

# BOLETIN



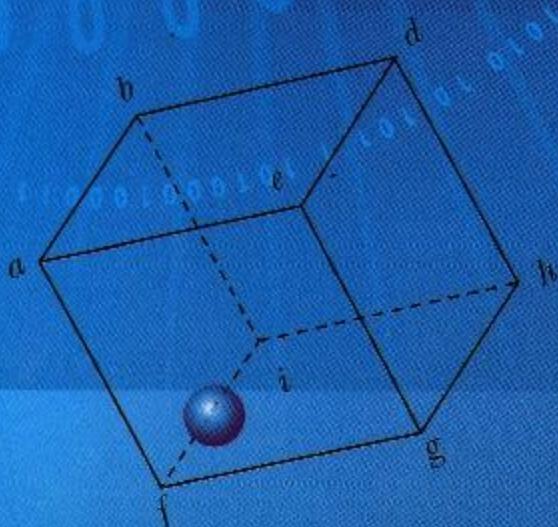
Vol. 43 N° 2 | Abril Junio 2003

- Estudio de Factibilidad para la Aplicación del Método del AVO en el Cubo Sísmico Jimba

*Ma. de Lourdes Gutiérrez Galicia\*, José Gutiérrez y Acosta \*\*, Juan Brandi Purata \*\*\**

- Feasibility Study to put into practice the AVO Method At the Jimba Seismic Cube

*Ma. de Lourdes Gutiérrez Galicia\*, José Gutiérrez y Acosta \*\*, Juan Brandi Purata \*\*\**





# 1er. Congreso Internacional de Geociencias para la Industria Petrolera

---

C A N C Ú N - 2 0 0 3

Bajo el tema :  
**El rol vital de la Geofísica en el  
negocio de la industria del petróleo**

Noviembre 9 - 12, 2003  
Cancún México



ASOCIACIÓN MEXICANA DE GEOFÍSICOS  
DE EXPLORACIÓN, A.C.

## CONSEJO DIRECTIVO 2001-2002

Ing. Jorge Ramón Vera Sánchez

**Presidente**

Ing. Arturo Pérez Aldana

**Vicepresidente**

Ing. Javier Núñez Ariza

**Secretario**

M. en C. Rodolfo Martínez Campos

**Tesorero**

Ing. Rosalía Ondarza Borges

**Editor de Boletín**

Ing. Patricia Oceguera Serrano

**Coord. de Ayuda Mutua**

Ing. Luis Rogelio Bojalil Soto

Ing. Marcos Luckie Pimentel

M. en I. Alejandro Sandoval Solís

Ing. Jorge Calderón Barrera

**Coord. de Eventos Técnicos**

Ing. Juan Toriz Gama

**Coord. de Apoyo Social**

Ing. Juan Rivera Jácome

**Coord. de Jubilados**

M. en C. Alfonso González Ibarra

**Vocal del L.M.P.**

Dr. Jaime Villanueva Sánchez

**Vocal del I.P.N.**

Ing. Juan José Bolaños Espinosa

**Editor de la Gaceta**

Ing. Mario A. Navarro Rodríguez

**Editor de la Página Web**

### CONSEJO DE HONOR Y JUSTICIA

Ing. Raymundo Aguilera Ibarra M. en C. Fco. Rubén Rocha de la Vega

Dr. Guillermo Pérez Cruz

### COMITÉ EDITORIAL

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

**Geofísica de la Investigación y Desarrollo**

Dr. Guillermo Pérez Cruz

**Sismología de Exploración**

Dr. Oscar Campos Enríquez

**Métodos Potenciales**

Dr. Ricardo J. Padilla y Sánchez

**Geología**

Dr. Miguel Rodríguez González

**Sismología de Terremotos**

### PRESIDENTES

#### DELEGACIONALES

Ing. Román Olguín Peña

**Cd. Del Carmen, Camp.**

Ing. Patricia Oceguera Serrano

**Cd. de México**

Dr. Luis Canales

**Houston, Tex.**

Ing. J. Jesús Arellondo Fragués

**Morelia, Michoacán**

Ing. José Gpe. González Zúñiga

**Coatzacoalcos, Ver.**

Ing. Enrique de la Rosa Santoscoy

**Poza Rica, Ver.**

Ing. Alfonso Ortega Leite

**Reynosa, Tamps.**

M. en I. Efraín Méndez Hernández

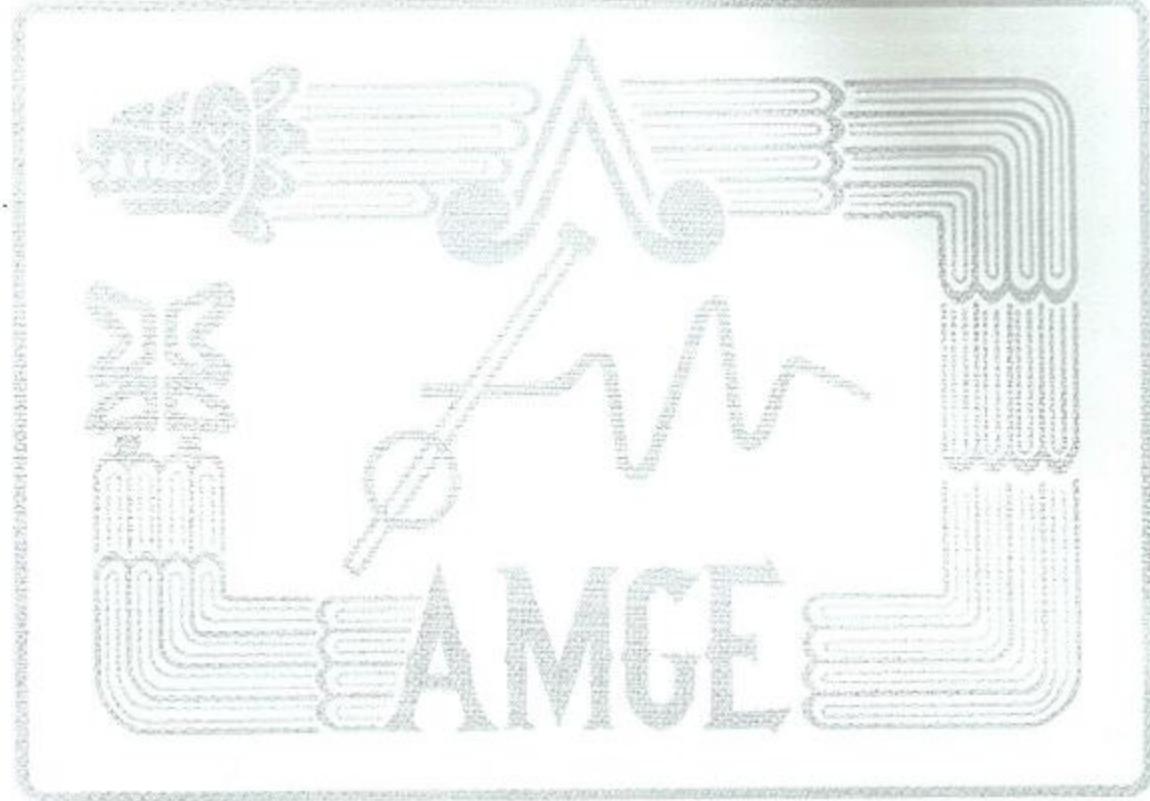
**Villahermosa, Tab.**

Ing. Rafael Muñoz Vergara

**Veracruz, Ver.**

Ing. Juan M. Alvarado Vega

**Tampico, Tams.**



© 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison Wesley

## Estudio de Factibilidad para la Aplicación del Método del AVO en el Cubo Sísmico Jimba

**Ma. de Lourdes Gutiérrez Galicia\*, José Gutiérrez y Acosta\*\*, Juan Brandi Purata\*\*\*.**

\**Activo Salina del Istmo PEMEX Exploración*, \*\**Instituto Mexicano del Petróleo Geofísica de Exploración*, \*\*\**PEMEX, UNAM-DEPFI*.

---

### Resumen

El presente estudio constituye una parte del proceso de interpretación y análisis de amplitud sísmica antes del apilamiento (AVO); para ello, se seleccionó el área del Campo Macuile, ubicado en la parte sur central de la Cuenca de Veracruz, el campo se presenta sobre una estructura con potencial de hidrocarburos probados en arenas del Plioceno Inferior, el análisis de estas arenas permitió establecer una relación con otras áreas de características sísmicas similares que pudieran considerarse como posibles yacimientos.

En este trabajo se realizó el estudio de factibilidad con el propósito de analizar los atributos del AVO en el cubo sísmico Jimba, para esto fue necesario contar con los *gathers*, los cuales permitieron establecer un rango de las variaciones de las amplitudes contra la distancia; otra información empleada fueron los registros geofísicos de los pozos, los cuales además de servir de liga con la sísmica permitieron establecer una interrelación entre las características petrolísimicas de las arenas con gas; así mismo, se utilizó la interpretación de las cimas de las arenas productoras en las cuales se enfocó este estudio.

De los resultados obtenidos en el análisis de las arenas productoras cortadas por los pozos Macuile-4 y DL-1, se obtuvieron los umbrales anómalos de los atributos de AVO (P y G). Estos umbrales se aplicaron en las áreas propuestas para las localizaciones Tajalate-1 y Macuitlapetl-1, encontrando valores interesantes de la respuesta AVO en anomalías cercanas a la propuesta Tajalate-1; en cuanto a la propuesta de Macuitlapetl-1, ésta presenta características bastante atractivas en sus atributos de AVO, así como en su dimensión, comparativamente con las anomalías que presentan las arenas con gas cortadas por los pozos Macuile-4 y DL-1.

---

## INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en la industria petrolera está encaminada hacia trabajos multidisciplinarios para el estudio de yacimientos en trampas combinadas (estratigráfico-estructurales), por lo que es de gran interés el integrar con mayor precisión los datos sísmicos.

La sismo-estratigrafía intenta determinar las relaciones litológicas y estratigráficas mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las reflexiones sísmicas registradas en la superficie. Esta disciplina, integrada con los datos geológicos, bioestratigráficos y paleobatimétricos, permite inferir modelos de facies y mo-

de los geológicos, así como identificar trampas estructurales, estratigráficas o bien combinadas.

Con la sismología es factible monitorear los yacimientos petroleros analizando la amplitud, la fase y la frecuencia de la traza sísmica. El análisis AVO es una de las herramientas con que se cuenta para el desarrollo de este tipo de trabajos, ya que mediante este estudio se trata de inferir cambios en las propiedades petrofísicas de las rocas relacionadas con las variaciones litológicas y el contenido de fluidos.

En este estudio, se tomaron como base para la interpretación sísmica del AVO los resultados bioestratigráficos, registros de pozos, mapas de litofacies y ambientes sedimentarios, realizados por el Equipo de Trabajo del Proyecto Papaloapan "B".

## OBJETIVO

Con el desarrollo de este trabajo se persiguen dos objetivos:

a) Objetivo Técnico.

Identificar y definir las variaciones de la amplitud respecto a la distancia (AVO) de las Arenas 1 y 2, productoras de hidrocarburos en la secuencia arenosa del Plioceno Inferior en el Campo Macuile, como parte de las técnicas de calibración de las árcas productoras del cubo sísmico Jimba. Asimismo, identificar los sitios en donde dichos cuerpos arenosos reúnan características similares para ser considerados como oportunidades exploratorias.

b) Objetivo Académico.

Proponer una metodología para el estudio de factibilidad del AVO.

## LOCALIZACIÓN DEL ÁREA

El Estudio Jimba 3D, se localiza en la parte Sureste del Estado de Veracruz, en la Cuenca terminal del Río Papaloapan, con la afluencia de los ríos San Juan, San Agustín y Tescchoacán (Fig.-1). Este estudio tridimensional cubre un área total de 421.94 km<sup>2</sup> y se localiza al sur de la ciudad de Lerdo de Tejada, está delimitada por las siguientes coordenadas (UTM, Meridiano Central 93):

X (m)	Y (m)
229,105.00	2,033,410.00
245,575.00	2,044,110.00
231,082.00	2,052,035.00
237,664.00	2,056,285.00
224,556.00	2,062,050.00
214,684.00	2,055,630.00

Dentro de este estudio 3D se localiza la estructura productora Macuile que presenta un alto interés económico, por lo que el área que cubre el presente estudio queda delimitada de la siguiente manera:

INLINE	XLINE	X (m)	Y (m)
1150	5630	221488	2054780
1266	5630	224909	2056980
1266	5000	236908	2038480
1150	5000	233493	2036270

Cubriendo un área de 89.52 km<sup>2</sup>, dentro de esta área quedan ubicados los pozos Macuile-1, 3, 4, Sur-1, Macuile DL-1 y DL-2, que constituyen el Campo Macuile. También quedan ubicadas dentro de estas coordenadas las propuestas de localización: Macuile DL-3, Macuiltepetl-1 y Tajalate-1, cuyos objetivos son las arenas 1 y 2, productoras en el pozo Macuile-4; en este trabajo haremos mención principalmente a las localizaciones Tajalate-1 y Macuiltepetl-1.

Desde el punto de vista geológico el área de estudio se localiza dentro de la llamada Cuenca de Veracruz, la cual está limitada al noroeste por el Eje Neovolcánico, al sureste por la Cuenca Salina del Istmo y el Complejo volcánico de los Tuxtlas, al oeste por el Frente Tectónico (Plataforma de Córdoba) y al este por el Golfo de México. La Cuenca Petrolera de Veracruz abarca la porción central sur del estado del mismo nombre, con un área aproximada de 38,200 Km<sup>2</sup>.



Fig.- 1 Plano de Localización

## ANTECEDENTES GEOLÓGICOS Y GEOFÍSICOS

La exploración petrolera en el área de estudio se inició con la perforación del pozo Tlacotalpan-1 en 1962, resultando invadido de agua salada. En 1970 se emprendieron diversas campañas de exploración sistemática para identificar estructuras productoras de aceite, obteniendo como resultado en 1974 la perforación del pozo Macuile-4, el cual resultó productor de gas, en rocas arenosas de la formación Encanto del Plioceno Inferior y presentando manifestaciones en las formaciones Depósito y La Laja del Mioceno. Hasta el año 2001 se contaba con la información de 4 pozos exploratorios: Macuile-1, 3, 4 y Macuile Sur-1. En diciembre del 2002 fueron perforados los pozos delimitadores Macuile DL-1 y DL-2, la información de estos pozos aún está siendo evaluada, no obstante la primera prueba de producción del pozo Macuile DL-1, en el intervalo 1969 m-1970 m resultó productor de gas.

Por otra parte en el área se han efectuado estudios con enfoque sismológico, mediante sistemas convencionales de reflexión. En el año de 1976 se efectuaron trabajos exploratorios utilizando el sistema P.R.C. (punto de reflejo común), con grabación digital; la interpretación de esta información puso de manifiesto

una serie de bloques estructurales orientados NW-SE. Dentro de los estudios más recientes podemos mencionar el levantamiento sísmico 2D "Los Tuxtlas" (LTXS, RSS13) realizado en 1995, las líneas que forman la malla de este estudio tienen una separación aproximada de 4 km, el estudio permitió definir las estructuras sedimentarias que presentan las arenas del Plioceno Inferior y Mioceno Superior, así mismo se pudo determinar la distribución y comportamiento (acuñamientos) de las arenas del Mioceno Medio e Inferior.

A fin de conocer con mayor detalle las características anteriores y poder establecer una estrategia para desarrollar el Campo Macuile, así como detectar nuevas oportunidades en las secuencias del Mioceno y del Plioceno, en septiembre del 2000 se efectuó el estudio sísmico tridimensional Jimba cubriendo una superficie de 424.94 km<sup>2</sup>. El patrón de diseño fue ortogonal con separación entre líneas receptoras de 560 m y entre líneas fuentes de 630 m. La separación entre estaciones fuente fue de 70 m y esta misma distancia se aplicó a las estaciones receptoras quedando los bins de 35 m x 35 m con un apilamiento estándar de 36 trazas. La calidad de la información es buena ya que permite definir las geometrías internas y también detectar la componente estratigráfica de las probables trampas de hidrocarburos que funcionarían en los plays del área.

GEOLOGÍA REGIONAL

La evolución geológica de la Cuenca Terciaria de Veracruz está relacionada con la apertura del Golfo de México durante el Triásico y Jurásico Medio, las áreas circundantes sufrieron una subsidencia causando el depósito de secuencias transgresivas sobre rocas de basamento. Durante el Jurásico Superior y hasta el Cretácico Superior, hacia el occidente se desarrollaron facies carbonatadas, dando lugar a la formación de la Plataforma de Córdoba, hacia el oriente se desarrollaron facies de talud y cuenca. Al final del Cretácico Superior comienza un evento tectónico compresivo que origina la subsidencia de la cuenca y su posterior relleno de sedimentos terrígenos dando origen a la llamada Cuenca Terciaria de Veracruz (Zozaya S. R., Maldonado L. M., Ramírez E. A., 1986).

Dentro de la Cuenca Terciaria se reconocen dos eventos principales, el primero está asociado a un evento compresivo de edad pre-Oligocénica, que originó anticlinales con fallamientos inversos en sus flancos delanteros, afectando a las rocas del Cretácico y del Paleógeno. Una segunda deformación compresiva se llevó a cabo durante el Neógeno (Mioceno Medio – Plioceno Inferior), la cual originó estructuras con direcciones similares a las que se formaron

durante el pre-Oligoceno (A. Ramírez E., Proyecto Papaloapan, Evaluación de Plays, ).

El grupo de evaluación de plays del Proyecto Papaloapan "B" ha dividido regionalmente el área en trends estructurales, para una rápida identificación de las estructuras y que definen los lineamientos principales(Fig.- 2).

El área que aquí nos ocupa se localiza dentro del *Trend Macuile-Arroyo Largo* (Fig.- 2), que es un anticlinal con orientación NW-SE formado principalmente en la segunda etapa de compresión del Neógeno; se caracteriza por ser una estructura anticlinal regional con cierre contra falla inversa.

Paleobatimétricamente, el Terciario de la cuenca va de nerítico externo (plataforma externa) a batial (abanicos de talud y cuenca), según los análisis de diferentes grupos de fósiles y estructuras sedimentarias observadas en núcleos y geometrías sísmicas (*Informe Técnico: Evaluación de Plays Amistad, Proy. Papaloapan, 2002*).

Durante el Plioceno inferior la sedimentación se caracteriza por la distribución de litofacies de arenas de flujos turbidíticos, representados por canales y lóbulos de abanicos, en los que se depositaron areniscas y lutitas; dichos flujos muestran una dirección preferencial de sureste a norte y noroeste (Fig.- 3) (Grupo Papaloapan "B").

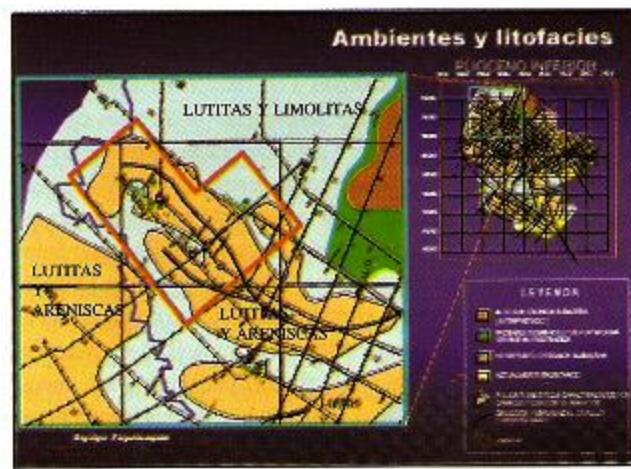
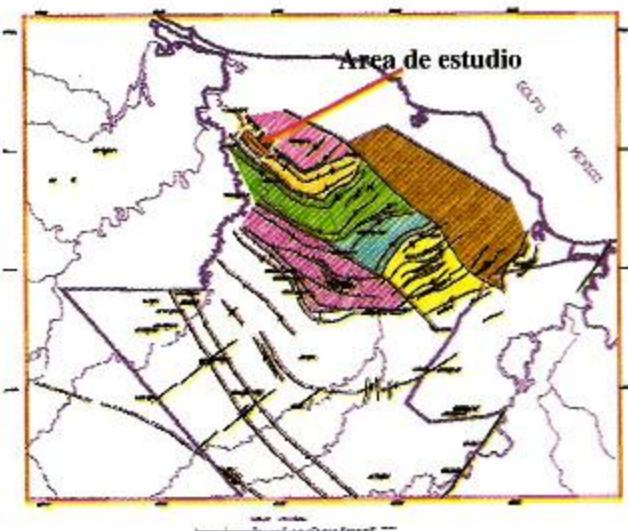


Fig.- 3 Distribución de litofacies del Plioceno Inferior.

Fig.- 2 Trends estructurales



## SISTEMA PETROLEO

El análisis Geológico-Geofísico-Geoquímico a detalle permite visualizar los elementos del sistema petrolero y determinar las condiciones que se conjugaron para lograr una acumulación de éxito exploratorio y comercial. En el año 2001 se realizó el modelado geoquímico para el área que abarca este estudio (L. Villanueva R. y J. Winterhalder).

En el análisis de los resultados obtenidos se encontró que la cuenca ha sufrido varios eventos de generación, migración y entrampamiento de diversos tipos de hidro-

carburos (aceite, gas y condensado) a través del tiempo geológico (Fig.- 4). Etapa de generación de 35 m.a a 25 m.a. para las rocas generadoras del Jurásico Superior y de 12 m.a. al presente para las rocas del Eoceno. Estas circunstancias sugieren que las trampas de la región podrían tener mezclas de hidrocarburos de varios orígenes (Tithoniano, Kimmeridgiano y Eoceno) y tipos (aceite y gas) y a diferentes tiempos (primero el aceite y luego el condensado y gas).

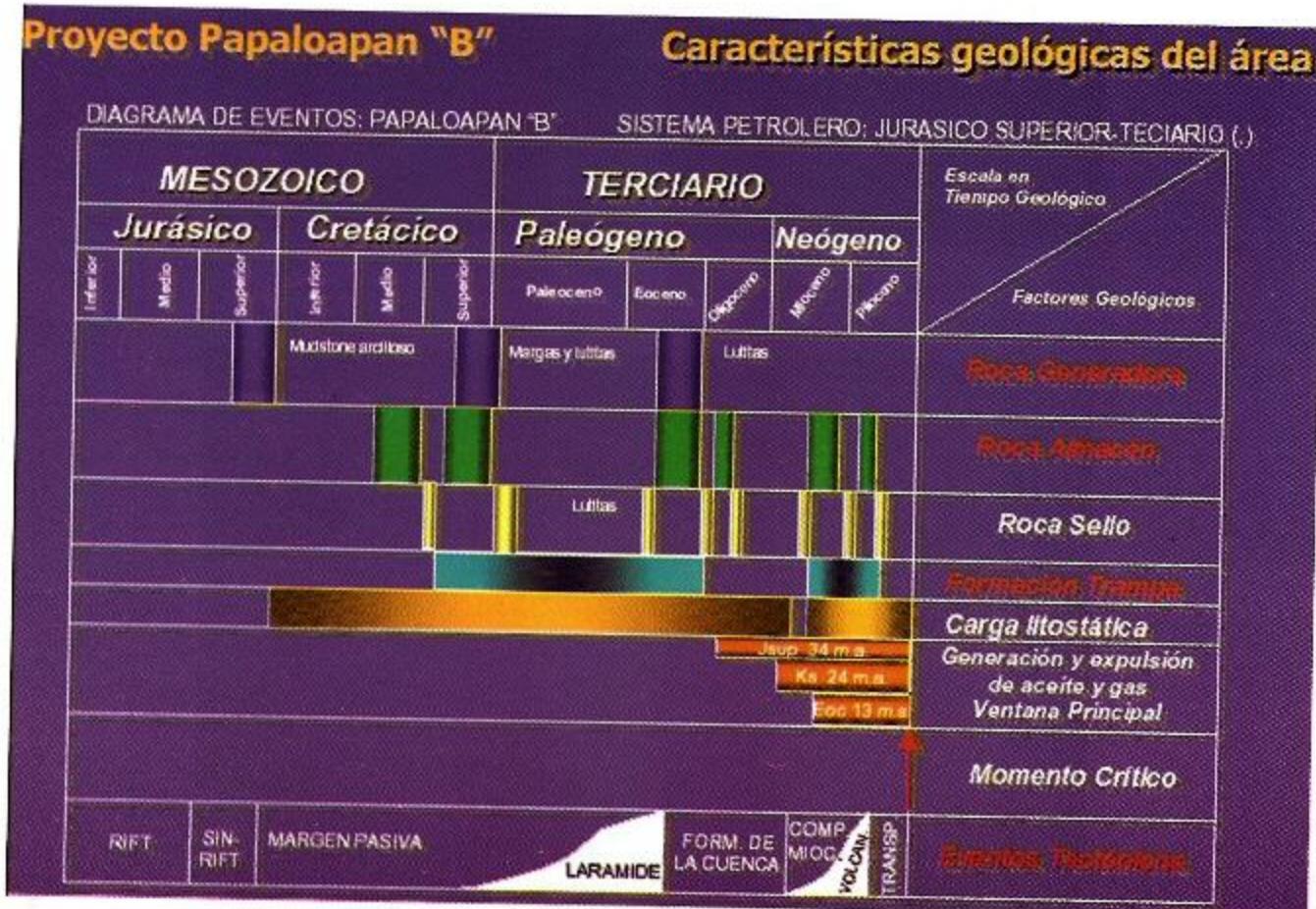


Fig.- 4 Diagrama de eventos del Proyecto Papalcoapan

## INTERPRETACIÓN SÍSMICA

La interpretación sismoestratigráfica se basa en el análisis cualitativo del carácter de los reflectores sísmicos, ya que estos son generados por contrastes en la impedancia acústica dentro del registro litológico y representan superficies físicas dentro de las secuencias sedimentarias.

