

BOLETIN DE LA ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

SUMARIO:

- **SISMOLOGIA ESTRATIGRAFICA EN LA EXPLORACION Y DESARROLLO DE CAMPOS EN LA SONDA DE CAMPECHE.**

Jorge Stanford Bestt

- **APLICACION DE LA TOMOGRAFIA NUMERICA EN LA INTERPRETACION DE DATOS GEOFISICOS.**

Gerardo Ronquillo Jarillo

- **APORTE GRAVIMETRICO EN EL ESTUDIO DE LAS ROCAS CARBONATADAS DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI.**

Santiago M. Arellano Islas

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA

1989 - 1990

Presidente	Ing. Salvador Hernández González
Vicepresidente	Ing. Francisco Ramos García
Secretario	Ing. Jorge Reyes Núñez
Tesorero	Ing. Jaime Guerra Ortíz
Pro-Tesorero	Ing. Jaime Martínez Ramos
Editor	Ing. Rodolfo Marín Campos
Coeditor	Ing. César Navarro Tafoya
Coord. Eventos Técnicos	Ing. Rubén Rocha de la Vega
	Ing. F. Javier Sánchez De Tagle
Coord. Eventos Sociales	Ing. Rafael Centeno Urrutia
	Ing. Carlos López Ramírez

PRESIDENTES DELEGACIONALES

Reynosa	Ing. Alberto Rodríguez Villagómez
Tampico	Ing. Rogelio Macedo Velasco
Poza Rica	Ing. Julio Cerrillo Cruz
Coatzacoalcos	Ing. Jerónimo Rivera Juárez
Villahermosa	Ing. Eloy Ruíz Rojas
Cd. del Carmen	Ing. Fidencio Díaz Zamora
San Luis Potosí	Ing. Santiago Arellano Islas
Córdoba	Ing. Sergio Figueroa Arias
Chihuahua	Ing. Enrique de la Rosa Santoscoy
Morelia	Ing. Jesús Arredondo Frago

VOCALES

I.M.P.	Ing. José H. Salinas Altés
I.P.N.	Ing. Ricardo Díaz Navarro
U.N.A.M.	Ing. Juan Brandi Purata
EXTERIOR	Ing. Andrés Ramírez Barrera
JUBILADOS	Ing. Ezequiel Meneses Gómez

Para todo asunto relacionado con el Boletín Técnico, como manuscritos, suscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

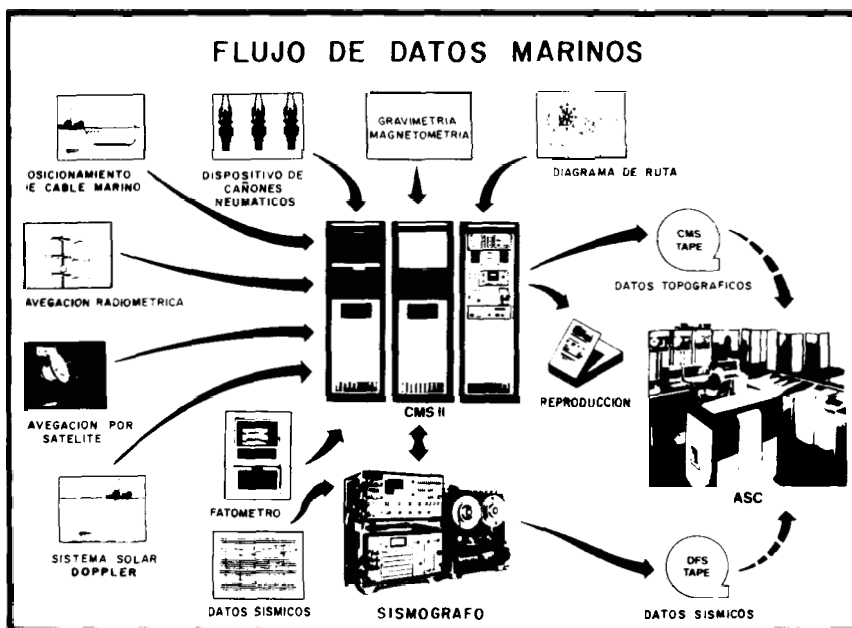
M. en C. Rodolfo Marín Campos
Apartado Postal 57-275
México, D.F., C.P. 06500
Tel. 567 82 61

Las aseveraciones y opiniones expresadas en los escritos en este boletín, son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración. Boletín trimestral editado por la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, Apartado Postal 57-275, México, D.F., C.P. 06500, Tels. 545-79-68, 531-63-18 y 254-20-44 exts. 22537 y 23519. Solicitada la autorización como correspondencia de segunda clase en la Administración de Correos, D.F. Solicitada la licitud correspondiente a la Dirección de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Educación Pública. Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de la A.M.G.E.

CMS II

El corazón del sistema marino totalmente integrado



El sistema de exploración marina de GSI proporciona el poder y la flexibilidad necesaria para la exploración geofísica marina de hoy.

El sistema marino configurado **CMS II**, con características de registro de datos automático, integra un conjunto de subsistemas opcionales en el más potente sistema marino de exploración con que cuenta la industria.

- ☐ **GEONAV*** Sonar/Sistema de navegación por Satélite.
- ☐ Sistema multisensor radiométrico de posicionamiento.
- ☐ **AOL** Sistema de Registro Automático de Datos.
- ☐ **SEISTRACK*** Sistema de posicionamiento de cable marino.

- ☐ **TIGER** Sistema de control de cañones neumáticos.
- ☐ **MARISAT*** Sistema de comunicación mediante Satélites.

El sistema **CMS II** virtualmente elimina el error humano — disminuyendo el tiempo de entrega y proporcionando mayor exactitud en el procesamiento sísmico de los datos.

Esta capacidad de **GSI** pueda ser adaptada a sus necesidades.

A disposición inmediata.

Para mayor información, llamar o escribir a
GSI DE MEXICO, S.A. DE C.V. RIO RHIN No. 22
7º PISO MEXICO 5, D.F. TEL. 566 92 44



GSI DE MEXICO, S.A. DE C.V.

SUBSIDIARIA DE

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED



GEOEVALUACIONES, S.A.

ESPECIALISTAS EN EXPLORACION

- EXPLORACION GEOELECTRICA.
- LEVANTAMIENTOS GEOHIDROLOGICOS INTEGRALES.
- EXPLORACION GEOLOGICA.
- PROSPECCION GRAVIMETRICA Y MAGNETOMETRICA.
- FOTOINTERPRETACION.
- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y GEODESICOS.
- PROCESAMIENTO DE DATOS GEOFISICO-GEOLOGICOS.
- EXPLORACION MINERA.
- SERVICIOS DE INTERPRETACION.
- ASESORIAS ESPECIALES.

Av. Amacuzac # 615 Tel. 532-39-19 y 672-09-92 Código Postal 09440
Col. San Andrés Tetepilco México, 13 D.F.

SISMOLOGIA ESTRATIGRAFICA EN LA EXPLORACION Y DESARROLLO DE CAMPOS EN LA SONDA DE CAMPECHE

*M. en C. Jorge Stanford Bestt**

RESUMEN

La sismología aplicada a la exploración de hidrocarburos en la Sonda de Campeche, ha estado predominantemente enfocada a la búsqueda de levantamientos estructurales o relieves morfológicos, mientras que su uso en la solución de problemas estratigráficos que se presentan tanto en la exploración, como en el desarrollo de campos ha sido muy restringido.

Los grandes avances en las técnicas Geofísicas, aunados a un rápido y fácil acceso a los sistemas de computación y proceso, permiten una detallada integración de información y la aplicación de métodos de modelado con lo que son analizadas las características petrofísicas de las rocas productoras de hidrocarburos, que son susceptibles de generar una respuesta sísmica, y se comparan con la información de las secciones sismológicas, para evaluar su respuesta en función de los objetivos.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda la perforación de pozos en campos productores en busca de yacimientos más profundos (Pol) y de extensión de campo (Caan), se evalúan las posibilidades de éxito de estructuras no perforadas (Kax, Pich, Beek y Toloc) y se recomienda el estudio de otros relieves estructurales.

* Suptcia. Dttos. Exploración, Petróleos Mexicanos, Cd. del Carmen, Campeche.

INTRODUCCION

La sismología estudia la transmisión de ondas en diferentes medios, por lo que su conocimiento permite inferir la composición, morfología interna y el comportamiento de la Tierra como planeta.

En los casos más comunes, como pudieran ser las ondas generadas por una explosión o un terremoto, un análisis sencillo permite conocer su ubicación, profundidad y magnitud; sin embargo, un estudio detallado de las ondas permite obtener mucha información adicional sobre el subsuelo.

Análogamente, el uso de la sismología en la exploración petrolera, visto en una forma extremadamente simplista, consiste en transmitir una señal al subsuelo y captarla al ser reflejada desde las diferentes capas de rocas. Por el tiempo que tardan en su recorrido y conociendo la velocidad de transmisión se conocen la morfología y profundidad de los estratos, esto es, sismología estructural; el análisis de las características de la forma de onda que se refleja para interpretar aspectos petrofísicos es sismología estratigráfica.

Los avances tecnológicos en la Geofísica y en la computación permiten obtener tal cantidad de información, que no es digerida totalmente y pasarán muchos años para que eso suceda; sin embargo, la inquietud para su mejor aprovechamiento ha existido siempre, lo cual ha permitido grandes avances en la metodología de interpretación, aunque quizá hayan sido subutilizadas a falta de una práctica continua.

Con la idea de dar una mayor aplicación a las técnicas modernas en la solución de problemas estratigráficos relacionados con el entrapamiento de hidrocarburos, que se presentan tanto en la exploración como en el desarrollo de campos, en este trabajo se hace una aplicación en la Sonda de Campeche mediante procesos y técnicas de modelado.

AREA DE APLICACION

Como área de aplicación se seleccionaron dentro de la Sonda de Campeche las líneas de sección I, II y III que se indican en la Fig. 1. Aunque en los tres casos son coincidentes en algunos tramos con líneas sísmicas de tres dimensiones (3-D), el trabajo que aquí se muestra sólo se apoya en líneas de 2-D; sin embargo, para efectos de control estructural se integró toda la información disponible.

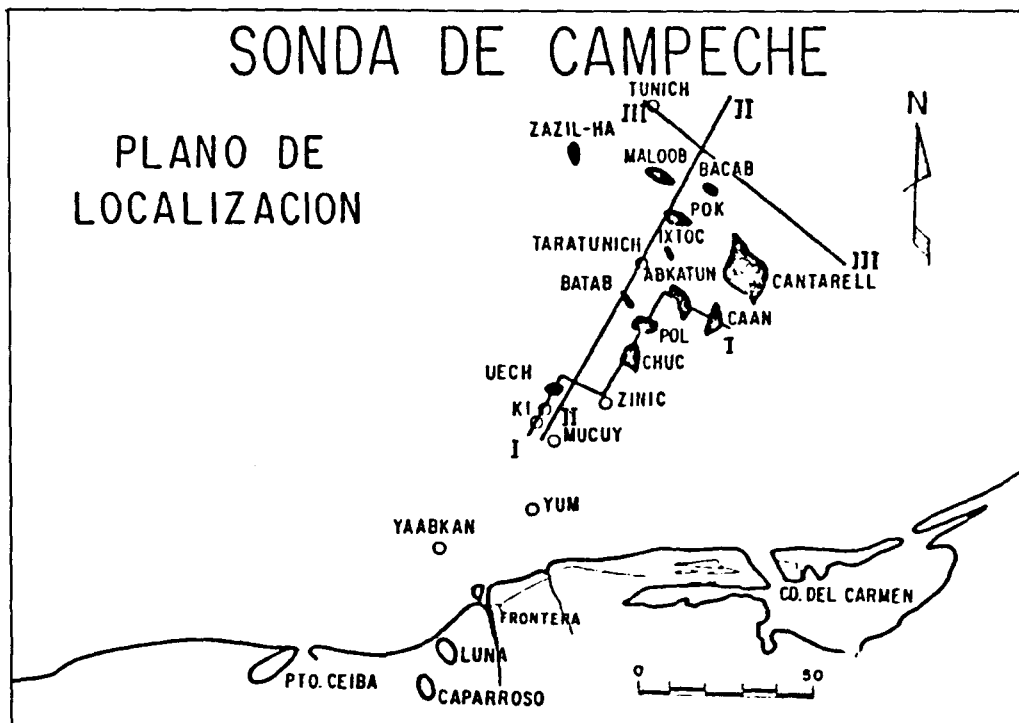


Fig. 1

Las tres secciones seleccionadas presentan las siguientes peculiaridades:

La sección número I (Fig. 4) pasa por varios pozos perforados con diferentes resultados, lo cual permite establecer los parámetros de calibración representativos de las rocas que contienen hidrocarburos respecto a las que no los contienen.

La sección número II (Fig. 5) se localiza en una región cercana a las

perforaciones y aunque no se cuenta con información directa de subsuelo, se puede establecer que a nivel Jurásico Superior debe presentar cambios en los sedimentos oolíticos dolomitizados de alta productividad a carbonatos evaporíticos menos productivos, tal como se puede apreciar en la Fig. 2.

En esta misma sección, también se pasa de una zona donde se tiene la presencia de Brechas del Paleoceno-Cretácico de alta productividad petrolífera, a otra zona donde estas rocas están ausentes (Fig. 3).

La sección III (Fig. 6), se sitúa prácticamente fuera del área conocida, por lo tanto los postulados son especulativos.

No obstante que regionalmente se conoce la posición de las rocas almacenadoras, localmente su distribución es errática y aunque el factor estructural es de vital importancia, las características petrofísicas aún más difíciles de interpretar, también son fundamentales; siendo este el aspecto a tratar, se establecen los siguientes

OBJETIVOS:

1. Determinar los cambios petrofísicos a nivel Kimmeridgiano, susceptibles de manifestarse sismológicamente.
2. Conocer la respuesta sísmica de las brechas Paleoceno-Cretácico, para definir localmente su presencia.
3. Establecer las características sismológicas y los procesos sísmicos idóneos, que permitan afinar las proporciones de perforaciones con fines petroleros.

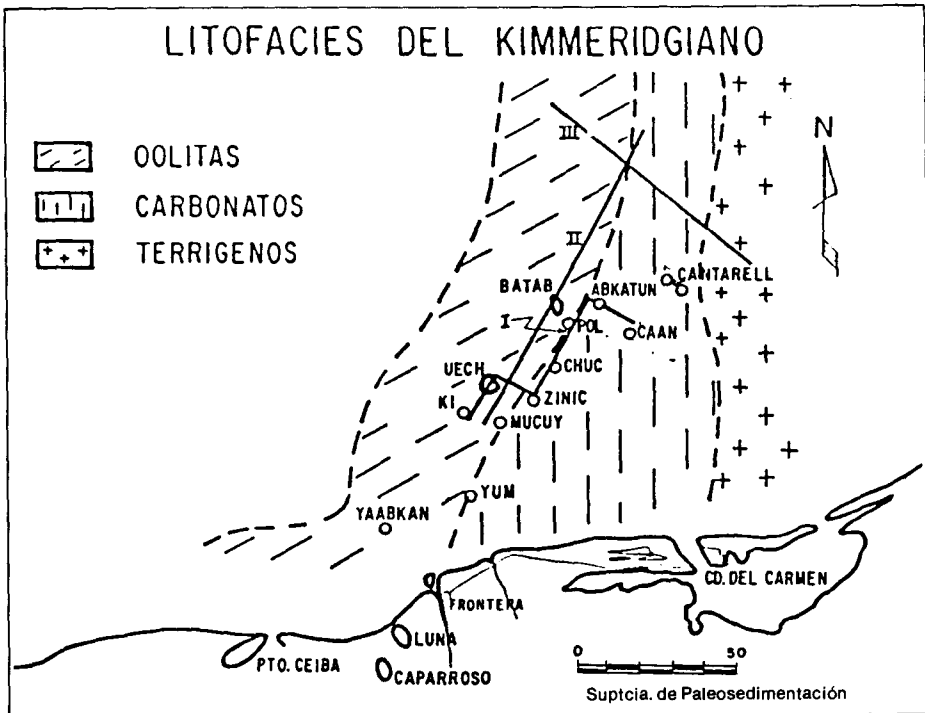


Fig. 2

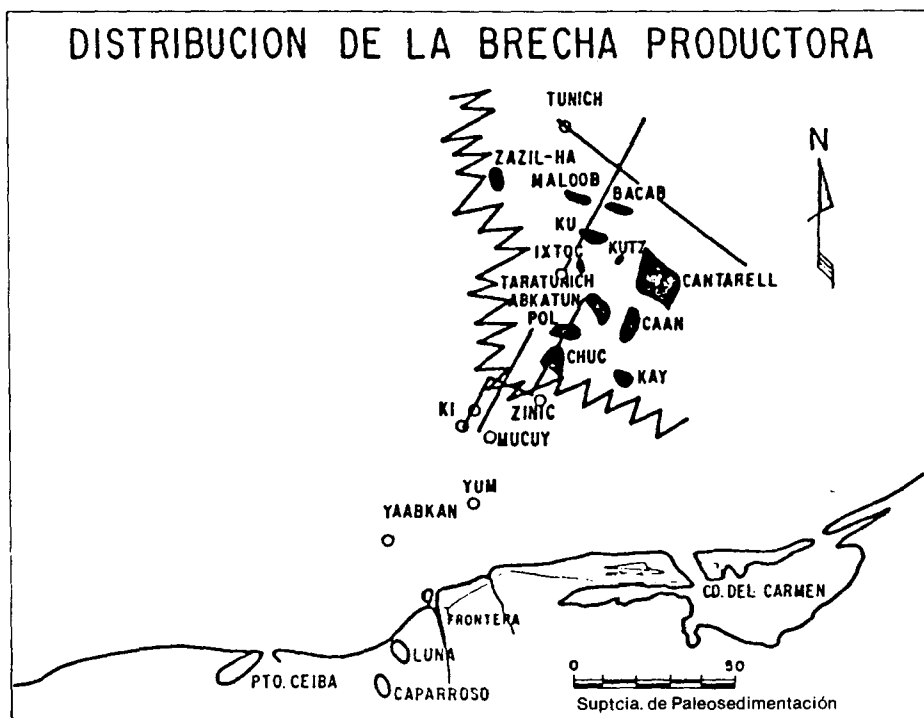
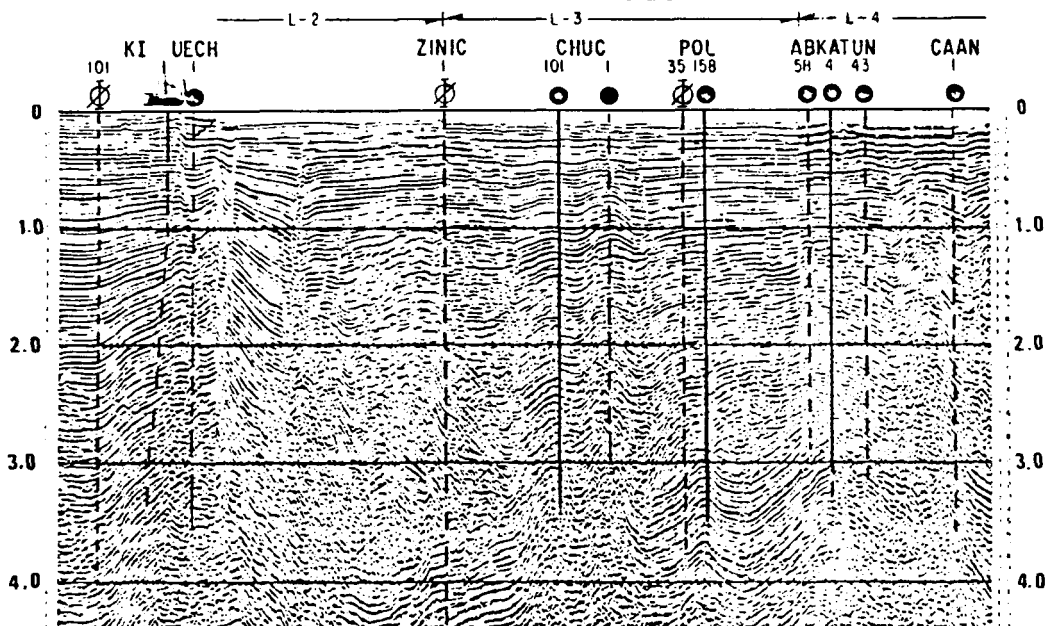


