrollar ventanas de tiempo por debajo de este nivel guía nos permitirá caracterizar los términos arenosos del Complejo A.
- 4) Se observan, tanto en las secciones estructurales interpoladas de velocidad como en las de inducción profunda, variaciones laterales asociadas a cambios en el sistema roca – fluidos, en litofacies de canales y en aquellos casos donde los mismos no se desarrollan. Esto se corroboró con datos de producción obteniéndose una buena correlación entre las variables analizadas (Tabla I).
- 5) Se destaca que, en las secciones estructurales, los límites de los cuerpos arenosos de la Formación Barrancas, no corresponden fehacientemente con las zonas que muestran los mapas de electrofacies actuales. La determinación de estos límites más la distribución de fluidos en ambas formaciones nos permitirá optimizar la ubicación y distanciamiento de nuevas locaciones de pozos. Debemos considerar que en el método de interpolación utilizado, el modelado contempla el espesor total del paquete sedimentario dentro de los límites del modelo utilizado.
- 6) En la Formación Río Blanco, el nivel de arenisca del Complejo A (capa A-1), constituye un nivel estratigráficamente bien definido con buena continuidad en toda el área. Tanto en los cortes “velocidad” como en los cortes “resistividad profunda” se manifiestan variaciones en los parámetros físicos interpolados; asociados a cambios litofaciales apreciables que se traduce en variaciones importantes en las condiciones petrofísicas y distribución de fluidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las autoridades de Perez Companc S.A., E&P Argentina y Yacimiento Piedras Coloradas, la autorización para la publicación de este trabajo; cómo así también al Lic. Arregui Carlos, por las valiosas sugerencias, y a los Lics. Graneros Domingo, Pedrazzini Miguel y Villalba Enrique, por la lectura crítica del mismo. De la misma forma destacamos la colaboración de Bascur Alejandro.

BIBLIOGRAFÍA

Boggetti D., N. Varela; 1998: "Interpretación Sísmica 3D. Área Piedras Coloradas – Base B1 – A1. Informe Inédito. Perez Companc.

Casarin F., O. Tofalo; 1988: "Depósitos de flujos efímeros en la F. Barrancas. Su comportamiento como reservorios de hidrocarburos. Yacimiento Piedras Coloradas, Provincia de Mendoza". Informe Inédito. Perez Companc.

Devizia C.; 1993: "Piedras Coloradas – Estructura intermedia". XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Mendoza.

Diaz V.; 1988: "Caracterización de la roca reservorio a partir del análisis de coronas. F. Río Blanco. Yacimiento Piedras Coloradas – Estructura intermedia". Informe Inédito. Perez Companc.

Diaz V.; 1990: "Calibración de perfiles con datos obtenidos de coronas. Yacimiento Piedras Coloradas – Estructura intermedia". Informe Inédito. Perez Companc.

Kress P.; 1990: "Análisis estratigráfico de la Formación Barrancas". YPF. Boletín de Informaciones Petroleras. p 52-60.

Landmark Graphics Mimic +. Reference Guide.

Landmark Graphics Quikwell +. User Manual.

Martinez, R., L. Arce y L. Mernes; 1989: "Análisis Estratigráfico de la Formación Barrancas, Cuenca Cuyana, provincia de Mendoza, Argentina". Primer Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos. IAP (Instituto Argentino del Petróleo), Mar del Plata. Tomo II, p. 715-738. Buenos Aires.

Montagna A.; 1996: "Generación de sónicos sintéticos a partir del perfil de inducción de alta resolución, en el ámbito de la cuenca Neuquina". Informe Inédito. Halliburton Argentina.

Ploszkiewicz J. V.: "Yacimiento Tupungato". XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de exploración de hidrocarburos (Mendoza 1993). Geología y Recursos Naturales de Mendoza.- V.A. Ramos (De.), Relatorio III (4): 391-396.

CURRICULUM DE LOS AUTORES

Marteau Víctor Marcelo

Egresado de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ciencias Naturales, con el título de Geólogo. Desde el año 1991 hasta la actualidad trabajó en diferentes compañías petroleras: GEOSERVICES S.A. Sucursal Argentina, YPF S.A. Gerencia de Exploración (Contratado) y actualmente se desempeña en Perez Companc S.A. E&P – Argentina, Gerencia de Reservorios, formando parte de los Equipos de Estudios.

Cuenta con experiencia en distintas cuencas sedimentarias de la Argentina: Cuenca del Golfo San Jorge, Cuenca Neuquina y Cuenca Cuyana, desempeñándose en diferentes actividades: Mud Logging, Wellsite, Proyectos y Geólogo de Resevorios.

Coautor del trabajo “Caracterización del Miembro La Tosca - F. Huitrin - en el Subsuelo de Paso Bardas Norte, Cuenca Neuquina”, publicado en el IV Congreso de Exploración de Hidrocarburos Año 1999.

Actualmente cursa la Maestría en Gestión Empresarial dictada en la Facultad de Economía y Administración, en la Universidad del Comahue.

Montagna Aldo Omar

Egresó de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la U.N.L.P. con el título de Licenciado en Geología. Realizó trabajos en Perez Companc S.A., Halliburton Logging Services, Halliburton Geophysical Services. En la actualidad se desempeña en la gerencia de reservorios de Perez Companc S.A., formando parte de los equipos de petrofísica y geofísica.

Acredita más de 14 años de experiencia en análisis de perfiles de pozo, correlación estratigráfica, interpretación sísmica y utilización de software técnico aplicado a la producción – exploración de hidrocarburos.

Su experiencia principal radica evaluación de yacimientos de la cuenca Neuquina.

Hasta el año 1992 se desempeño como docente en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la U.N.L.P.; y actualmente forma parte del plantel docente del departamento Geología y Petróleo de la Facultad de Ingeniería (orientación ingeniería en petróleo), de la Universidad Nacional del Comahue.

Es autor de más de 15 artículos técnicos presentados en distintos eventos nacionales e internacionales.