La interpretación sísmica se realizó en estación de tra-

bajo, los resultados se presentan en mapas de atributos sísmicos de amplitud RMS de las Arenas 1 y 2, los cuales indican la distribución de facies sísmicas para cada una de estas, lo que permite inferir su significado geológico, como son las facies sedimentarias (Fig.- 5 y 6).

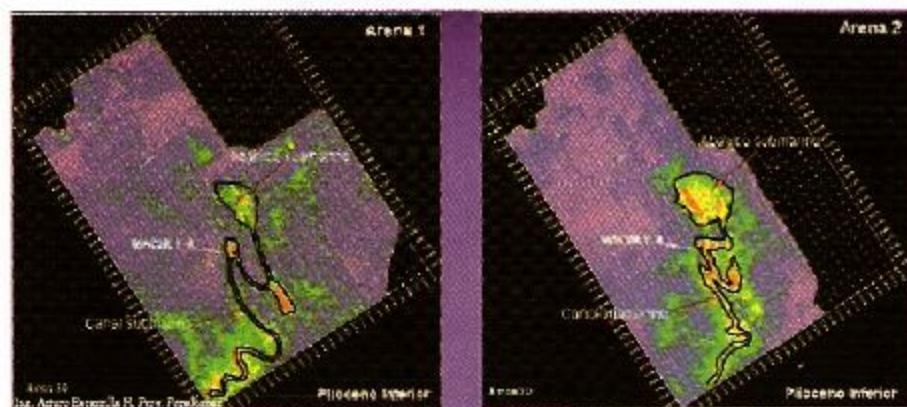


Fig.-5 Facies sísmicas de las Arenas 1 y 2

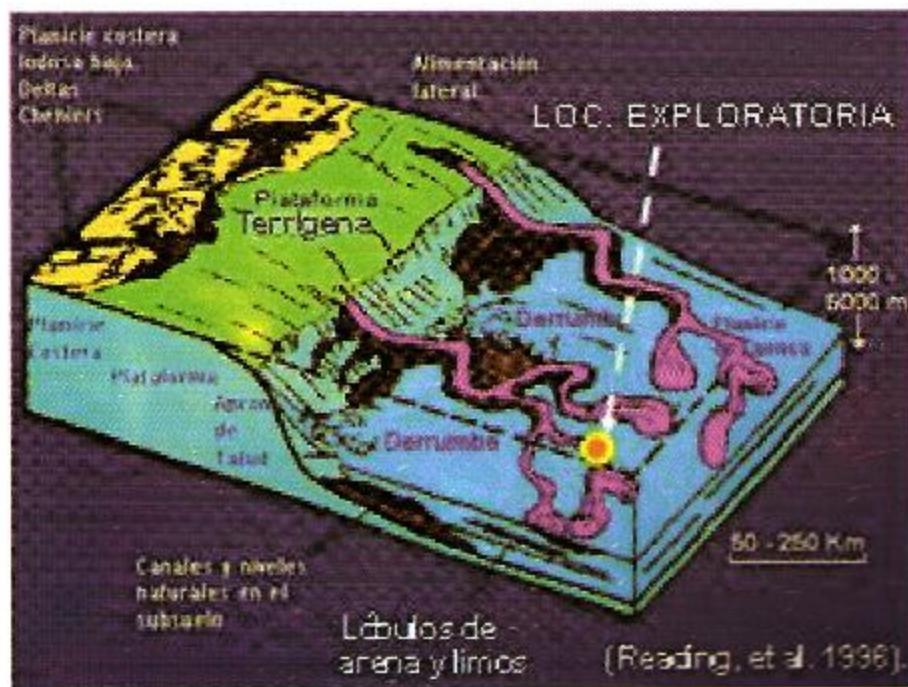


Fig.- 6 Modelo Geológico

Los parámetros de adquisición y la secuencia de proceso de los datos sísmicos que se interpretaron son los siguientes:

#### Los parámetros de adquisición

Técnica de levantamiento	Ortogonal
Tamaño del BIN (Inline-Crossline)	35 X 35
Distancia entre Fuentes de tiro (m)	70
Distancia entre Receptores (m)	70
Distancia Variable entre Líneas de Fuentes (m)	630
Distancia Variable entre Líneas de Receptores (m)	560
Número de Canales por Línea	108
Número de Líneas Receptoras	12
Número de receptores por Registro	1296
Arreglo de Geófonos	6 Lineal, 5 m. intervalo.
Número de Tiros por Salvo	8
Profundidad de Pozo (m) y Cantidad de Carga	24m. / 2 kilos / 1 kilo
Número de Líneas de Fuentes y Kilometraje Total	43 (671.160 Km. de 2 m ancho)
Número de Líneas de Receptores y Kilometraje Total	36 (782.46 Km. de 1m. de ancho)
Número de Puntos de Tiro Programa Original	8,568
Número de Puntos de Tiro Extensión	1,063
Número Total de Puntos de Tiro Estudio	9,631
Densidad de Puntos Tiro por Km <sup>2</sup>	23.33
Número Total de Estaciones Receptoras Prog. Original	9,630
Número Total de Estaciones Receptoras Extensión	1,584
Número Total de Estaciones Receptoras Estudio	11,214
Azimut de Líneas Receptoras (Punto Origen "A")	147 grados
Densidad de Estaciones Receptoras por Km <sup>2</sup>	26.39
Azimut de Líneas Fuente (Punto Origen "A")	57 grados
Apilamiento Máximo	36
Longitud de Registro	8 seg.
Área de Operación (XxY) (Km <sup>2</sup> )	424.94
Área de Perforación (Km <sup>2</sup> )	424.94
Área de Apilamiento Máximo(Km <sup>2</sup> ) Aprox.	299.00
Máximo Offset Máximo (m)	5008
Máximo Offset Mínimo (m)	793

## Proceso:

- Básicamente constó de la siguiente secuencia:
- Conversión de formato SEG-D a formato SEGY
  - Remuestreo de 2 ms a 4 ms
  - Arreglo geométrico y binning cell
  - Recuperación de amplitudes, divergencia esférica
  - Editado de trazas
  - Deconvolución impulsiva
  - Correcciones estáticas por elevación.
  - Velocidad de reemplazamiento: 2500 m/s.
  - Datum: 0 m
  - Análisis de velocidad .
  - Normal move out.
  - Filtros: 10-15-45-50 Hz.
  - Preapilamiento 3D.

## MÉTODO DE FACTIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA ANTES DEL APIALAMIENTO

Con la finalidad de realizar un estudio adecuado de las amplitudes sísmicas, generadas por las diferentes interfaces del subsuelo en función de sus impedancias acústicas, es necesario hacer una buena planeación del estudio, es decir, las especificaciones deben estar de acuerdo con el ó los objetivos del mismo, además se debe llevar un control de calidad adecuado de la operación de campo, el mismo control se debe tener en el procesado de los datos, para no alterar las amplitudes de la señal, ya que éstas se deben preservar, de la misma forma se debe analizar la factibilidad de la información sísmica para la posibilidad del estudio AVO.

Mencionaremos algunos de los factores físicos, de adquisición y procesado que se relacionan con la amplitud sísmica: a) en el caso de los fenómenos físicos tenemos transmisión, dispersión, absorción, múltiples intra capas, efecto de sintonía, zona de Fresnel, ondas convertidas y ángulo de incidencia; b) en el caso de la adquisición se tienen: intensidad de la fuente, acoplamiento de receptores, ruido coherente, ruido ambiental, arreglo de fuentes, detectores verticales, muestreo, rango del offset y el azimut.

En el procesado se debe tener cuidado en el residual NMO, filtrado FK, reducción de ruido, estáticas, DMO, ruido residual, migración y que no se aplique un AGC.

Para la realización de este trabajo se revisó la información de los *gathers* previamente procesados para este fin y a los cuales posteriormente se les aplicó el filtro de Radon, mediante el cual fue posible eliminar algunas frecuencias

indeseables sin afectar las amplitudes de los datos (comunicación personal Ing. R. Rocha). El análisis se puede realizar en *gathers* o bien en los *super-gathers*, esto dependerá de la complejidad geológica del área.

En este estudio se decidió emplear los *supergathers*, debido a que la señal obtenida en los *gathers* originales presentaba una señal más débil (comunicación personal Ing. R. Vila).

Como primer punto se convirtieron los datos de *offset* a ángulo, con el propósito de observar el comportamiento de las trazas de los *gathers* en función de los ángulos de incidencia. Posteriormente se importaron los datos de los horizontes interpretados y que corresponden con las cimas de las arenas productoras en el Campo Macuile (Arena 1 y 2), sin embargo el *software* también permite hacer el picado o bien modificaciones de los horizontes interpretados sobre los *gathers* apilados de la zona de interés.

Otro de los puntos importantes es la creación de la base de datos de los pozos, esto se refiere básicamente a los registros geofísicos de los pozos, dentro de los cuales los más importantes son densidad, velocidad onda P, velocidad onda S, resistividad, rayos gamma, porosidad y contar con un check shot o un perfil sísmico vertical (VSP).

## ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS CRUZADAS DE LOS REGISTROS GEOFÍSICOS

Debido a que la información sísmica debe reunir la calidad suficiente para el análisis de la variación de las amplitudes con la distancia, se considera necesario realizar previamente un estudio de factibilidad que permita verificar que los datos sean los adecuados y por consecuencia obtener resultados confiables.

Para realizar una correcta interpretación sísmica es necesario contar con pozos que proporcionen la mayor cantidad de datos de buena calidad, fundamentales para los análisis de AVO, ya que los registros geofísicos de pozos son el vínculo entre la respuesta sísmica, la litología y los fluidos del subsuelo.

Para correlacionar la variación de la amplitud de los diversos parámetros del AVO, con los registros del pozo en los intervalos productores, se empleó el sismograma sintético del Macuile DL-1 (Fig.- 7) (Arturo Escamilla Herrera, Proy. Papaloapan "B") y también se consideraron los datos del pozo Macuile-4 (Fig.- 8); se analizaron los intervalos productores del Pozo Macuile DJ-1 y se compararon con los resultados obtenidos en otros puntos cercanos al pozo y dentro del área de estudio.

La figura 9 muestra los datos de producción del pozo DL-1, indicando el intervalo probado y la magnitud de los parámetros petrofísicos correspondientes, también se marcan los intervalos propuestos.

El procedimiento se realizó para cada uno de los intervalos productores del pozo Macuile DL-1, con el fin de poder correlacionar estos datos con la respuesta de los diversos parámetros del AVO, y poder medir su magnitud (principalmente a la profundidad en donde el pozo indicó presencia de gas) y compararla con un sitio en donde el pozo no manifestó producción.

En la figura 9 se tienen los registros de rayos gamma y densidad, en la gráfica cartesiana se analizan dichas propiedades físicas, el cuadro marcado indica la región de valores bajos de densidad y rayos gamma, que corresponden con los intervalos de arena; el primer intervalo ya ha sido probado y se consideró productor de gas, los intervalos inferiores están propuestos para pruebas de producción.

La relación de velocidades  $\frac{V_p}{V_s}$  es un parámetro relacionado con las propiedades elásticas de las rocas,

entonces partiendo de mediciones de esta relación para arenas de alta porosidad con gas, los valores  $\frac{V_p}{V_s}$  tienden a ser muy bajos.

La grafica cartesiana elaborada a partir de los registros de rayos gamma y la relación de velocidades (Fig.- 10) marcan las zonas que presentan bajos valores y que son consideradas como zonas anómalas con posible presencia de gas.

En la figura 11 se tienen los registros de impedancia acústica y tiempo de tránsito de la onda S, cabe mencionar que el registro de impedancia acústica se calculó a partir del registro de densidad y el de velocidad de onda P; con estos registros se generó una gráfica cartesiana en la que se analizan estas propiedades físicas, de tal manera que los valores con baja impedancia acústica y valores intermedios de tiempo de tránsito (onda S) se marcaron con un cuadro de color azul y corresponden con los intervalos de arena de los registros, observándose una relación entre los valores seleccionados en el cross plot y el intervalo probado de la arena con gas (1699-1700).

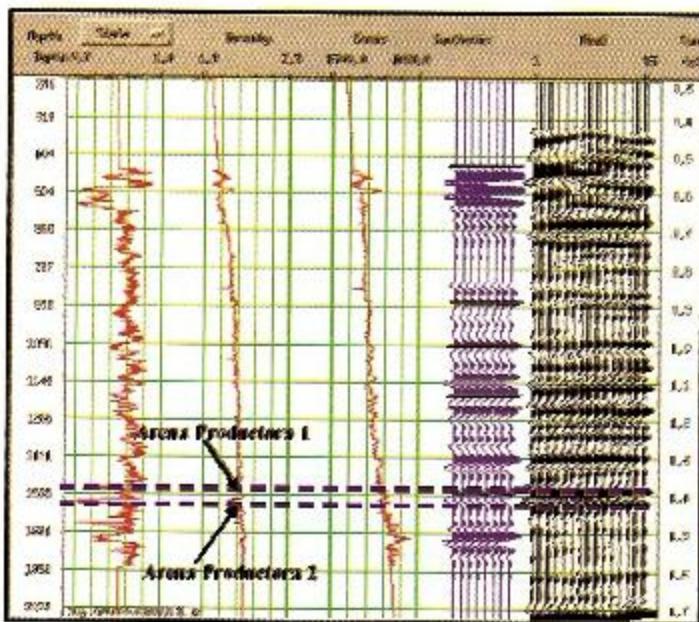


Fig.-7 Sismograma sintético del Pozo Macuile DL-1

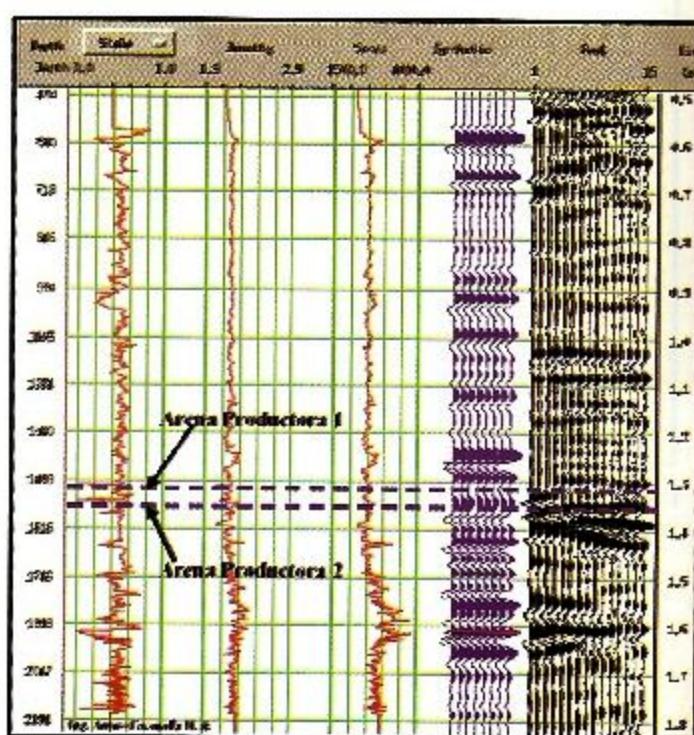


Fig.-8 Sismograma sintético del Pozo Macuile-4

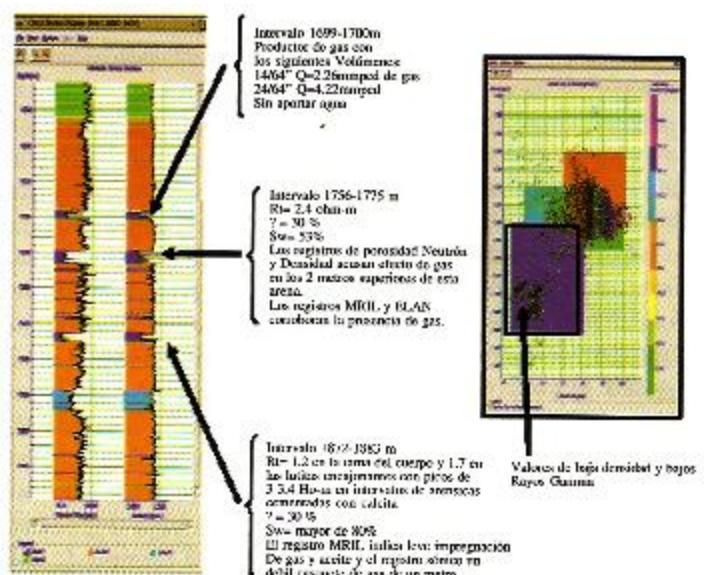


Fig.- 9 Registro de densidad y rayos gamma del pozo DL-1, enfatizando la presencia de arenas y arcillas, las flechas señalan los sitios propuestos para pruebas de producción y el intervalo probado.

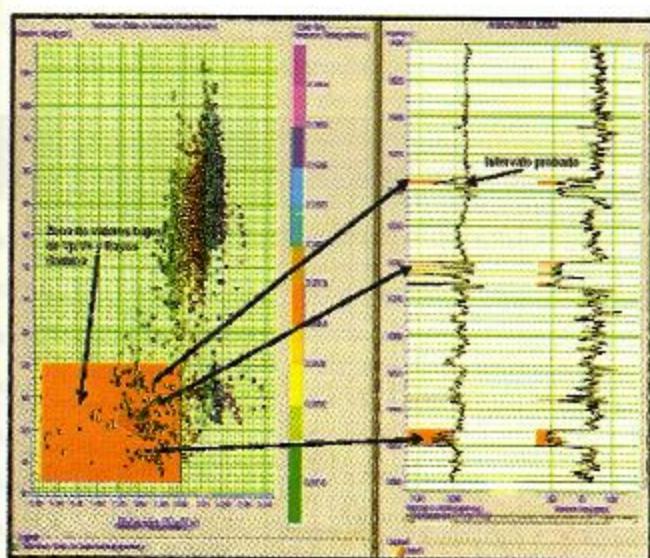


Fig.- 10 Registros geofísicos y grafica de Rayos Gamma y relación de velocidades (Vp/Vs)

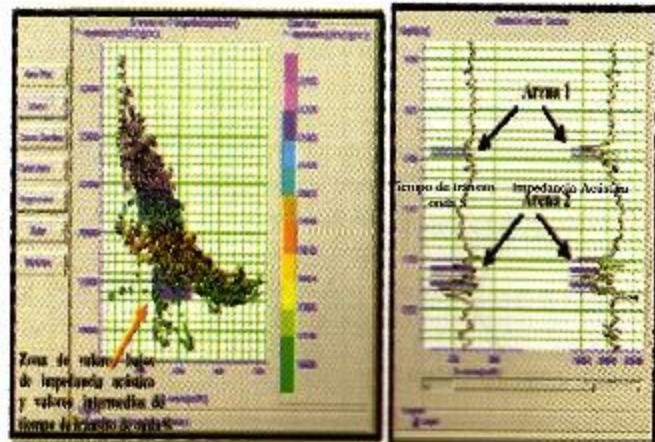


Fig.- 11 Gráfica Cruzada de la Impedancia Acústica con Tiempo de Tránsito Onda "S", a la derecha se muestran sus respectivos registros en el intervalo (1650-1800 m.) donde se encuentran las Arenas 1 y 2, en ellos se indican los intervalos marcados en la gráfica.

## ANÁLISIS DE AMPLITUD EN LAS DIVERSAS LITOLOGÍAS

El objetivo de este análisis consiste en conocer las variaciones de la amplitud antes del apilamiento en las diferentes litologías.

La variación de la amplitud contra el offset presenta diferentes grados de magnitud, dependiendo del sitio de la prueba, es decir, se procede a medir los valores de la amplitud de los eventos sísmicos en las litologías reportadas por los registros de los pozos, tales como arena con gas, arcilla, arena arcillosa.

A fin de cuantificar los diferentes grados de variación de amplitud contra el offset, se tomaron valores en el intervalo productor y en los intervalos propuestos del pozo Macuile DL-1, se compararon estos valores con respecto

a un fondo (background) de arenas sin gas y con un fondo de arcilla. La figura 12 presenta el análisis efectuado en el gather 5190 sobre el cual se ubica la intersección del pozo desviado y el objetivo, en él se observa que en el intervalo 1248-1260 ms que corresponde al intervalo de arena con gas (Arena 1), la amplitud aumenta muy ligeramente con la distancia, lo mismo ocurre para la Arena 2, estas dos arenas presentan resistividades de 3.7 ohms-m a 2.5 ohms-m y porosidades de 30%, sin embargo en la arena 3 la resistividad baja a 1.2 ohm-m y la saturación de agua es mayor a 90% (información proporcionada por el Ing. Ricardo Sandoval S.), esta arena presenta una misma polaridad positiva y decrece con el offset, este comportamiento de la amplitud difiere del que presenta la anomalia con gas en la Arena 1.

