

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

S U M A R I O

Trampas Estratigráficas y sus Manifestaciones desde el Punto de Vista Sismológico. Por los Ings. *Alfonso Muriedas Pavón* y *David Juárez Temoltzin*.

Importancia de los Horizontes con Echado Discordante Detectados Sismológicamente Dentro del Terciario en el Noreste de México. Por el Ing. *Miguel Salmón Herrera*.

“FORO ABIERTO”

Distancia Real Observada Sobre el Horizonte Reflejante en las Secciones Migradas. Por el Ing. *Martín A. Cordeiro Baca*.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1961-1962

Presidente: Santos Figueroa Huerta.

Vice-Presidente: Guillermo Hernández Moedano.

Secretario: Alfonso Cornejo Toledo.

Tesorero: Thomas Ortiz.

Vocal de Petróleo: Jesús Basurto García.

Vocal de Minas: Guillermo P. Salas.

Vocal de Ingeniería Civil: Juventino Islas Leal.

Editor: Vladimir A. Olhovich.

Coeditores: Armando Eguía Huerta y Antonio Cordero Limón.

Presidente Directivo Anterior: Antonio García Rojas.

Este Boletín se publica cada tres meses y se distribuye gratuitamente a los socios.

El precio de subscripción para no socios es de \$ 150.00 m/n al año y
de \$ 50.00 m/n número suelto.

Para todo asunto relacionado con el Boletín: manuscritos, asuntos editoriales, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o de Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. VLADIMIR A. OLHOVICH

Av. Juárez No. 97 Despacho 302.

Teléfonos 18-41-41 y 12-89-70

México 1, D. F.

Impreso por Abastecedora de Impresos, S. A. — Dr. Jiménez No. 352 — México 7, D. F.
Teléfono 19-56-75 con 3 líneas.

TRAMPAS ESTRATIGRAFICAS Y SUS MANIFESTACIONES DESDE EL PUNTO DE VISTA SISMOLOGICO *

Por los Ings. ALFONSO MURIEDAS PAVON Y **
DAVID JUAREZ TEMOLTZIN **

Además de los campos de la Faja de Oro, que también deben considerarse como trampas estratigráficas, puede decirse que el mayor porcentaje de la producción petrolera de la Zona de Tampico proviene de yacimientos en los cuales el factor estratigráfico es de fundamental importancia.

Así, vemos que la mayor parte de los principales campos, tales como Poza Rica, San Andrés, Tamaulipas-Constituciones, Tres Hermanos, Jiliapa, etc., están constituídos por trampas estratigráficas.

Es natural, pues, que los máximos esfuerzos de la exploración petrolera en esta Zona, se orienten hacia el estudio de áreas en donde exista la posibilidad de encontrar trampas estratigráficas. Los descubrimientos de nuevos campos productores en los últimos años nos sirven de estímulo, pues aunque reconocemos plenamente que los éxitos se han logrado a base de gran labor de conjunto, en donde se han aprovechado todos los métodos de exploración, estamos concientes de que la Sismología ha sido un factor de primera importancia.

En el siguiente trabajo hacemos algunos comentarios sobre tres campos descubiertos en años recientes y cuya producción principal proviene de

* Presentado en la Primera Convención Nacional de Ingenieros y Técnicos en Exploración y Explotación de Petróleo. Noviembre, 1961.

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.

tramas estratigráficas. Estos campos son: Tamaulipas-Constituciones, Tres Hermanos y San Andrés.

DESCRIPCION DEL CAMPO TAMAULIPAS-CONSTITUCIONES

Los campos de Tamaulipas y Constituciones descubiertos a principios de 1956 y cuyos pozos descubridores fueron localizados por Sismología, se consideraron en un principio como fenómenos estructurales independientes, fundamentalmente porque el pozo descubridor del primero, obtuvo producción del Cretácico Inferior y el del segundo encontró la zona productora en las calizas oolíticas del Jurásico.

Posteriormente, a medida que aumentó el número de pozos perforados, se obtuvo la comprobación de que los dos campos constituyen una sola unidad geológica y geográfica, a pesar de que la producción se obtiene de dos zonas totalmente distintas en sus características almacenadoras: una de la formación Tamaulipas Inferior, del Cretácico Inferior, correspondiente a una estructura típica y la otra de las calizas oolíticas del Jurásico Kimmeridgiano, que constituyen una trampa estratigráfica también típica.

Para el objeto de nuestro estudio, nos concretaremos a la descripción de la zona productora del Jurásico, dejando a un lado las formaciones del Cretácico.

De acuerdo con esto, puede decirse que el campo Tamaulipas-Constituciones, está constituido por una colina sepultada sobre la que se acuan las formaciones Jurásicas, como se puede ver en la sección geológica representada por la Fig. 1. La Fig. 2 muestra en isopacas el adelgazamiento de la formación San Andrés hacia la culminación de la colina. La secuencia de las formaciones atravesadas por los diferentes pozos perforados en el área, mencionándolas de la más antigua a la más nueva, hasta el Jurásico Superior, es la siguiente:

El granito, tocado únicamente por los pozos Constituciones 189 y 264, Tamaulipas 130 y Empacadora 1. Rocas metamórficas, constituídas por esquistos, gneises y ortocuarcitas. En la parte culminante de la colina el Jurásico Superior descansa directamente sobre las rocas metamórficas, con ausencia total de sedimentos pre-jurásicos, pudiendo decirse que en los límites del campo no existen formaciones marinas más antiguas que las areniscas basales