Fig. 3

SECCION SISMOLOGICA I



SECCION - I

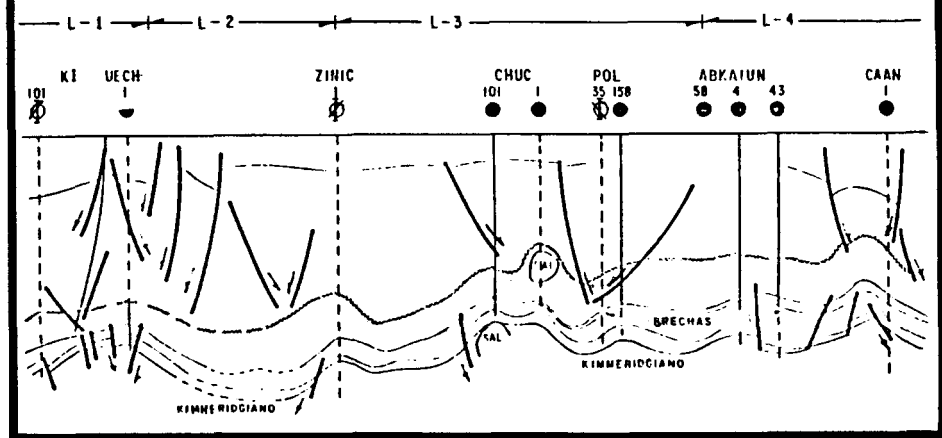
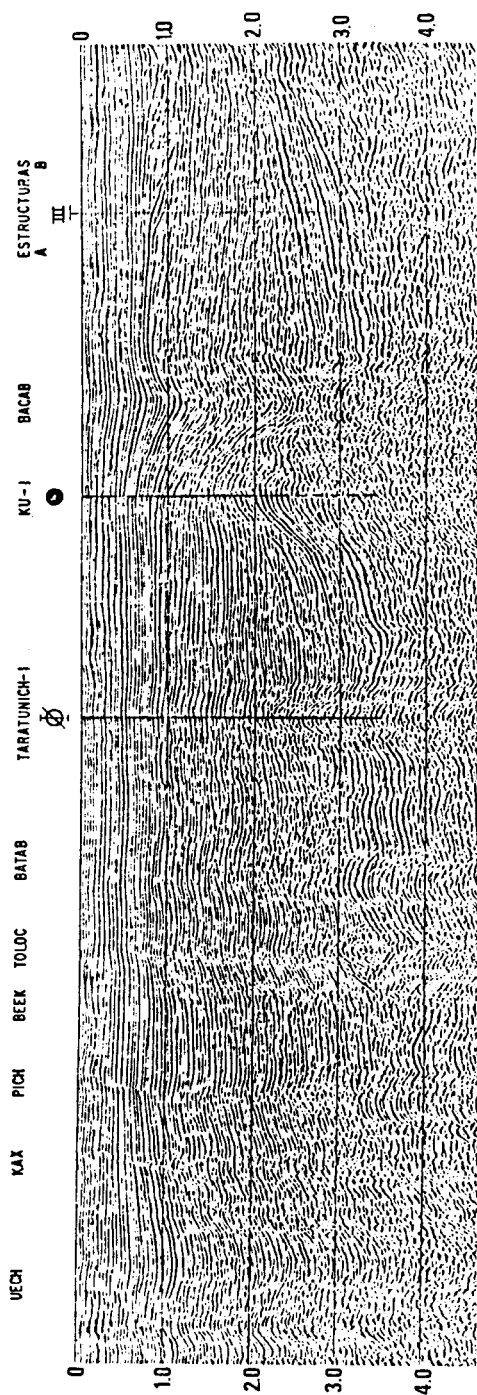


Fig. 4

SECCION SISMOLOGICA II



SECCION - II

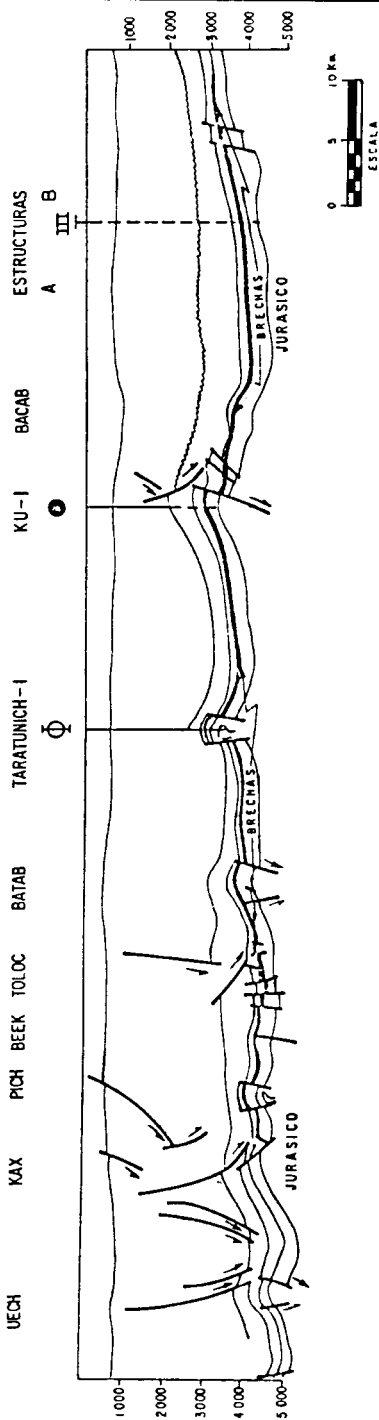
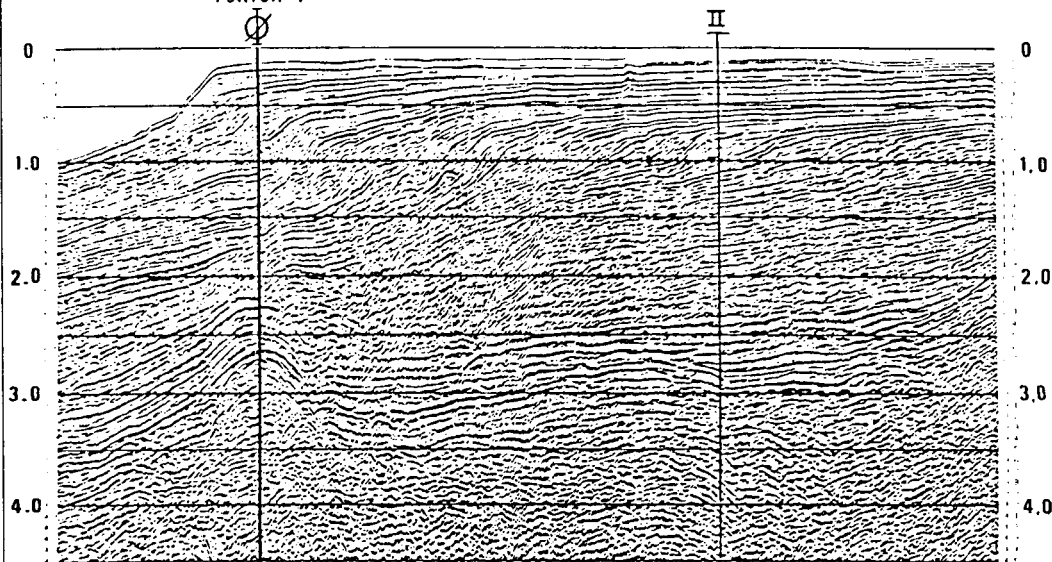


Fig. 5

SECCION SISMOLOGICA III

TUNICH-I



SECCION - III

TUNICH-I

II

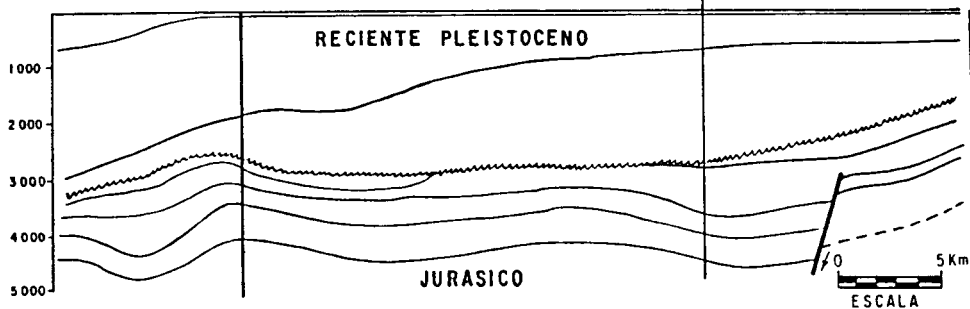


Fig. 6

INTEGRACION DE INFORMACION

Para analizar la información considerada, enfocada a la solución de los problemas señalados, primeramente se hizo el estudio de los datos existentes para cada uno de los pozos que participan de las 3 secciones seleccionadas, destacando los aspectos relacionados a las rocas objetivo que adelante se mencionan:

POZO UECH-1

A partir de los registros geofísicos del pozo, se obtuvo el registro computado (solicitado al Centro de Procesamiento de Registros del I.M.P. de Cd. del Carmen, Camp.), en el cual se incluyen los carriles correspondientes a litología, velocidad, densidad y porosidad, por ser de mayor utilidad para este estudio (porción izquierda de la Fig. 7).

Ya que los cambios en las características petrofísicas de las rocas se manifiestan como cambios en la velocidad y densidad, y sus diferencias o contrastes son los que originan las reflexiones sísmicas, es importante conocer el grado o magnitud en que esa información se puede reflejar y captar en las secciones sísmológicas. Esos contrastes, denominados coeficientes de reflexión, convolucionados con una señal representativa de la respuesta sísmica de las formaciones en estudio, generan la traza sísmica equivalente (porción central de la Fig. 7).

Si se compara la traza sísmica calculada, con la traza sísmica obtenida para ese punto en una sección que pasa por ese lugar (lado derecho Fig. 7), se puede establecer tanto teórica como prácticamente las características de las señales obtenidas.

En este caso, la Fig. 7 ilustra de izquierda a derecha, un paquete de 175 m. de sedimentos del Kimmeridgiano productores de hidrocarburos, el cual está representando en su entrada por un coeficiente de reflexión (C.R.) positivo.

Este registro permite establecer que para estas características petrofísicas, la respuesta sísmológica del cuerpo correspondiente a los sedimentos productores (facies oolíticas del Kimmeridgiano) se caracteriza por una señal de polaridad positiva y su terminación estará dada por una polaridad negativa, pudiendo existir dentro de este intervalo, variaciones ocasionadas principalmente por compactación, porosidad y contenido de fluidos.

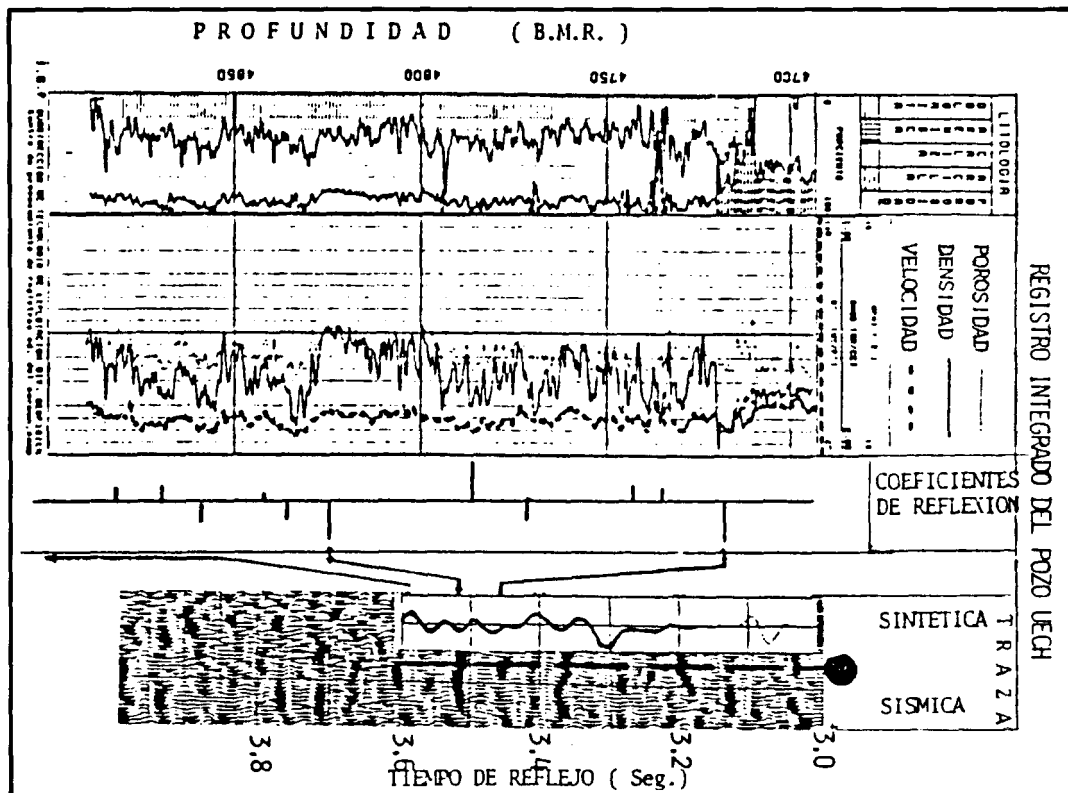


Fig. 7

Para que las características sísmicas señaladas puedan ser identificadas en forma confiable, se requiere de la información directa de un pozo; y su seguimiento en secciones y mapeado, sólo es posible si se cuenta con información sísmica de buena calidad y un adecuado proceso sísmico. Pudiendo ser factible en ese caso contar con procesos especiales, los cuales pueden además de enfatizar la señal de interés, delimitar arealmente el cuerpo en base a la amplitud, frecuencia y velocidad de intervalo.

Otra limitante de este método se presenta cuando el cuerpo que se pretende seguir tiene un espesor menor al límite de resolución sísmica (un cuarto de la longitud de onda).

En base a las limitaciones inherentes al método y a las condiciones litológicas y petrofísicas, se considera que los resultados factibles de obtener son principalmente cualitativos.

POZO ZINIC-1

Este pozo fue terminado como invadido de agua salada y tal como se muestra en las Figs. 3 y 4, se encuentra fuera de las áreas con mayor potencial petrolífero.

Los registros del pozo permiten apreciar que dentro del paquete de sedimentos del Paleoceno se presentan cuerpos de alta velocidad; por lo que el reflector fuerte, de polaridad positiva que se obtiene, corresponde al contacto con el Cretácico Superior. Teniéndose aproximadamente 40 m más abajo, otro C.R. positivo que corresponde a la interface de la entrada del Cretácico Medio, tal como puede apreciarse numéricamente en la tabla de coeficientes de reflexión (Fig. 8) y gráficamente en las trazas sintéticas de la Fig. 9 segmento b.

Los sedimentos del Kimmeridgiano, en su interface con el Tithoniano, están representados por un C.R. positivo (+ 0.044, Fig. 8), y aunque teóricamente tiene una expresión significativa (lado A de la figura 9 segmento b-b), prácticamente se minimiza (lado B), lo cual se debe al poco espesor del cuerpo "E", productor del Kimmeridgiano que está limitado en su base por un C.R. de mayor amplitud y de polaridad opuesta (—0094, Fig. 8).