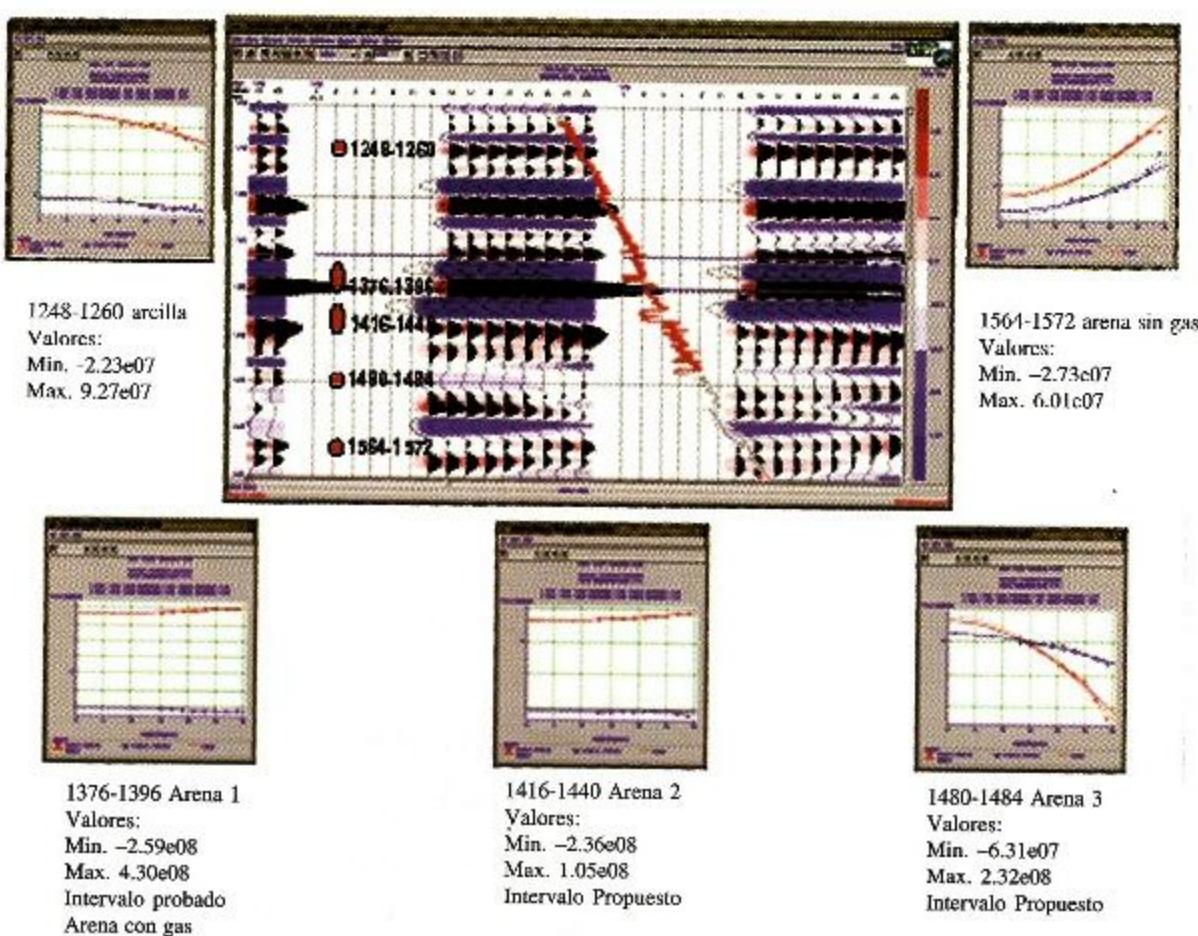


Fig.- 12 Análisis de la variación de la amplitud contra el offset en el pozo Macuile DL-1.

Posteriormente se tomaron valores de amplitud en el gather 5173 dentro del mismo intervalo productor para observar la continuidad de la zona anómala (Fig. 13), encontrando que hacia esta área se presentan valores más representativos de las variaciones de la amplitud contra la distancia (Fig. 14) , es decir presenta una magnitud de AVO más definida.

De este análisis se deduce que hay respuesta AVO en el intervalo probado, sin embargo, se manifiesta una respuesta más definida al SE del pozo sobre la misma inline, como se observa en la figura 14.

El mismo procedimiento de análisis se realizó en la Loc. Tajalate-1, cuya ubicación corresponde al gather 5364 (Fig.- 15), presenta variación de la amplitud en las arenas 1 y 2, es decir la amplitud aumenta con el offset, sin embargo en el gather 5360 presenta mejores valores para la arena 2 (Fig.- 16).

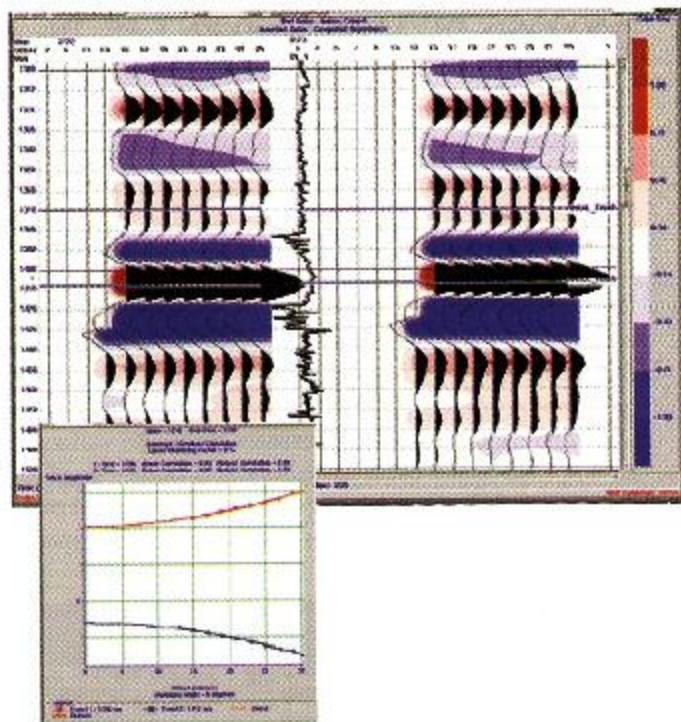


Fig.-13 Análisis en el gather 5173, en el cuál se observa claramente la variación de la amplitud.

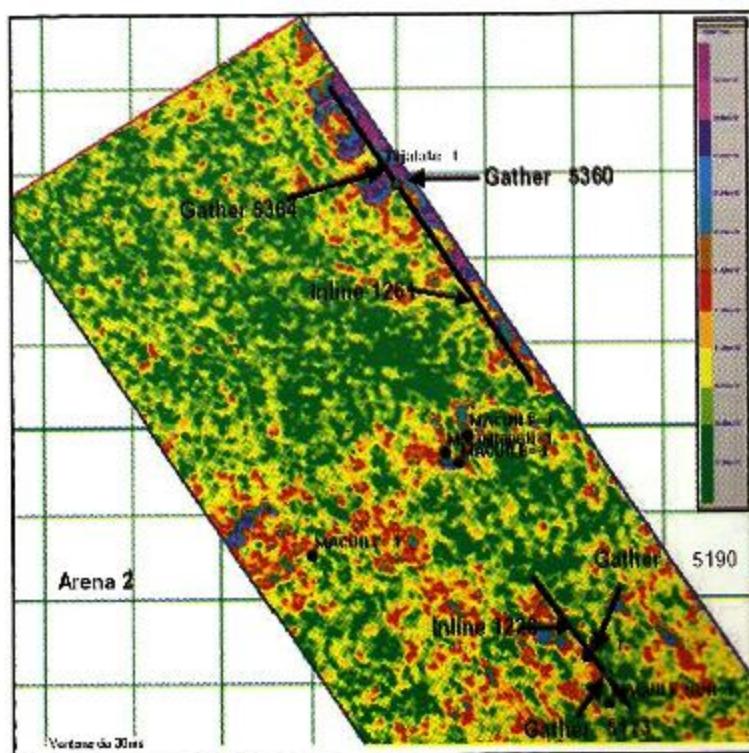


Fig.-14 Mapa de Gradiente que muestra los puntos de análisis de amplitud

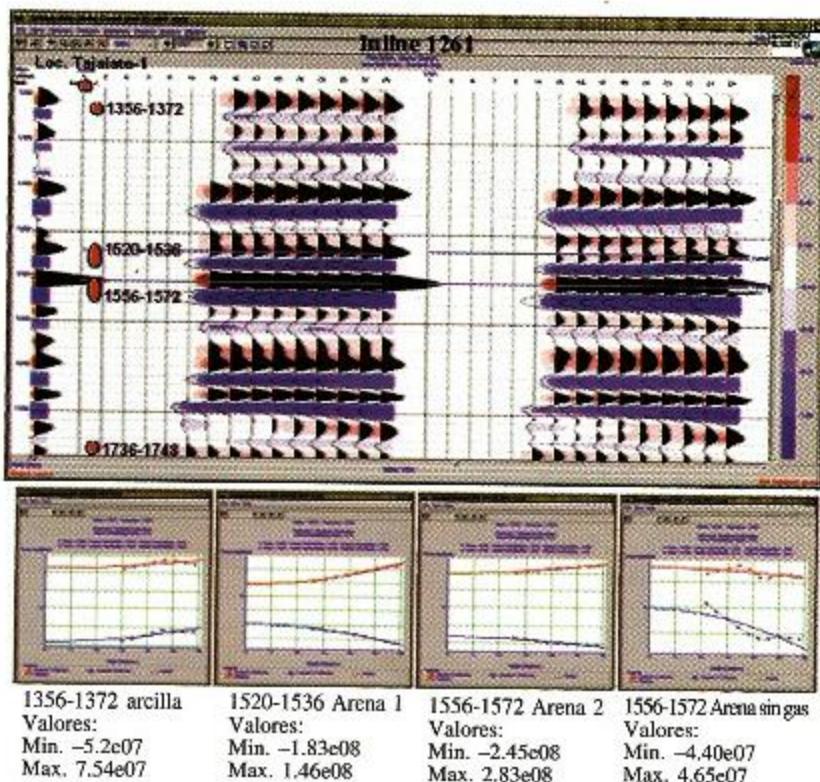


Fig.-15 Análisis de la amplitud contra el offset en el gather 5364 de la Loc. Tajalate-1.

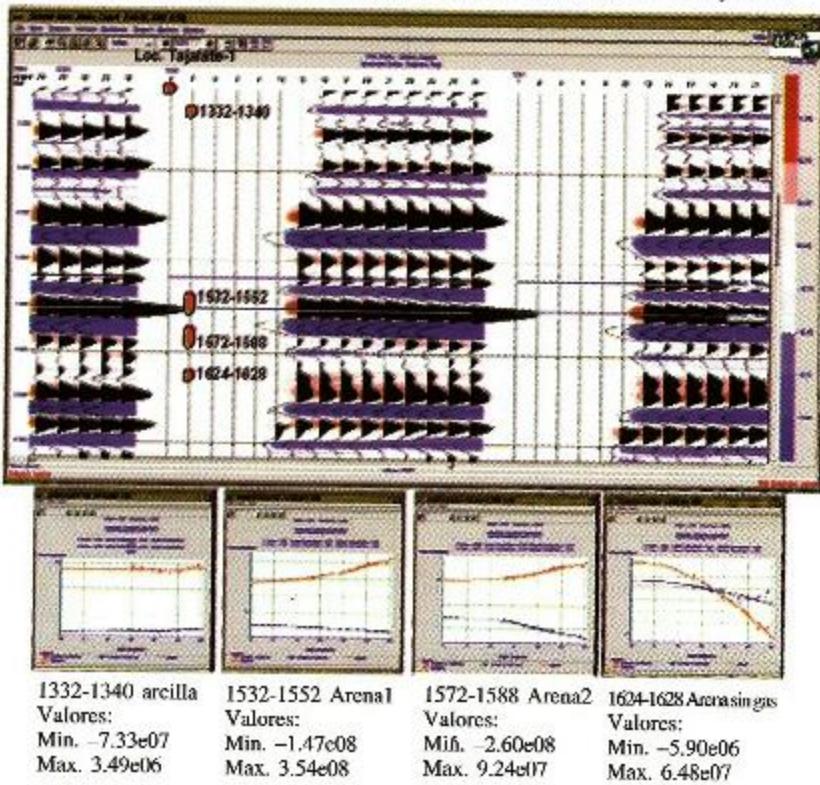


Fig.-16 Análisis de amplitud en el gather 5360, para la Loc. Tajalate, se observa un mejor incremento de amplitud para la Arena 2.

## ESTUDIO DE LOS ATRIBUTOS AVO

Ahora presentaremos algunos atributos del AVO en el pozo DL-1, para conocer la respuesta de la arena con gas, los atributos más comunes son el Gradiente, contraste de Poisson, contraste de Factor Fluido y la Reflectividad de la onda S. En estos atributos, de manera general, se pueden observar las características litológicas del subsuelo, es decir en las arcillas no hay respuesta de ningún atributo, en cambio en las arenas 1 y 2, que son el motivo de este trabajo, se observa que los atributos resaltan en las áreas en las que se ha confirmado la presencia de gas (pozos Macuile-4 y DL-1), aunque comparativamente las anomalías son más débiles en el DL-1, en estas secciones es posible apreciar otras anomalías, algunas de ellas corresponden a las localizaciones propuestas.

Los atributos se calcularon en todo el sub-volumen de datos seleccionados para el análisis (inline 1150-1266 y xline 5060-5420) (Fig. 17), eligiéndose una ventana con un intervalo de tiempo de 1000 a 2000 ms, que incluye el objetivo de exploración del Plioceno Inferior.

Del volumen del Gradiente generado, se desplegó la línea 1226 (Fig. 18) que pasa por el objetivo del DL-1, se observa que las anomalías más sobresalientes se localizan en la Arena 2; en la Arena 1 se observa una anomalía débil; en la posición de la xline 5187 y a un tiempo de

1530 ms se define una anomalía interesante, otra anomalía que se observa interesante sobre la misma sección es la de Macuiltepetl -1, en esta localización sobresalen las anomalías de las dos arenas que también fueron analizadas en conjunto con estos datos.

El atributo contraste de Poisson de la figura 19, presenta un resultado bastante similar al de Gradiente, ya que se observan casi en las mismas anomalías, tanto para

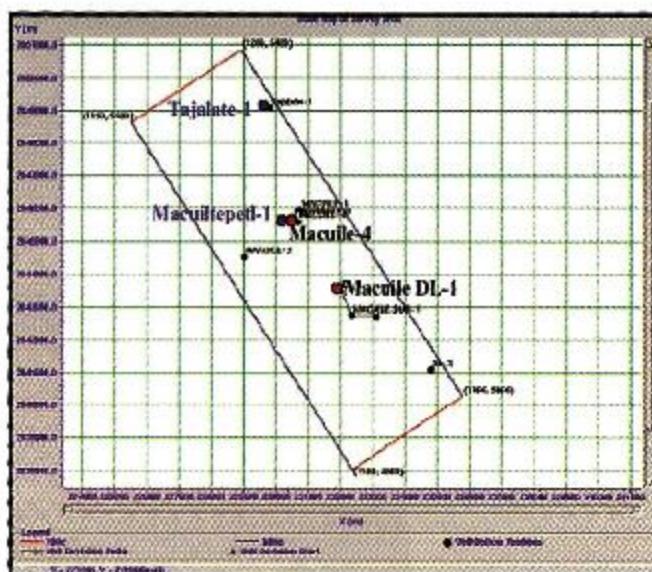


Fig. 17 Mapa base del área de trabajo

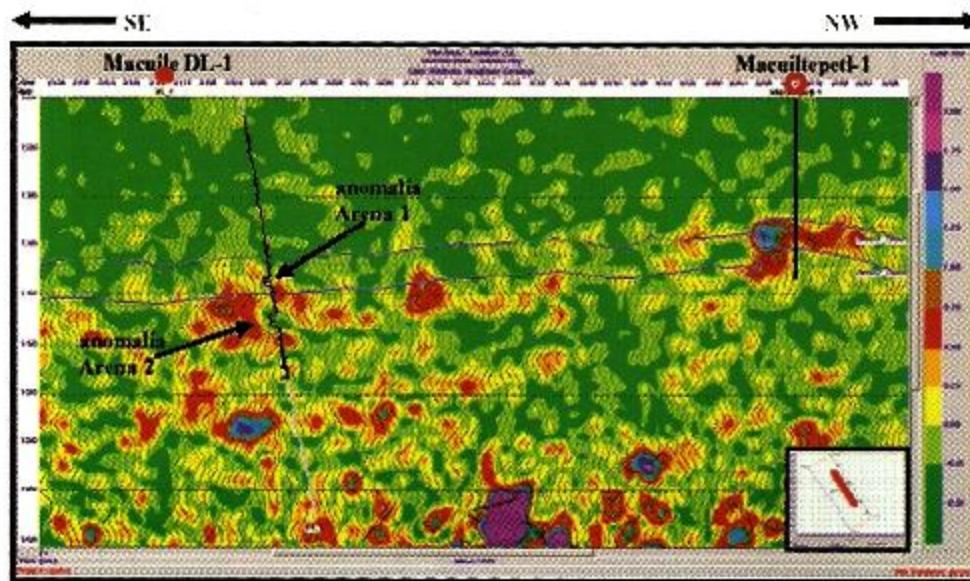


Fig.- 18 Gradiente del Macuile DL-1

el DL-1 como para la localización Macuiltepetl-1 siendo ligeramente más intensas en el atributo de Poisson.

En el atributo Factor Fluido (Figura.- 20), resaltan las mismas anomalías que los atributos anteriores y lo mismo sucede con el atributo de reflectividad de la onda S que se muestra en la figura 21.

Dentro de los atributos obtenidos en este estudio, resaltan algunas otras anomalías, sin embargo, aquí se analizaron principalmente las que fueron cortadas por el pozo DL-1, así como las que están ubicadas alrededor de este, de manera que el resultado obtenido en el intervalo productor presenta valores de menor magnitud que la ano-

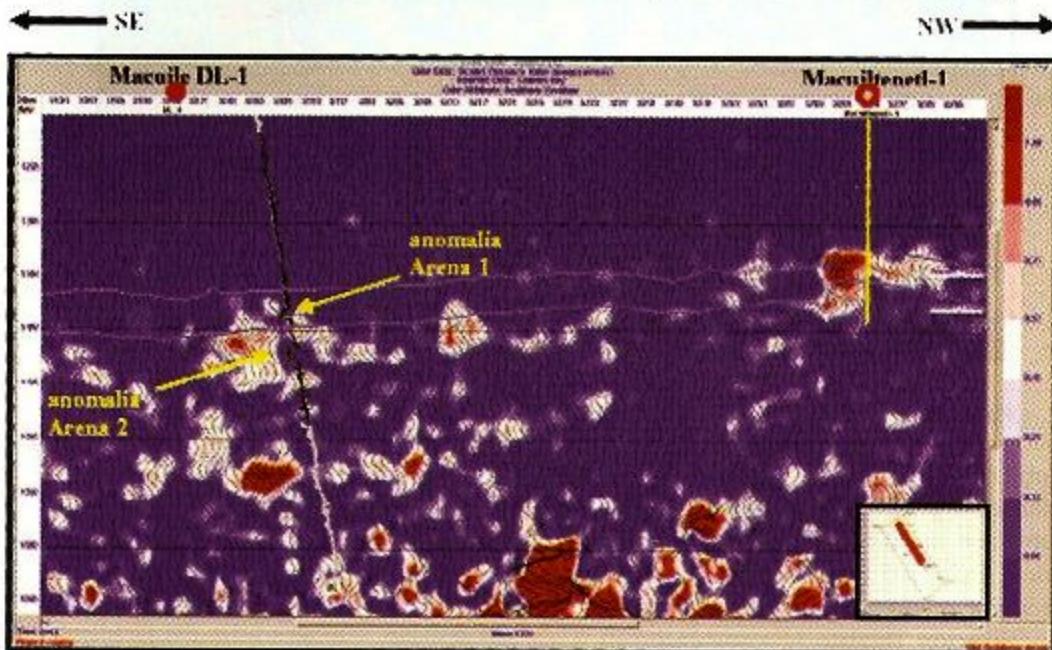


Fig.- 19 Contraste de Poisson del pozo Macuile DL-1

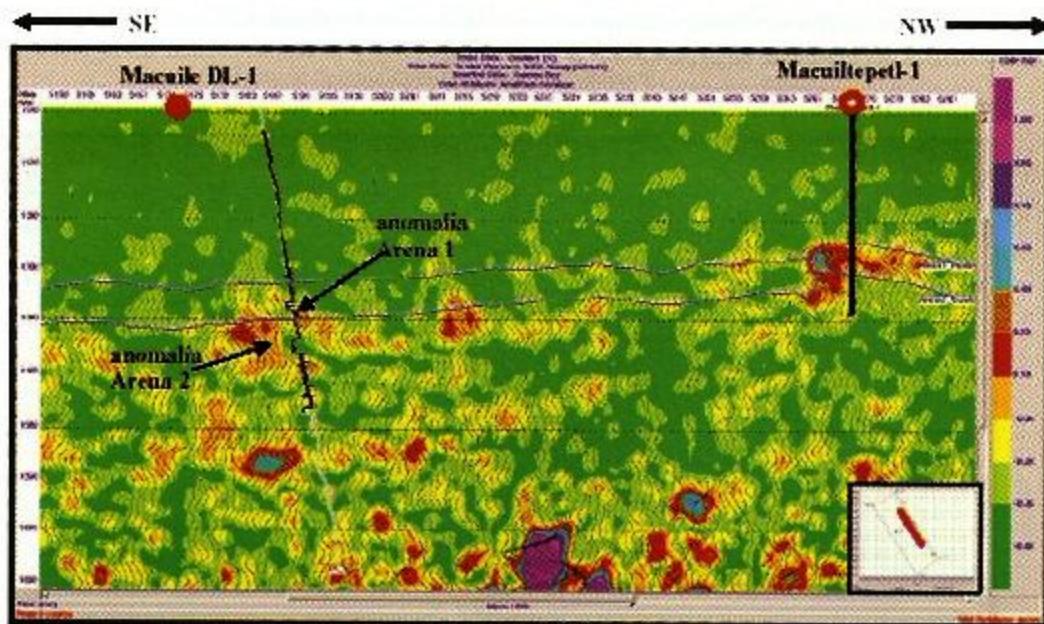


Fig.- 20 Factor Fluido del Macuile DL-1

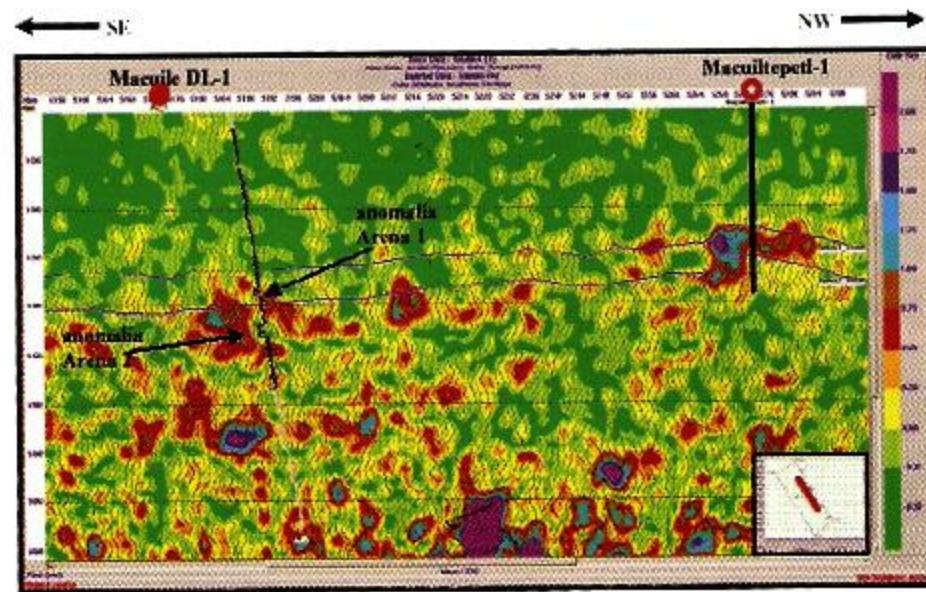


Fig.-21 Reflectividad de la onda S del Macuile DL-1

malía que se observa a 1530 ms. Por otra parte la localización Macuitlapetl-1 presenta buenas posibilidades ya que los atributos que se calcularon respondieron bien a las características litológicas con presencia de gas.

A continuación se revisaron los resultados de los atributos en la localización Tajalate 1, desplegados en la inline-1261 del atributo de Gradiente (Fig.- 22), aquí también se puede observar que resaltan las dos litologías: la zona de arcillas y la zona de arenas arcillosas; además se observa que las anomalías del gradiente en la porción NW

se concentran básicamente en la Área 2 y hacia el SE abarca a las Arenas 1 y 2, estas últimas presentan una posición estructural más alta (a 1460 ms) como se muestra en la figura 22.