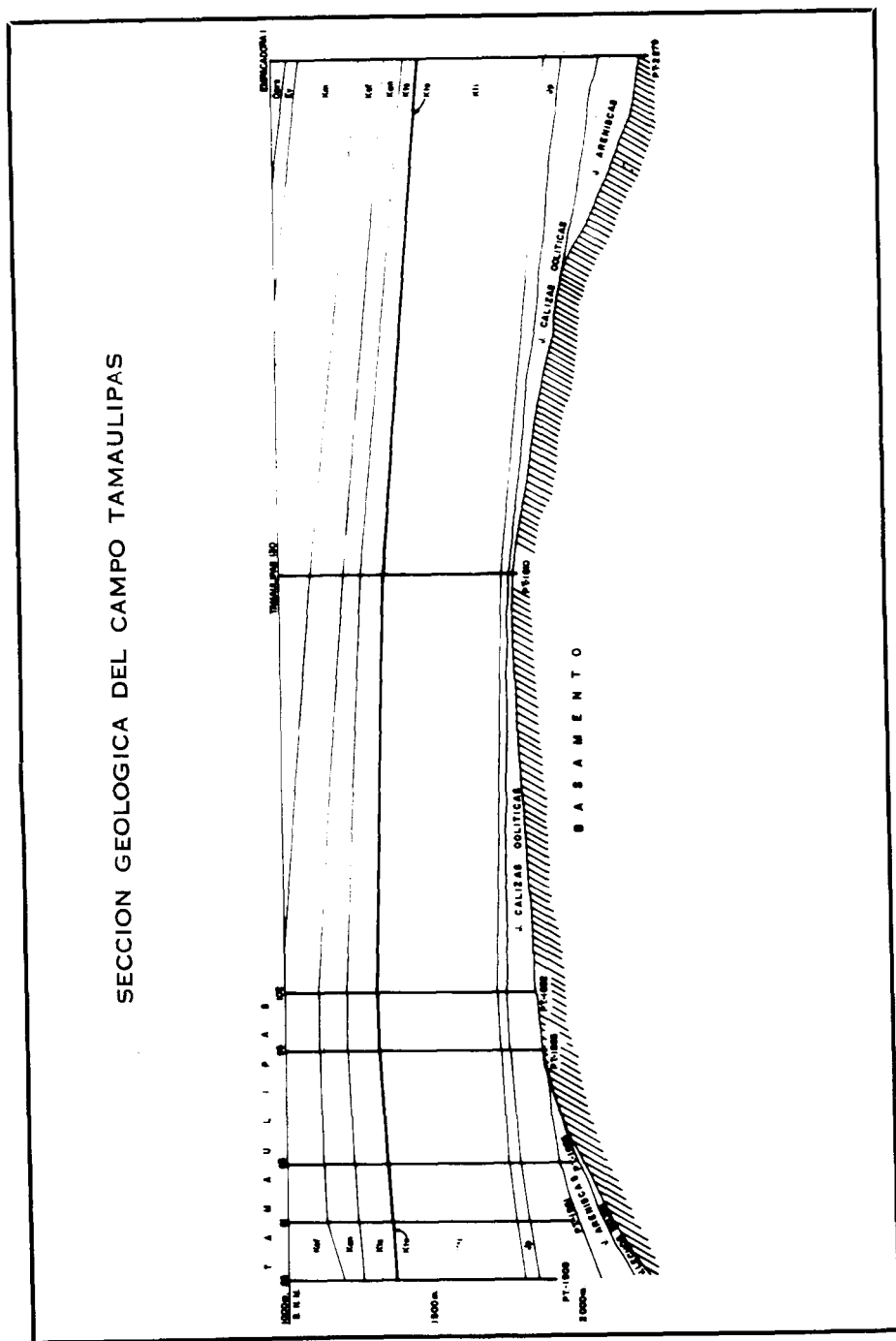


FIG. No. 1

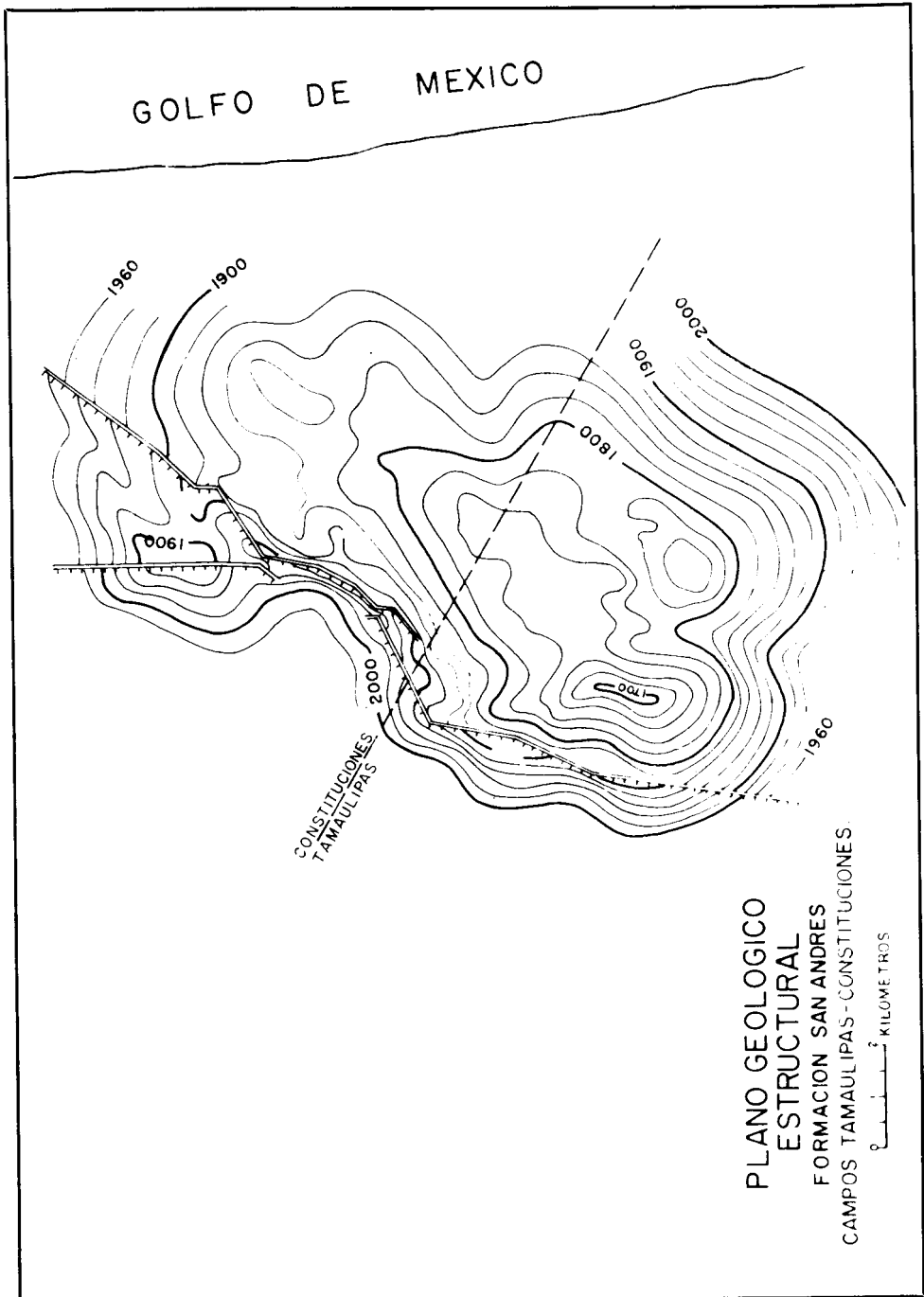


FIG. No. 3

del Jurásico Superior y Lechos Rojos, en la formación Cahuasas, del Jurásico Medio que son continentales. Por lo demás, debe recordarse que solo en los pozos González 101 y Magiscatzin 1, hacia el poniente, se encontraron sedimentos Paleozoicos.

En las Figs. 3 y 4 se muestra: El plano estructural correspondiente a la formación San Andrés y el plano sismológico correspondiente a las calizas del Cretácico Medio. Es de hacerse notar la correspondencia casi perfecta que ha existido hasta la fecha, entre las configuraciones de la caliza oolítica (formación San Andrés) y la interpretación sismológica correspondiente, hecha antes del descubrimiento del campo.

CAMPO TRES HERMANOS

Este campo, descubierto en 1959, se encuentra localizado en el flanco Oriental del gran levantamiento del Basamento, que tiene su culminación en la Hacienda de La Aguada, al sur de la población de Ozuluama, en el Edo. de Veracruz. Sobre este flanco se manifiesta una nariz perfectamente definida tanto en el horizonte sismológico como en el plano geológico de la formación Tamabra, los cuales se muestran en las Figs. 5 y 6.

Puede considerarse como una trampa estratigráfica típica, en que la roca almacenante la constituye una caliza arrecifal de la formación Tamabra, del Cretácico Medio, posiblemente del tipo Biostroma, que se encuentra descansando sobre la formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior.