POZO CHUC-1

El evento de polaridad positiva que teóricamente se tendría a la entrada de las brechas para este pozo (Fig. 8), se obtiene en la traza sintética (Fig. 9 segmento c, lado izquierdo); sin embargo, en este caso prácticamente no muestra expresión sísmica, lo cual se debe a que se tiene un echado tan fuerte que el proceso de migración no logra corregir.

POZOS POL 35 Y 79

Estos dos pozos, aunque participan de la misma estructura y litológicamente son similares, presentan la diferencia de que mientras el primero resultó invadido de agua salada tanto en las brechas como en Kimmeridgiano, el segundo se dio como productor desde la base del Paleoceno en Tithoniano.

Para estos pozos se obtuvieron las trazas sintéticas desde el Paleoceno Superior hasta su profundidad total (Figs. 9 segmento d y 9 segmento e), mismas que fueron proyectadas sobre una línea sísmica cercana para comparación de la respuesta en un mismo tipo de información.

No obstante la similitud litológica entre ambos, la expresión de la traza sintética es diferente, salvo en el contacto Paleoceno Superior Brechas. De la misma manera, la expresión en la traza sísmica también es diferente por lo que independientemente de la diferencia estructural, existen condiciones petrofísicas que las hacen diferentes.

POZO ABKATUN-5

La Fig. 9 segmento f presenta la respuesta teórica del pozo Abkatun-5. En ella se puede apreciar con claridad el cuerpo correspondiente a las brechas, ya que por tener más de 100 metros de espesor y estando limitado por polaridades diferentes (Fig. 8), origina la señal comprendida entre un máximo y un mínimo (de 2.75 a 2.8 seg.).

A nivel Kimmeridgiano, se tiene definido el contacto con el Tithoniano con un valor positivo tanto cualitativamente (Fig. 9 segmento f), como cuantitativamente (Fig. 8) y en base a los valores correspondientes a esa misma tabla, se asume un coeficiente de reflexión fuerte y negativo como el límite del cuerpo E (oolítico, de interés petrolífero).

POZO CAAN-1

Al igual que los pozos antes comentados que cortaron las brechas, su entrada se manifiesta por una señal positiva de alta amplitud (Figs. 8 y 9 segmento g), mientras que en la base se tiene una señal débil de polaridad positiva.

El cuerpo E del Kimmeridgiano (oolitas de alta productividad petrolífe-

TABLA DE COEFICIENTES DE REFLEXION DE LAS INTERFACES DE INTERES

FORMACION	P O Z O S						
	UECH-1	ZINIC-1	CHUC-1	POL-35	POL-79	ABK-5	CAAN-1
PALEOCENO SUP.	+ .046	- .045		- .142	- .122	+ .122	+ .077
PALEOCENO INF.			*				
			+ .128	+ .124	+ .132	+ .109	+ .128
BRECHAS	*	*					
	+ .060	+ .061				+ .085	
K. SUP.			*	•	*		*
	- ?	+ .076	+ .337	- .013	- .054	- .005	+ .016
K. MEDIO							
	- .015	?		- .040	- .037	- .050	- .042
K. INF.							
	- .007	- .027		- .032	- .039	- .022	- .053
J. TITHONIANO							
	+ .070	+ .044		+ .042		+ .069	+ .102
J. K ^m (E)							
	- .071	- .094		- .115			+ .189
J. K ^m (D)							

* AUSENTE

Fig. 8

EXPRESION GRAFICA DE LAS TRAZAS SINTETICA Y SISMICA DE POZOS DE LA SECCION I

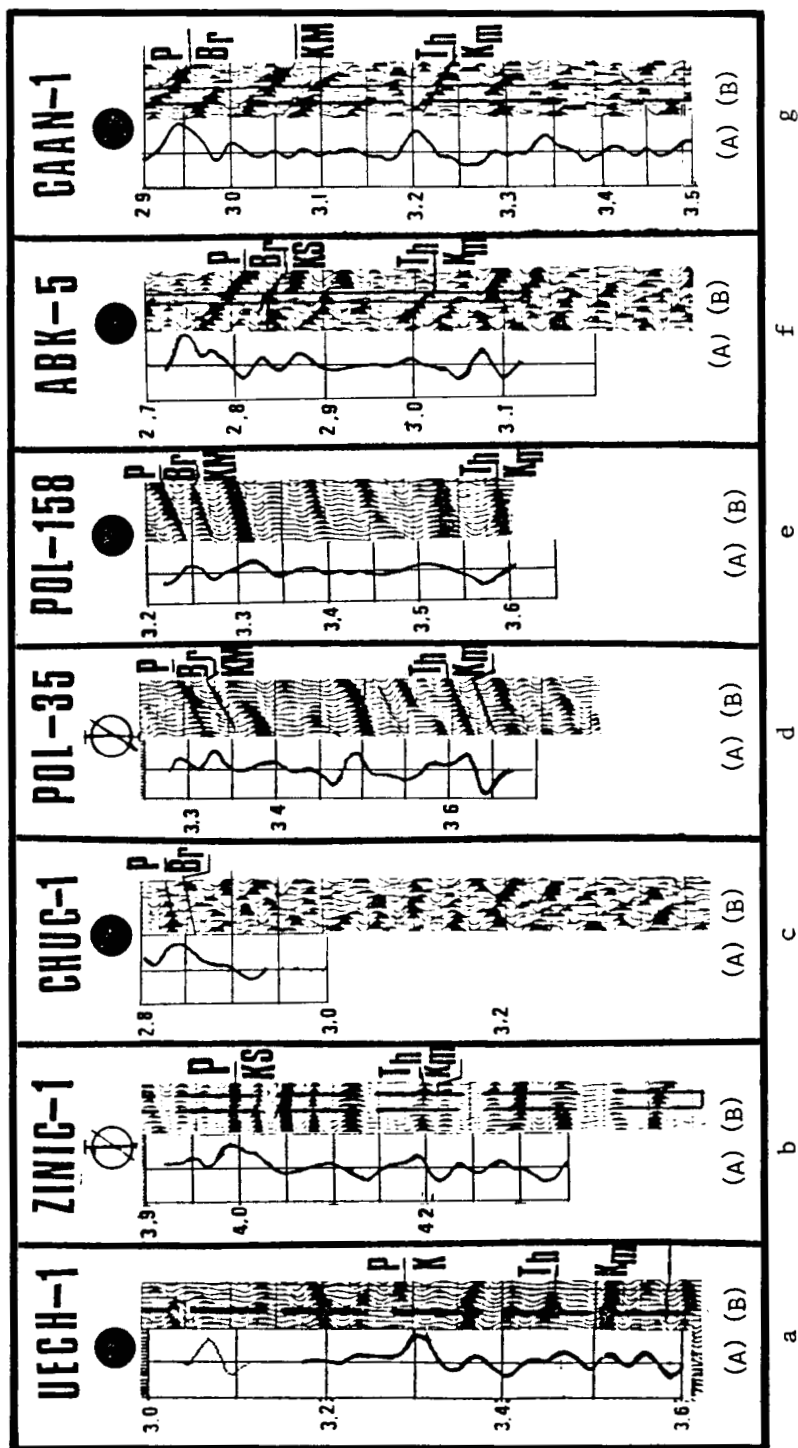


Fig. 9

ra), en este caso se caracteriza por un coeficiente de reflexión fuerte y positivo tanto en la cima como en la base. Por lo que respecta al primero es congruente con lo obtenido en los otros pozos, mientras que el segundo es originado por condiciones geológicas locales ya que en este pozo se cortó un paquete de Kimmeridgiano con un contenido muy alto de lutitas, lo cual implica una disminución en las posibilidades petrolíferas.

MODELADO LITO-ESTRATIGRAFICO

a) EN BRECHAS

Para tratar de conseguir los objetivos sísmicos estratigráficos señalados para este trabajo, referentes a conocer la respuesta sísmica de las brechas y dado que una gran influencia en las velocidades y densidades está siendo ejercida por la litología, únicamente se consideraron para este modelado los pozos ABKATUN-5 y POL-79A, por tener una litología y una densidad similar en la parte superior con respecto a la inferior, lo que permite asumir que la diferencia en las velocidades de intervalo es atribuible principalmente a la diferencia de porosidades y de fluidos contenidos en los pozos.

Para ilustrar gráficamente el efecto sísmico que esto puede producir se substituyó la parte superior de las brechas por los valores de la velocidad de intervalo de la porción inferior, obteniendo el modelo sísmico mostrado para el pozo ABKATUN-5, comparando gráficamente la traza real con la modelada litológicamente (Fig. No. 10 segmento a contra 10 segmento b), pudiéndose apreciar un incremento en el C.R. sin cambio de polaridad (de $+0.109$ a $+0.152$), que confirma lo anteriormente establecido de corresponder este contacto a un C.R. positivo de mayor amplitud en la medida en que disminuya la porosidad, contenido de fluidos o en general el potencial almacenador *siempre que no varíen las condiciones litológicas de la roca almacenadora*.

El pozo POL-79A, la parte inferior de las brechas presenta mayor porosidad, y aplicando el mismo criterio de intercambiar los intervalos poniendo en contacto el de mayor porosidad de la brecha con las rocas del Paleoceno Inferior, obtenemos, a diferencia del caso anterior, un deterioro de la señal, o sea, una menor amplitud que se refleja como una disminución en el C.R. (de $+0.132$ a $+0.102$) tal como se manifiesta en las trazas sintéticas modeladas. Esta situación que se ilustra en las Figs. 10 segmento c y 10 segmento d, equivale a un modelado litológico.

**MODELADO
ABKATUN-5
REAL COMPACTO**

**LITOLÓGICO
POL-79
REAL POROSO**

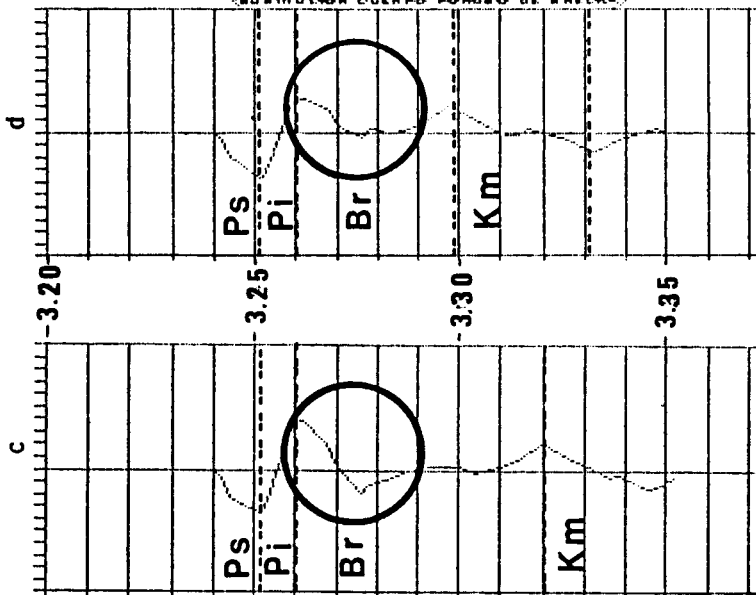
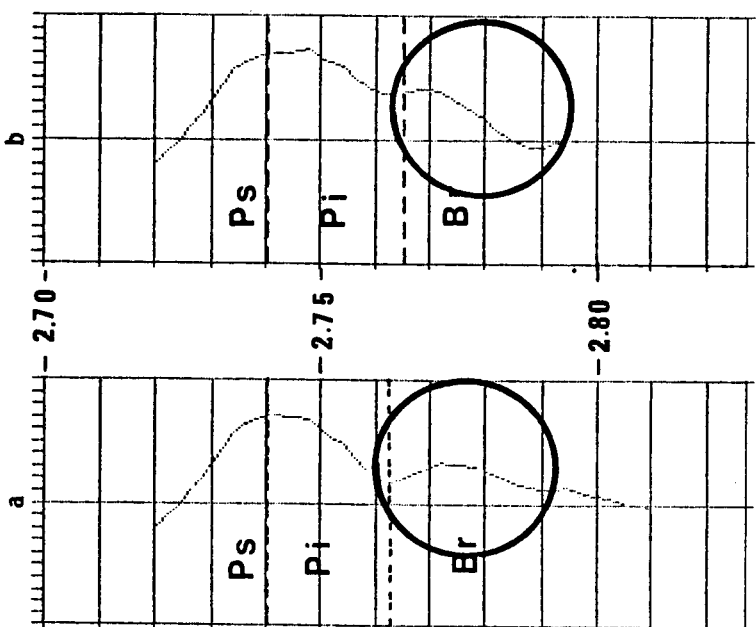


Fig. 10

TRAZAS SINTETICAS

DATOS REALES

ABKATUN-5

POL-79

POL-35

ZINIC-1

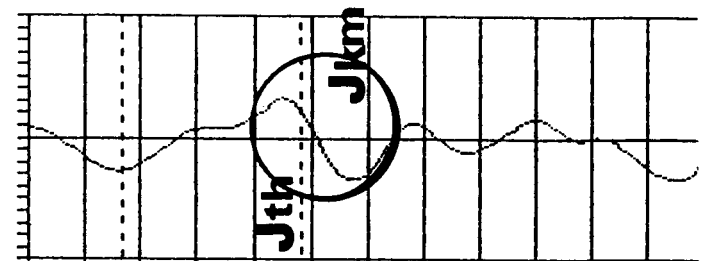
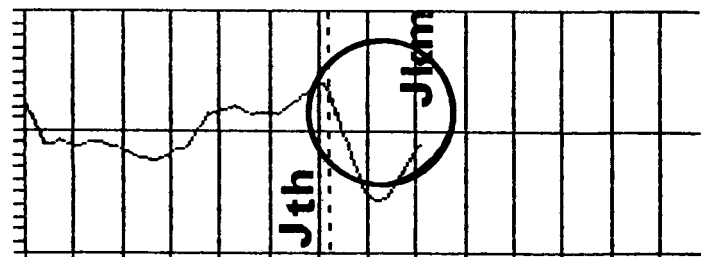
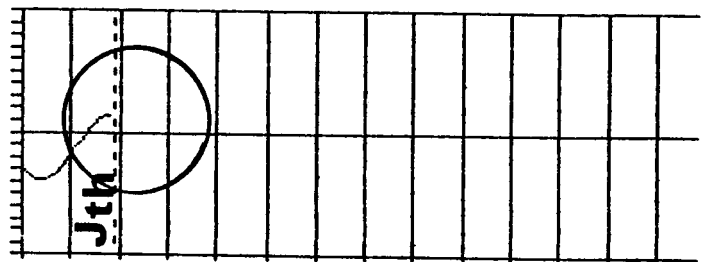
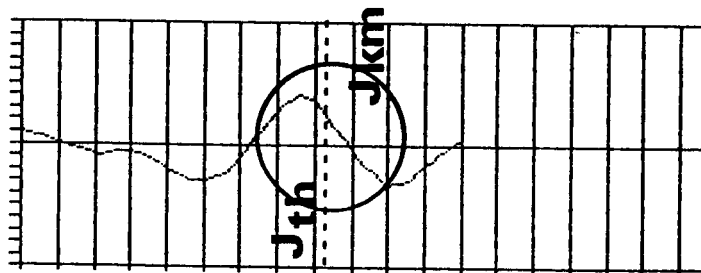


Fig. 11.2

b) EN JURASICO SUPERIOR

Para el caso del cuerpo oolítico del Kimmeridgiano, habiéndose marcado como objetivo el determinar la respuesta sísmica del cuerpo productor y siendo el pozo UECH-1 el único que produce de los incluidos en este estudio, se usó como modelo estratigráfico para sustituirlo por la información subyacente al Tithoniano de los pozos ZINIC-1, POL-79A y ABKATUN-5, lo cual implica obtener la respuesta sísmica que tendría-

RESULTADOS

Los conceptos establecidos en los capítulos precedentes fueron aplicados en todas las estructuras que se ubican en las tres líneas de sección analizadas, destacando los resultados que se comentan adelante.

a) EN CAMPO PRODUCTORES

UECH. Debido a la complejidad estructural que presenta, una línea sísmológica con proceso normal daría lugar a un concepto erróneo sobre la morfología de subsuelo y sólo un cuidadoso proceso de migración permite medianamente apreciar la presencia y ubicación del sistema de fallas que rigen el comportamiento estructural.

Para analizar a detalle, aplicando los conceptos previamente establecidos, se seleccionó el tramo comprendido entre los puntos 950 y 1100 en una ventana entre 3.0 y 3.7 seg. (Fig. 12). Si se incorpora en ella el criterio definido, se puede establecer que sólo prevalecen las condiciones encontradas en el pozo aproximadamente, entre los puntos 955 y 995, observándoseles nuevamente entre el 1030 y 1070 aunque en posición estructural más baja.

Utilizando otro tipo de procesos sísmicos (seudo velocidades), se definen ambas porciones como bloques independientes separados probablemente por fallas, que explican el deterioro de la información sísmológica, lo que implica que en el mejor de los casos, las condiciones encontradas en el pozo se podrían continuar con la misma posición estructural hasta unirse con el otro bloque; esto es, que la estructura UECH, vista sobre esta sección se encuentra como máximo entre los puntos 955 y 1030.