En el contraste de Poisson, en Tajalate-1 se observan anomalías similares a las del Gradiente tanto en forma como en intensidad y posición, por lo tanto vemos que los cuerpos de arenas responden también a este atributo (Fig.- 23), los dos atributos restantes son el Factor Fluido (Fig.- 24) y la Reflectividad de la onda S (Fig.- 25) en

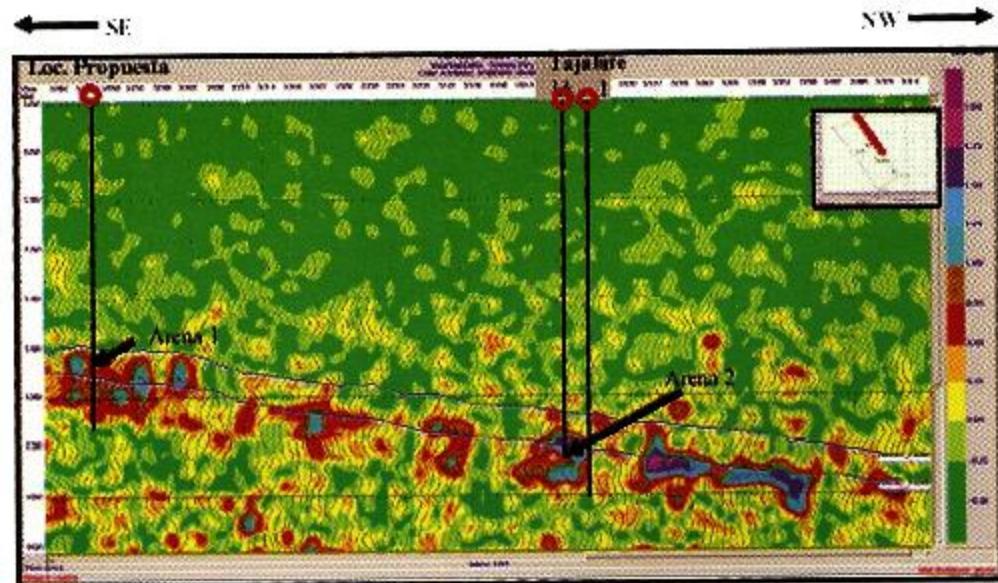


Fig.-22 Gradiente de la Localización Tajalate-1

estos dos se definen las mismas características que en los anteriores, sin embargo, en la Reflectividad de la onda S las anomalías son más intensas.

Como conclusión del análisis de los atributos en la localización Tajalate-1, se puede mencionar que se observa una estructura ascendente de NW a SE, en donde la Arena 2 presenta varios cuerpos anómalos dentro de los que resaltan dos anomalías por su tamaño e intensidad, la más profunda corresponde a la propuesta de la Localización Tajalate-1A, que es donde se presentan los valores más intensos del atributo; la siguiente anomalía con valo-

res altos del atributo se presenta en la parte más alta de la estructura y se propone como una nueva localización a la que se le ha denominado provisionalmente Loc. Propuesta (Fig.- 22 a la Fig.- 25), sin embargo es necesario una revisión ya que esta anomalía queda en el límite del área de estudio de este trabajo, pero no del volumen total del cubo Jimba.

Este análisis permitió identificar las principales anomalías de AVO dentro de las arenas del Plioceno Inferior, lo cuál es un indicativo de la factibilidad del AVO.

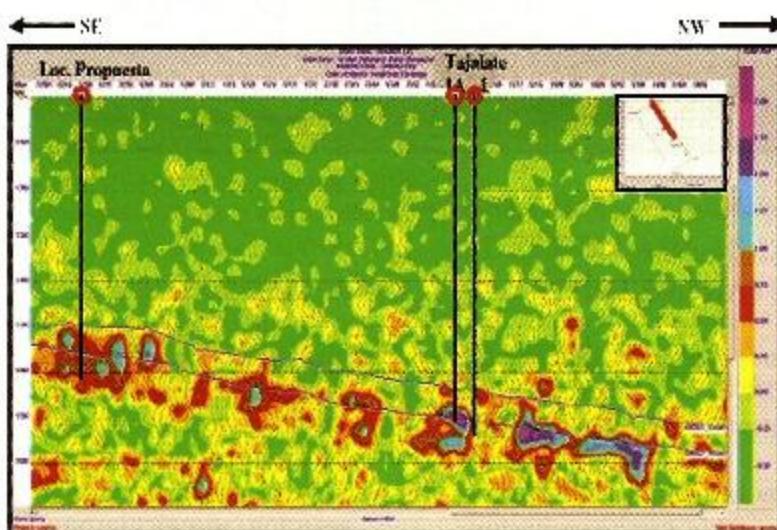


Fig.- 23 Contraste de Poisson de la Localización Tajalate-1

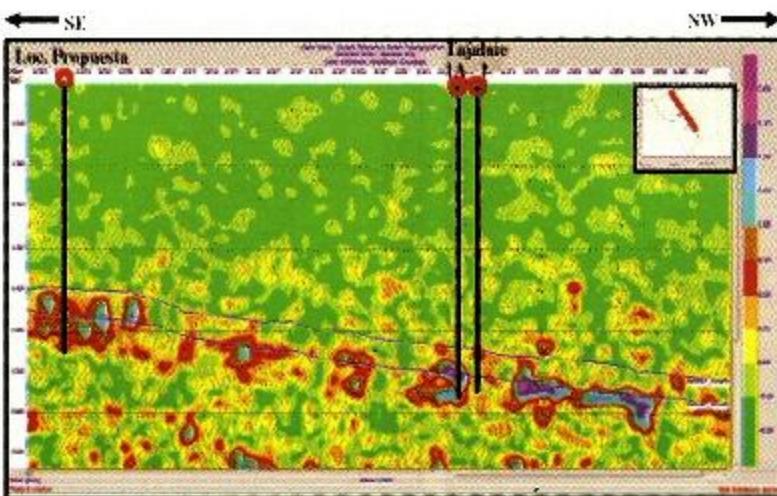


Fig.-24 Factor Fluido de la Localización Tajalate-1

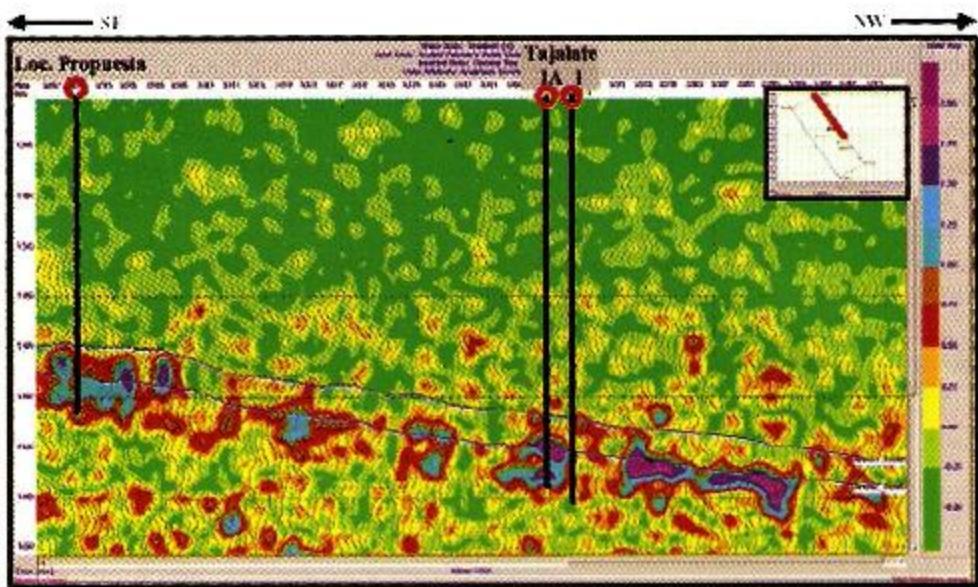


Fig.- 25 Reflectividad de la Onda S de la Localización Tajalate - 1

## CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS P Y G

Se analizaron los datos de tres oportunidades: Tajalate-1-, Macuitepet-1 y Macuile DL-3, sin embargo, aquí se presentaran los resultados obtenidos para la localización Tajalate-1.

Con el propósito de evaluar la localización Tajalate-1 con los atributos de AVO, se cuantificaron los parámetros P y G obtenidos en los pozos Macuile-4 y Macuile DL-1

que son productores de gas. En cada pozo se seleccionaron diferentes sub-volumenes para obtener los valores de P y G; puesto que se conocen las características de la columna litológica de los pozos, se escogieron tres diferentes posiciones, la primera fue en la zona arcillosa, la segunda en las arenas con gas y la tercera en arenas por debajo de las arenas productoras, en cada posición se calcularon los parámetros P y G generándose sus respectivos cross-plot y obteniéndose

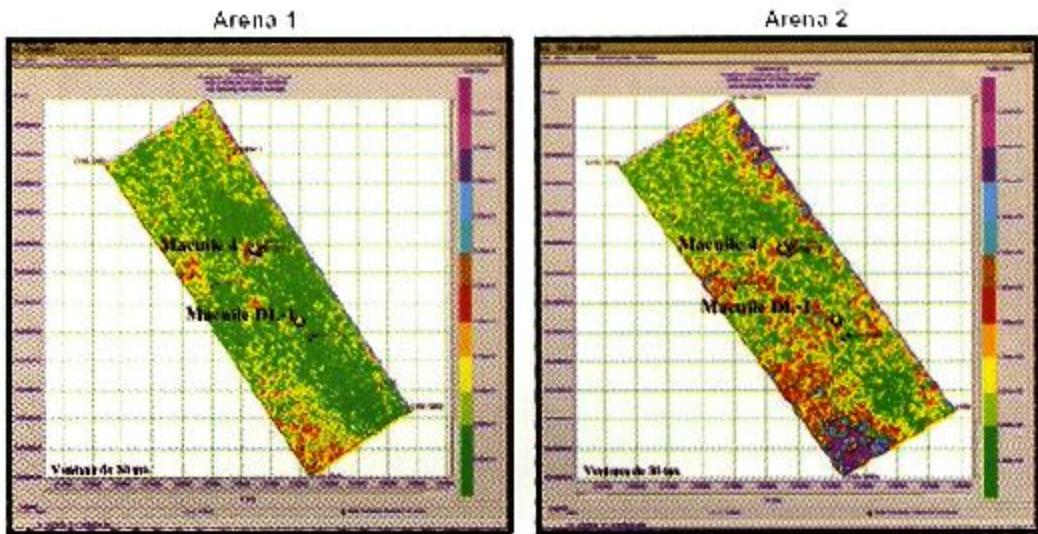


Fig.-26 Subvolumen del atributo G para las Arenas 1 y 2

de esta manera los valores de dichos parámetros en cada posición, para determinar el umbral anómalo correspondiente a la arena con gas.

En el análisis del pozo Macuile-4 se seleccionó para las arcillas una ventana de 29 inlines y 41 xlines con un espesor en tiempo de 100 ms, en las arenas con gas la ventana fue de 6 inlines y 8 xlines por 50 ms de espesor en tiempo y en las arenas con arcilla la selección fue de 7 inlines y 12 xlines por 70 ms., el criterio con el que se seleccionaron el número de inlines y xlines fue a partir de los mapas de gradiente calculados para cada una de las arenas productoras, considerándose entonces el tamaño de las anomalías obtenidas en estas dos superficies como se muestran en la figura 26.

En la figura 27 se muestran los cross-plot con los valores de G y P para la zona de arcillas y la zona de arenas arcillosas y la arena con gas (Arena 2) en el pozo Macuile-4.

Para el Macuile DL-1 se hizo el mismo análisis con las siguientes ventanas: para la arcilla se seleccionó una ventana de 21 inlines y 21 xlines por 100 ms, para la Arena 1 fue de 25 inlines y 26 xlines por 40 ms., para la Arena 2 la ventana fue de 21 inlines y 39 xlines por 60 ms, en la figura 28 se muestran los cross plot de este pozo.

A continuación se presenta una tabla con los resultados de los parámetros P y G, determinados en cada litología.

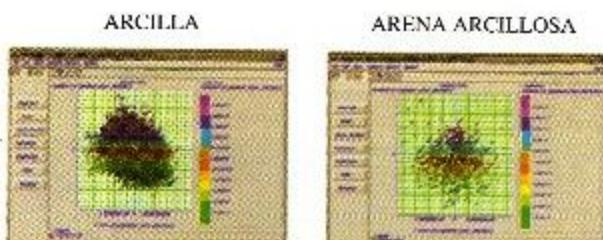
Pozo	Arcilla	Arena con Gas	Arena con Arcilla
	Máximo (G)	Mínimo (G)	Mínimo (G)
	Máximo	Máximo	Máximo
Macuile	$-4.45 \times 10^{11}$	$-1.97 \times 10^{12}$	$-7.73 \times 10^{11}$
4	$4.49 \times 10^{11}$	$1.76 \times 10^{12}$	$5.24 \times 10^{11}$
DL-1	$-4.38 \times 10^{11}$	$-1.1 \times 10^{12}$	$-7.87 \times 10^{11}$
	$4.46 \times 10^{11}$	$1.26 \times 10^{12}$	$6.80 \times 10^{11}$

Tabla 1.- Estimación del atributo G en diferentes litologías.

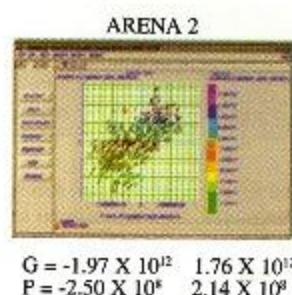
En la tabla-1 únicamente tomamos en cuenta la traza G debido a que consideramos que es la más representativa en el análisis, éstos valores posteriormente los utilizaremos para comparar los valores en el área de la localización de Tajalate-1 y de la localización Macuitlapetl-1.

## APLICACIÓN DEL UMBRAL G PARA DEFINIR ÁREAS DE INTERÉS

Con base en los rangos de variación de los atributos P y G definidos para cada una de las litologías cortadas por los pozos Macuile-4 y DL-1 y cuyos valores son

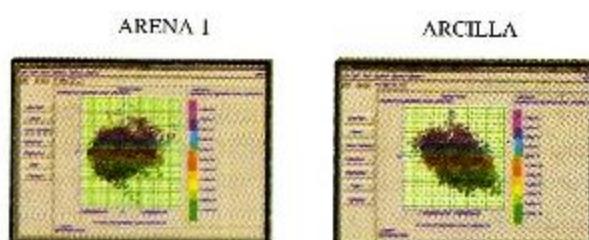


$$\begin{array}{ll} \text{ARCILLA} & \text{ARENA ARCILLOSA} \\ G = -4.45 \times 10^{11}, 4.49 \times 10^{11} & G = -7.73 \times 10^{11}, 5.24 \times 10^{11} \\ P = -3.58 \times 10^8, 2.27 \times 10^8 & P = -3.96 \times 10^8, 3.70 \times 10^8 \end{array}$$

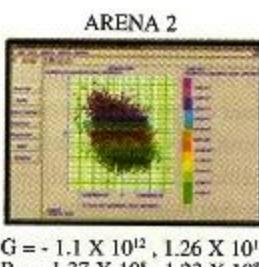


$$\begin{array}{ll} \text{ARENA 2} & \\ G = -1.97 \times 10^{12}, 1.76 \times 10^{12} & \\ P = -2.50 \times 10^8, 2.14 \times 10^8 & \end{array}$$

Fig.- 27 Graficas cruzadas del pozo Macuile 4 en diferentes litologías para definir el umbral de G y P



$$\begin{array}{ll} \text{ARENA 1} & \text{ARCILLA} \\ G = -8.10 \times 10^{11}, 7.09 \times 10^{11} & G = -4.38 \times 10^{11}, 4.46 \times 10^{11} \\ P = -1.2 \times 10^8, 1.51 \times 10^8 & P = -7.53 \times 10^7, 6.54 \times 10^7 \end{array}$$



$$\begin{array}{ll} \text{ARENA 2} & \\ G = -1.1 \times 10^{12}, 1.26 \times 10^{12} & \\ P = -1.37 \times 10^8, 1.23 \times 10^8 & \end{array}$$

FIG.- 28 Gráficas cruzadas del pozo Macuile DL-1 en diferentes litologías para definir el umbral de G y P

mostrados en la tabla 1, se buscaron las zonas de umbrales anómalos (arenas con gas) con base en la generación de cross-plot para cada una de estas litologías utilizando los valores del atributo G, ya que es el que define las variaciones de la amplitud con la distancia.

Para identificar las zonas de los umbrales anómalos se generó un subvolumen del área de estudio, con una ventana de 200 ms, centrados con respecto al horizonte de la Arena 2 (figura 29), con este volumen se generó un cross-plot en donde se marcaron con color azul la base de las arenas con gas y en color magenta los valores que definen la cima de estas, con el propósito de ubicar en la sísmica estos resultados se generaron secciones a partir de estos cross-plot, en estas secciones se marcan, con los colores correspondientes, las zonas que representan a los umbrales anómalos de interés (arena-gas).

En la inline 1226 de la figura 30, se ubican el área donde el pozo Macuile DL-1 corta los objetivos perseguidos y en el centro de esta misma sección se ubica la localización Macultepetl-1. En esta misma figura se presentan dos secciones, en la sección superior se presentan los valores que caen dentro del rango de umbrales anómalos para las arenas con gas; la sección inferior corresponde a una sección del atributo G.

El pozo Macuile 4 se localiza en la inline 1228, en la figura 31, en la sección de umbrales anómalos se observa la correlación de la zona de arenas con gas que se encuentra en el bloque bajo de la falla, pero además resalta también la zona donde se encuentra la localización Macultepetl-1.

Por consiguiente, es recomendable considerar la posibilidad de testificar esta localización, ya que corresponde con un umbral anómalo aún mejor que los que se observan en los pozos Macuile-4 y DL-1.

La figura 32 corresponde a la inline 1261 en la que se encuentra la localización Tajalate-1, en ella se observan las zonas que corresponderían con los valores de las zonas anómalas de las arenas con gas que se encuentran distribuidas a lo largo del flanco de una estructura.

Analizando los valores anómalos que se presentan en los objetivos de la localización Tajalate-1 (inline 1261 y xline 5364), se observa que la trayectoria programada pasaría entre dos anomalías, sin embargo en la xline 5360 sobre la misma inline, los valores de umbrales anómalos son más evidentes. Así mismo, sobre esta inline, en la parte más alta de la estructura se presenta otra anomalía, en el cruce con la xline 5287, esta presenta valores anómalos atractivos y además se ubica en una posición estructuralmente favorable.

Durante la revisión del mapa del Gradiente calculado (Fig.- 29) y comparándolo con el mapa de atributo RMS con el cual se interpretaron los modelos de facies (Fig.- 5, del tema de Interpretación Sísmica), permitió inferir

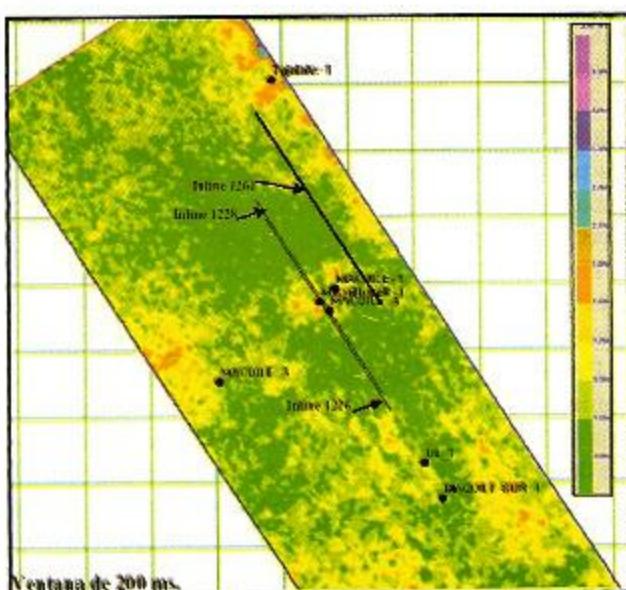


Fig.-29 Subvolumen del atributo G

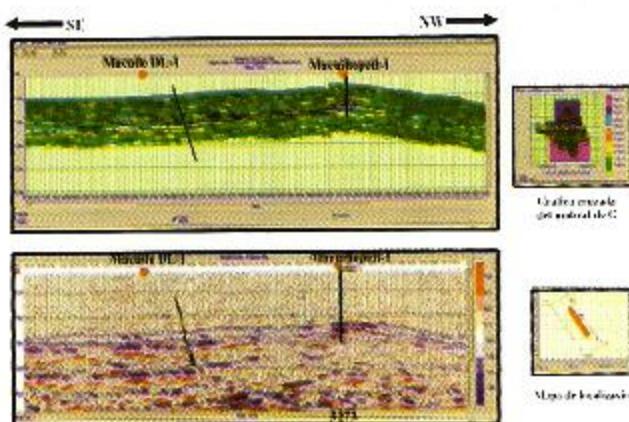


Fig.- 30 La sección superior (Inline 1226) muestra una ventana de 200 ms en la que se observa la cima y la base de las arenas con gas (magenta y azul) de acuerdo al umbral obtenido en G, en la inferior se presenta la misma sección completa mostrando el atributo G.

que la posición de estas localizaciones se ubica dentro de las arenas que corresponden al lóbulo de un abanico submarino.

Desafortunadamente la mayor parte de la estructura sedimentaria queda fuera de los límites seleccionados en

el estudio, por el momento no es posible obtener mayor información, por lo tanto se sugiere que el estudio se efectúe posteriormente sobre un subvolumen que cubra la zona de interés.

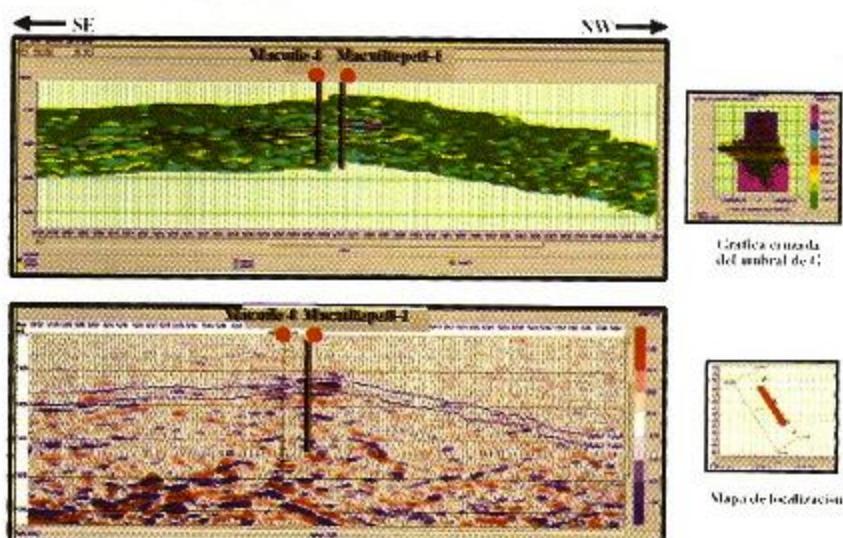


Fig.- 31 La sección superior (Inline 1228) muestra una ventana de 200 ms en la que se observa la cima y la base de las arenas con gas (magenta y azul), la sección inferior es la misma pero completa, ésta presenta el atributo G.