La columna geológica determinada en el pozo Tres Hermanos No. 106, muestra que, descansando directamente sobre el granito, a una profundidad de 2,318 m. bajo el nivel del mar, están los Lechos Rojos de la formación Cahuasas, del Jurásico; sobre ésta se hayan las calcarenitas de la formación Tepexic, después viene la formación Tamán y por último la Pimienta, todas pertenecientes al Jurásico. La formación Tamaulipas Inferior descansa normalmente sobre la Pimienta y sobre ella se encuentra, como mencionamos antes, la Facie Tamabra. La secuencia estratigráfica del Cretácico Superior y del Terciario es, pudiéramos decir, normal para la región, hasta la formación Palma Real Superior del Oligoceno, que es la que se encuentra en la superficie.

Todas las formaciones pre-Cretácicas se acunán hacia el poniente, como lo muestran los pozos de San Antonio, La Aguada y La Pitahaya en los cuales

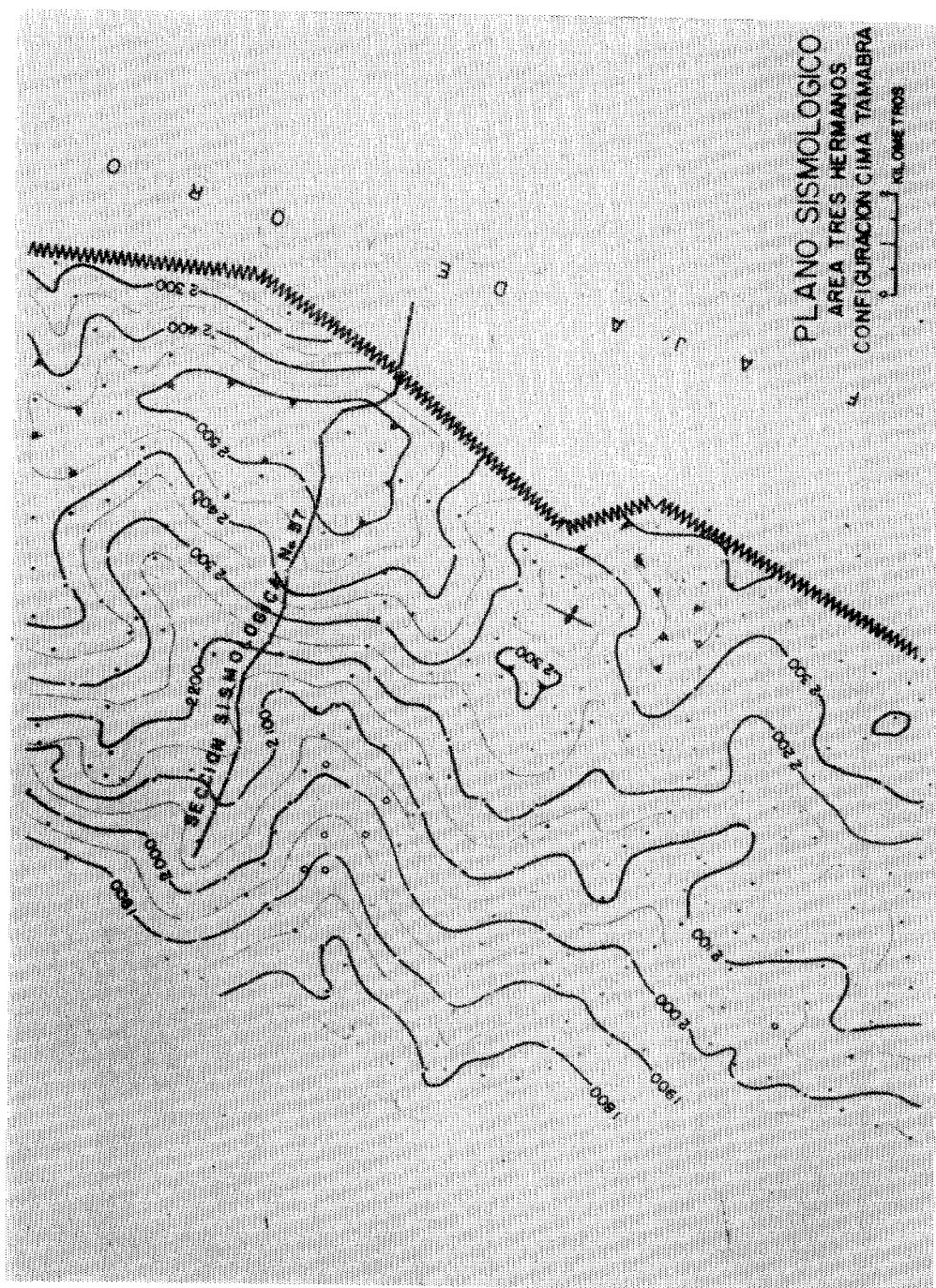


FIG. No. 5

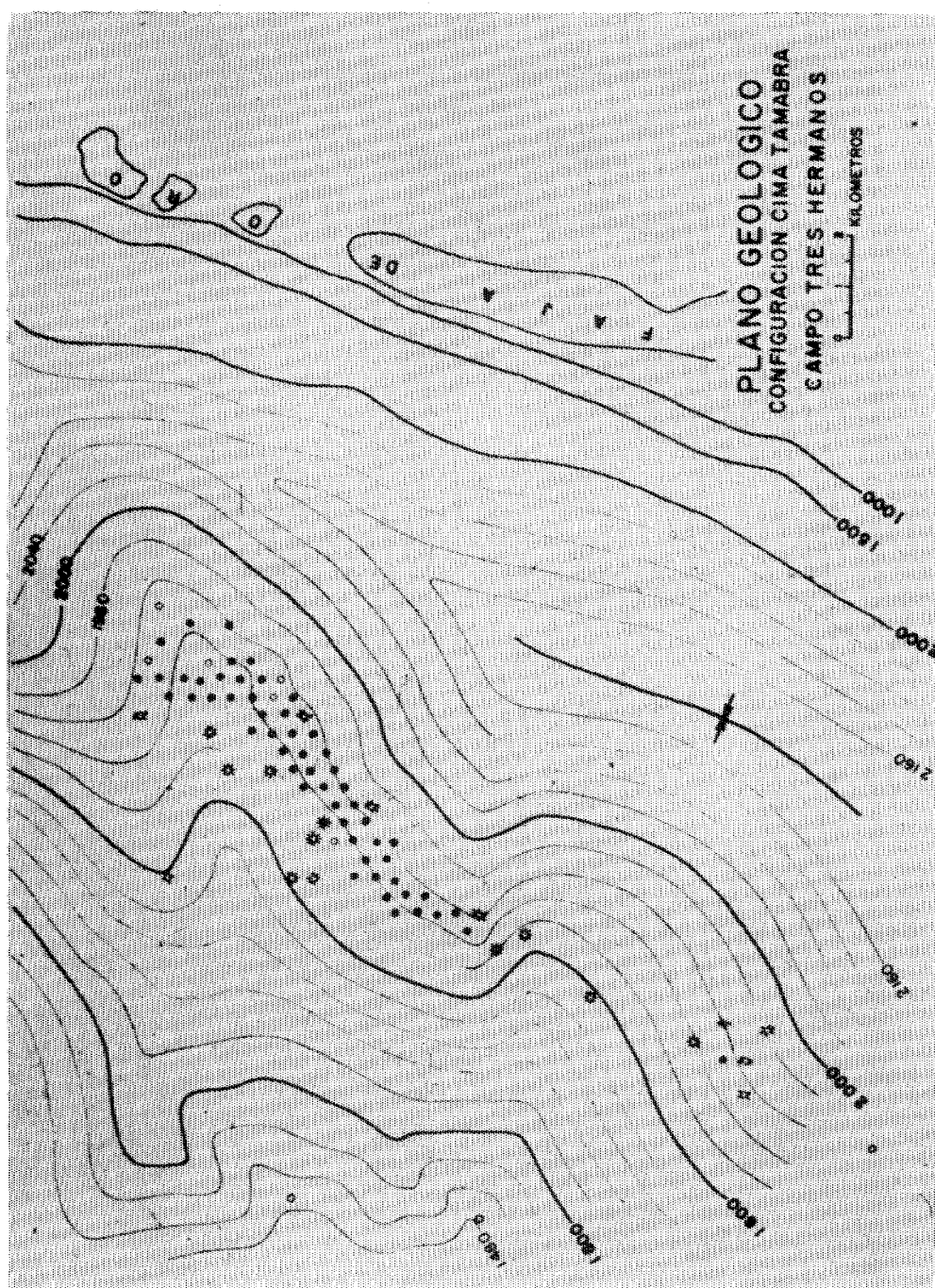


FIG. No. 6

el Cretácico descansa directamente sobre el Basamento. También la caliza almacenante del Tamabra se acuña considerablemente hacia el poniente hasta que se pierde, interdigitándose, en la formación Tamaulipas Inferior.

Este acuñamiento puede apreciarse en la sección sismológica mostrada en la Fig. 7. En la mayoría de las secciones sismológicas observadas en esta área se ven suficientes indicios del acuñamiento de las formaciones Jurásicas, pero la continuidad de los datos es más bien pobre, por lo que resulta difícil configurar en un plano de Isopacas esta actitud de las formaciones.

La Fig. 7 representa una sección que va del pozo Tres Hermanos No. 133, pasa por los Nos. 121 y 194 del mismo campo y termina en el pozo San Miguel No. 101 sobre la Faja de Oro. Esta sección fue observada con anterioridad al descubrimiento del campo y sorprende la semejanza con los datos obtenidos del subsuelo.

La Fig. No. 8 corresponde a una sección sismológica entre los campos Cerro Azul y Moralillo, al poniente de la Faja de Oro. Este último campo, es otro ejemplo típico de una trampa estratigráfica y creemos importante señalar la semejanza que existe entre esta sección y la anterior del campo Tres Hermanos.

CAMPO SAN ANDRES

El campo de San Andrés que se encuentra al sureste de Poza Rica, Ver., fue descubierto en el año de 1956. Fue el primero en donde se obtuvo producción del Jurásico. La formación productora está constituida por calizas oolíticas del Jurásico Superior, que de aquí toman su nombre. La trampa estratigráfica que da origen a este campo tiene características muy similares al de Tamaulipas-Constituciones.

La Fig. No. 9 muestra la configuración sismológica de un horizonte posiblemente del Cretácico Inferior en la cual se puede ver la "Irregularidad del echado" en el flanco Oriental, en la zona que actualmente constituye el campo productor.

La Fig. No. 10 muestra una sección sismológica combinada con datos de geología del subsuelo, que va desde el campo San Andrés hasta el área de Solteros. En ella se pueden apreciar claramente los acuñamientos de las for-