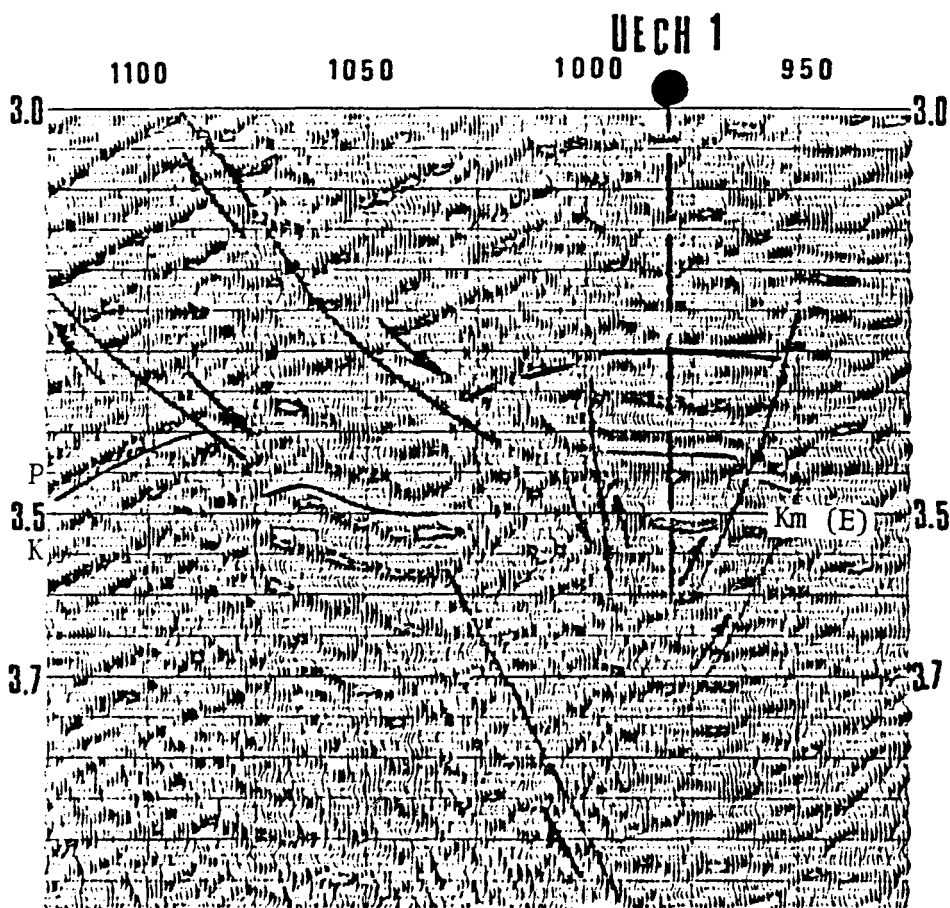


Fig. 12

POL. Esta estructura que se ilustra en la Fig. 13, si bien corrobora la importancia de la posición estructural ya que el pozo franqueado resultó invadido, también permite establecer tanto la continuidad y polaridad que manifiesta la cima de las brechas como la discontinuidad con la base.

El evento sísmico del cuerpo E del Kimmeridgiano cortado en el pozo POL-35 difiere del carácter sísmico que se tiene en el pozo POL-158 (productor), mostrándose hacia la culminación con un espesor más desarrollado y con una expresión más definida aproximadamente de la culminación hacia el lado derecho de la sección (porción norte de la estructura), razón por la que se recomienda la perforación hacia esa región con ese objetivo.

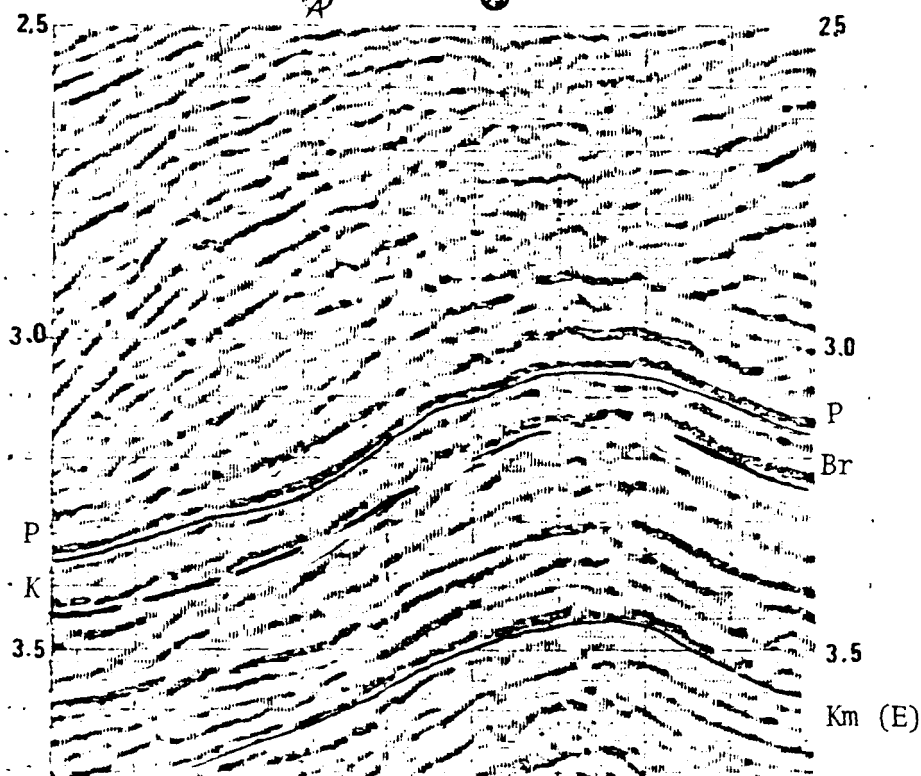


Fig. 13

ABKATUN. Este campo productor en brechas, sismológicamente tiene la expresión mostrada en la Fig. 14, correspondiendo a ese nivel estratigráfico el evento sísmico con las características establecidas previamente aunque en este caso, la disminución de la amplitud que se presenta en la culminación estructural se origina principalmente en el echado.

El reflector correspondiente a los sedimentos productores del Jurásico se aprecia algo difuso, posiblemente como consecuencia de un cuerpo de tipo intrusivo de edad pre-Jurásico Superior con culminación, sobre esta línea, en donde se ubica el pozo Abkatun-4.

No obstante que la distribución del cuerpo de interés del Kimmeridgiano parece limitado hacia el oriente por falla normal que se interpreta en las cercanías del pozo Abkatun-43, sería recomendable la perforación de este objetivo pero flanqueando la culminación, ya que en éstas las rocas de interés pudieran estar ausentes.

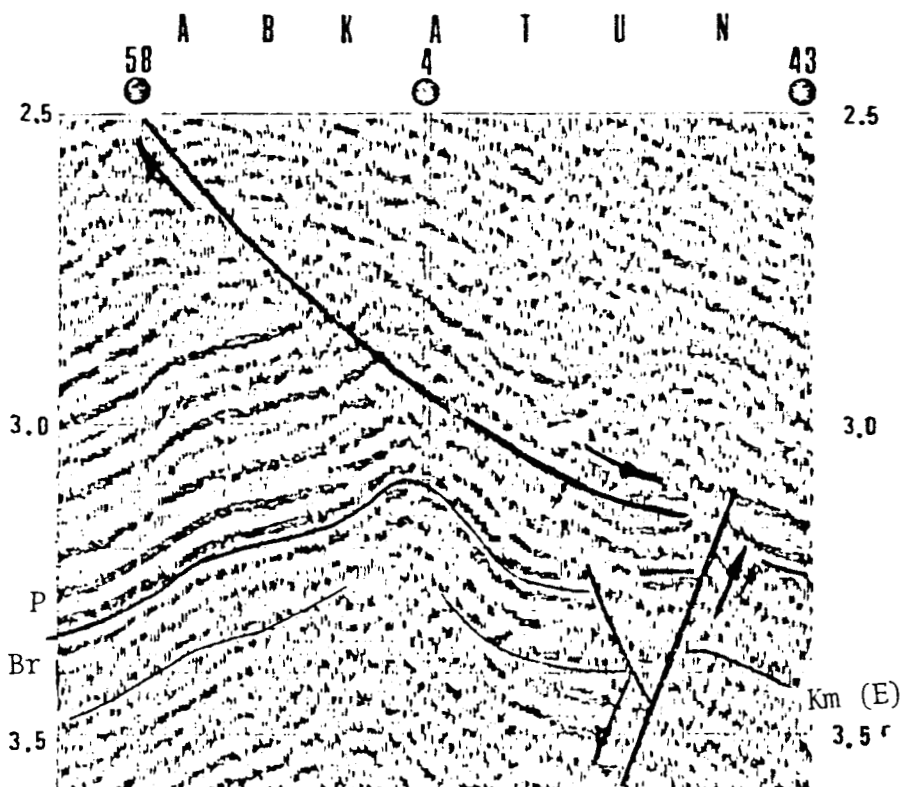


Fig. 14

CAAN. Este campo también es productor en brechas; tal como se ilustra en la Fig. 15, muestra a ese nivel un evento continuo de fuerte amplitud que teniendo un echado notable, deteriora otras características sísmicas que pudieran tener expresión.

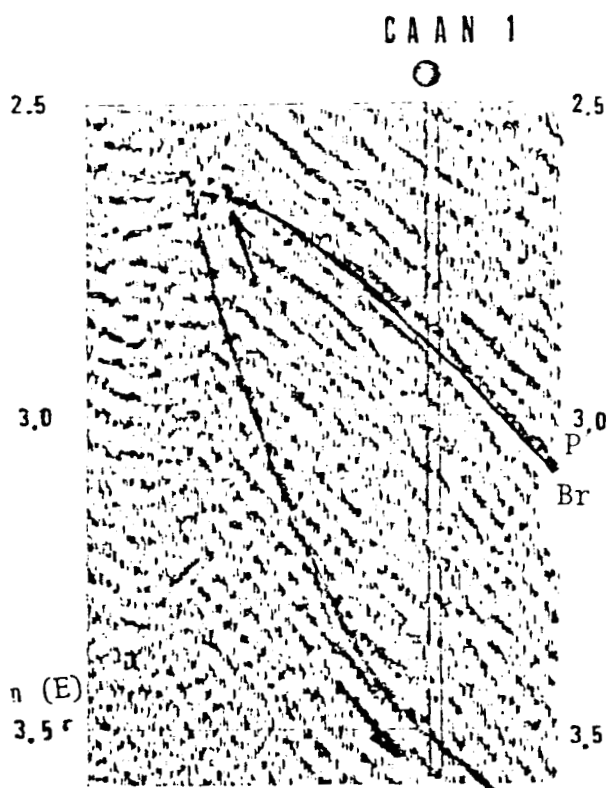


Fig. 15

Esta sección hace evidente que el pozo CAAN-1 se encuentra flanqueado teniéndose la culminación estructural desplazada aproximadamente 1500 m hacia el occidente, por lo que se recomienda continuar el desarrollo del campo hacia esa región que es la más favorable, al menos por posición estructural en la posición donde pasa esta sección.

b) EN ESTRUCTURAS NO PERFORADAS

En la parte superior de la Fig. 5 se tiene la línea sismológica de la sección II, misma que incluye las estructuras Kax, Pich, Beek y Toloc que se muestran en una sección sísmica ampliada en la Fig. 16a, las cuales no han sido perforadas, a excepción de Pich en la que no se efectuaron pruebas de producción en el Jurásico Superior por haberse terminado por accidente mecánico. Estas estructuras se comentan a continuación.

KAX. El reflector de la base del Paleoceno no presenta características de estar en contacto con brechas, por lo que éstas pudieran estar ausentes o tener un espesor reducido. Por lo que respecta al cuerpo productor del Jurásico, en la culminación adolece de expresión, incrementándose lateralmente la amplitud, lo cual implica muy buenas condiciones de encontrar las rocas con hidrocarburos.

PICH. Esta estructura presenta a nivel Kimmeridgiano un evento de polaridad positiva sin gran amplitud, que puede ser representativo de presencia de hidrocarburos, aunque en este caso su pobre distribución areal y presumiblemente poco desarrollo por presencia de sal, pudieran alterar esa interpretación. El horizonte objetivo superior, en este caso no se comenta por ser conocido por el pozo perforado con el que se dio como productor incosteable.

BEEK. Para las dos formaciones de interés se presenta con una pobre expresión desde el punto de vista estratigráfico, aunque mejorando ligeramente hacia el NE (lado derecho de la línea). Esto, aunado al poco relieve y posición estructural baja, limita sus posibilidades, por lo que su perforación pudiera quedar supeditada a los resultados de perforaciones cercanas.

TOLOC. Presenta un evento fuerte característico de presencia de brechas, y aunque la posible presencia de sal pudiera restringir su extensión, el intenso fracturamiento incrementaría el potencial como roca almacén por porosidad secundaria.

Los sedimentos del Jurásico Superior, desde el punto de vista de este análisis, no tienen expresión por las mismas causas anotadas anteriormente.

Hacia la parte Norte de la misma sección II, esto es hacia el área "poco conocida" o "poco perforada", destacan las estructuras A y B que se muestran en una ventana sísmica en la Fig. 16 b.

En ella puede apreciarse que en los horizontes superiores no se manifiestan relieves tipo anticlinal, a diferencia de los eventos representativos del Jurásico (entre 3.2 y 3.5 segundos), donde destacan dos estructuras de las que, de prevalecer las mismas condiciones litológicas que se tienen en los pozos analizados, la denominada B presenta condiciones de interés petrolero.

La sección III, Fig. 6, confirma el cierre de la estructura B y da una idea más definida de la magnitud del relieve, siendo éste de mayores dimensiones respecto a los que están pendientes de perforar en el área conocida, teniendo una extensión mínima sobre esta línea de 6 km.

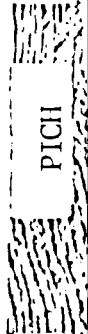
Sobre la misma sección III, hacia el Occidente (lado izquierdo), se ubica el pozo Tunich-1 (invadido), que aunque muy flanqueado, corrobora la presencia de los dos cuerpos potencialmente productores en el área con un desarrollo considerable, siendo éste del orden de 200 metros para las brechas y 700 m para el Kimmeridgiano, razón por la que debe perforarse nuevamente la estructura en una mejor posición.

ESTRUCTURAS DE INTERES DE LA SECCION II

25



KAX



PICH



BEEK



TOLOC

25

LIMITACIONES

El método de interpretación que aquí se utiliza, es válido en la medida en que los datos de los pozos sean extrapolables, siendo las limitaciones más importantes las que a continuación se indican:

1. Se requiere un estricto control sísmico estructural.
2. Los datos de los pozos y consecuentemente los registros geofísicos requeridos deben ser completos y confiables.
3. Variaciones litológicas imprevistas pueden originar una interpretación errónea.
4. Disminución de los espesores de las rocas de interés por abajo de los límites de resolución sísmica pueden alterar la validez de la interpretación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se recomienda diferir el desarrollo del campo UECH en dirección Norte-Sur, mientras no se re-estudie a detalle su comportamiento estructural.
2. Las evidencias sísmicas de hidrocarburos en el Jurásico Superior de los campos en desarrollo para brechas, POL y ABKATUN, permiten recomendar la profundización de los pozos que se perforen en la porción NE de la estructura POL y estudiar a más detalle la conveniencia de hacer lo mismo con algunos pozos del campo ABKATUN.
3. Dada la continuidad que se interpreta hacia el occidente del campo CAAN, debe darse prioridad a la perforación de los pozos que ahí se sitúen, donde pudiera ser factible ubicar otra plataforma para la exploración del yacimiento.
4. En función de las dimensiones y posibilidades de los relieves estructurales presentes en el norte del área analizada, se recomienda darle prioridad en su prospección incluyendo la perforación exploratoria.

BIBLIOGRAFIA

- Pérez Cruz G. y Zamora Guerrero D.-Cálculo de Sismógramas Sintéticos en presencia del efecto de absorción. Boletín AMGE, Vol. XXVI - 1986.
- Petróleos Mexicanos.-Informes diversos de trabajos sísmicos, de pozos, de paleosedimentación y de interpretación y evaluación. Zona Marina.
- Richard M. Zoerb.-Sedimentary Provinces, Lithologic Parameters and the Direct Hydrocarbon Finding Techniques.
- Sheriff E. Robert.-Seismic Stratigraphy. IHRDC, 1980.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO por su participación en la obtención de los procesos requeridos.

APLICACION DE LA TOMOGRAFIA NUMERICA EN LA INTERPRETACION DE DATOS GEOFISICOS*

*Dr. Gerardo Ronquillo Jarillo***

RESUMEN

Aplicación de los métodos de tomografía numérica en la reconstrucción de la distribución de la velocidad de las ondas elásticas, cuyo objetivo fue la esquematización de la estructura geológica del subsuelo. En este estudio se empleó el Método de Reconstrucción Iterativa Simultánea (MRIS). Este ejemplo demuestra el potencial de la técnica en la solución de problemas de ingeniería geológica.

INTRODUCCION

En Geofísica, general y de exploración, los métodos sísmicos de pozo, fundamentados en el estudio de las ondas sísmicas, son ampliamente utilizados en: 1. estudios sismológicos y sismología de reflexión (Fawcett and Clayton, 1984); 2. estudio de propiedades mecánicas de rocas con el objetivo de localizar zonas débiles, fenómenos de asentamiento relacionados con la existencia de cavernas naturales en el subsuelo (carst), o bien de origen artificial (socavón olvidado) (Efíмова y Piup, 1982); 3. gasificación del carbón (Radolift y Balunis, 1979); y 4. problemas de minas de sal y cementerios de desechos radiactivos (Peterson *et al.*, 1985).

* Proyecto desarrollado en la Universidad Estatal de Moscú, M.V. Lomonosov, U.R.S.S.