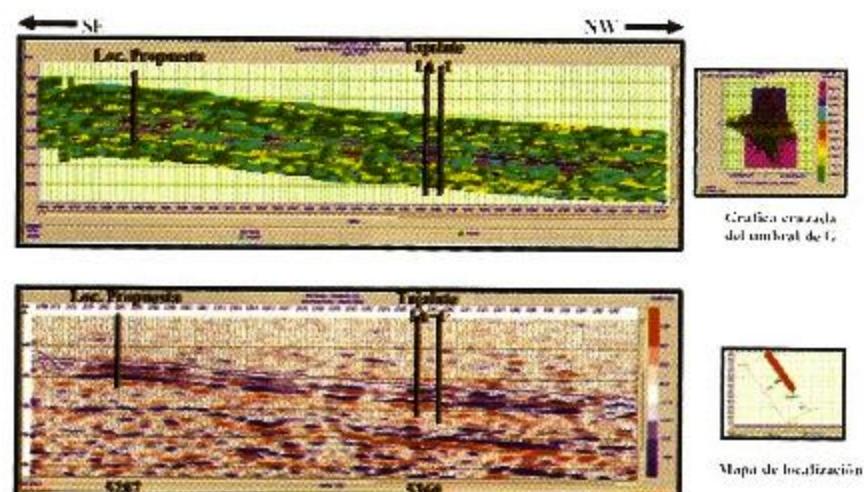


Fig.- 32 La sección superior (Inline 1261) muestra una ventana de 200 ms en la que se observa la cima y la base de las arenas con gas (magenta y azul), la sección inferior es la misma pero completa, ésta presenta el atributo G.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los registros geofísicos de los pozos son una parte fundamental en el análisis del AVO puesto que son el vínculo entre la sísmica y los parámetros geológicos.
- Es importante analizar el comportamiento de las amplitudes en función de la distancia (fuente-receptor) con el propósito de establecer la factibilidad del estudio de AVO.
- Con el cálculo de los atributos AVO se resaltaron zonas anómalas contenidas en las Arenas 1 y 2 de talmanera que esto permite enfocar los estudios de exploración.
- Los atributos del AVO fueron calibrados con los pozos Macuile 4 y DL-1 con la finalidad de establecer los Umbrales para cada litología sobre todo para la arena con gas, que sirvieron como base para definir las zonas más probables de hidrocarburos.
- Con el análisis efectuado se considera que las arenas con gas son de impedancia acústica baja y de acuerdo con el análisis del atributo AVO, estas arenas corresponden a una clasificación de arenas tipo III (según Rutherford).
- Con el análisis de amplitud y de los atributos del AVO, se encontraron valores atractivos cercanos a la localización Tajalate-1.
- De acuerdo a los resultados de AVO obtenidos, es probable que la anomalía presente en la inline 1262 y xline 5287 pueda proponerse como un prospecto, sin embargo se recomienda completar el estudio, ya que esta anomalía quedó cerca del límite del subvolumen estudiado.
- La localización Macultepec-1, presenta buenas posibilidades ya que los atributos que se calcularon respondieron bien a las características litológicas con presencia de gas.
- De acuerdo con las zonas de interés establecidas por medio de los Umbrales se puede establecer con mayor precisión la ubicación de las localizaciones, sin embargo es muy conveniente trabajar con ventanas de estudio reducidas, que incluyan casi exclusivamente dichas zonas.
- Se identificaron y definieron variaciones de amplitud en zonas de arenas con gas, de los pozos Macuile-4 y DL-1.
- El cálculo de los atributos AVO debe ser aplicado y enfocado a zonas de interés más específicas con objetivos de exploración, a fin de estudiar las amplitudes que están relacionadas con acumulaciones de hidrocarburos, de tal manera que posteriormente estos valores puedan ser extrapolados al volumen total del cubo que se este trabajando.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alistair R. Brown ( ), Interpretation of the three-dimensional Seismic Data, AAPG, SEG, Tulsa Oklahoma, U.S.A.
- Castagna J., Curso UNAM, Análisis AVO.
- Brandi P. J., Análisis de Datos Sísmicos antes del Apilamiento (AVO) en la exploración y producción de yacimientos petroleros, PEMEX-UNAM.
- Escamilla H. A., 2002, Curso Jimba 3D, Proyecto de Evaluación Papaloapan "B", Pemex Exploración y Producción.
- Escamilla H. A., 2000, El análisis sismoestratigráfico una herramienta para la definición de modelos geológicos y trampas de hidrocarburos, Publicación de Julio AMGP, Delegación Coatzacoalcos.
- Estudio Amistad, Evaluación de Plays, Informe Técnico Inédito, Proyecto Papaloapan "B", Activo Salina del Istmo. Pemex Exploración y Producción.
- Guzmán V. M. A., Holguín Q. N., 2001, El concepto de Sistema Petrolero y la Geoquímica Orgánica en México, Boletín AMGP, vol. XLIX, num. 1-2.
- Estudio Sísmico de Reflexión Tridimensional Jimba 3D, 2000, Informe Técnico Inédito, Cía. PGS Mexicana, S. A. de C.V., Pemex Exploración y Producción.
- Garotta P., 2000, Shear Waves from Acquisition to interpretation, SEG.
- Jimba 3D, Lithseis Project, 2003, Informe Técnico, Pemex - eSeis., Pemex Exploración y Producción.
- L. Allen, J., P. Peddy C., 1999, Amplitud variation with offset: Gulf Coast Case Studies, Geophysical Developments Series, Volume 4.
- León I. F. J., Variación de las amplitudes con respecto a la distancia, AMGP, Gerencia de Exploración Región Norte, Residencia de Exploración Veracruz.
- P. Castagna J., M. Backus M., 1999, Offset-Dependent Reflectivity-Theory and Practice of AVO Analysis., Society of Exploration Geophysicists.
- Pereznegrón I., 2001, Interpretación Sismoestratigráfica del área la Central, Tab., Tesis de Maestría, Facultad de Postgrado UNAM.
- Proyecto Cuencas Terciarias del Sureste y Área Marbella, 1994, Informe Técnico Inédito, Pemex Exploración y Producción-BP Exploration.
- Russell B., Fountain T., (2002), Curso UNAM. Software Hampson & Russell.
- Zozaya S. R., Maldonado L. M., Ramírez E. A., Estilo Estructural del Cinturón Plegado de Catemaco, Publicación AMGP, Exploración y Producción.
- Valdés L O. G., 1999, Reactivación Petrolera de la Cuenca de Veracruz, Publicación AMGP, Delegación Veracruz, Pemex Exploración y Producción.
- Villanueva R.L., Winterhalder J., 2001, Modelado Geoquímico, Informe Técnico Inédito, Pemex Exploración y Producción-Braida Garth Pty. Ltd.



## Feasibility Study to put in to practice the AVO Method At the Jimba Seismic Cube

\*Ma. De Lourdes Gutiérrez Galicia\*, Jose Gutiérrez y Acosta\*\*, Juan Brandi Purata\*\*\*

\**Activos Salina del Istmo PEMEX Exploración*, \*\**Instituto Mexicano del Petróleo Geofísica de Exploración*,

\*\*\**PEMEX, UNAM-DEPFI*

### ABSTRACT

The current study constitutes part of the process of interpretation and analysis of the seismic amplitude before the stacking (AVO); therefore, it was selected an area of Macuile Field, located on the south-central part of the Veracruz basin, the field is presented over a structure with potential of hydrocarbon proven on sands from the Low Pliocene, the analysis of these sands permitted to establish a relation with other areas with similar seismic characteristics which may be considered as possible reservoirs.

In this work it was performed a feasibility study to analyze the attributes of the AVO at the Jimba seismic Cube, for that purpose it was necessary to count on the gathers, which permitted to establish a range of the variations of the amplitudes versus the distance; another information used, was the geophysics registers from the wells, which besides working as a link with the seismic allowed to establish an interrelation among the petrophysical characteristics of the sands with gas; also it was used the interpretation of the tops of the productive sands on which this study is focus on.

From the results obtained at the analysis of the productive sands cut by the wells Macuile-4 and DL-1, the anomalous thresholds of the attributes of the AVO (P and G) were obtained. These thresholds were put in to practice at the proposed areas for Tejalate-1 and Macuitepetl locations, finding interesting values from the AVO answer at the anomalies close to the Tejalate-1 proposal; about Macuitepetl 1 proposal, this one presents very attractive characteristics on its AVO, as well as in its dimension attributes, comparatively with the anomalies presented at the gas sands cut by the Macuile-4 and DL-1 wells.

### INTRODUCTION

The current tendency at the oil industry is lead to multidisciplinary works for the study of reservoirs at combined traps (stratigraphical-structurals), therefore exists a great interest in joining with accuracy the seismic data.

The seismic stratigraphy intends to determine the coastal and stratigraphical relations through the quantitative and qualitative analysis of the seismic reflections registered at the surface.

This discipline, integrated with the geological, biostratigraphical and paleobathymetric data, allows to infer facies models and geological

models, as well as to identify structural traps, stratigraphic or combined.

With the Seismic it is possible to monitor the oil reservoirs by analyzing the amplitude, the phase and the frequency of the seismic trace. The AVO analysis is one of the tools that you can count on to develop this kind of works, because through this study you can immediately infer changes on the petrophysical properties of the rocks related to the coastal variations and the content of fluids.

At this study, the biostratigraphic results, the wells registries, lithofacies maps and sedimentary environments were taken as the basis for the AVO seismic interpretation carried out by Project Papaloapan Work Team "B".

## OBJECTIVE

With the development of this work there are two goals to achieve:

a) Technical Objective.

To identify and define the variations of the amplitude respect to the distance (AVO) of Las Arenas 1 and 2, hydrocarbon producers at the sand sequence of the Low Pliocene at the Macuile Field, as part of the calibration techniques of the productive areas of the Jimba Seismic Cube. As well as to identify the sites where these sand bodies meet similar characteristics to be considered as exploratory opportunities.

b) Academic Objective.

To propose a methodology for the AVO feasibility study.

## LOCATION OF THE AREA

The Jimba 3-D Study, is located at the south-east part of the state of Veracruz, at the terminal basin of the Papaloapan River, with the flowing of the rivers San Juan, San Agustín y Tesechoacán (Figure 1). This three dimension study cover a total area of 424.94 square kilometers and it is located at the south of Lerdo de Tejada City, it is delimited by the following coordinates (UTM Central Meridian 93):

X (m)	Y (m)
229,105.00	2,033,410.00
245,575.00	2,044,110.00
231,082.00	2,052,035.00
237,664.00	2,056,285.00
224,556.00	2,062,050.00
214,684.00	2,055,630.00

In this 3D study it is located the Macuile productive structure which presents a high economic interest, therefore the area which covers this study stays delimited as follows:

INLINE	XLINE	X (m)	Y (m)
1150	5630	221488	2054780
1266	5630	224909	2056980
1266	5000	236908	2038480
1150	5000	233493	2036270

Covering an area of 89.52 square kilometers, inside this area are located the wells Macuile-1,3,4 Sur-1, Macuile DL-1 and DL-2, which constitute the Macuile Field. Also inside these coordinates are located the location proposals: Macuile DL-3, Macuiltepetl-1 and Tajalate-1, which objectives are Las Arenas 1 and 2, producers at the Macuile -4 well; in this work we will mention mainly to the locations Tajalate-1 and Macuiltepetl-1.

On a geological point of view the area of study is located in the so called Veracruz basin, which is limited north-east by the Neovolcanic line, to the south-east by the Salina del Istmo Basin and the Volcanic Complex of Los Tuxtlas, to the west by the Tectonic Front (Cordoba Platform) and to the east by the Gulf of Mexico. The oil basin of Veracruz covers the south central portion of the state on the same name, with an approximate area of 38,200 square kilometers.

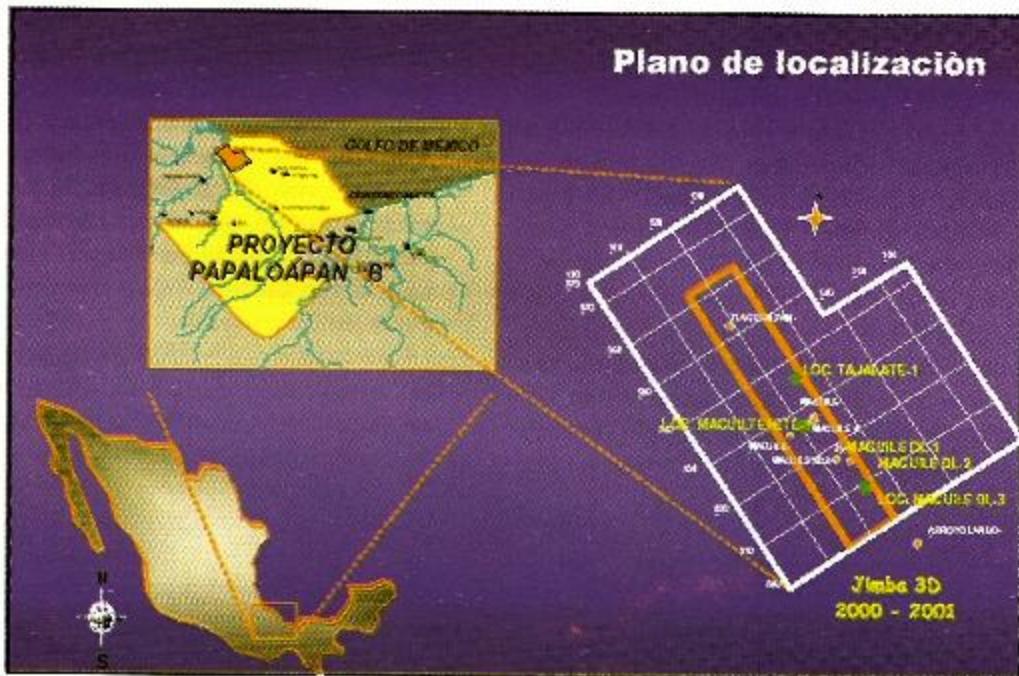


Fig.- 1 Location Map

## GEOPHYSICAL AND GEOLOGICAL PRECEDENTS

Oil exploration at the area of study started with the drilling of the well Tlacotalpan -1 in 1962, and as a result it was invaded by salty water. In 1970 began different campaigns of systematic exploration to identify oil producer structures, obtaining as a result in 1974 the drilling of the well Macuile-4, which became gas producer, in sandy rocks at the formation of Encanto from the Low Pliocene and presenting signs at the formations Deposito and La Laja from de Miocene. Until year 2001 we had the information of 4 exploratory wells : Macuile-1.3.4 and Macuile Sur-1. The delimiting wells Macuile DL-1 and DL-2 were drilled in December of 2002, the information about these wells is still being evaluated, even do on the first test production of the well Macuile DL-1 at the interval 1969m-1970 it resulted a gas producer.

Besides at the area there have been carried out studies with a seismic approach, through conventional reflection systems.

In the year 1976 exploratory works were carried out using the C.R.S (Common Reflex Spot) system , with digital recording; the interpretation of this information

showed a series of structural blocks NW-SE oriented. In the most recent studies we can mention the seismic mapping 2D "Los Tuxtlas" (LTXS, RSS13) performed in 1995 , the lines that form the mesh of this study permitted to define the sedimentary structures that present the sands of the Low Pliocene and the Late Miocene, as well it could be determined the distribution and the behavior ( wedging ) of the sands from the Middle and Low Miocene.

As a way to know in a more detailed form the previous characteristics in order to establish an strategy to develop the Macuile Field, as well as to detect new opportunities at the sequences of the Miocene and the Pliocene, in September 2000 a Jimba 3D study was carried out, covering a surface of 424.94 square kilometers. The design pattern was orthogonal with a gap between the receptive lines of 560 m and between source linea of 630m. The gaps between the source stations were of 70 m and this same distance was applied to the receptive stations, keeping the bins at a size of 35m x 35m with a standard stacking of 36 traces. The quality of the information is good because it allows to define the internal geometry and also to detect the stratigraphical component of the probable traps for hydrocarbons which will work at the area plays.

## REGIONAL GEOLOGY

The geological evolution of the tertiary basin of Veracruz is related to the opening of the Gulf of Mexico during the Triassic and the middle Jurassic, the circumventing areas suffered a subsidence forming a deposit of transgressive sequences over the basement rocks. During the Late Jurassic and until the Late Cretaceous, towards the west carbonated facies were formed, leading the formation of the Cordoba Platform, towards the east slope facies were formed and the basin. At the end of the Late Cretaceous starts a new compressional tectonic event which originates the subsidence of the basin and its subsequent refilling of terrigenous sediments giving birth to the so called Tertiary Basin of Veracruz (Zozaya S.R. Maldonado L. M., Ramirez E.A., 1986).

Two main events are recognized in the Tertiary Basin, the first is associated with a compressive event at the pre-Oligocene age, that originated anticlines with inverted faulting on their front limbs, affecting the rocks from the Cretaceous and from the Paleogene. A second compressive deformation took place during the Neogene (Middle Miocene – Low Pliocene), which originated structures with directions similar to the ones that were

formed during the Pre-Oligocene (A. Ramirez E., Papaloapan Project, Plays Evaluation).

The evaluation team for the plays of the Papaloapan Project "B" has divided regionally the area in structural trends, for a fast identification of the structures and that define the main alignments (Figure-2).

The area which concerns us is located inside the Trend Macuile-Arroyo Largo (Figure.-2), which is a regional anticline NW-SE oriented formed mainly at the second compressive stage of the Neogene; it is recognized because it is an anticline regional structure with a closing versus the inverse fault.

Paleobatimetrically, the Tertiary if the basin goes from the external neritic (external platform) to bathyal (basin and slope fan), according to the analysis of different fossil groups and sedimentary structures observed in cores and in seismic geometrics (Technical Inform: Plays Amistad Evaluation, Papaloapan Project, 2002)

During the Low Pliocene the sedimentation is characterized by the distribution of sand lithofacies of peat flows, represented by canals and fan lobes, in which were deposited sandstone and shale; such flows show a preferential direction from south to north and from north to northeast (Figure .3 (Papaloapan Group "B").

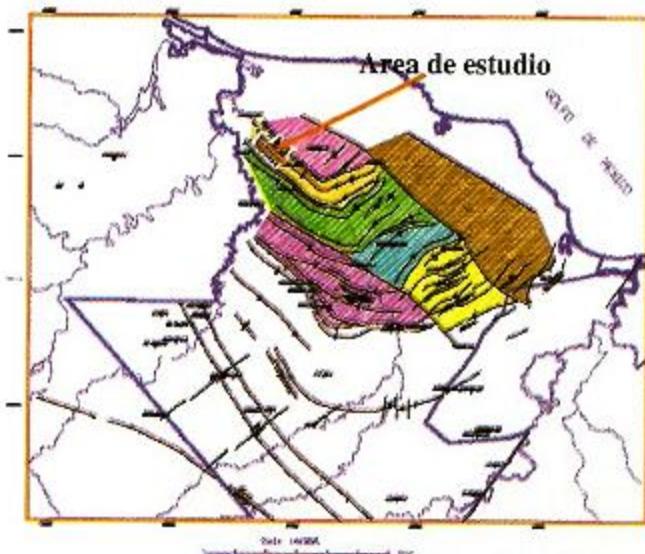


Fig.- 2 Structural Trends

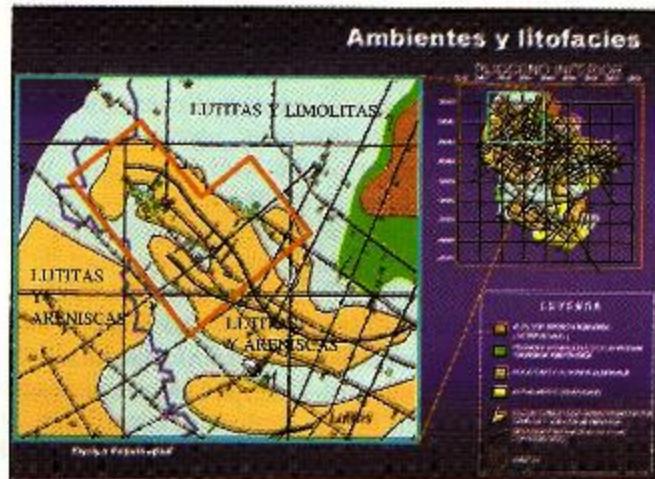


Fig.- 3 Distribution of lithofacies of the Low Pliocene

## OIL SYSTEM

The detailed Geological-Geophysics-Geochemical analysis allows to visualize the elements of the oil system and to determine the conditions that were put together to reach the accumulation of the exploratory and trading success.

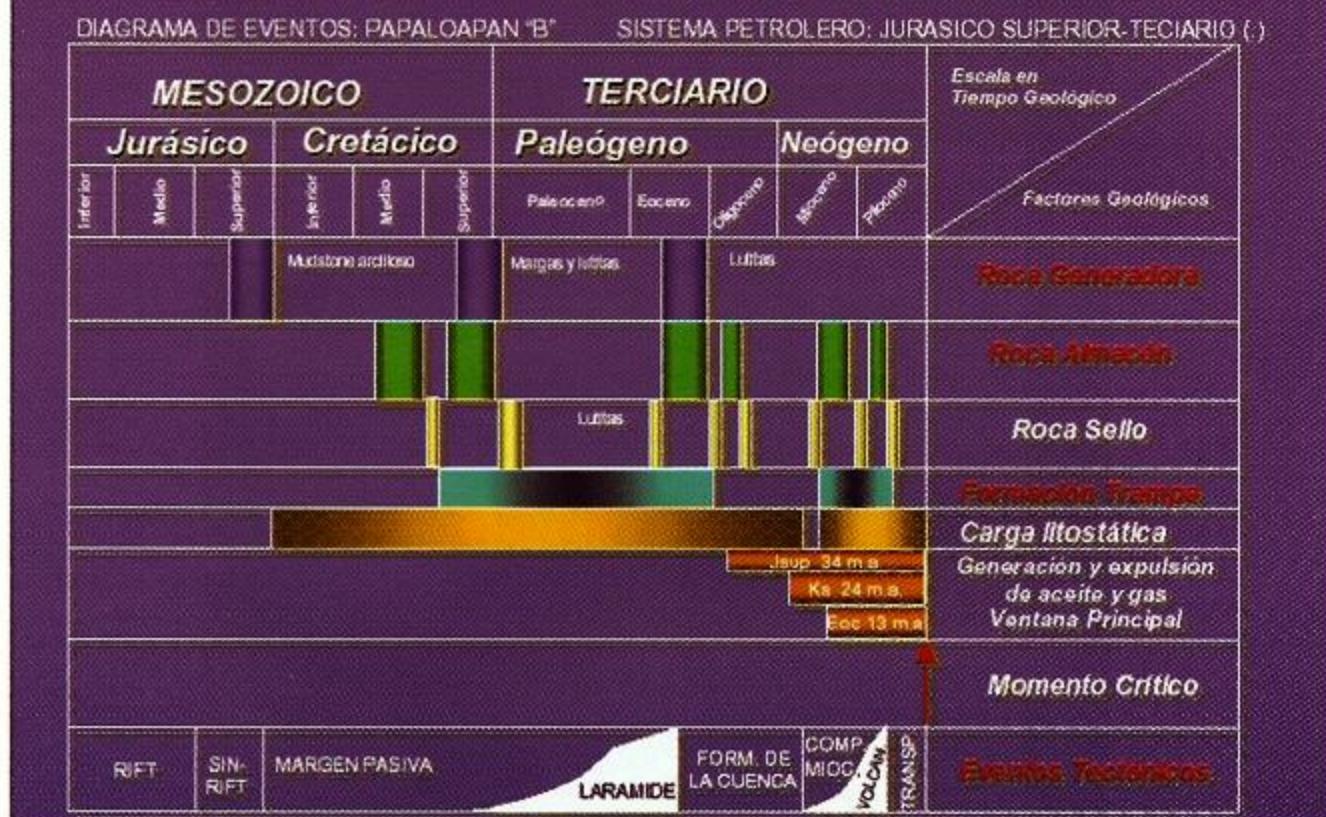
In the year 2001 it was made the geochemical modeling for an area which covers this study (L. Villanueva R. Y J. Winterhalder).

An the analysis of the obtained results it was found that the basin has suffered various events of generation, migration and trapping of different kinds

of hydrocarbons (oil, gas and condensed) through the geological time (Figure .-4). Generation Stage of 35 m.y. to 25 m.y. for the generating rocks from the Late Cretaceous and from 12 m.y. To the present for the rocks of the Eocene. These circumstances suggest that the traps for the region could have hydrocarbon blends from different origins (Tithonian, Kimmeridgian and Eocene) and kinds (oil and gas) and to different times ( first to the oil and then the condensate and gas).

### Proyecto Papaloapan "B"

### Características geológicas del área



Geoquímica: Ing. Laura Villanueva R.

Fig.- 4 Diagram of events of Papaloapan Project

## SEISMIC INTERPRETATION

The seismicstratigraphical interpretation is based in the qualitative analysis of the character of the seismic reflectors, because these are generated by contrasts at the acoustic impedance in the lithological register and they represent physical surfaces inside the sedimentary sequences.