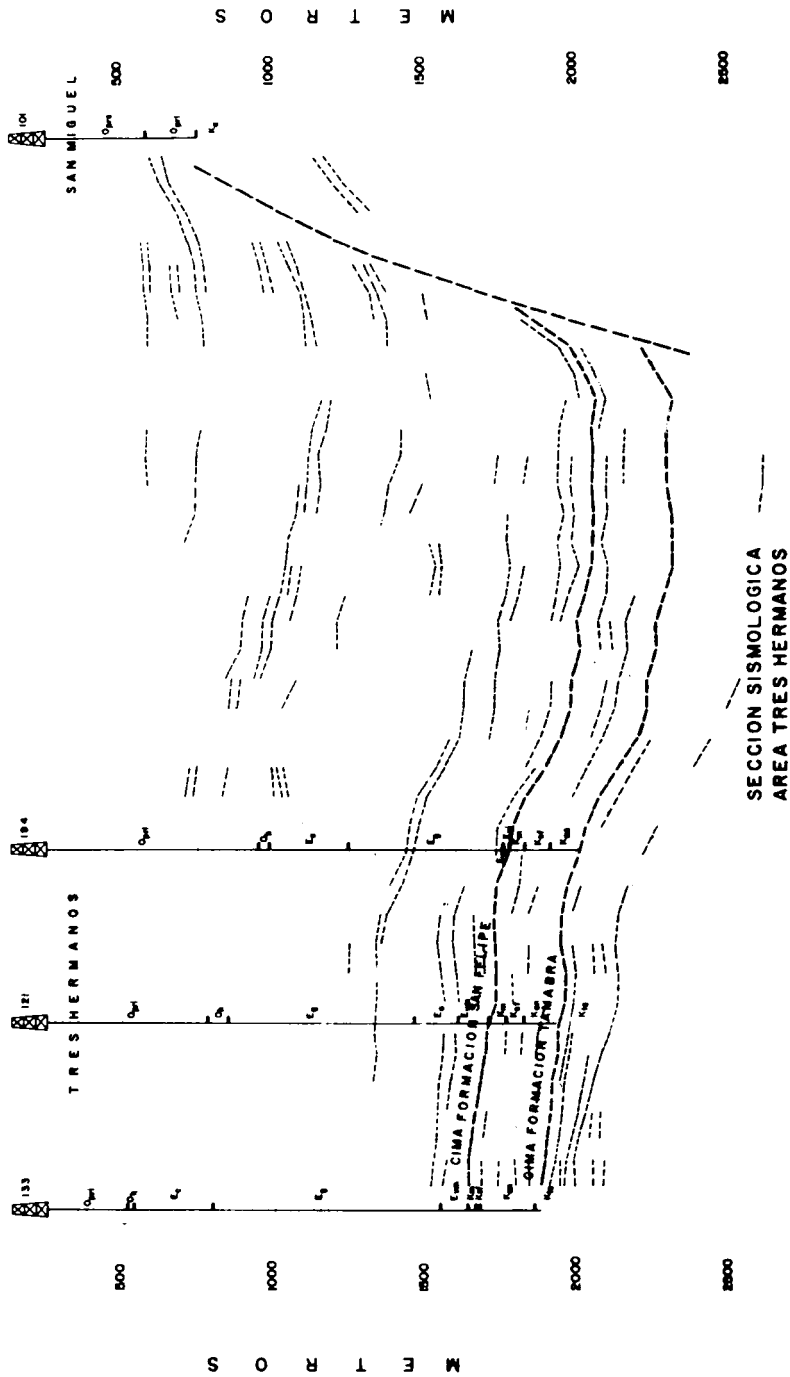


FIG. No. 7

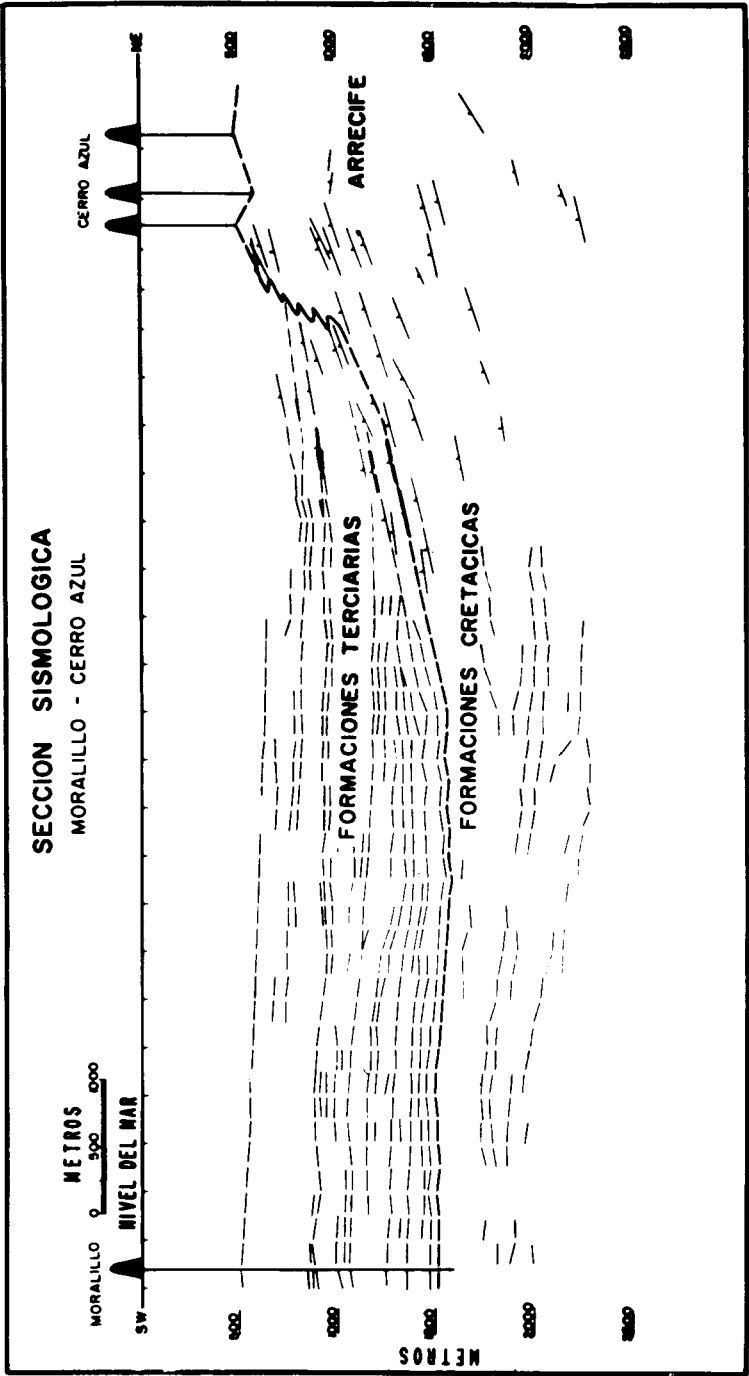


FIG. No. 8

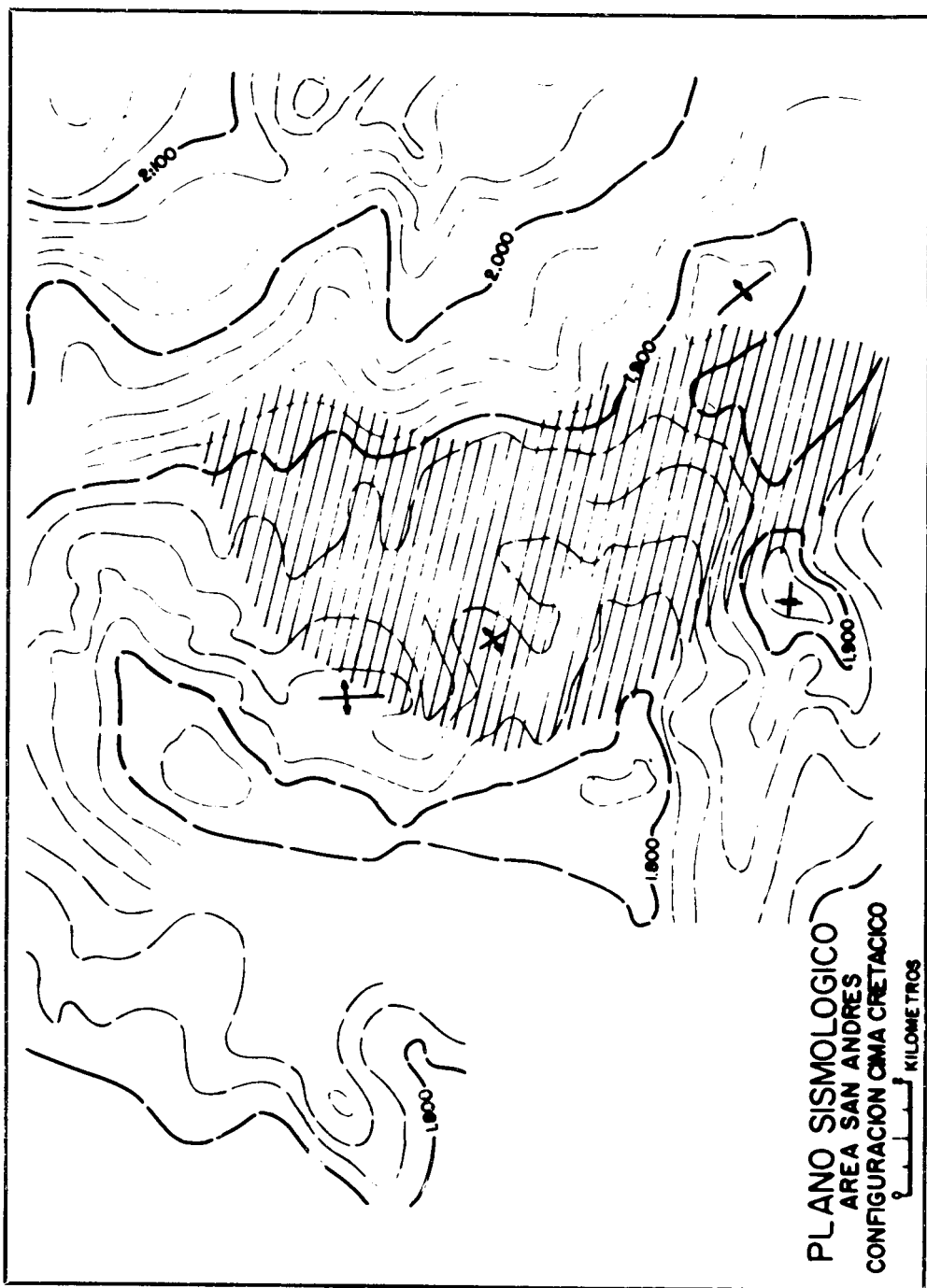


FIG. No. 9

SECCION SISMOLOGICA

ENTRE ARROYO-ZARCO Y GRAN-MORELOS
MOSTRANDO ACURRAMIENTOS EN EL POZO CABELLAL

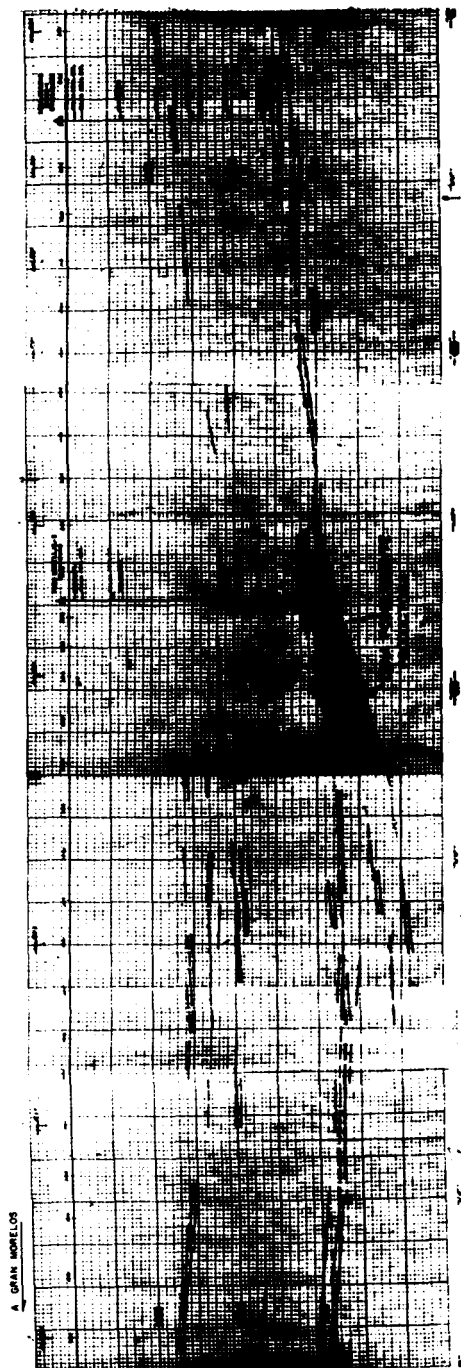


FIG. No. 10

maciones pre-cretácicas. En la sección que muestra la lámina No. 11 se pueden ver los acuñamientos de las formaciones del Jurásico Superior contra el macizo de Misantla, en el área de Vega de Alatorre, Ver. La interpretación de la sección está basada en una combinación de la información sísmológica con datos de Geología Superficial.

CONCLUSIONES

Aún cuando en ningún caso podríamos predecir con exactitud desde el punto de vista sísmológico la existencia de trampas estratigráficas, sí podemos establecer algunas premisas que nos pueden servir de guía para el descubrimiento de yacimientos petrolíferos en los que el factor estratigráfico sea el más importante.

Fundamentalmente existen dos condiciones que se repiten en todos los campos cuya producción proviene de trampas estratigráficas. Estas condiciones son:

a) El acuñamiento de las formaciones contra un levantamiento de considerable magnitud, que generalmente debe corresponder a una colina sepultada del basamento y

b) Un cambio notable en el buzamiento de las formaciones, principalmente de la cima del Jurásico, que nosotros hemos dado en llamar "Irregularidad del echado" y que generalmente da lugar a la configuración de una nariz o una terraza en el flanco de una gran estructura o en un monoclinal extenso.

Por lo que se ha dicho anteriormente y basados en la experiencia obtenida de los campos ya existentes, podemos establecer la posibilidad de la existencia de trampas estratigráficas haciendo un estudio cuidadoso de las secciones sísmológicas y de la configuración de los horizontes adecuados.