** Departamento de Geofísica

Facultad de Ciencias de la Tierra

Universidad Autónoma de Nuevo León. Unidad Linares

Partiendo de la información obtenida con la aplicación de los métodos sísmicos de pozo (tiempo de viaje), correspondiente a las diferentes trayectorias de las ondas elásticas, el problema es encontrar la distribución de algunos parámetros, como la velocidad de propagación de las ondas elásticas, que son característicos de las propiedades de las rocas. En la interpretación de los datos sísmicos de pozo se emplean las técnicas numéricas de reconstrucción tomográfica, utilizando simultáneamente todo el conjunto de datos obtenidos, referente al tiempo de viaje de la señal o pérdida de intensidad a lo largo de diferentes trayectorias. Tales técnicas se aplican amplia y eficazmente en trabajos de diagnóstico médico (Artzi *et al.*, 1975; Gordon, 1974; Whepp y Logan, 1974) y biológicos (Bellman *et al.*, 1971; Gilbert, 1972).

En medicina la tomografía es usada en investigaciones radiológicas, la cual basa la reconstrucción tridimensional en un conjunto de reconstrucciones bidimensionales.

Problemas similares se resuelven en medicina nuclear, astrofísica, microscopía electrónica y en la teledetección para la codificación y transmisión de imágenes. En todos estos campos de investigación los resultados experimentales y la distribución de la función de reconstrucción están relacionados por uno u otro parámetro, existiendo dependencia matemática bien definida. En general, todos los algoritmos de reconstrucción se basan en la ecuación de Radon (Budinger y Gullberg, 1974). Radon fue el primero en resolver el problema de la función de reconstrucción mediante su proyección. En geofísica, para obtener resultados favorables de las técnicas tomográficas, es necesario considerar tres aspectos fundamentales: el físico, el matemático y cálculo.

El algoritmo de reconstrucción numérica que fue aplicado a datos obtenidos de un estudio sísmico de pozos, es el método de Reconstrucción Iterativa Simultánea (MRIS) integrado con resultados de registros geofísicos de pozos y parámetros estáticos y dinámicos. El objetivo fue determinar la utilidad de tales métodos en la obtención de un modelo esquemático de la estructura geológica de un macizo rocoso compuesto de areniscas y limolitas del Mioceno en el sitio de Cazonas, Veracruz, donde se proyecta la construcción de una Central Nucleoeléctrica.

CLASIFICACION DE ALGORITMOS

De acuerdo a la clasificación de Budinger y Gullberg (1974) y de Gordon y Herman (1974), los diferentes algoritmos matemáticos que se emplean para la reconstrucción algebraica de alguna función en medicina, biología, etc., se pueden agrupar de acuerdo a sus componentes de proyección en los siguientes algoritmos: métodos directos de transformación de matrices de posición lineal; síntesis de funciones proyectadas; método algebraico de reconstrucción de Gordon (MAR); MAR modificado para resultados de observaciones experimentales y ruidos complejos; método de Reconstrucción Iterativa Simultánea (MRIS); correcciones tangenciales ortogonales; método iterativo de mínimos cuadrados de Budinger; suma de filtros de proyecciones inversas; método de convolución de Gilbert; reconstrucción por el método de Fourier-Budinger; suma de proyecciones con uso preliminar de las transformadas de Gilbert y sus derivadas; método de Montecarlo; método de optimización cuadrática.

Los algoritmos enumerados se pueden dividir en cuatro grupos fundamentales: 1. método de suma (Artzi *et al.*, 1975); 2. métodos de aproximación en series (Efíмова y Piup, 1982); 3. método de transformada de Fourier (Bellman *et al.*, 1971; Bois *et al.*, 1972); 4. solución analítica de ecuaciones integrales (Dines *et al.*, 1979). Además, como proponen Merserau y Oppenheim (1974), todos los algoritmos de reconstrucción se pueden dividir en dos clases: 1. reconstrucción de señales en espacios normales y 2. reconstrucción en espacios de Fourier.

DATOS

Los métodos sísmicos entre pozos y sísmicos de pozo se considerarán como los más apropiados para determinar la velocidad longitudinal y transversal de las ondas elásticas. Los datos sísmicos fueron obtenidos de estudios realizados por la Comisión Federal de Electricidad en el sitio de Cazonés, Veracruz, que se encuentra dentro del Atolón Faja de Oro, crecimiento arrecifal del Cretácico, asociado a la antigua isla de Tuxpan, que hoy en día aparece bajo la Cuenca de Tampico-Misantla de edad terciaria. Los datos sísmicos fueron obtenidos en dos etapas:

- 1° Se utilizó conjuntamente el método sísmico entre pozos y el método sísmico de pozo, empleando 3 pozos de 60 metros de profundidad. Los pozos-detectores (tres componentes) Nos. 2 y 3 se encuentran a 6 y 10 metros del pozo-fuente No. 1; en cada observación la fuente explosiva y detectores fueron colocados a un metro de profundidad. Para el método sísmico de pozo se utilizaron 6 detectores en superficie. Con esta variante se obtuvo un mínimo relativo de 224 ondas P.
- 2° Unicamente se empleó el método sísmico de pozo, usando el pozo No. 3 como fuente con 12 detectores en superficie. La distancia del primer detector al pozo-fuente fue de 1 metro, al segundo de 2 metros y entre los restantes una separación de 5 metros; las fuentes explosivas fueron colocadas a cada metro de profundidad. Obteniendo un mínimo de datos relativos de 216 ondas P.

Además de los métodos anteriores, se emplearon los datos de registro geofísico de pozos; temperatura, densidad, potencial y resistividad aparente.

METODO

En el problema de reconstrucción de la función de velocidad, a partir de observaciones del tiempo de viaje de las ondas sísmicas entre la fuente y los detectores, ubicados a diferentes lados de la estructura geológica del subsuelo estudiada, se utilizaron los métodos iterativos de solución de sistema de ecuaciones lineales. Los trabajos más adecuados para la solución de estos problemas son los de Herman, 1973; Gordon, 1974 y Efimova, Piup, 1982.

Con los métodos sísmicos entre pozos y sísmico de pozo es posible estudiar una sección bidimensional heterogénea del subsuelo, la cual, con el propósito de reconstruir su distribución de velocidad, es representada por una retícula y una función $v(x,z)$ constante dentro de los límites de cada uno de los sectores de la malla (Fig. 1).

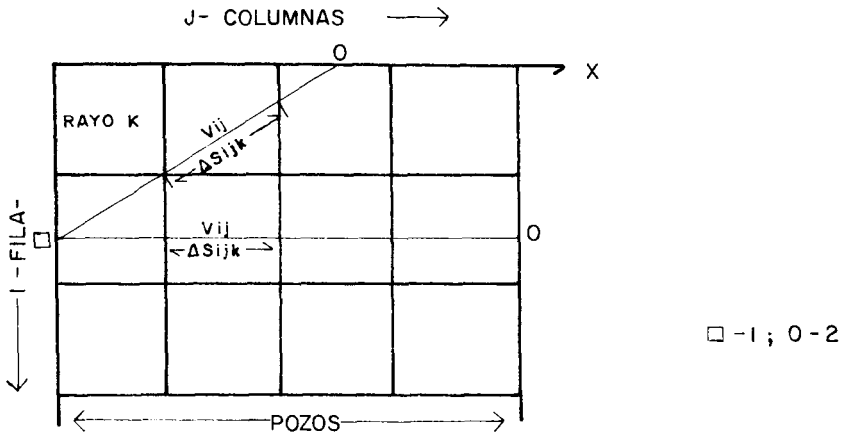


Fig. 1 Modelo sísmico discreto. 1-Fuente; 2-Detector

Los rayos, los cuales realizan el transporte de la energía sísmica, son supuestos rectilíneos. Para el k-ésimo rayo ($K = 1, 2, 3, \dots, k$) se puede escribir la ecuación que enlaza el valor de la función de velocidad y el valor observado del tiempo de viaje de las ondas:

$$Tr = \sum_{i=1}^I \sum_{j=i}^J v_{ij}^{-1} \Delta S_{ijk} \quad (1)$$

donde V_{ij} es el valor medio de $v(x, z)$ en el sector ij , ΔS_{ijk} -longitud k-ésimo que pasa por el sector i, j , por lo que $\Delta S_{ijk} = 0$ para sectores por los cuales el k-ésimo rayo no viaja.

Para un conjunto de K rayos, se tiene un sistema de k ecuaciones. V_i, j son las incógnitas.

Para determinar aproximadamente este sistema de ecuaciones, cuando k es muy grande, se puede utilizar el método algebraico de reconstrucción de Gordon (MAR) y el Método de Reconstrucción Iterativa Simultánea (MRIS), así como otros. Todos los algoritmos iterativos de reconstrucción algebraica se basan en alguna distribución inicial de la función en estudio Gordon y Herman, 1974.

En cada iteración se realiza una determinación preliminar del campo de velocidad con ayuda del sistema de correcciones, cuyo cálculo se basa en el tiempo observado t_k y el tiempo calculado de t_k . Las correcciones $\Delta f_{i, j}$, que son aplicadas a la determinación previa del campo de velocidades durante k-ésima iteraciones, se determina con ayuda de las ecuaciones:

$$\Delta f_{ij}^q = \frac{1}{M_{ij}} \sum_{k=1}^K \Delta f_{ij}^q \quad (2)$$

para $M_{ij} = 0$

$$\Delta f_{ij}^q = \frac{\Delta S_{ijk}}{I} \frac{\Delta t_k}{J} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \Delta S_{ijk} \quad (3)$$

donde M_{ij} es el número de rayos que pasan a través del sector i, j . El cálculo iterativo se detiene, cuando

$$r = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^k \sqrt{\Delta t_k^2}$$

RESULTADOS

En general, para el cálculo, además de la obtención del tiempo de primeros arribos t_k a partir de los sismogramas correspondientes, es necesario conocer las coordenadas de los detectores y fuentes de excitación X_{dt} , Z_{dt} y K_f , Z_f (condiciones iniciales para la solución del problema directo).

El campo de velocidad inicial, según el cual se asigna un valor constante a cada sector del dominio, es seleccionado en base a datos *a priori* o se toma como constante. El resultado de la solución al problema directo del tiempo de viaje a lo largo de trayectorias rectilíneas t_k , se resuelve con la ecuación (1), relacionándose con el tiempo observado t_k , y con el Δt_k se determina con la corrección Δf_{ij} con ayuda de la ecuación (3).

A continuación se resume los diversos parámetros usados en este estudio de tomografía.

Línea A-A' (Fig. 2): dimensión de la estructura rocosa 10 x 52 metros; dimensión de los sectores 1 x 1 metros; número de sectores 10 x 52; $k = 224$; el campo inicial de velocidad fue tomado homogéneamente igual a 2000 mts./seg. La reconstrucción final del campo de velocidad se representa en la Fig. 2 y Fig. 3. El error experimental fue de 0.3 milisegundos.

Línea B-B' (Fig. 4): dimensión de la estructura rocosa 53 x 52, dimensión de los sectores 3 x 3 metros; número de sectores 10 x 52; $k = 216$; el campo inicial de velocidad fue tomado homogéneamente igual 2000 mts/seg. La reconstrucción final del campo de velocidad se representa en la Fig. 2 y Fig. 3. El error experimental fue de 0.2 milisegundos.

También se realizaron correcciones por desviación de pozos y por efecto de la zona de baja velocidad. Los resultados de la reconstrucción numérica muestran que la distribución de la velocidad no es contradictoria a los datos geológicos. Es evidente que entre los 8 y 14 metros de profundidad se presenta una zona de aumento de velocidad (3,2-3,4

km/seg.), que es representativa de lentes de calcarenita con pedernal y que pueden observarse en la Fig. 4. Con la ayuda de la tomografía fue posible delimitar las distintas fronteras de cada capa, además de su contraste de velocidad. A la profundidad de 15 m la velocidad disminuye de 3 a 2.3 km/seg. Este cambio de velocidad corresponde a una capa de limolita.

El análisis de los datos obtenidos permite inferir entre los 4 y 7 m de profundidad una zona de fracturamiento en las rocas.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos con el método numérico de reconstrucción no son contradictorios con la integración de los resultados obtenidos de los registros geofísicos de pozo, de la calidad de la roca (RQD) y de los parámetros estáticos y dinámicos. La correlación de toda esta información permitió elaborar el modelo petrofísico-geológico del subsuelo para la zona de estudio (Figs. 2, 3 y 4).

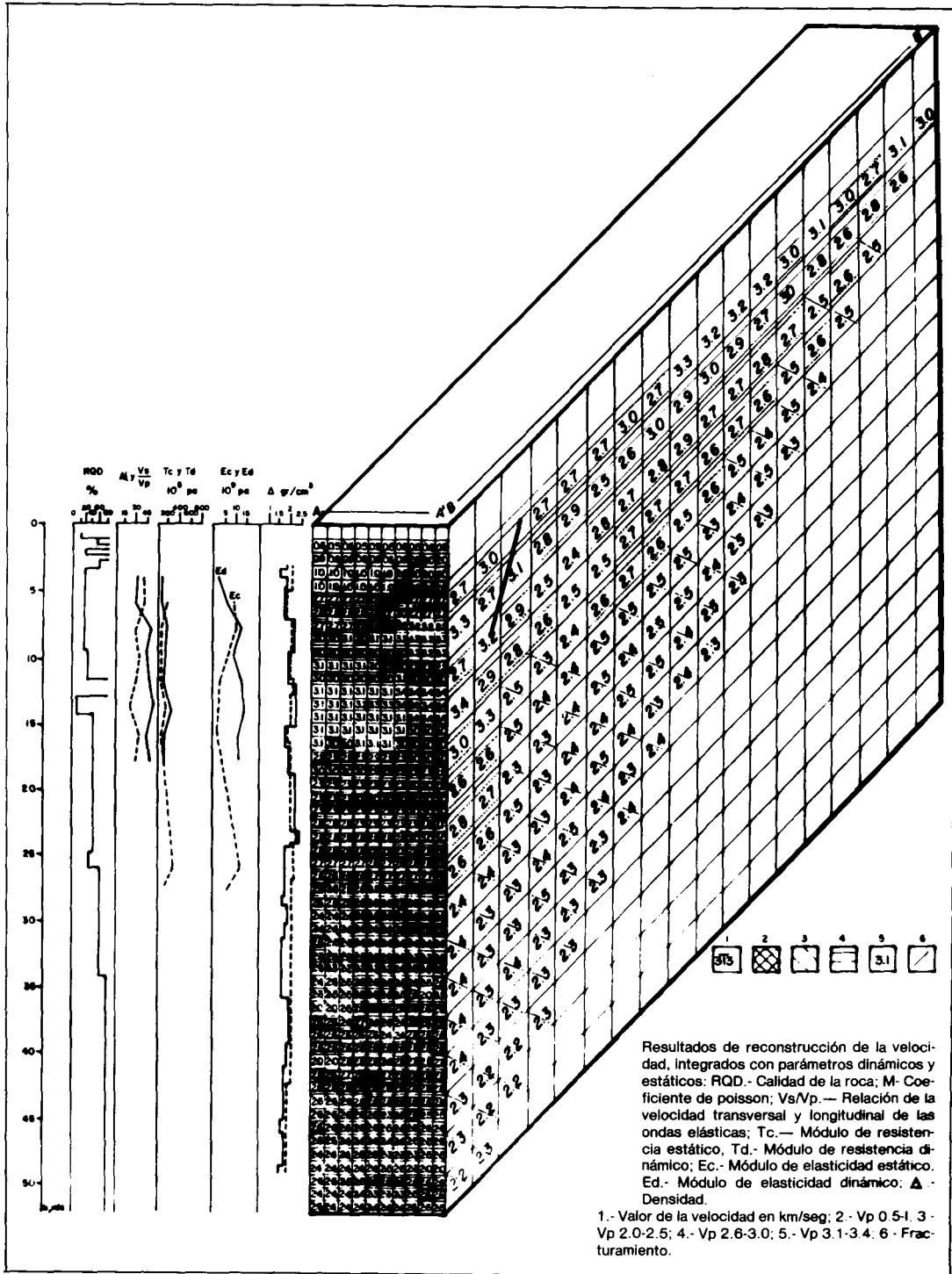


Fig. 2

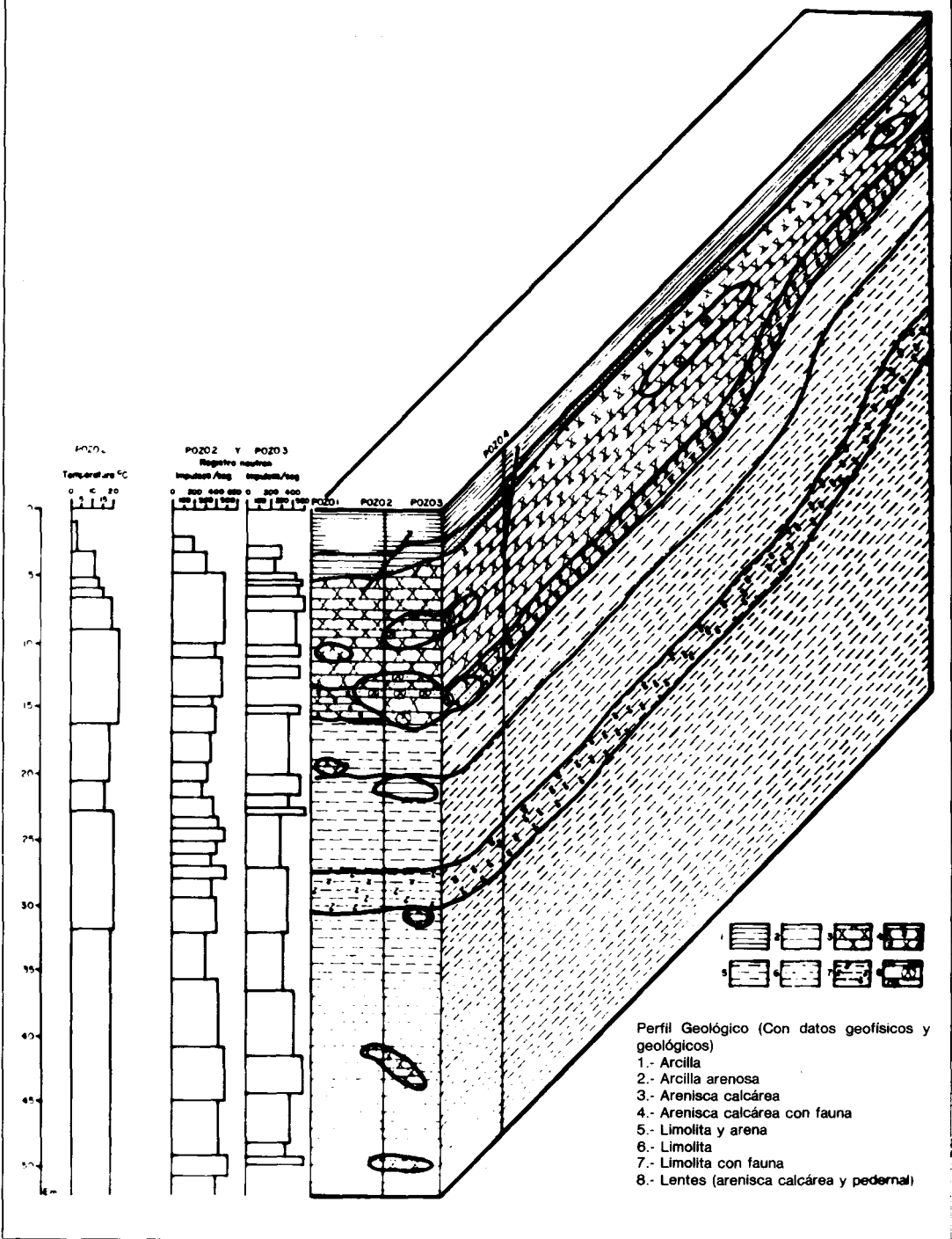


Fig. 4

CONCLUSIONES

Los principales resultados obtenidos para el esclarecimiento de las condiciones geológicas estructurales del subsuelo, en el sitio Cazonas, son los siguientes: 1) se determinó una zona de aumento de velocidad asociada a lentes de calcarenita con pedernal (8-14 m de profundidad); 2) una zona de disminución de velocidad a los 15 m de profundidad asociada a una capa de limolita; 3) una zona de fracturamiento entre 4 y 7 m de profundidad; 4) conjuntamente con información de registros geofísicos de pozo se pudo elaborar un modelo petrofísico-geológico del subsuelo del sitio en estudio; 5) las correcciones realizadas por desviación del pozo y efecto de la zona de baja velocidad nos ayudaron a mejorar nuestra información de los tiempos de arribo.