The seismic interpretation was carried out at a work station the results are presented in maps of seismic attributes of amplitude RMS of Las Arenas 1 and 2, which indicate the distribution of the seismic facies for each one of them which allows to infer its geological meaning, as the sedimentary facies are. (Figure .- 5 and 6).

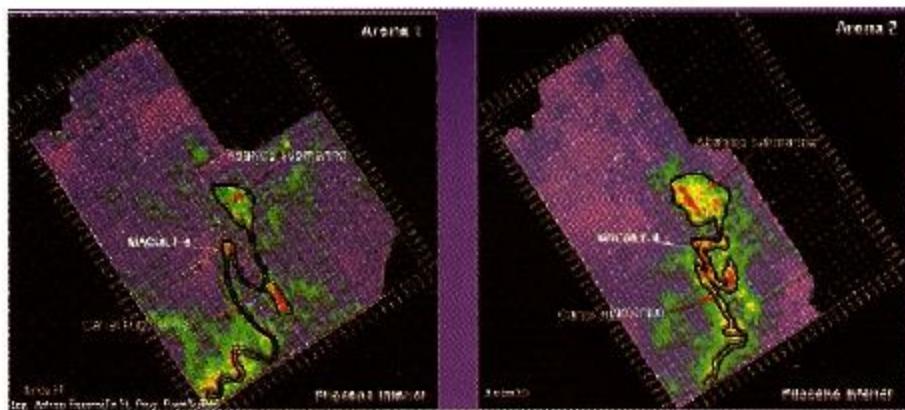


Fig. 5 Seismic Facies of the Arenas 1 and 2

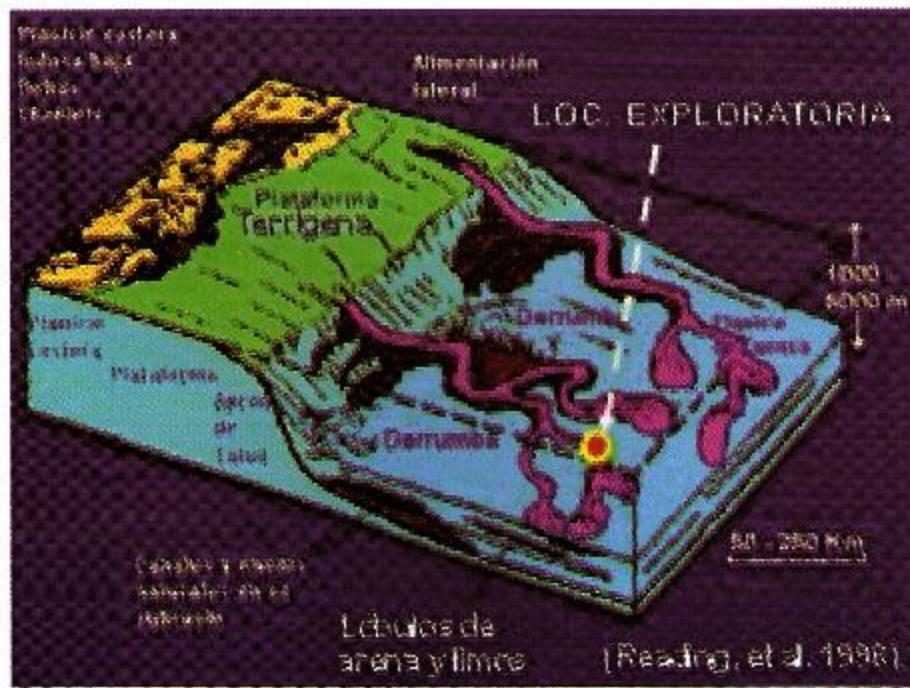


Fig.- 6 Geological Model



The acquisition parameters and the sequence of process of the seismic data which were interpreted are the following:  
**The acquisition parameters**

Mapping Technique	Orthogonal
BIN Size (Inline-Crossline)	35 x 35
Distance between shot sources (m)	70
Distance between Receptors (m)	70
Variable distance between source lines (m)	630
Variable distance between receptors lines (m)	560
Number of canals by line	108
Number of receptive lines	12
Number of receptors per register	1296
Geophones Arrangement	6 lineal, 5 m. Interval.
Number of shots per Salvo	8
Well Depth and Cargo Amount	24m./ 2 kilos/ 1 kilo
Number of lines of sources and total of kilometers	43 (671.160 Km. 2 meters wide)
Number of lines of receptors and total of kilometers	36 (782.46 Km. 1 meter wide)
Number of Shot spots Original Program	8,568
Number of shot spots Extension	1,063
Total number of shot spots Study	9,631
Spot density per shot per Square Km.	23.33
Total number of receptive stations Original Prog.	9,630
Total Number of receptive stations Extension	1,584
Total number of receptive stations Studio	11,214
Azimuth of receptive lines (Spot of origin "A")	147 degrees
Receptive stations density per square Km.	26.39
Azimuth of source lines (Spot of origin "A")	57 degrees
Maximum stacking	36
Length of Register	8 seconds
Area of operation (XxY) (Km2)	424.94
Drilling area (Km2)	424.94
Stacking area maximum (Km2) Aprox.	299.00
Maximum Offset Maximum (m)	5008
Maximum Offset Minimum (m)	793

### Process:

- Basically it consists of the following sequence:
- Conversion from the SEGD format to the SEGY format
  - Resampling from 2ms to 4 ms
  - Geometrical arrangement and binning cell
  - Recovering of amplitudes, spherical divergence
  - Trace Editing
  - Impulsive deconvolution
  - Static correction by slope.
  - Replacement Velocity :2500 m/s.
  - Datum: 0m
  - Velocity Analysis.
  - Normal Move out.
  - Filters: 10-15-45-50-Hz.
  - 3D Pre-stacking .

## FEASIBILITY METHOD OF THE SEISMIC INFORMATION BEFORE THE STACKING

With the purpose of carrying out an adequate study of the seismic amplitudes generated by the different interfaces of the subsoil according to its acoustic impedance, it is necessary to make a very good planning of the study, this means that the specifications must be according to its own objective or objectives, it is also necessary to have an adequate quality control for the operations at the field, the same control must be taken at the data processing, to do not alterate the signal amplitudes, because these must be preserved in the same form the feasibility of the seismic information must be analyzed for the possibility of the AVO study.

We will mention some of the physical factors, of acquisition and processing that is related with the seismic amplitude: a) in the case of the physical phenomena we have transmission, dispersion, absorption, multiple intra layers, reception, Fresnel zone, converted waves and incidence angle; b) in the case of the acquisition there are: source intensity, synchronizing of receptors, coherent noise, environmental noise, source arrangements, vertical detectors, sampling, offset range and the azimuth.

At the processing we must take care at the residual NMO, filtered FK, noise reduction, static, DMO, residual noise, migration and an AGC to do no be put in to practice.

For the performance of this work the information from the gathers previously processed for this purpose, was checked and to which it was subsequently applied the Randon filter, through which it was possible to eliminate

some undesirable frequencies without affecting the data amplitude (personal communication Ing. R. Rocha). The analysis can be done in gathers or at the super gathers, this will depend on the geological complexity of the area.

In this study, it was decided to use the super gathers, due to the obtained signal at the original gathers presented a weaker signal (personal communication Ing. R. Vila)

As a first step the data from the offset was converted to angle, with the purpose of observing the behavior of tracing of the gathers according to the incidence angles. Later the it was imported data from the interpreted horizons and that correspond to the crests of the producer sands at the Macuile Fields (Arena 1 y 2), although the software also allows to make changes on the interpreted horizons over the gathers stacked at the interest zone.

Another important step is the creation of the data base about the wells, this refers basically to the geophysical registers of the wells, where the most important are density, wave P velocity, wave S velocity, resistance, gamma rays, porosity and to have a check shot or a vertical seismic profile (VSP).

## ANALYSIS OF THE CROSSED GRAPHICS OF THE GEOPHYSICAL REGISTERS

Because the seismic information must have enough quality for the analysis of the variation of the amplitudes with the distance, it is considered necessary to carry out a previous feasibility study which allows to verify that the information is the correct and as a consequence obtain reliable results.

To make a correct seismic interpretation it is necessary to count on wells that can provide the biggest amount of good quality data, fundamental for the analysis of AVO, because the geophysical registers of the wells are the link between the seismic response, the lithology and the subsoil fluids.

To correlate the variation of the amplitude of the diverse parameters of the AVO, with the well registers at the productive intervals, it was used a synthetic seismogram of the Macuile DL-1 (Figure- 7) (Arturo Escamilla Herrera, Proy. Papaloapan "B") the data from the well Macuile -4 it was also considered (Figure 8): the productive intervals of the well Macuile DL-1 were also analyzed and they were compared with the results obtained in other stops close to the well and inside the area of study.

The figure 9 Shows the production data of the well DL-1, indicating the tested interval and the magnitude of the corresponding petrophysical parameters, the proposed intervals are also marked.

The procedure was carried out for each one of the productive intervals of the well Macuile DL-1, as a way to correlate this data with the answer to the different parameters of the AVO and to measure its magnitude (mainly at the depth where the well indicated the presence of gas) and compared it with a site where the well did not show production.

At figure 9 you have the registers of gamma rays and density, at the Cartesian Graphic such physical properties are analyzed, the marked square indicates the region of low density values and the gamma rays, that correspond with the sand intervals; the first interval has been approved and it was considered gas producer, the lower intervals are proposed for production tests.

The relation of velocities  $\frac{V_p}{V_s}$  is a parameter related the elastic properties of the rocks, so, going from the

measuring of this relation for high porosity sands with gas, the values  $\frac{V_p}{V_s}$  tend to be very low.

The Cartesian graphic made from the gamma rays registers and the relation of velocities (Figure.-10) mark the zones where low values are presented and that are considered as an anomaly area with the possible presence of gas.

At figure 11 we have the acoustic impedance registers and the time of transit if the wave S. We also have to mention that the register of acoustic impedance was calculated from the density register and the wave velocity register P; with these registers it was generated a Cartesian graphic in which these physical properties are analyzed, in such way that the values with low acoustic impedance and intermediate values of the time of transit (wave S) were marked with a square in blue and they correspond with the sand intervals of the registers, observing a relation between the selected values at the cross-plot and the interval tested of the sand with gas (1699-1700)

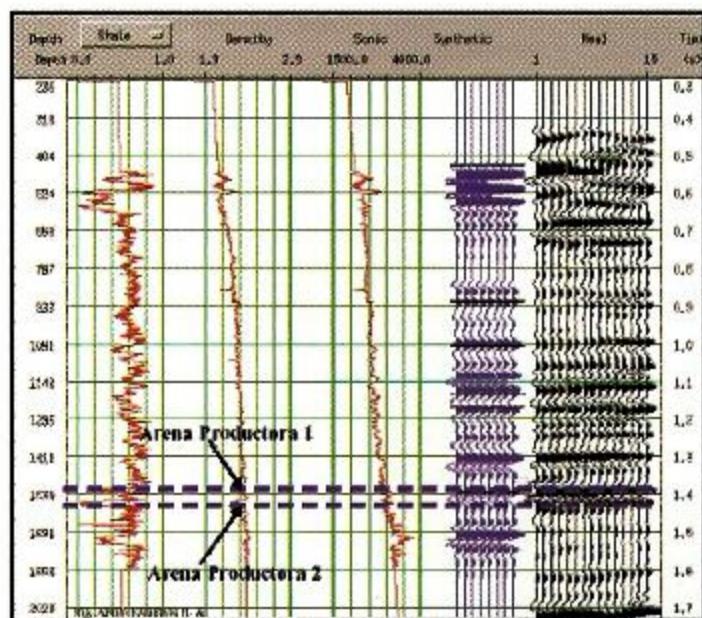


Fig.-7 Synthetic seismogram of the well Macuile DL-1

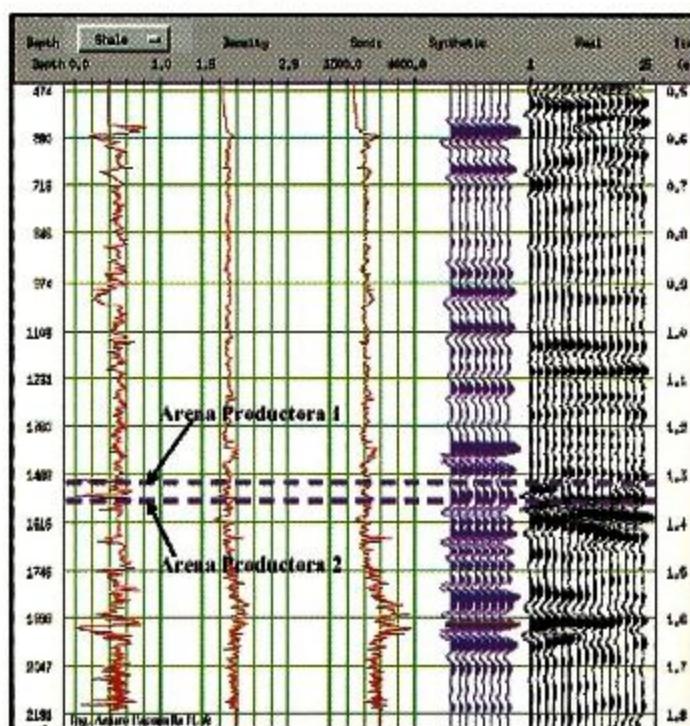


Fig.-8 Synthetic seismogram of the well Macuile-4

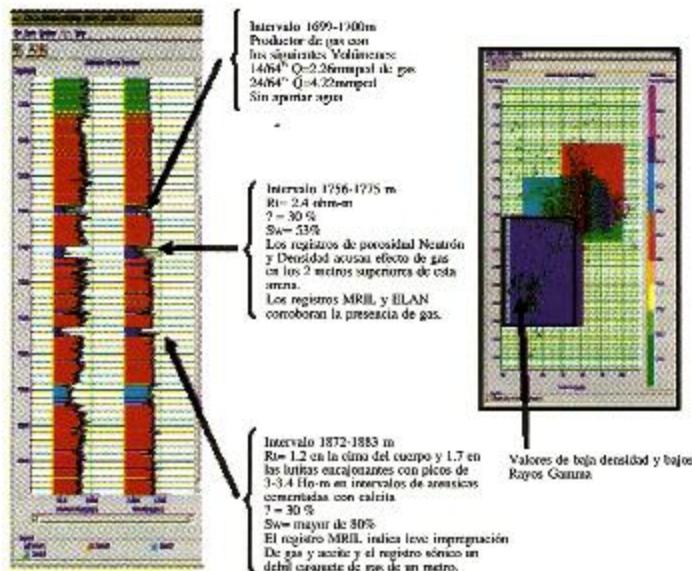


Fig.- 9 Registers of density and gamma rays of the well DL-1 , emphasizing the presence of sands and clays, the arrows show the sites proposed for the production tests and the tested interval.

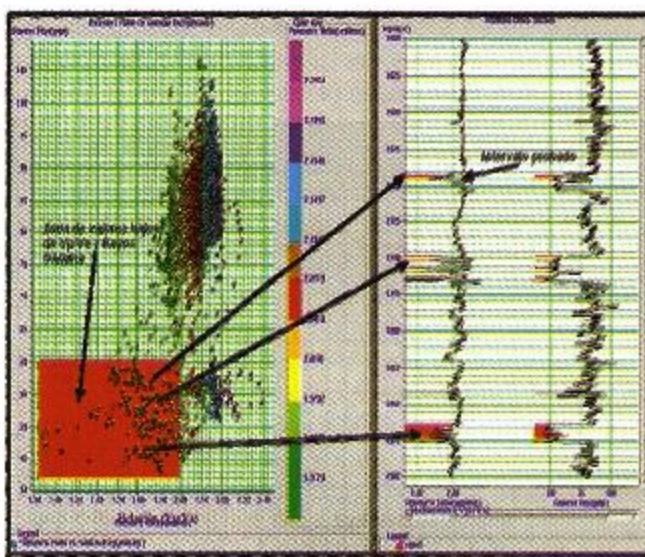


Fig.- 10 Geophysical registers and Graphic of Gamma rays and velocity relation ( $V_p/V_s$ ).

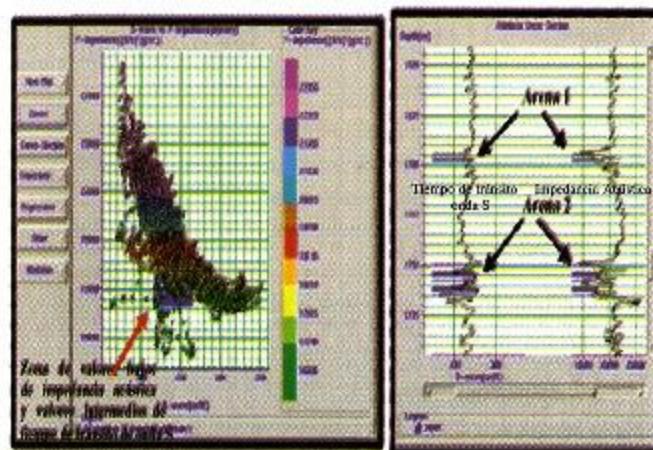


Fig.- 11 Crossed graphic of the acoustic impedance with transit time of the "S" wave , their respective registers at the interval are shown to the right (1650-1800m) where the Arenas 1 and 2 are located, the intervals marked on the graphic are indicated on them.

## AMPLITUDE ANALYSIS AT THE DIVERSE LITHOLOGIES

The objective of this analysis consist in knowing the amplitude variations before the stacking at the different lithologies.

The amplitude variation versus the offset, present different magnitude degrees, depending on the site of test, this means that it proceeds to measure the amplitude rates of the seismic events at the lithologies reported by the registers at the wells, such as the sand with gas, clay sand.

To quantify the different variation degrees of amplitude versus the offset, the values at the productive interval were taken and at the proposed intervals from the wells Macuile DL-1, these values were compared

respect to a sand without gas background and with a clay background. Figure 12 presents the analysis performed at the gather 5190 on which it is located the intersection of the diverted well and the objective, in it we can observe that in the interval 1248-1260 ms that correspond to the interval of sand with gas (Arena 1), the amplitude increases lightly with the distance, the same happens for the Arena 2, these two sands present resistivities of 3.7 ohms-m to 2.5 ohms-m and a porosity of 30% even though at the Arena 3 the resistivity decreases to 1.2 ohm-m and the water saturation is higher to 90% (information provided by the Ing. Ricardo Sandoval S.) this sand presents an equal positive polarity and decreases with the offset, this amplitude behavior differs with the one that presents the anomaly with gas at Arena 1 subsequently, the amplitude values were taken from the 5173 gather in

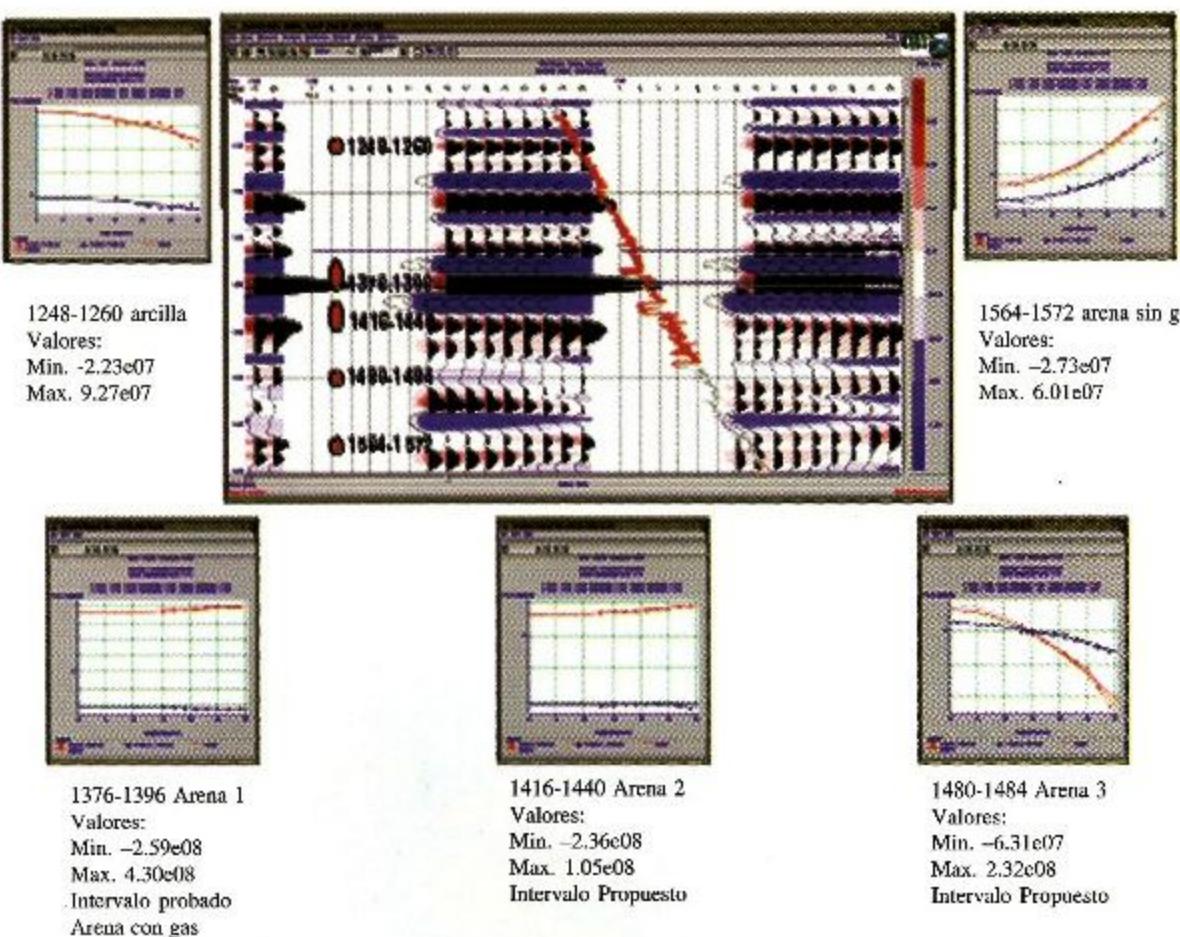


Fig.- 12 Analysis of the amplitude variation versus the offset at the well Macuile DL-1.

the same productive interval to observe the continuity at the anomaly zone (Figure 13), finding that towards this area the most representative values of the amplitude variations are presented versus the distance (Figure 14), this means that it presents an AVO magnitude more defined.

From this analysis it is deduced that there is AVO answer at the tested interval, although, it is manifested a more defined reaction to the SE of the well over the same inline, as it is observed on figure 14.