Para esto es indispensable disponer de los mejores datos sísmológicos. Los reflejos deben señalar con precisión todos los cambios de las diferentes formaciones geológicas. Aunque sabemos que esto es muy difícil, ya que la calidad de los sismogramas depende en gran parte de las características par-

SECCION SISMOLOGICA

MOSTRANDO ACUÑAMIENTOS DE LAS FORMACIONES JURASICAS
CONTRA UN LEVANTAMIENTO DEL BASAMENTO



FIG. No. 11

ticulares del área en exploración, queremos recalcar la necesidad de que los reflejos sean rápidamente amortiguados, es decir, que debe evitarse que tengan “colas”, lo que da lugar a la correlación de alineamientos que no corresponden a planos reflectores.

En la zona de Tampico hemos experimentado bastante sobre este asunto y se ha llegado a la conclusión de que con el empleo de bandas de filtros amplios, es posible lograr una mejor definición de los horizontes reflectores. En nuestro concepto es pues, mejor operar los amplificadores sismológicos fuera de su frecuencia de resonancia.

Sin embargo, como sobre este punto hay divergencia de opiniones y estando fuera del tema de este trabajo no insistiremos sobre ello. Por lo demás el empleo del registro magnético allana cualquier dificultad de este orden.

IMPORTANCIA DE LOS HORIZONTES CON ECHADO DISCORDANTE
DETECTADOS SISMOLOGICAMENTE DENTRO DEL TERCIARIO
EN EL NORESTE DE MEXICO *

Por el Ing. MIGUEL SALMON HERRERA **

R E S U M E N

En el curso de la exploración sísmológica de la cuenca Terciaria en el Noreste de México se ha detectado la presencia de una discordancia angular regional dentro de las formaciones del Terciario. Aún cuando el problema geológico no está totalmente resuelto, debido a que no se dispone de suficientes datos de subsuelo, la existencia de estos horizontes discordantes parece estar ligada a la acumulación de hidrocarburos, como lo demuestra el reciente descubrimiento del Campo Comitas.