El presente trabajo demuestra que el empleo del método de reconstrucción numérica en combinación con los métodos de registros geofísicos de pozos, puede solucionar favorablemente el problema de la selección del área para la instalación de un reactor nuclear.

BIBLIOGRAFIA

- Artzi E., Elfving T., Herman G. 1975.- *Quadratic optimization for image reconstruction*. *Computer Graphic and Image Processing*, 11 (3) 242-246.
- Bellman S.H., Bender R., Gordon R., Rowe J.E., 1975.- *Art is science, being a defense of algebraic reconstruction techniques for three-dimensional electron microscopy*. *J. Theor Biology* Vol. 32. 205-216.
- Bois P., la Porte M., Lavernt M., Thomas G., 1972.- *Well-To Well seismic measurements*, *Geophysics*, Vol. 37, No. 3.
- Budinger T.F., Gullberg G.T., 1974.- *Three-dimensional reconstruction in nuclear medicine*, *Emission imaging-IEEE Trans. Nucl. Science*, Vol. 21 No. 3, 2-21.
- Dines K.A., Dris A., Lytle R.J. 1979.- *Computerized geophysical tomography*, *Proceeding of the IEEE*, Vol. 67, No. 7.
- Efimova E.A., Piup V.B., 1982.- *Reconstrucción del campo de velocidad con datos de ingeniería sísmica*, *Ingeniería* No. 1.
- Fawcett, S.A. and Clayton, R.W. 1984.- *Tomographic reconstruction of velocity anomalies*, *Bull. Seis. Soc. Am.* 74.
-

-
- Gilbert P., 1972.- *Iterative methods for the reconstruction of three dimensional objects from projections*, J. Theor. Biology, Vol. 36, 105-117.
- Gordon R., 1974.- *Autotorial on Art (algebraic reconstruction techniques)*, IEEE Trans. Nucl. Sci. Vol. No. 5-21 78-93.
- Herman G.T., Lent A., Rowland S. Art., 1973.- *Mathematics and applications: a report on the Mathematical Fondations and on applicability to real data of the algebraic reconstruction techniques*, J. Theor. Biology, Vol. 43, 1-32.
- John E. Peterson, Bjorn N.P., Pavisson, and Thomas V. McEvilly, 1985.- *Applications of algebraic reconstruction techniques to crosshole seismic data*, Geophysics. Vol. 50, 1566-1580.
- Merserau R.M., Oppenheim A.V., 1974.- *Digital reconstruction of multi-dimensional signals from their projections* Proceeding IEEE, 1974, Vol. 62, No. 10, 1319-1388.
- Radoliff R.D., Balanis C.A., 1979.- *Reconstruction algorithms for geophysical applications in noisy environments*, Proceedings IEEE, Vol. 76-No. 7.
- Shepp L.A., Logan B.F., 1974.- *Reconstruction interior head tissue from X-ray transmsion*, IEEE. Trans Nucl. Sci., Vol. No. 5-21 No. 1, 228-236.
- Sven Ivansson, 1985.- *A study of methods for tomographic velocity estimation in the presence of low-velocity zones*, Geophysics Vol. 50 No. 6, 969-988.

APORTE GRAVIMETRICO EN EL ESTUDIO DE LAS ROCAS CARBONATADAS DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI

*M. en I. Santiago M. Arellano Islas**

RESUMEN

Petróleos Mexicanos desde el año de 1962 y hasta la fecha ha venido desarrollando diversos trabajos exploratorios en la provincia geológica de la Plataforma Valles—San Luis Potosí, con la finalidad de incrementar las reservas petroleras y fortalecer el auge económico de nuestro país.

Así, mediante varios pozos exploratorios perforados con anterioridad, se ha podido considerar a la porción sudoriental de esta unidad paleogeográfica como el área de mayores posibilidades petrolíferas. Sin embargo, gran parte de esta área presenta condiciones topográficas adversas, lo cual limita los trabajos de exploración sísmológica, los que sin duda representan la mejor opción en el estudio de las capas del subsuelo.

Este trabajo, es un ejemplo de integración geofísico-geológica, en un intento por conocer las características en profundidad de las rocas carbonatadas del Cretácico Medio e Inferior, para lo cual se consideró necesario utilizar la información gravimétrica del área en el desarrollo de trabajos de modelado. Los resultados obtenidos son positivos. Es posible gracias a ellos comprender la relación de los máximos gravimétricos con los grandes espesores de rocas carbonato-evaporíticas, en función de los altos valores de densidad que presentan, y no necesariamente asociarlos con la presencia de estructuras profundas.

* Suptcia. Dttos. Exploración, Petróleos Mexicanos, San Luis Potosí, S.L.P.

INTRODUCCION

El área de estudio se localiza en la porción centro oriental de la República Mexicana con una superficie aproximada de 3,800 km² (Fig. 1). Comprende las estribaciones de la provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, con elevaciones promedio en los valles de 80 a 90 metros sobre el nivel del mar (s.n.m.); un rasgo topográfico sobresaliente en la porción oriental del área está representado por la Sierra de El Abra (Fig. 2), constituida por calizas arrecifales en las cuales se ha desarrollado in-