The same analysis procedure was carried out at the Tejalate-1 location, which placement corresponds to the gather 5364 (Figure 15), and it presents an amplitude variation at the Arenas 1 and 2, this means that the amplitude increases with the offset, however at the gather 5360 it presents better values for the Arena 2 (Figure 16)

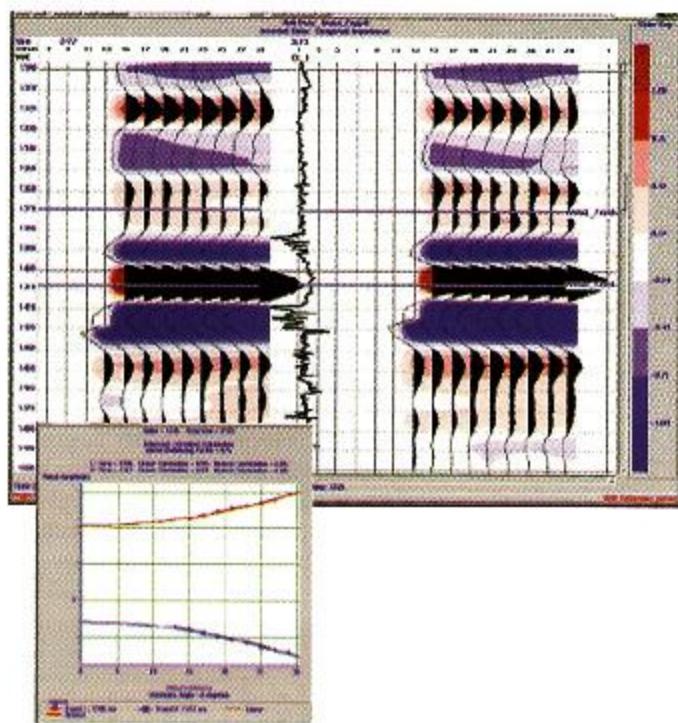


Fig.-13 Analysis at the gather 5173, on which it is clearly observed the variation of amplitude

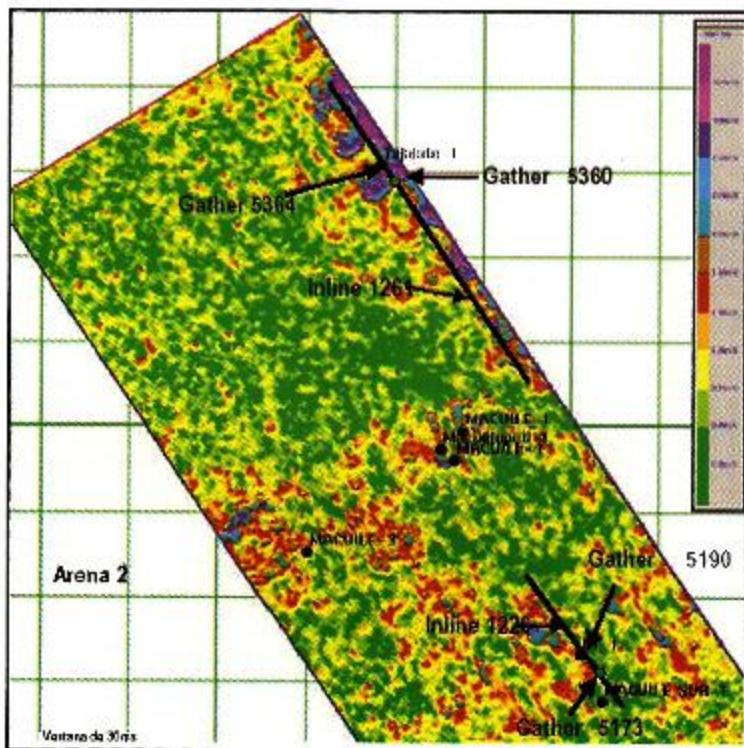


Fig.-14 Gradient map that shows amplitude analysis spots.

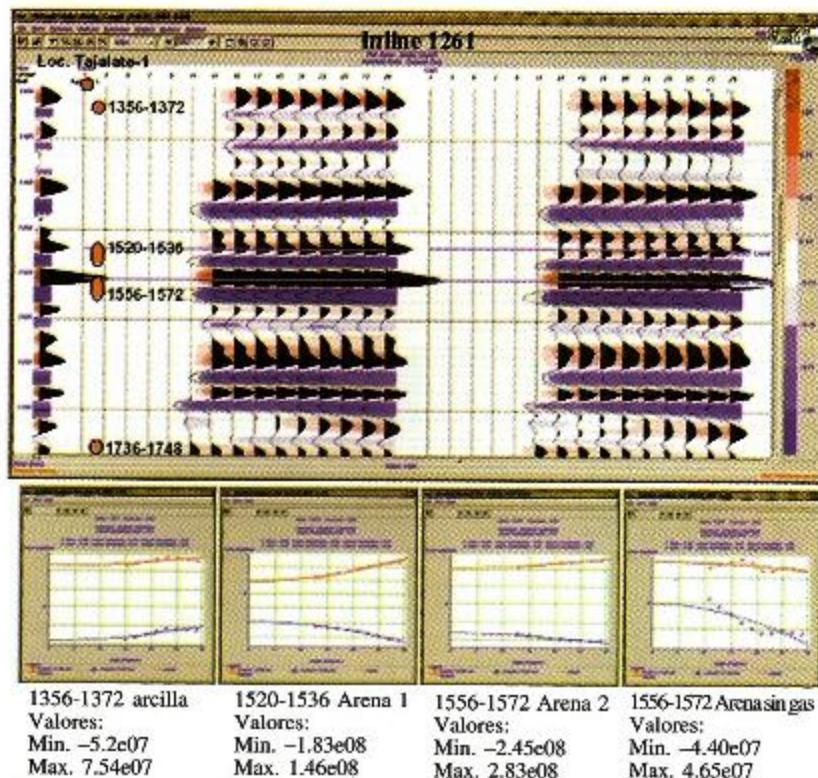


Fig.-15 Análisis de la amplitud contra el offset en el gather 5364 de la Loc. Tajalate-1.

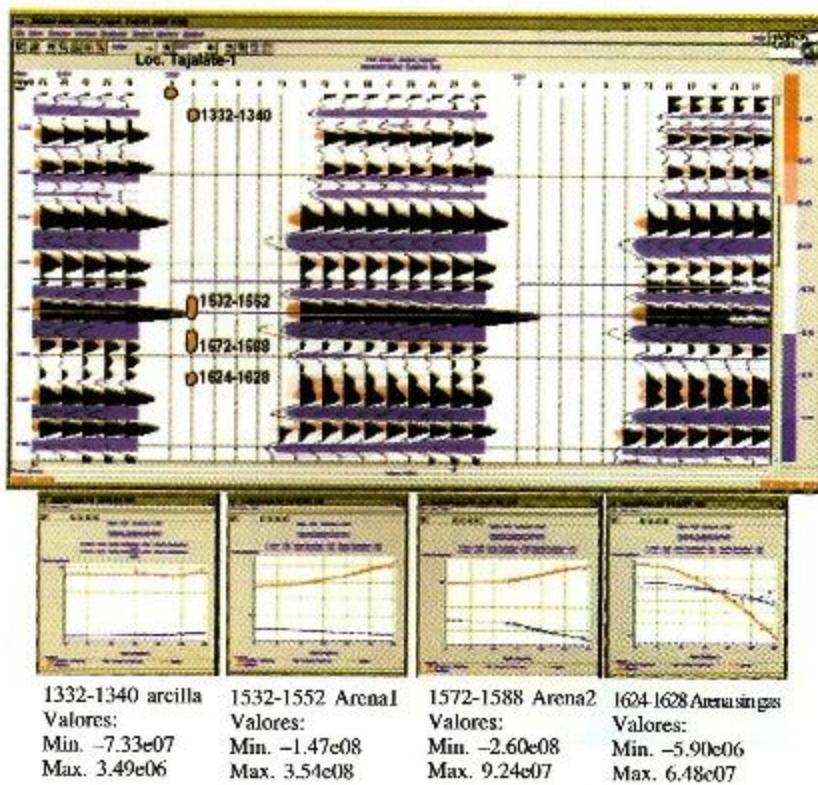


Fig.-16 Análisis de amplitud en el gather 5360, para la Loc. Tajalate, se observa un mejor incremento de amplitud para la Arena 2.

## ATTRIBUTES AVO STUDY

Now we are presenting some of the attributes at the AVO in the DL-1 well, to know the answer of the sand with gas, the most common attributes are the Gradient, Poisson contrast, fluid factor contrast and the S wave reflectivity. At these attributes, on a general basis the lithological subsoil characteristics can be observed, this means that at the clays there is no answer of any of the attributes, instead at the Arenas 1 and 2, which are the purpose of this study, it is observed that the attributes standout at the Arenas in which it has been confirmed the presence of gas (well Macuile-4 and DL-1), even though comparatively the anomalies are weaker at the DL-1, in these sections it is possible to notice another anomalies, some of them correspond to the proposed locations.

The attributes were estimated in all the sub-volume selected for the analysis (inline 1150-1266 and xline 5060-5420), (Figure 17) choosing a window with a time interval from 1000 to 2000 ms, which includes the exploration objective from the Low Pliocene.

From the volume generated at the Gradient, it was displayed the line 1226 (Figure 18) that passes by the objective of the DL-1, it is observed that the most outstanding anomalies are located at the Arena 2; at the Arena 1 it is observed a weak anomaly; at the xline position 5178 and at a time of 1530ms it is defined and

interesting anomaly; another anomaly which is observed with interest over the same section is the one of Macultepe-1, at this location the anomalies standout from the two Arenas which were also analyzed also with this data.

The Poisson contrast attribute of Figure 19, presents a very similar result with the one from the Gradient, because they are observed almost at the same anomalies at the

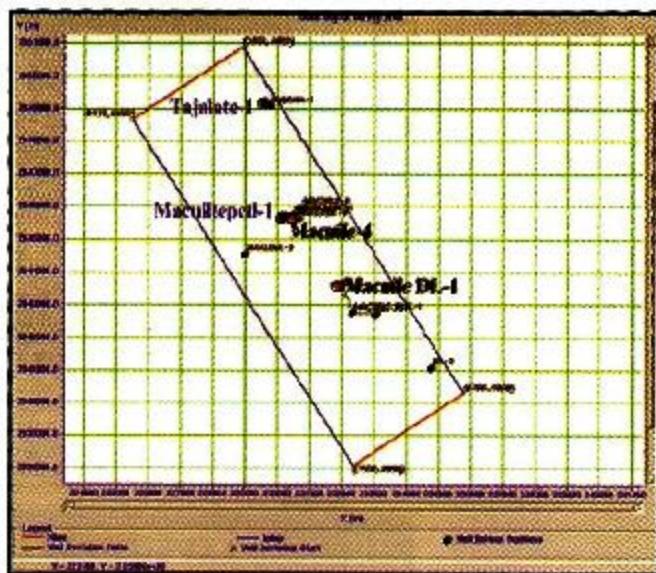


Fig. 17 Base map of the area of work.

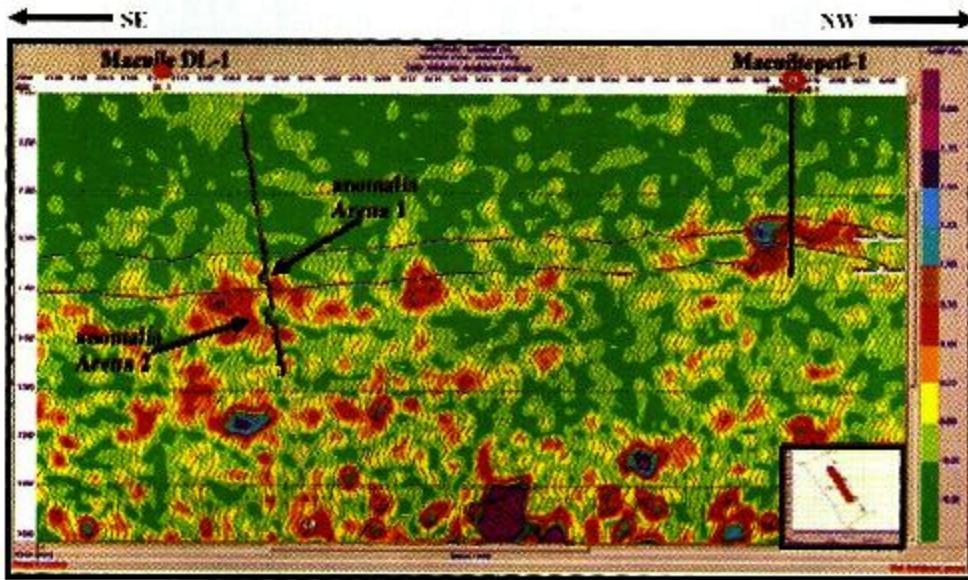


Fig.- 18 Gradient of the Macuile DL-1



DL-1 as well as for the Macuitlapetl-1 location, being a little more intense at the Poisson attribute.

At the Fluid Factor attribute (Figure 20), outstanding anomalies as the previous attributes and the same happens with the reflectivity attribute of S wave that it is shown at figure 21.

Among the obtained attributes in this study, there are other outstanding anomalies, however, here we mainly analyzed the ones that were cut by the DL-1 well, as well as the ones placed around itself, in such way that the result obtained at the productive interval presents lower magnitude values than the anomaly

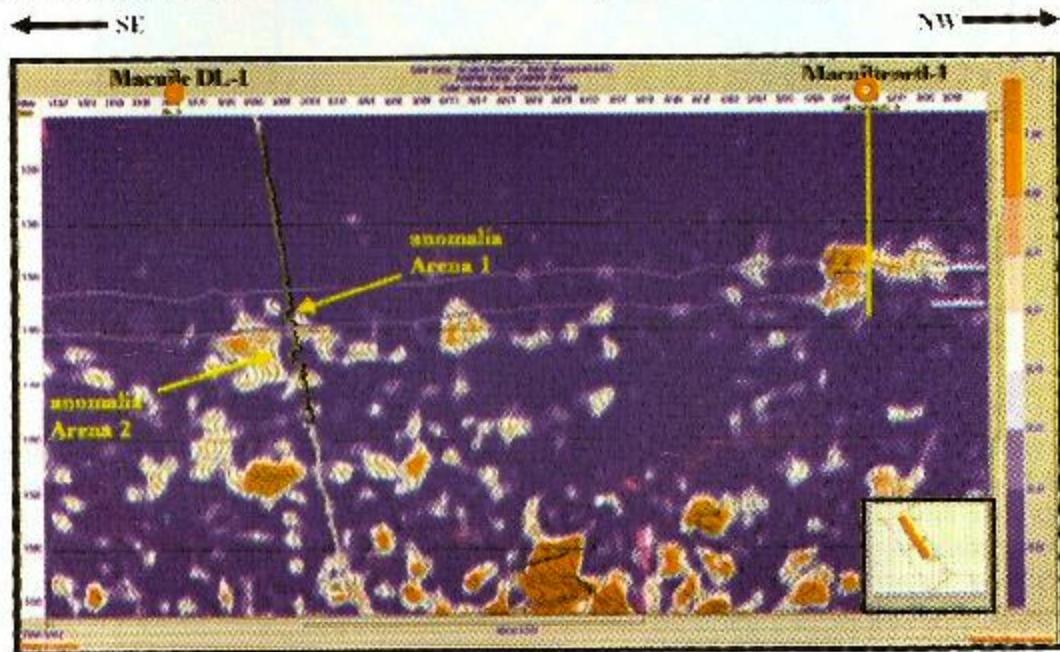


Fig. 19 Poisson contrast of the well Macuitlapetl-1

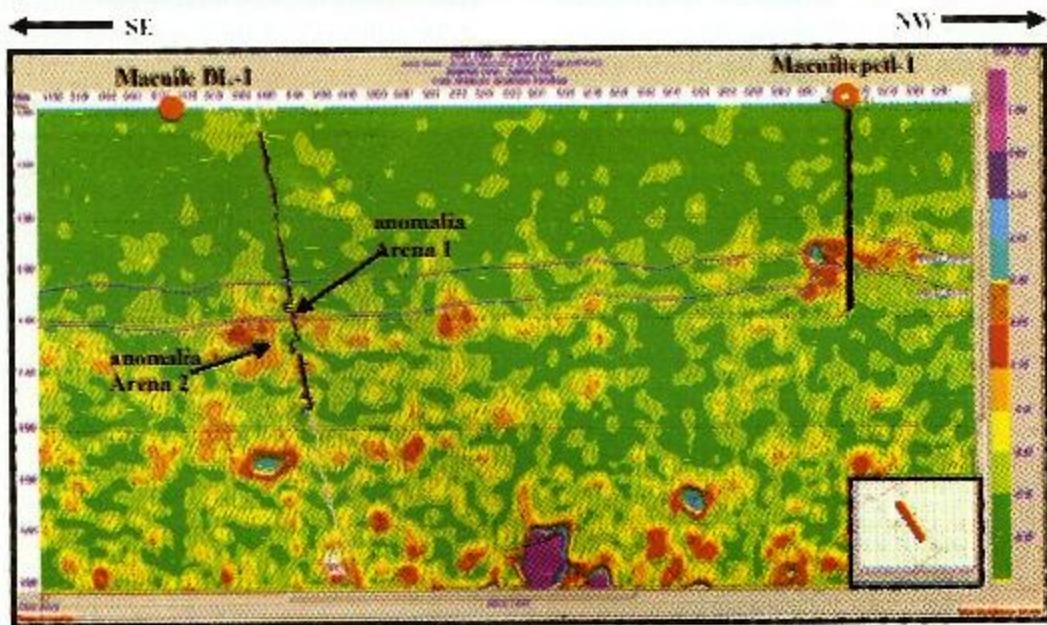


Fig. 20 Fluid factor of the Macuitlapetl-1.

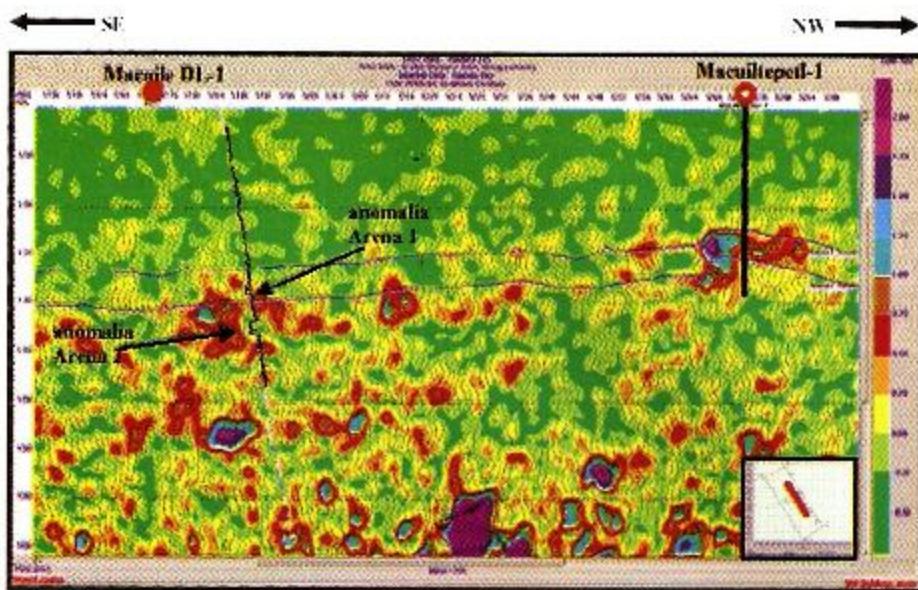


Fig.-21 Reflectivity of the S wave in the Macuile DL-1

that it is observed at 1530 ms. Besides, the placement of Macuiltepelt-1 presents good possibilities due to the attributes that were estimated responded well to the lithological characteristics with gas presence.

Next the results of the attributes were checked at the Tajalate 1 location, displayed at the inline -1261 form attribute of the Gradient (Figure 22), here it could be also observed that there are two outstanding lithologies: the clays zone and the clay sands zone; besides it is observed that the gradient anomalies of the NW portion are concentrated basically at the Area 2 and towards the SE covers the

Arenas 1 and 2, this last ones present a higher structural position (to 1460ms) as it is shown at figure 22.

At the Poisson contrast, at Tejalate-1 you can observe similar anomalies to the ones of the Gradient as in shape as in intensity and position, therefore we see that the sand bodies also respond to this attribute (Figure 23), the other two remaining attributes are the Fluid Factor (Figure 24) and the S Wave Reflexivity (Figure 25) at these two are defined the same characteristics than in the others, however, at the reflexivity of the S wave the anomalies are more intense.

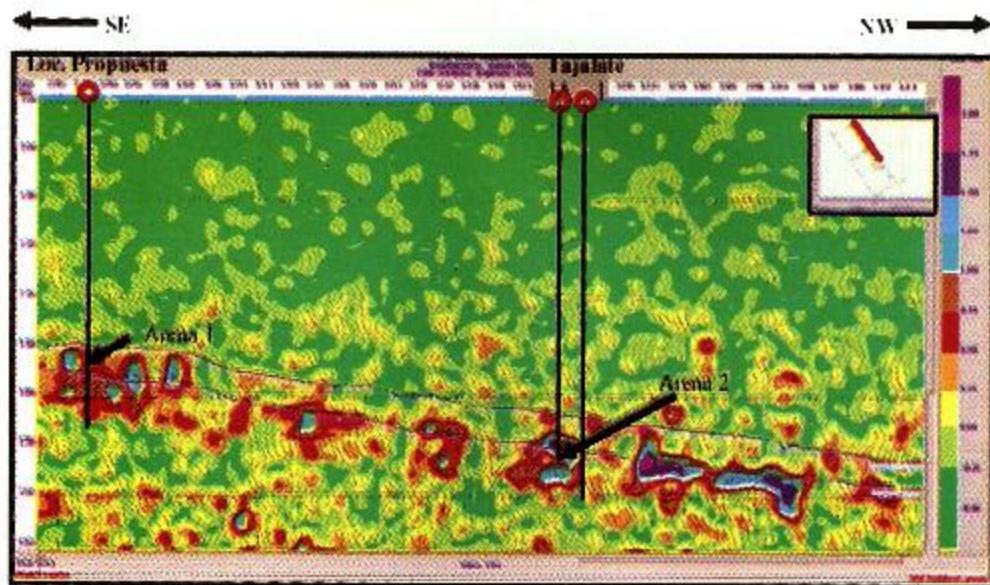


Fig.-22 Gradient of the Tajalate-1 Location

As a conclusion of the analysis of the attributes at the Tajalate-1A location, it can be mentioned that it is observed an arising structure from NW to SE, where the Arena 2 presents various bodies with anomalies among the ones there are two outstanding anomalies by their size and intensity, the deepest one corresponds to the proposal of location Tajalate-1A, which is where the more intense values of the attributes are presented; the following anomaly with high attribute values is presented at the highest part

of the structure and it is proposed as a new location which has been provisionally called Loc. Propuesta (Figure 22 to Figure 25), although it is necessary a revision due to this anomaly stays at the limit of the area of study of this work, but from the total volume of the Jimba Cube.

This analysis allowed to identify the main AVO anomalies in the sands from the Low Pliocene, which is an indicator of the feasibility of the AVO.