En el presente trabajo se discuten los problemas particulares que se presentan en las áreas donde aparecen estas anomalías, comenzando con la identificación de reflejos, las variaciones y alteraciones que sufren, las causas que los afectan y los artificios empleados para evitar su interpretación errónea.

Al final se discute la posibilidad de utilizar la información sísmológica obtenida en áreas probadas, para localizar nuevos yacimientos en las zonas donde se presentan los mismos tipos de anomalías.

* Presentado en la Primera Convención Nacional de Ingenieros y Técnicos en Exploración y Explotación de Petróleo. Noviembre, 1961.

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.

INTRODUCCION:

Desde el año de 1920 en que se descubrieron algunos campos petroleros en territorio perteneciente al Estado de Texas, E.U.A., se consideraron condiciones geológicas semejantes con la llamada Cuenca de Burgos en la planicie costera del Golfo de México; hasta los años de 1931 a 1937 fue cuando se descubrieron 4 campos de gas de mediana importancia en nuestro territorio que son: La Presa, Rancherías, Lajitas y Laredo. Estos pozos pusieron de manifiesto que la estructura no era factor determinante para la acumulación de hidrocarburos y que seguramente, las trampas estratigráficas jugaban un papel importante en este aspecto.

A través de las exploraciones efectuadas en la Zona Noreste, los informes finales de las áreas estudiadas fraccionariamente por distintos grupos sísmológicos mostraron una zona anómola inmediatamente al Norte del llamado "Tacón del Becerro" y donde destacaba el levantamiento de mayores proporciones denominado El Becerro, con una zona de 1.5 Km. de afallamientos en su lado poniente que lo separaba de la nariz de Comitas con buzamiento NW en el bloque W.