por el Río Tamuín, el cual es tributario del Río Pánuco; e—l drenaje subte-

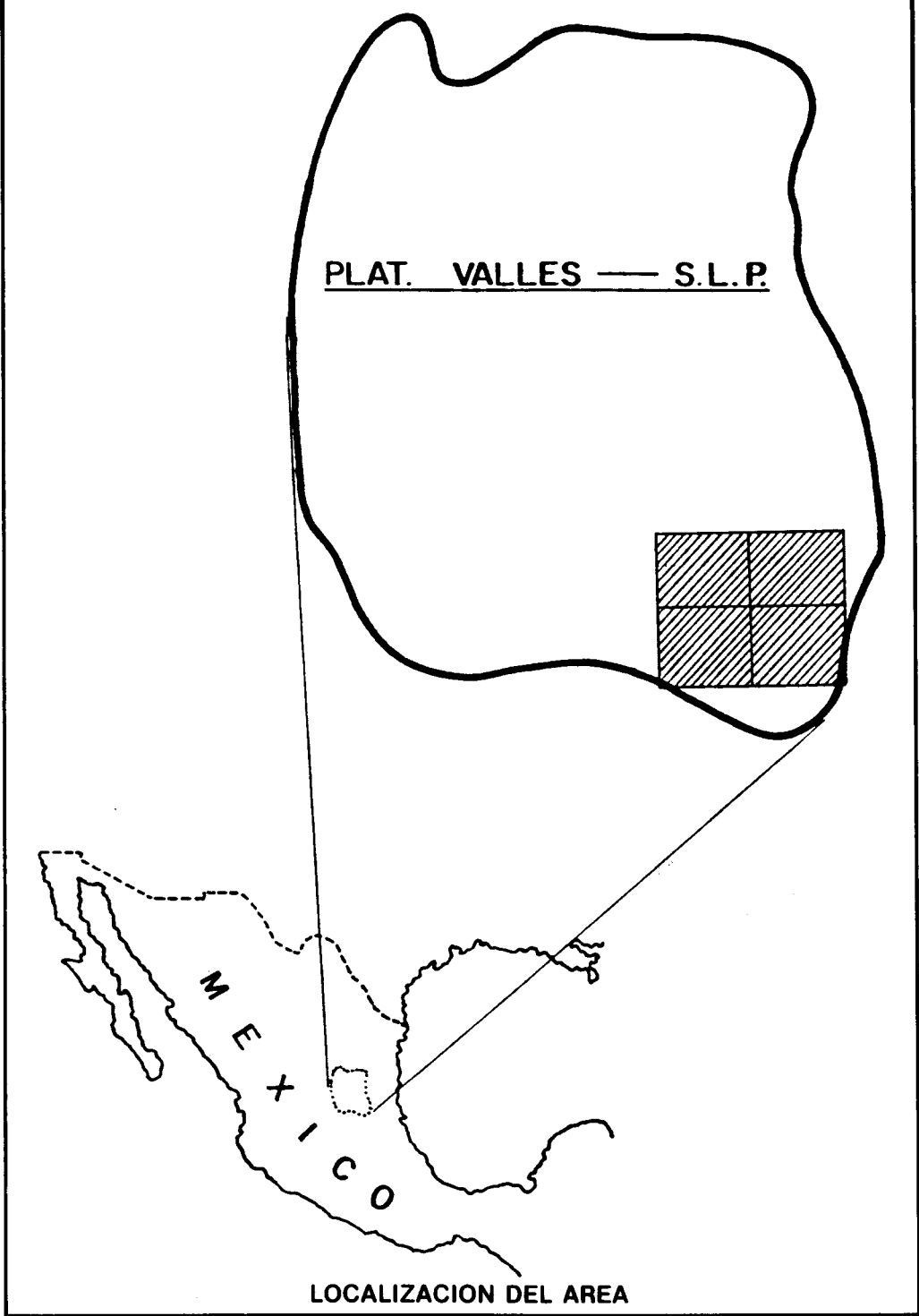


Fig. 1

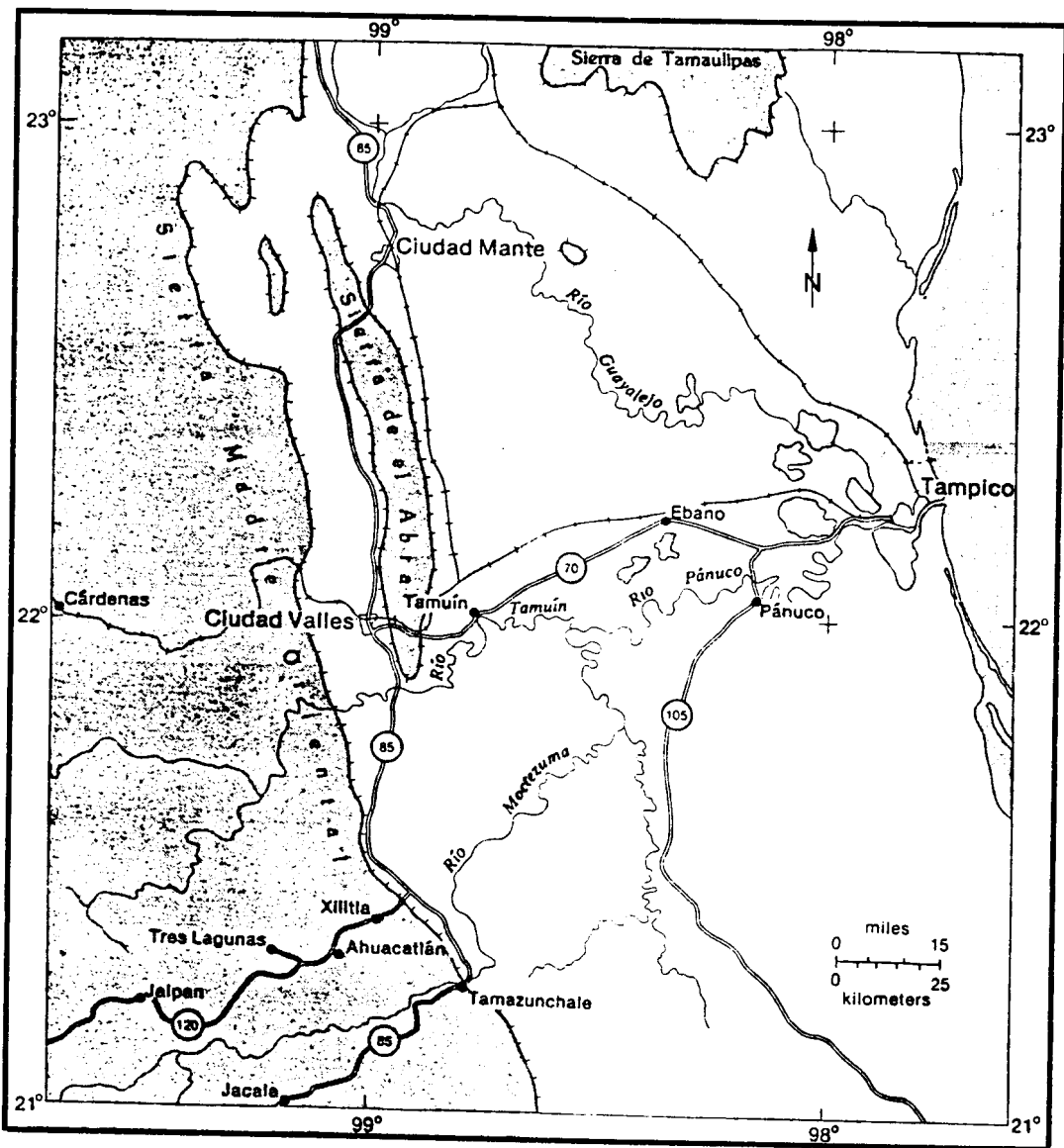


Fig. 2

PRINCIPALES RASGOS FISIOGRAFICOS DEL AREA

ROCAS QUE AFLORAN EN EL AREA

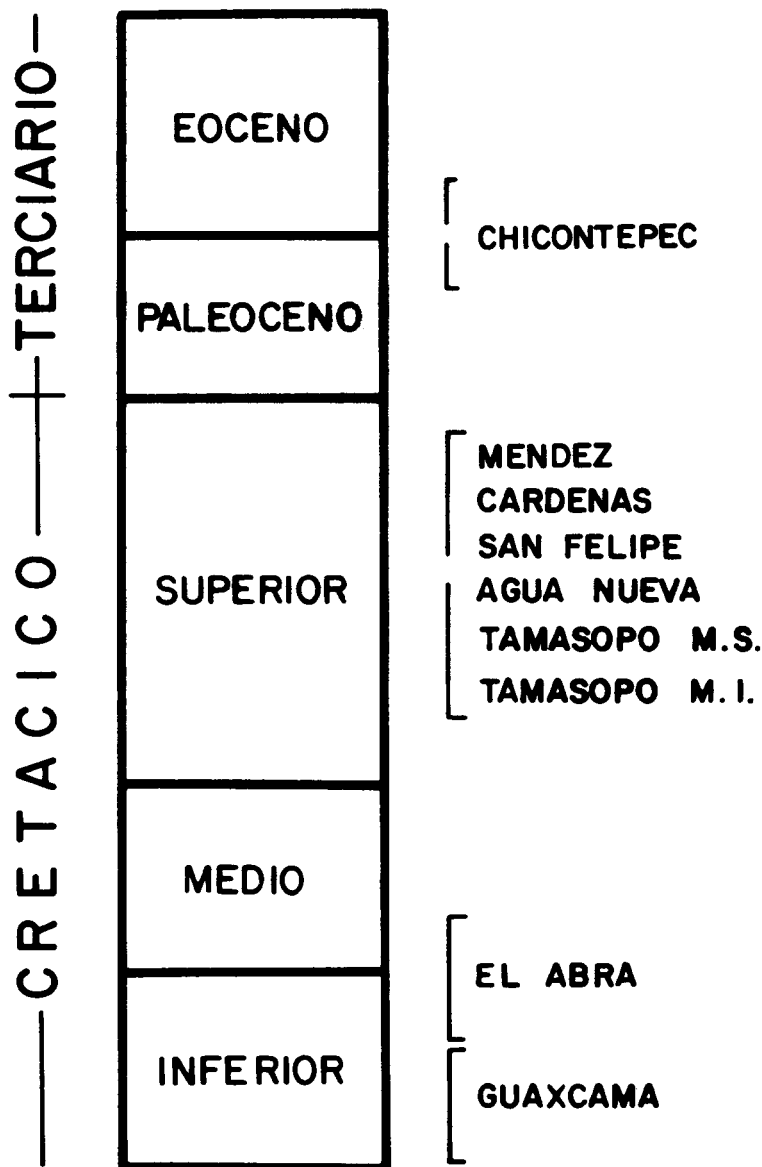


Fig. 3

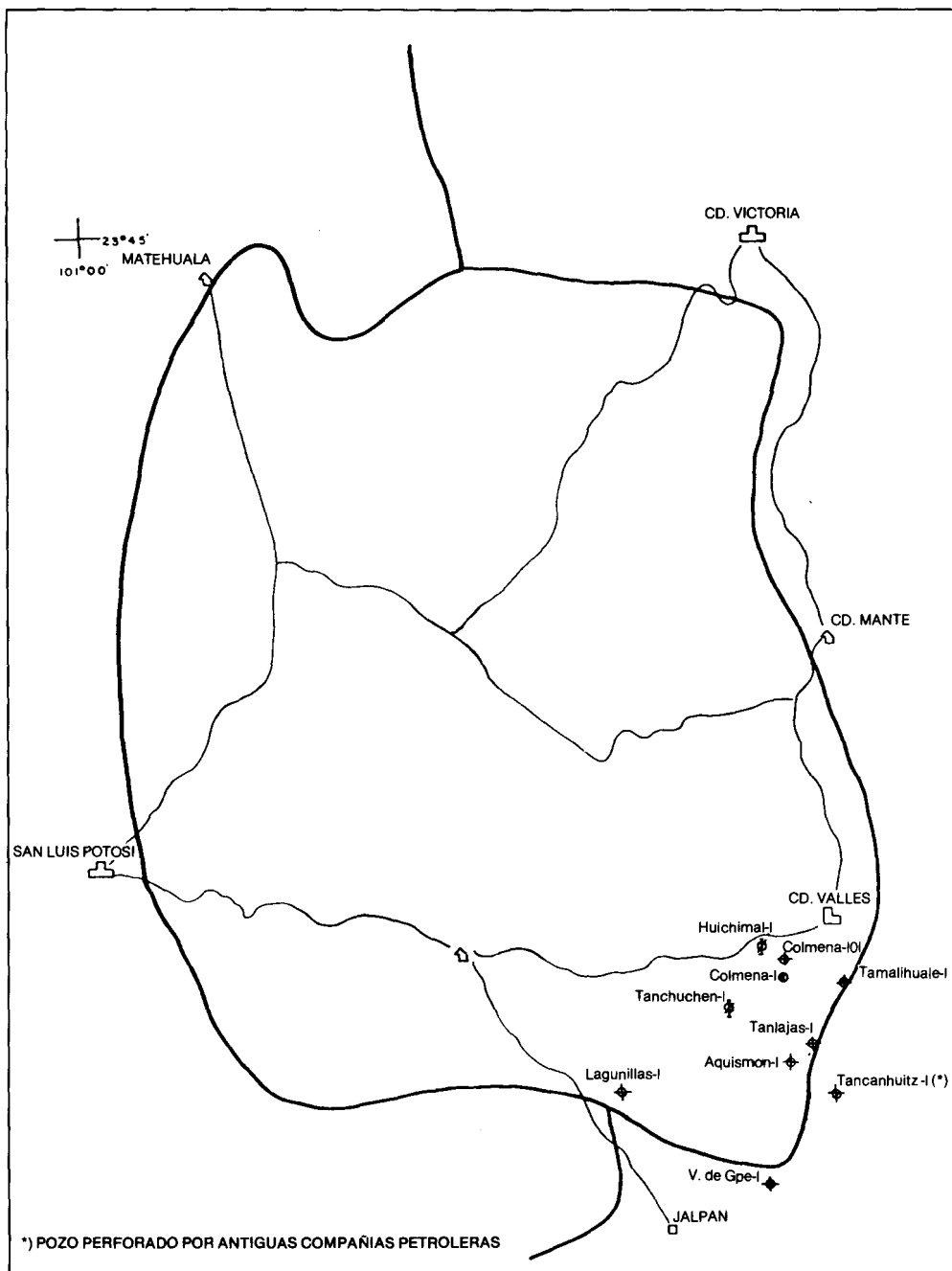


Fig. 4

POZOS EXPLORATORIOS LOCALIZADOS EN EL AREA

COLUMNA GEOLOGICA PENETRADA POR LOS POZOS EXPLORATORIOS PERFORADOS EN EL AREA

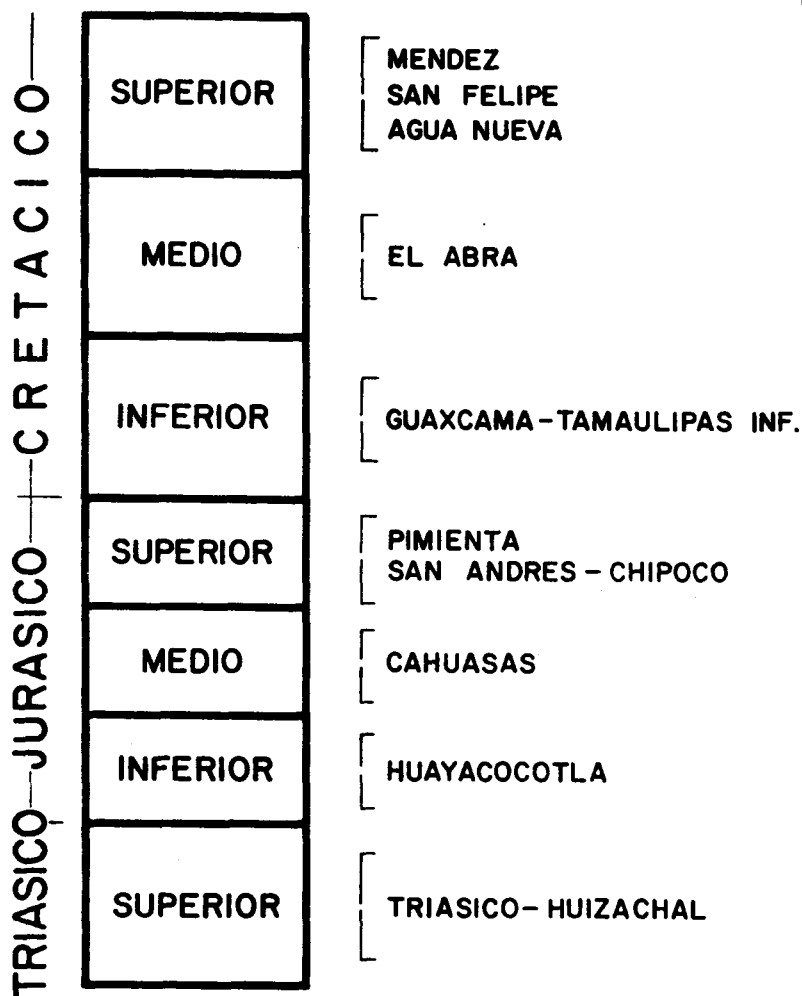


Fig. 5

gadas y afalladas sobre el cual se depositó una secuencia delgada de sedimentos marinos del Jurásico Superior y potentes secciones de rocas evaporíticas y calizas de tipo arrecifal y post-arrecifal del Cretácico Inferior, Medio y Superior. Se considera que el plegamiento que durante el Terciario Inferior afectó a la unidad paleogeográfica mencionada, fue intenso y estuvo influenciado por las evaporitas que se encuentran entre las rocas rígidas antiguas y las calizas del Cretácico Medio y Superior.

OBJETIVO DEL TRABAJO

- A) Contribuir a un conocimiento geológico mayor del área en estudio.
- B) Inferir el comportamiento de las rocas carbonatadas del Cretácico Medio e Inferior, mediante trabajos de modelado gravimétrico con el apoyo geológico de las columnas penetradas por los pozos exploratorios perforados en el área.

METODOLOGIA

Para lograr los objetivos antes mencionados fue necesario primero analizar los valores de gravedad observados del área y corregirlos de acuerdo a los valores de densidad reportados en los trabajos previos de este tipo; en este caso se seleccionó el nivel del mar como nivel de referencia con una densidad de corrección de 2.65 gr/cm^3 (Fig. 6). También fue analizada y utilizada la información geológica de los siguientes pozos exploratorios perforados en el área: Lagunillas, Tamalihuale, Valle de Guadalupe y Tancanhuitz, este último por las antiguas compañías petroleras.

RESULTADOS

- A) Análisis Cualitativo del Plano de Anomalías de Bouguer (Fig. 6). Se identifican dos zonas (I, II), la primera (Zona I), comprende la porción oriental del área hasta la coordenada U.T.M. 480. La segunda (Zona II) referida desde esta última coordenada mencionada hasta la U.T.M. 400.
Dentro de la primera Zona considerada (I), la parte norte muestra un gradiente de oriente a occidente, a razón de 1 mg. por kilómetro.

Fig. 6



mostrando las líneas isoanómalas un paralelismo asociado a cambios laterales de densidad dentro de la secuencia carbonatada. Hacia la parte sur este efecto de paralelismo disminuye, y se nota la presencia de algunas anomalías semicirculares asociadas con máximos y mínimos gravimétricos, de dimensiones reducidas. Los más notorios se sitúan al oriente del Pozo Valle de Guadalupe. Respecto a la segunda Zona (II), en su parte norte media se aprecia una anomalía gravimétrica, asociada a un máximo. En sus proximidades perforó el Pozo Lagunillas, el cual penetró un espesor de 6,200 m.b.n.t. de roca carbonato-evaporíticas consideradas del Cretácico Medio y/o Inferior.

Este máximo gravimétrico es el más notorio; tiene una amplitud aproximada de 15 km. al occidente del Pozo Lagunillas; se nota un gradiente gravimétrico en esta misma dirección del orden de 3.6 mg por km. tentativamente atribuible a un contraste lateral de densida-

perfiles gravimétricos A-A', B-B', C-C' y D-D' conteniendo los datos de la "Anomalía de Bouguer", tal como se indica en el plano correspondiente (Fig. 6).

Se suavizaron las líneas de configuración de la "Anomalía de Bouguer" tomando en cuenta la variación regional; esta variación se resta del mapa de Bouguer original para obtener a lo largo de los perfiles, la "Anomalía Residual". A estos datos se les aplicó el método de "Talwani", para el cálculo de estructuras bidimensionales de forma arbitraria. Se asoció la "Anomalía Residual" con el comportamiento de la secuencia carbonatada en el área. De los cuatro perfiles se obtienen los resultados siguientes:

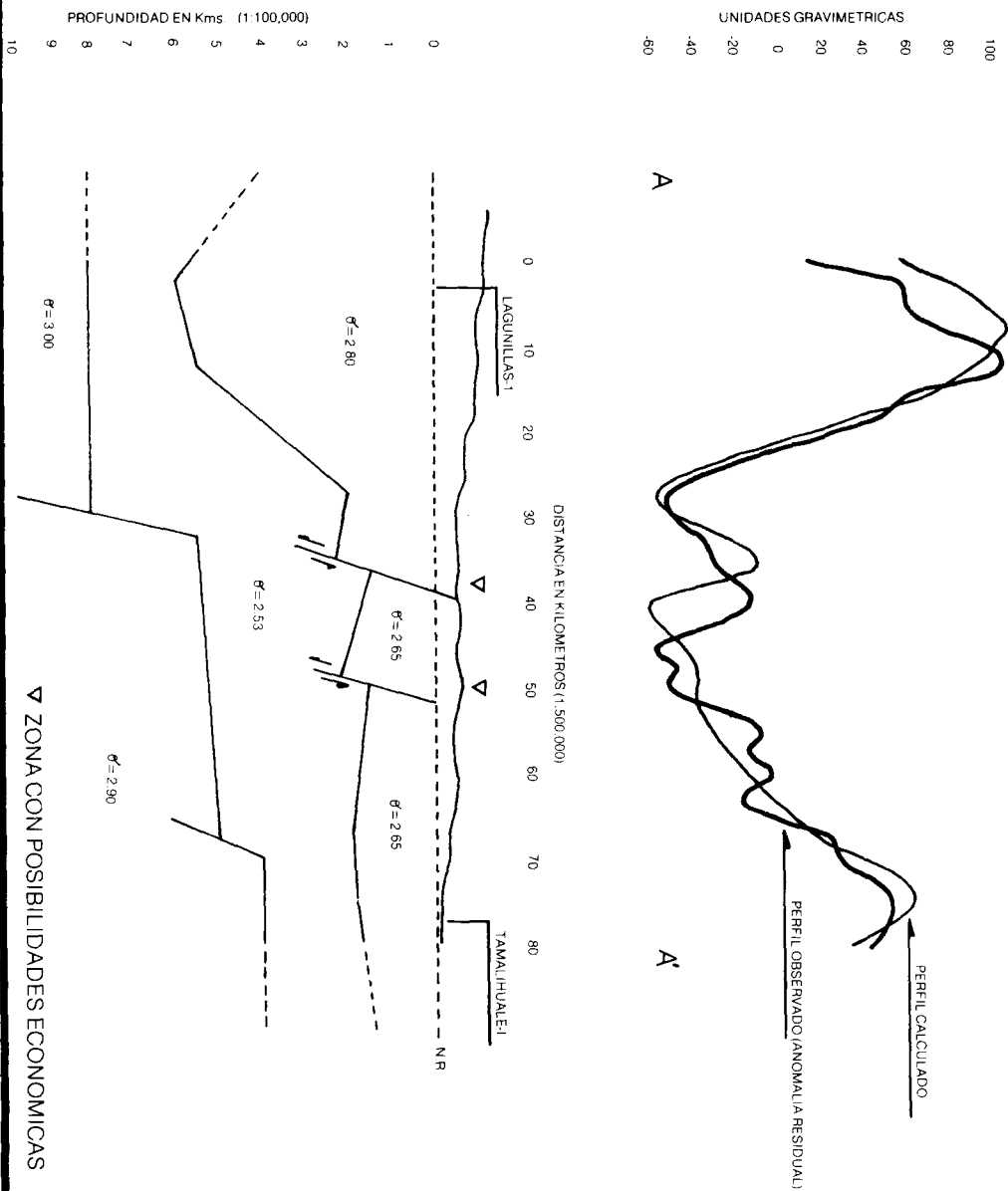
Perfil A-A'.

Este perfil (Fig. 7), liga los pozos Lagunillas al occidente y Tamalihuale perforado al oriente. El perfil de la anomalía residual muestra una alternancia de máximos y mínimos de reducidas dimensiones en su porción media oriental. Al occidente, es notoria la presencia de un máximo de mayores dimensiones en cuyas proximidades perforado el Pozo Lagunillas, con una profundidad de 6,200 m. b.n.t. no logró atravesar el paquete de rocas carbonatadas del Cretácico Inferior. A lo largo del perfil se propone la presencia de tres cuerpos asociados con el paquete de rocas carbonatadas que muestran una variación lateral de densidades que va desde 2.65 gr/cm³ al oriente hasta 2.80 gr/cm³ al occidente; se interpreta que este paquete se encuentra afectado en su parte media por dos fallas de tipo normal. Se interpreta también que al paquete considerado le suprayace un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico con una densidad de 2.530 gr/cm³, el cual a su vez se encuentra descansando sobre tres bloques escalonados del basamento que presentan una variación lateral de densidades de 2.90 gr/cm³ hasta 3.0 gr/cm³ los cuales se profundizan al occidente.