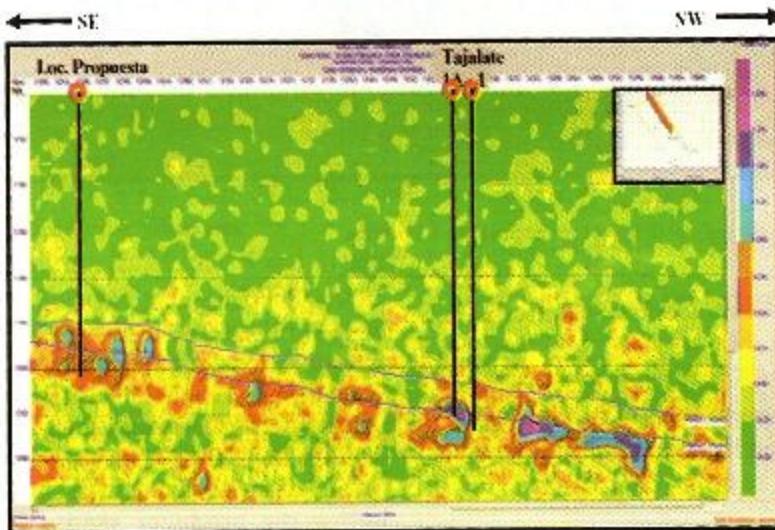


Fig.- 23 Poisson Contrast of the Tajalate-1 Location

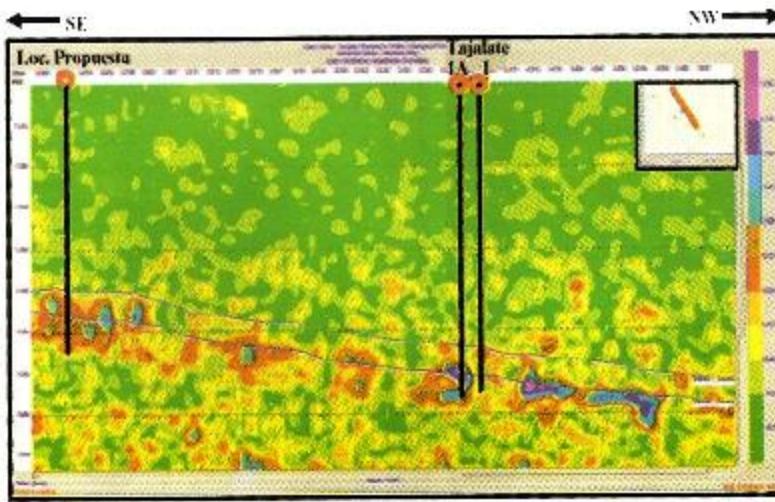


Fig.-24 Fluid Factor of the Tajalate-1 Location

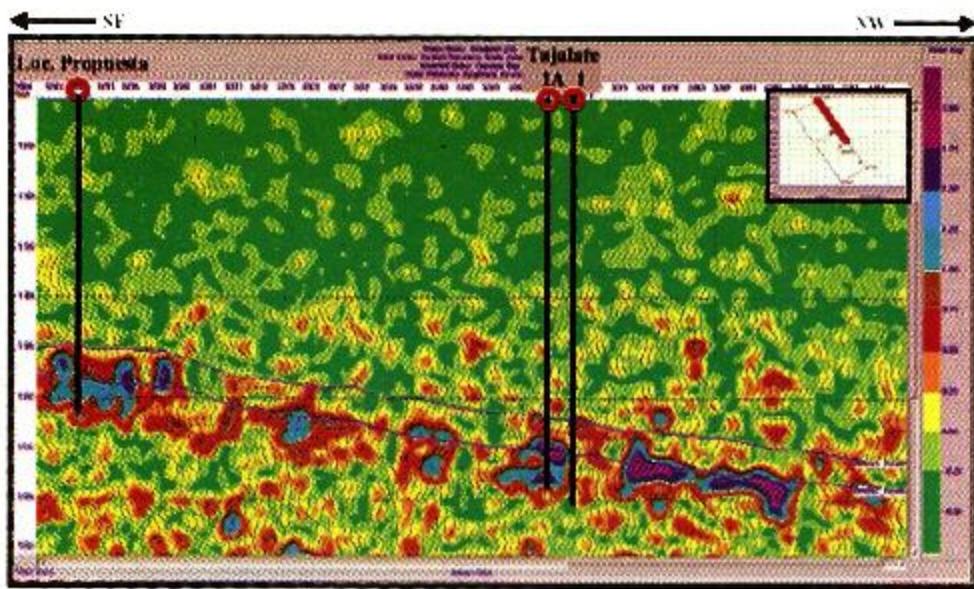


Fig. 25 Reflectivity of the S Wave of the Tajalate-1 Location

## CALIBRATION OF THE PARAMETERS P AND G

The data from three opportunities was analyzed: Tajalate-1, Macuitépetl-1 and Macuile DL-3, however, here we will present the results obtained for the Tejalate-1 location.

With the purpose to evaluate the Tejalate-1 location with the AVO attributes, the P and G parameters

obtained at the wells Macuile-4 and Macuile DL-1 which are gas producers were quantified. In each well were selected different sub-volumes to obtain the P and G values; due to the characteristics of the lithological column of the wells are known, there were chosen three different positions, the first was at the clay zone, the second at the sands with gas and the third in the sands below the producer sands, on each position the parameters P and G were estimated, generating their respective cross-plot and obtaining this way the values

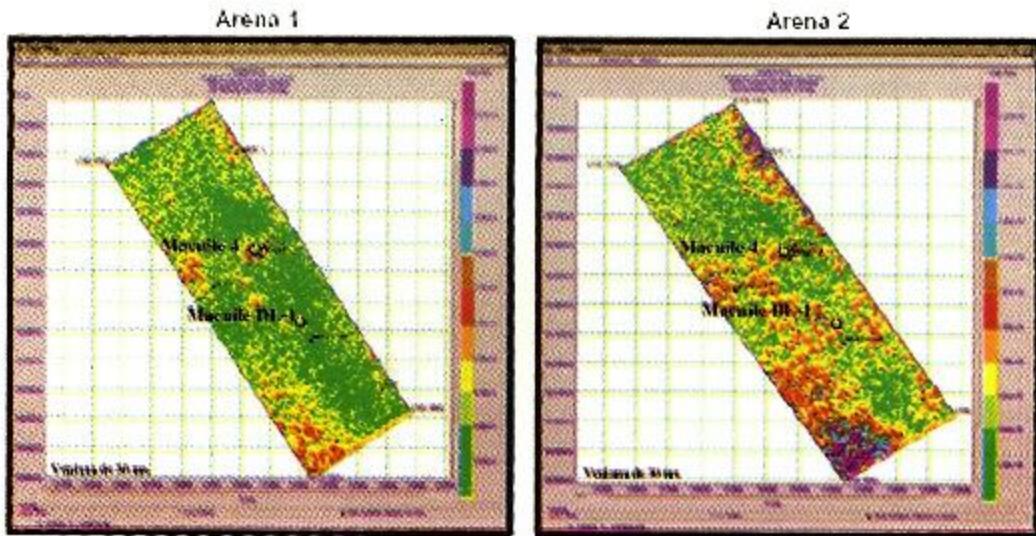


Fig. 26 Subvolume of the G attribute for the Arenas 1 and 2

of such parameters at each position, to determine the anomalous threshold which corresponds to the sand with gas.

In the Analysis of the Macuile-4 well, it was selected for the clays a 29 inlines window and 41 xlines with a thickness in time of 100ms, in the sands with gas the window was of 6 inlines and 8 xlines per 50ms of thickness in time and at the sands with clay the selection was of 7 inlines and 12 xlines per 70ms, the criteria used to select the number of inlines and xlines was from the gradient maps calculated for each of the producer sands, considering then, the size of the anomalies obtained in this two surfaces as they are shown at figure 26.

The cross-plots with the P and G values for the clay zones and the clay sands and the sand with gas (Arena 2) in the Macuile-4 well are shown at figure 27.

For the Macuile DL-1, it was carried out the same analysis, with the following windows: for the clay it was selected a window with 21 inlines and 21 xlines per 100ms, for the Arena 1 it was of 25 inlines and 26 xlines per 40ms, for the Arena 2 the window was of 21 inlines and 39 xlines per 60ms, the cross-plots of this well are shown at figure 28.

Next it is presented a chart with the results of the P and G parameters, determined at each lithology.

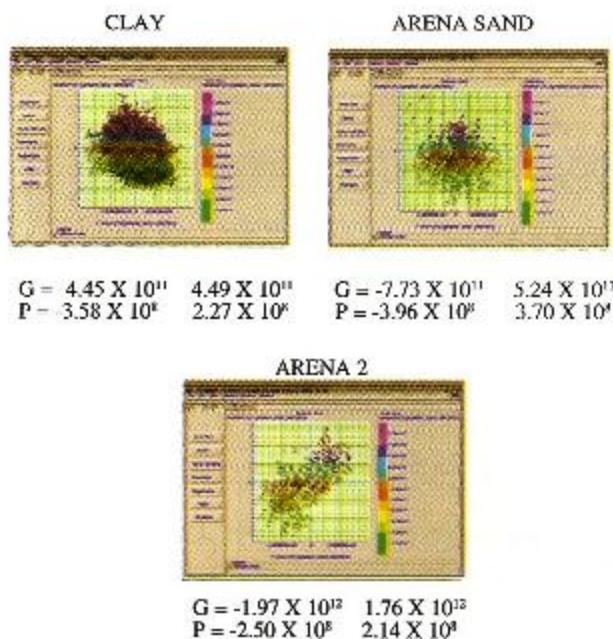


Fig.- 27 Crossplot graphics of the Macuile 4 well in different lithologies to define the threshold of P and G.

Well	Clay	Sand with Gas	Sand with clay
	Minimum (G)	Minimum (G)	Minimum (G)
	Maximum	Maximum	Maximum
Macuile 4	$-4.45 \times 10^{11}$	$-1.97 \times 10^{12}$	$-7.73 \times 10^{11}$
	$4.49 \times 10^{11}$	$1.76 \times 10^{12}$	$5.24 \times 10^{11}$
DL1	$-4.38 \times 10^{11}$	$-1.1 \times 10^{12}$	$-7.87 \times 10^{11}$
	$4.46 \times 10^{11}$	$1.26 \times 10^{12}$	$6.80 \times 10^8$

Chart 1. Estimate of the G attribute at different lithologies.

On chart -1 we only use the trace G because we consider that it is the most representative in the analysis, subsequently we will use these values to compare the values at the Tejalate -1 location area and the Macuileptl-1 location.

## APPLICATION OF THE G THRESHOLD TO DEFINE THE INTEREST AREAS

Based on the variation ranges of the attributes P and G defined for each of the lithologies cut by the wells Macuile-4 and DL-1 and which values are shown at chart 1 the anomalous threshold areas were searched

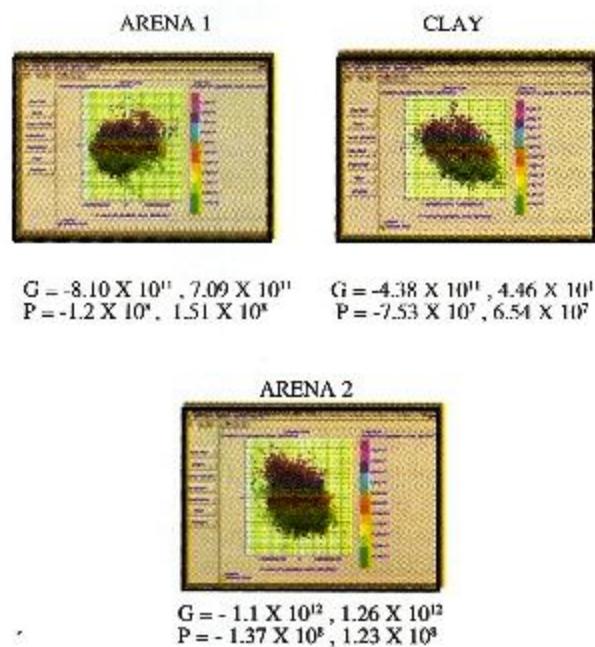


FIG.- 28 Crossed graphics of the well Macuile DL-1 at different lithologies to define the threshold of G and P.

(sands with gas), based on the generation of a cross-plot for each one of these lithologies using the values of the G attribute, because is the one that defines the amplitude variations with the distance.

To identify the zones with anomalous thresholds it was generated a subvolume of the area of study, with a window of 200ms, centered with respect to the horizon of the Arena 2 (figure 29), with this volume, it was generated a cross-plot, where it were marked with blue color the base of the sands with gas and with magenta the values that define the crest of these ones, with the purpose of placing at the seismic these results there were generated some sections from these cross-plots, and these sections are marked with the corresponding colors the zones that represent to the anomalous thresholds of interest (sand-gas).

At the inline 1226 of figure 30, are placed the area where the Macuile DL-1 well cuts the objectives to be reached and in the center of this same section it is placed the location of Macuiltepetl-1. At this same figure are presented two sections, in the upper section are presented the values that are in the range of anomalous thresholds for the sands with gas; the lower section corresponds to a section of the G attribute.

The well Macuile 4 is placed at the inline 1228, at the figure 31 in the section of anomalous thresholds it is observed the correlation of the sands zone with gas that are found in the block below the fault, but it also outstands the zone where it is placed the Macuiltepetl-1 location.

Therefore it is recommended to consider the possibility to testify this location, due to it corresponds with an anomalous threshold even better than the ones that are observed at the wells Macuile-4 and DL-1.

Figure 32 corresponds to the inline 1261 in which is found the Tajalate-1 location, on which are observed the zones that may correspond with the values of the anomalous zones of the sands with gas that are found distributed along the limb of a structure.

By analyzing the anomalous values that are presented in the objectives of the Tajalate-1 (inline 1261 and xline 5364), it is observed that the programmed trajectory will pass between two anomalies, however at the xline 5360 on the same inline, the values of anomalous thresholds are even more evident. Also, on this inline, at the highest part of the structure it is presented another anomaly on the crossing with the xline 5287, this one presents attractive anomalous values and it is also

located in a position with a favorable structure position.

During the revision of the map of the estimated Gradient (Figure 29) and comparing it with the map of the RMS attribute, with the one were interpreted the facies models (Figure 5 from the topic about Seismic Interpretation), it allowed to infer that the position of

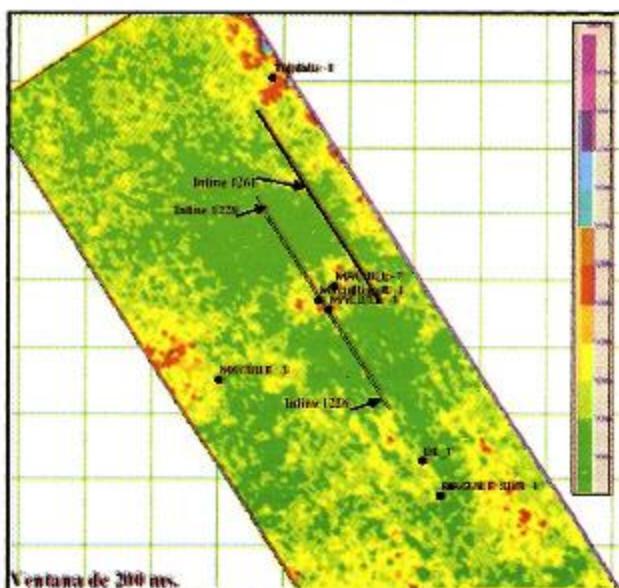


Fig.-29 Subvolume of attribute G

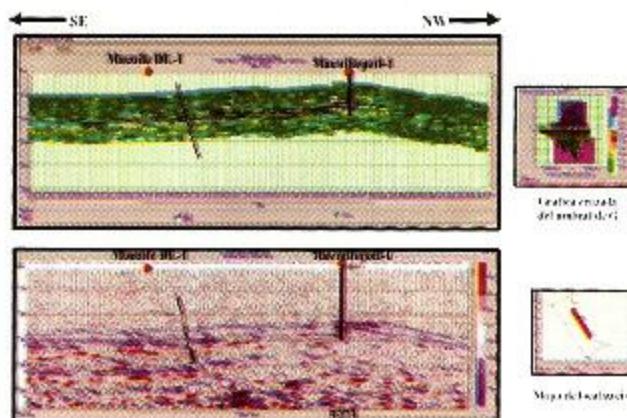


Fig.- 30 The upper section (Inline 1226) shows a window of 200ms in which is observed the crest and the base of the sands with gas (magenta and blue) according to the threshold obtained in G, at the lower section it is presented the same complete section showing attribute G.

these locations it is placed in the sands that correspond to the lobe of a submarine fan.

Unfortunately the most of the sedimentary structure stays out of the selected limits in the study, at the

moment it is not possible to obtain more information, that is why it is suggested that the study should be carried out subsequently on a subvolume that covers the zone of interest.

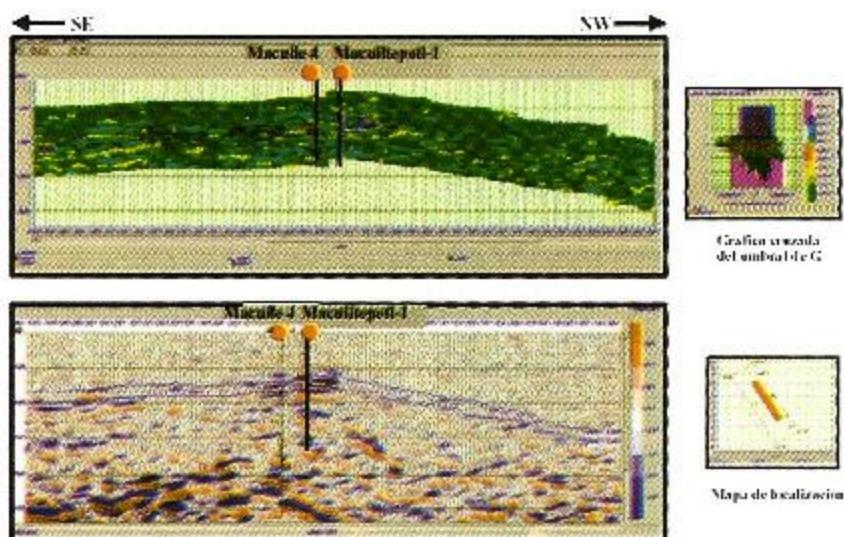


Fig.- 31 The upper section (Inline 1228) Shows a window of 200ms in which it is observed the crest and the base of the sands with gas (magenta and blue), the lower section is the same but complete, this one presents the G attribute

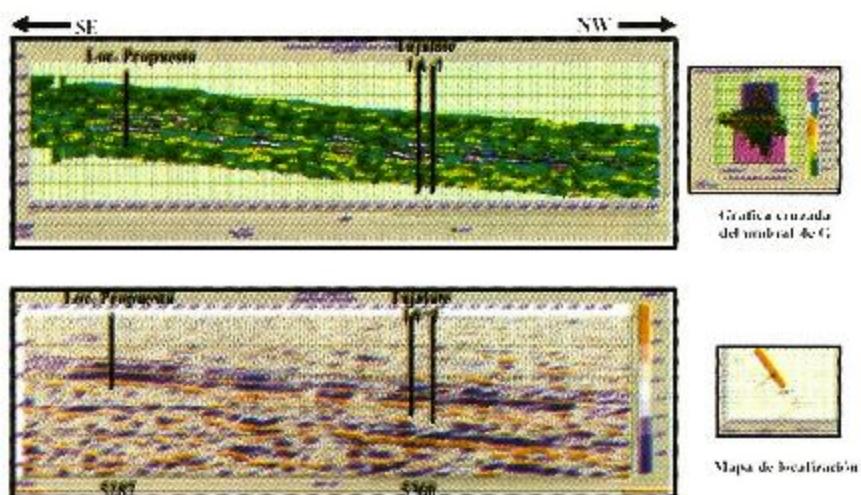


Fig.- 32 The upper section (Inline 1261) shows a window of 200ms in which it is observed the crest and the base of the sands with gas (magenta and blue), the lower section is the same but complete, this one presents the G attribute



## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The geophysical registers of the wells are a fundamental part in the analysis of the AVO due to they are the links between the seismic and the geological parameters.

It is important to analyze the behavior of the amplitudes, based on the distance (source-receptor) with the purpose to establish the feasibility of the study of AVO.

With the estimate of the attributes AVO, the anomalous zones content at the Arenas 1 and 2 were stood out in such way that this allows to focus the exploration studies.

The AVO attributes were calibrated with the Macuile 4 and DL-1 wells with the purpose of establishing the thresholds for each lithology more for the sand with gas, which were used as the basis to define the most probable zones with hydrocarbons.

With the analysis carried out, it is considered that the sands with gas are of a low acoustic impedance and according to the analysis of the AVO attribute, these sands correspond to a classification of sands type III (according to Rutherford).

With the amplitude analysis and the AVO attributes, there were found attractive values close to the Tajalate-1 location.

According to the AVO results obtained, it is probable that the anomaly present on the inline 1262 and xline 5287 could be proposed as a prospect, however it is recommended to complete the study due to this anomaly stayed close to the limit of the subvolume studied.

The Macuitlapetl-1 location, presents good possibilities because the attributes that were estimated reacted well to the lithological characteristics with the presence of gas.

According to the interest zones established through the thresholds it can be stated with more accuracy the placement of the locations, however it is very convenient to work with reduced windows of study, that include almost exclusively such zones.

There were identified and defined amplitude variations in zones of sands with gas from the Macuile-4 and DL-1 wells.

The estimate of the AVO attributes must be put in practice and focused in more specific interest zones with exploration objectives, to study the amplitudes that are related with the accumulation of hydrocarbons, in such way that subsequently these values can be extrapolated to the total volume of the cube in which the work is carried out.

## REFERENCES

- Alistair R. Brown ( ), Interpretation of the three-dimensional Seismic Data, AAPG, SEG, Tulsa Oklahoma, U.S.A.
- Castagna J., Curso UNAM, Análisis AVO.
- Brandi P.J., Análisis de Datos Sísmicos antes del Apilamiento (AVO) en la exploración y producción de yacimientos petroleros, PEMEX-UNAM.
- Escamilla H. A., 2002, Curso Jimba 3D, Proyecto de Evaluación Papaloapan "B", Pemex Exploración y Producción.
- Escamilla H. A., 2000, El análisis sismoestratigráfico una herramienta para la definición de modelos geológicos y trampas de hidrocarburos, Publicación de Julio AMGP, Delegación Coatzacoalcos.
- Estudio Amistad, Evaluación de Plays, Informe Técnico Inédito, Proyecto Papaloapan "B", Activo Salina del Istmo, Pemex Exploración y Producción.
- Guzmán V. M. A., Holguín Q. N., 2001, El concepto de Sistema Petrolero y la Geoquímica Orgánica en México, Boletín AMGP, vol. XLIX, num. 1-2.
- Estudio Sísmico de Reflexión Tridimensional Jimba 3D, 2000, Informe Técnico Inédito, Cía. PGS Mexicana, S. A. de C.V., Pemex Exploración y Producción.
- Garotta P., 2000, Shear Waves from Acquisition to interpretation, SEG.
- Jimba 3D, Lithesis Project, 2003, Informe Técnico, Pemex - eseis, Pemex Exploración y Producción.
- L. Allen, J., P. Peddy C., 1999, Amplitud variation with offset: Gulf Coast Case Studies, Geophysical Developments Series, Volume 4.
- León I. F. J., Variación de las amplitudes con respecto a la distancia, AMGP, Gerencia de Exploración Región Norte, Residencia de Exploración Veracruz.
- P. Castagna J., M. Backus M., 1999, Offset-Dependent Reflectivity-Theory and Practice of AVO Analysis., Society of Exploration Geophysicists.
- Pereznegrón I., 2001, Interpretación Sismoestratigráfica del área la Central, Tab., Tesis de Maestría, Facultad de Posgrado UNAM.
- Proyecto Cuencas Terciarias del Sureste y Área Marbella, 1994, Informe Técnico Inédito, Pemex Exploración y Producción-BP Exploration.
- Russell B., Fountain T., (2002), Curso UNAM, Software Hampson & Russell.
- Zozaya S. R., Maldonado L. M., Ramírez E. A., Estilo Estructural del Cinturón Plegado de Catemaco, Publicación AMGP, Exploración y Producción.
- Valdés L. O. G., 1999, Reactivación Petrolera de la Cuenca de Veracruz, Publicación AMGP, Delegación Veracruz, Pemex Exploración y Producción.
- Villanueva R.L., Winterhalder J., 2001, Modelado Geoquímico, Informe Técnico Inédito, Pemex Exploración y Producción-Braida Garth Pty. Ltd.

## **FE DE ERRATAS**

En el boletin Vol. 43 N°1 en la página 53 así como en  
la página 61 se escribio por error

**M. en C. Roooooo Mooooooo Coooooo**  
debiendo decir

**Ing. Fernando Flores Cruz**

## **MISPRINT**

At bulletin Vol. 43 N. 1 on page 53 as well as on  
page 61 it was written by typing error

**M. in C. Roooooo Mooooooo Coooooo**  
Where it must have said

**Ing. Fernando Flores Cruz**



# 1er. Congreso Internacional de Geociencias para la Industria Petrolera

## **XI Simposio de Geofísica y Exposición Hoteles Sede**

### **HOTELES SEDE**



**HYATT  
REGENCY  
CANCUN**



**CAMINO REAL  
CANCUN**



**CORAL  
BEACH**



**ECODSA**

**PARA INFORMES Y RESERVACIONES**

**GRUPO ECODSA**

**TEL. (01 55) 56 98 45 75 (hasta 31 de Julio)**

**NUEVO TEL. (01 55) 55 99 28 60 con 10 líneas**

**E-MAIL: ecods@prodigy.net.mx**

**www.ecods.com.mx**



Asociación Mexicana  
de Geofísica de exploración, A.C.

[www.amge.org.mx](http://www.amge.org.mx)

Piñon No. 129 altos  
Col. Nueva Santa María  
Delegación Azcapotzalco  
México, D.F.  
C.P. 02800