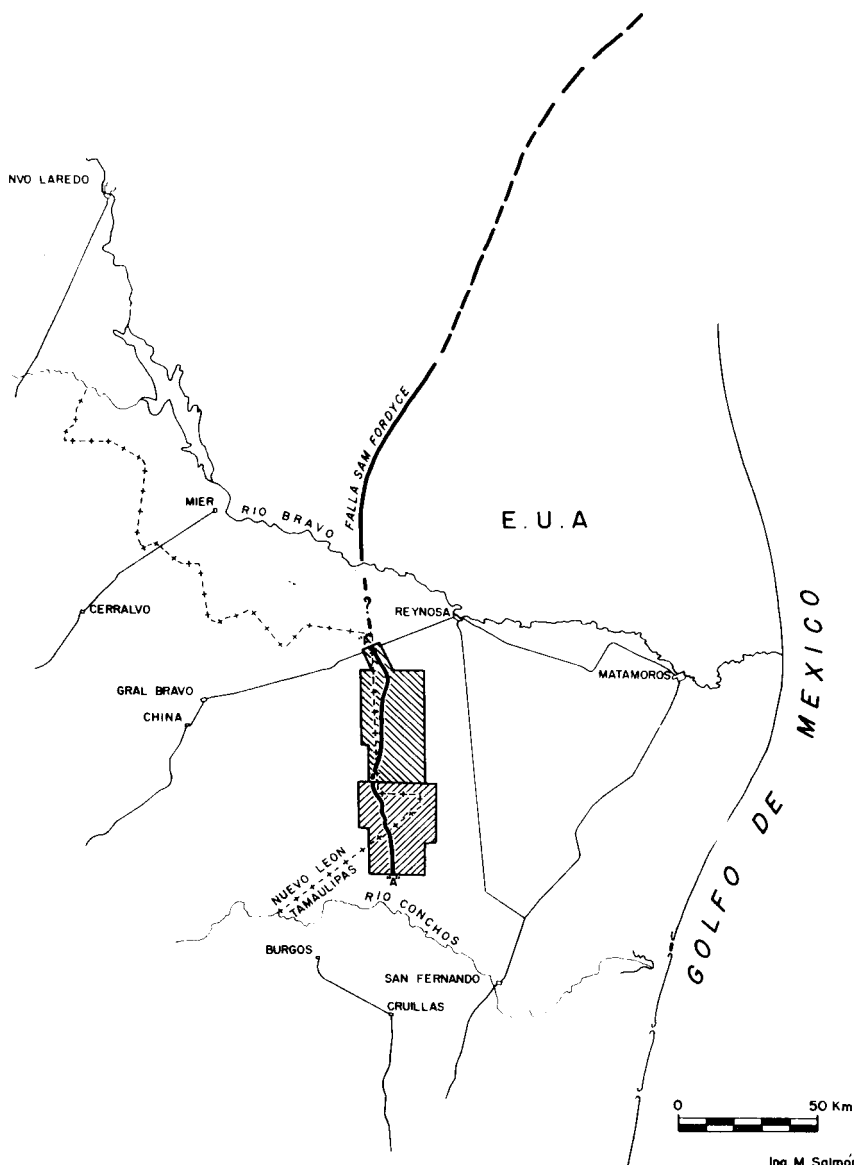
En vista de que en los diferentes prospectos de esta región se configuraron horizontes distintos por cada grupo, en el año de 1958 se efectuó una reinterpretación en la Superintendencia de Exploración Distrito N. E., tendiente a presentar un panorama de conjunto sobre la porción N de las áreas mostrandas en la Placa 1 y a partir de la entonces localización Comitas No. 1 hacia el E; al perforarse dicho pozo que resultó productor de gas y poco destilado se extendió la revisión de trabajos hacia el W del límite de estados para normar el criterio respecto a la extensión de dicho Campo, que resultó ser el mejor descubrimiento obtenido para la Zona NE en el año de 1960.

Posteriormente con el reciente trabajo sobre el área inmediata situada al S se efectuó una revisión (1961) de conjunto para correlacionar ambos trabajos y deducir la prolongación del accidente principal que en lo sucesivo llamaremos Zona Perturbada "A-A" y que se interpreta como una falla normal profunda, cuyo alineamiento al norte se considera relacionado con la falla Sam Fordyce existente en la llamada Flexura del Vicksburg hacia el N-NE del Río Bravo. La unión o correlación es tentativa ya que el nuevo estudio solamente se prolongó a últimas fechas hasta la línea que une a los pozos Norias No. 1 y Jabalí No. 1.

Con objeto de explicar los fenómenos que ocurren a ambos lados de la referida zona y antes de exponerlos, se considera conveniente estimar los

MAPA INDICE
AREAS ESTUDIADAS
Z N E

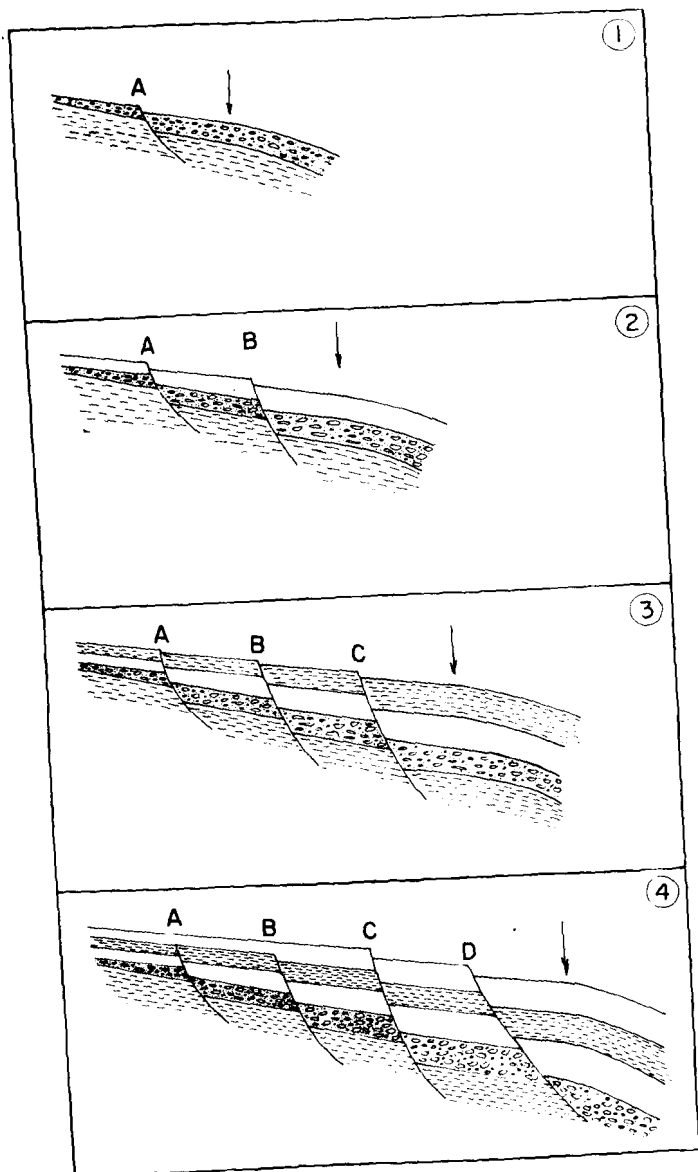
I



FALLAS SUCESIVAS Y SEDIMENTACION POST-EOCENO

SEGUN FRANK R. HARDING Y GEORGE C. HARDING JR.