Perfil B-B'

Este perfil con una orientación aproximada E-W, comprende la porción media del área (Fig. 8). Inicia al occidente en el Pozo Lagunillas. El perfil de la anomalía residual muestra dos máximos gravimétricos de dimensiones mayores, uno localizado en la porción

Fig. 7
PERFIL GRAVIMETRICO A-A'
ENTRE LOS POZOS LAGUNILLAS No. 1 Y TAMALIHUALE No. 1



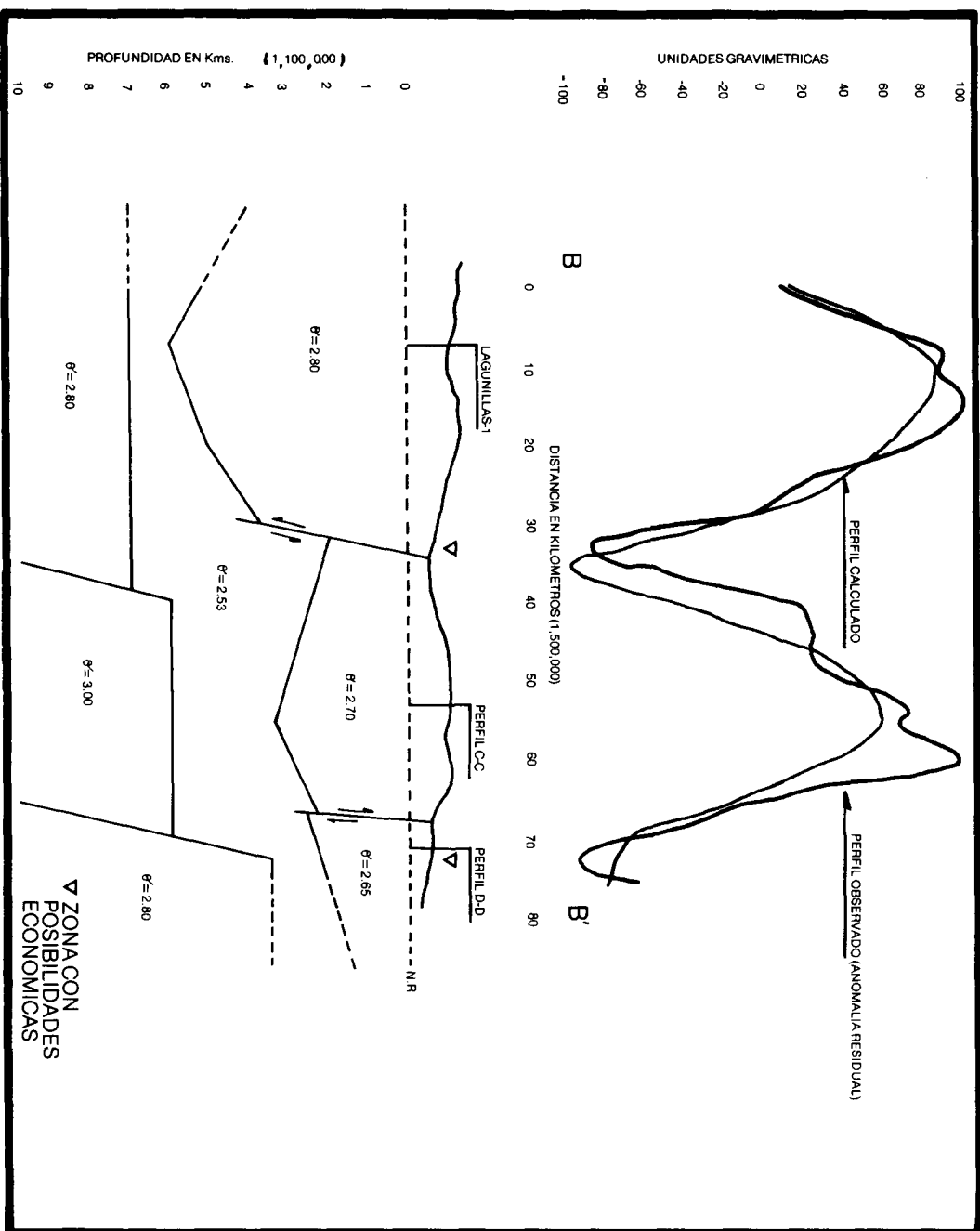


Fig. 8
PERFIL GRAVIMÉTRICO B-B'
COMPRENDE APROXIMADAMENTE LA PORCIÓN MEDIA DEL ÁREA

occidental y otro en la parte oriental. A lo largo del perfil se proponen tres cuerpos los que se asocian con el paquete de rocas carbonato-evaporíticas del Cretácico Medio y/o Inferior. Estos cuerpos presentan una variación lateral de densidades que cambian de 2.65 gr/cm^3 en el oriente hasta 2.80 gr/cm^3 al occidente.

Se interpreta que al cuerpo de rocas carbonatadas les suprayace un paquete de rocas del Jurásico-Triásico con una densidad de 2.530 gr/cm^3 , el cual a su vez estaría soportado por tres bloques del basamento que se profundizan al occidente con una variación lateral en sus densidades. A lo largo de este perfil se interpreta que el espesor de las rocas carbonatadas en su porción oriental es notoriamente mayor con respecto del perfil anterior.

Perfil C-C'.

Este perfil (Fig. 9) con una orientación aproximada E-WSW, se localiza en la parte sur del área; inicia en el occidente 23 km. al sur del Pozo Lagunillas para ligar al oriente con el Pozo Tancanhuitz. El perfil de la anomalía residual, a diferencia de los dos perfiles anteriores muestra, al occidente, una alternancia de máximos y mínimos gravimétricos de reducidas dimensiones, en tanto que al oriente se nota un máximo regional conteniendo pequeños máximos y mínimos gravimétricos. A lo largo del perfil se propone la presencia de tres cuerpos carbonatados con una variación lateral en sus densidades de 2.65 gr/cm^3 a 2.80 gr/cm^3 . Este paquete se interpreta afectado por múltiples fallas de tipo normal e inverso, el cual se encuentra descansando sobre un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico con una densidad de 2.530 gr/cm^3 al cual le suprayacen tres bloques del basamento con una variación lateral en sus densidades.

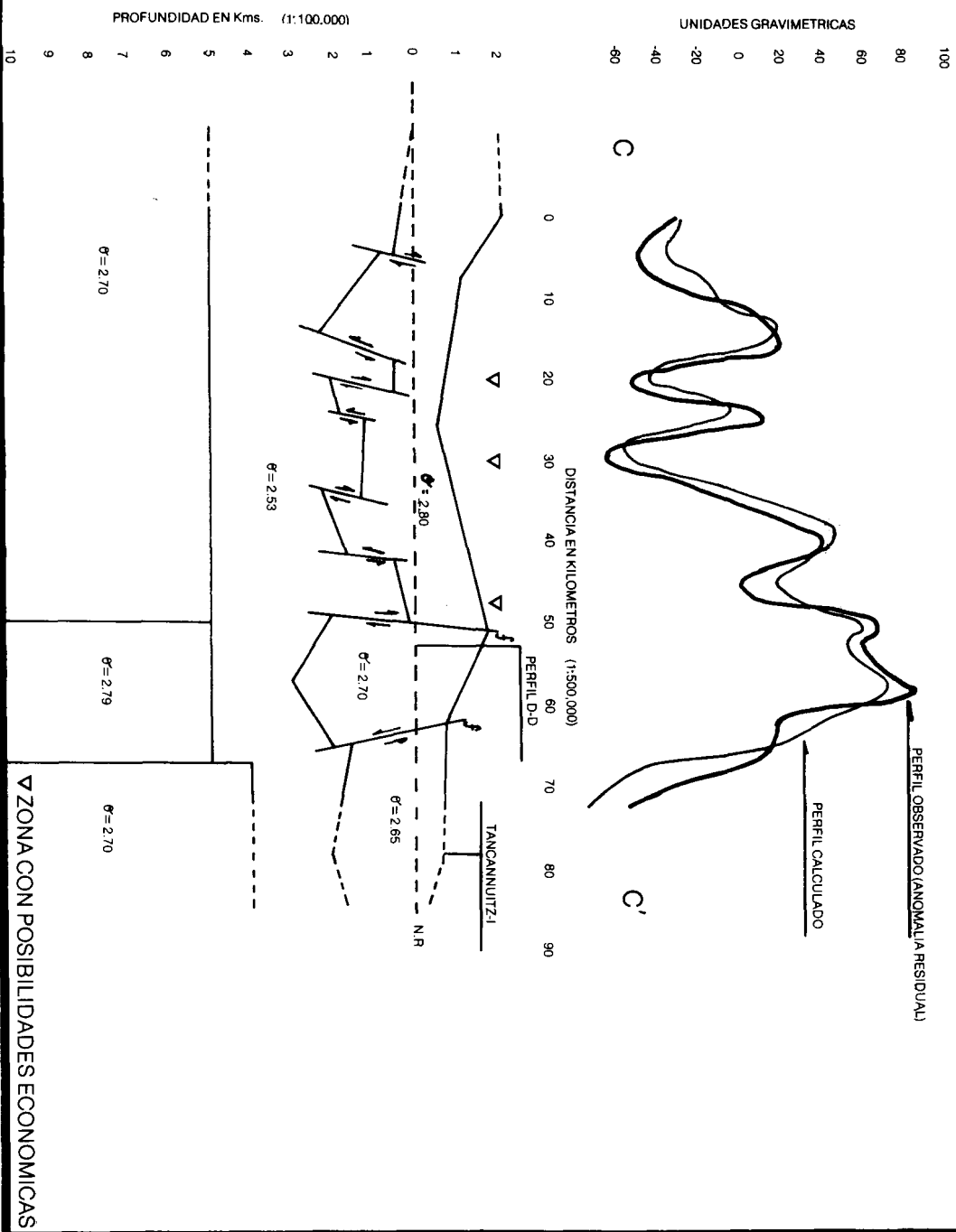


Fig. 9 PERFIL GRAVIMETRICO C-C'

Perfil D-D'.

Este perfil (Fig. 10) comprende la porción sur del área de estudio; liga los pozos exploratorios Valle de Guadalupe y Tancanhuitz. El perfil de la anomalía residual muestra una alternancia de máximos y mínimos gravimétricos irregulares, estrechos y alargados.

Se proponen a lo largo del perfil tres cuerpos irregulares asociados con un paquete de rocas carbonatadas que presentan una variación lateral de densidades de 2.65 gr/cm^3 a 2.80 gr/cm^3 . En las cercanías del Pozo Valle de Guadalupe, se interpreta la presencia de dos fallas normales que conforman un pequeño graben. A este paquete de rocas carbonatadas le suprayace un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico con una densidad de 2.530 gr/cm^3 , este paquete se encuentra descansando sobre dos bloques del basamento con una variación lateral de densidades de 2.80 gr/cm^3 a 3.0 gr/cm^3 .

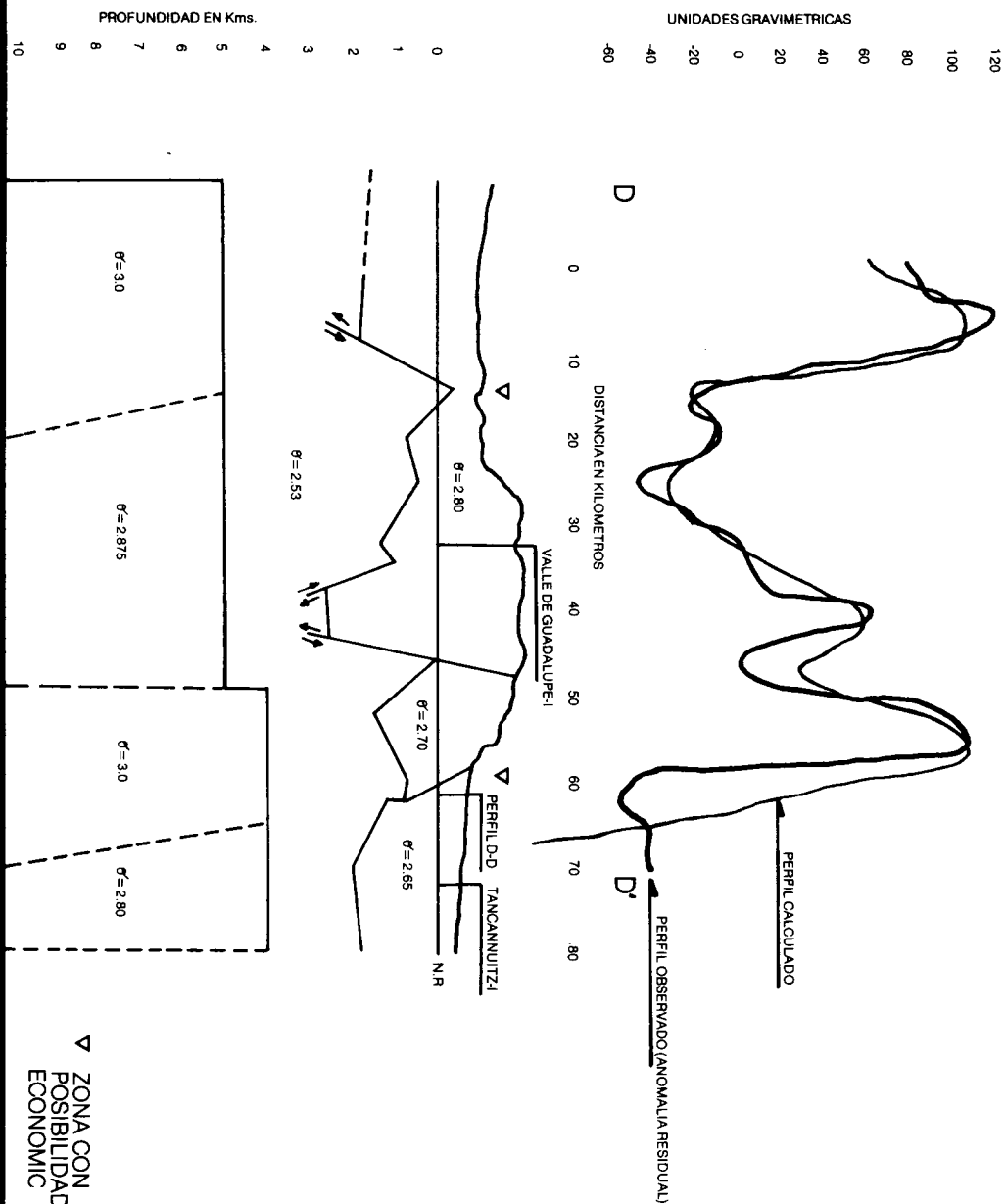
Nota: En cada uno de los perfiles se indica donde el paquete de rocas carbonatadas sufre un acortamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los trabajos de modelado gravimétrico han permitido establecer tentativamente el comportamiento de la secuencia carbonatada del Cretácico Medio y/o Inferior dentro del área de estudio.
2. El conocimiento de la geología del área y de las densidades de las diferentes formaciones fue básico en el desarrollo de los trabajos de modelado según Talwani.
3. Los máximos gravimétricos residuales identificados, se asocian en el paquete de las rocas carbonatadas del Cretácico Medio e Inferior y no necesariamente con la presencia de altos estructurales.
4. Se interpreta también que el paquete carbonatado considerado, presenta variaciones laterales de densidad, localizándose los valores más elevados hacia la porción media de la provincia geológica de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.
5. Los métodos potenciales representan una alternativa en la interpretación de áreas con condiciones geológicas adversas.

PERFIL GRAVIMETRICO D-D' ENTRE LOS POZOS VALLE DE GUADALUPE Y TANCANHUITZ

Fig. No. 10



AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al I.M.P., Subdirección de Tecnología de Exploración, Gerencia de Geofísica, División de Tecnologías de los Métodos Potenciales, las facilidades y asesoría proporcionadas en el desarrollo del trabajo de modelado gravimétrico.

BIBLIOGRAFIA.

- Anderson H. Thomas and Schmidt A. Victor. 1983.- *The evolution of middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time*, Geological Society of America, Bulletin V-94, pp. 941-966.
- Carrasco V., Baldomero 1977.- *Albian sedimentation of submarine autochthonous-carbonate east edge of the Valles-San Luis Potosí Platform, Mexico SEPH special publication No. 25* p. 263-272.
- Carrillo Bravo, José 1971.- *La Plataforma Valles-San Luis Potosí*. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Vol. XXIII Nos. 1-6.
- Díaz Navarro, Ricardo 1988.- *La interpretación gravimétrica en la localización de yacimientos petrolíferos*.
- Eberti P., Gregor. Ginsburg N., Roberto 1987.- *Segmentation and coalescence of Cenozoic Carbonate Platforms, North western great Bahama bank*, Geology Vol. 15, p. 75-79 January.
- Enos, Paul 1974.- *Reefs, platforms and basins of middle cretaceous in northeast Mexico*. A.A.P.G. Boletín. Vol. 5815 p. 800-808.
- Martínez Ramos, Jaime 1982.- *Cálculo del efecto gravitacional de cuerpos geométricos de masa finita*. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo. Vol. XIV No. 2
- Minerd J. Charles, Paul, Enos and J. Eduardo Aguayo C. 1983.- *Sedimentation and diagenesis mid-cretaceous Platform margin east-central Mexico with accompanying field guide*. Published by the Dallas Geological Society.
- Patrick Ervin C. 1977.- *Short note theory of the Bouguer Anomaly*. Geophysics Vol. 42 No. 7, p. 1468.
- Talwani, M. Worsel, J.L. and Landisman M. 1949.- *Rapid computations for two dimensional bodies with application to the mendocino submarine zone*. Geophysics Research V. 64 p. 49.
- Wilson, Lee James 1974.- *Characteristics of carbonate platform margins*. A.A.P.G. Vols. 58/15 pp. 810-823.



CONSULTORES Y CONTRATISTAS
DE
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.

RIO BALSAS 101 8º. PISO APDO. POSTAL 5-255

MEXICO 5, D. F.

TELS 28-83-90 14-44-02

Western Atlas International

La empresa integrada de servicios de Exploración, Producción y Desarrollo en América Latina

Ahora existe una empresa de servicios en América Latina a la cual se le pueden confiar todos los servicios de exploración, desarrollo y producción. Western Atlas International reúne los recursos tecnológicos y humanos necesarios para operaciones tanto en tierra como costa afuera.

Western Geophysical

Un leader mundial en adquisición, procesamiento e interpretación de información sísmica y en geofísica de yacimiento con más de 50 años de prestación de servicios a clientes abarcando toda América Latina.

Atlas Wireline Services

Un leader en servicios de perfilaje, capaz de proveer la tecnología más avanzada en adquisición y análisis digital de la información para cada una de las etapas de la vida de un pozo. Los servicios incluyen perfilaje y terminación, pruebas de pozo, análisis de reservorios y rescate de tubería.

Core Laboratories

El más grande proveedor del mundo de coronas y fluidos para análisis de reservorios. En América Latina es la única compañía de servicios que ofrece análisis completos de coronas, análisis especiales, PVT (de fluido de reservorios) y servicios de química de yacimientos.

LRS

Fabrica sensores sísmicos, fuentes de energía, cables y conectores, sistemas de adquisición de datos y equipos de perfilaje y laboratorio.

Aero Service

Se especializa en grabación geofísica aerotransportada y con sensores remotos, fotogrametría, posicionamiento geodésico y sistemas GPS y desarrollo de bases de datos digitales. Ha realizado el programa nacional de registración aeromagnética para todo México.

Downhole Seismic Services

Provee todos los servicios de sísmica de pozo desde VSP convencionales, hasta el servicio en tiempo real TOMEX® Seismic-While-DrillingSM y el VSP inverso.

Integrated Technologies

Creada por la combinación de Core Laboratories Engineering and Consulting, J.S. Nolen and Associates y Petresim Engineering. Se especializa en proveer soluciones integradas incluyendo software y servicios de consultoría para la optimización de decisiones usando la más avanzada tecnología en gerenciamiento de yacimientos.



Corporate Headquarters
10205 Westheimer
P.O. Box 1407
Houston, Texas 77251-1407
(713) 266-5700