(2)



conceptos fundamentales dados por F. R. Hardin y G. C. Hardin en un artículo del Boletín de la A.A.P.G. publicado en Febrero del presente año, en que se describe a las “fallas normales contemporáneas” y su “relación con flexuras” contenidas en la planicie costera del Golfo de México.

FALLAS CONTEMPORANEAS:

De las 5 flexuras descritas (Colle - et al., 1952) que son: (1).—Flexura del Jurásico; (2).—Flexura Cretácica del Golfo; (3).—Flexura del Eoceno (Wilcox); (4).—Flexura del Vicksburg (Oligoceno), y la (5).—Flexura Post-Discorbis (Mioceno); la que interesa con relación a este trabajo es la situada en 4o. lugar referente a la formación Vicksburg de la base del Oligoceno.

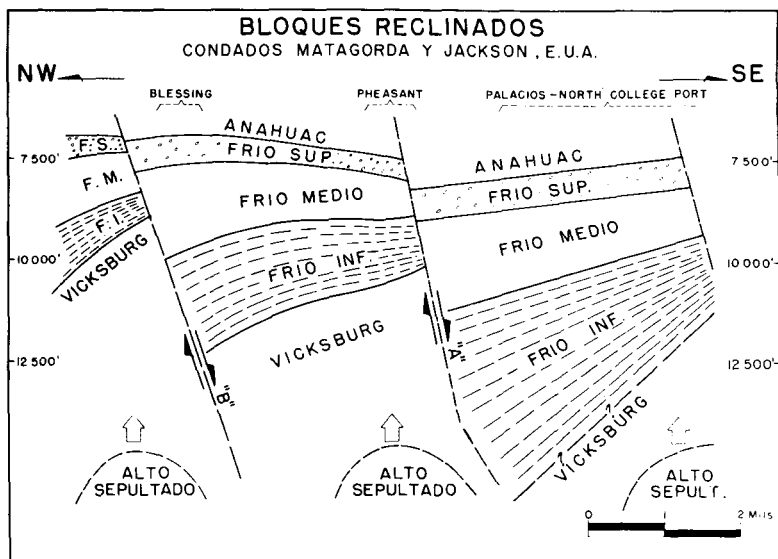
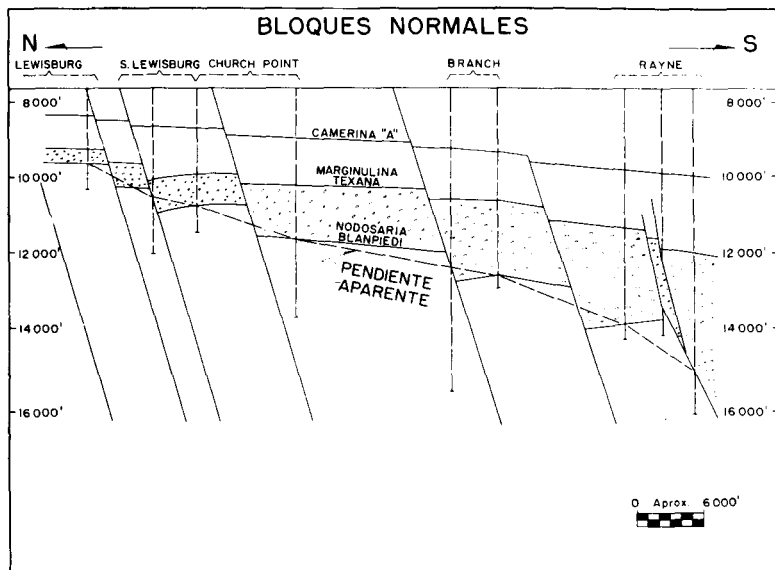
Esta flexura se ha marcado en la mayor parte de su longitud mediante una serie de fallas contemporáneas que en el sur de Texas se corresponde con el sistema de fallas Sam Fordyce - Vanderbilt (Honea 1956) que se extiende a lo largo de unas 240 millas, en una porción está marcada dicha flexura por una serie de fallas contemporáneas escalonadas sucesivamente y que en Louisiana del Sur generalmente se denomina a esta porción como Flexura Catahoula (Colle et al., 1952).

En el esquema de la *Placa 2* se muestra el concepto dado sobre la formación regional de fallas contemporáneas sucesivas sobre las “líneas de quiebre” (hinge-line) durante el proceso de sedimentación de las formaciones Post-Eocénicas. El cuadro-1 corresponde a la iniciación profunda del proceso iniciado con la primera falla-A, en la “línea de quiebre” de un monoclinal regional; esta falla origina una segunda “línea de quiebre” marcada con una flecha y que en el cuadro-2 da lugar a la falla-B y así sucesivamente hasta tener el panorama general del cuadro-4 inferior.

En la parte superior de la *Placa 3* se muestra este panorama obtenido con los resultados de los pozos Lewisburg hasta Rayne cuya sección se orienta de Norte a Sur; obsérvese que por lo general los bloques sucesivos conservan su inclinación normal y que la pendiente aparente entre los contactos profundos se pronuncia notablemente y daría una figura distinta al eliminar la interpretación de fallas.

3

FALLAS CONTEMPORANEAS SEGUN FRANK R. HARDING Y GEORGE C. HARDING JR.



El cuadro inferior considerado de mayor importancia por su semejanza con las secciones sísmológicas E-W entre los prospectos Comitas y Becerro, corresponde a una nueva versión de las fallas contemporáneas que ocurre de NW a SE en los condados de Matagorda y Jackson en el extremo NE conocido de la FLEXURA del VICKSBURG; la nueva versión consiste en que los bloques entre fallas son reclinados opuestamente a la dirección del echado regional hacia la costa. Esta sección esquemática (Walters-1959) ilustra el efecto de las fallas contemporáneas, sobre la sedimentación de "bloques reclinados"; como la relación del movimiento a lo largo de cada falla es menor, la pendiente cambia de NW a SE como resultado de la sedimentación diferencial en cada bloque.

Las "fallas contemporáneas" donde los bloques intermedios son reclinados, se relacionan aparentemente en la porción extrema NE de la flexura, con "altos" estructurales sepultados causados probablemente por alineamientos salinos (ridges). Donde ocurre este tipo de fenómenos, las correlaciones de registros eléctricos entre pozos son muy difíciles aún de cortas distancias a causa de la falta de uniformidad de la sección estratigráfica, caso que resulta semejante a lo que está ocurriendo entre las áreas Becerro y Comitas a que se hará mención más adelante.

El término "fallas contemporáneas" dado a las fallas situadas a lo largo de una flexura y que ocurrieron durante la sedimentación, es el más aceptado por la mayoría de los autores actuales, ya que anteriormente pasó por distintos nombres, tales como: fallas sucesivas, fallas escalonadas, fallas de tiempo, fallas de charnela y fallas por deposición.

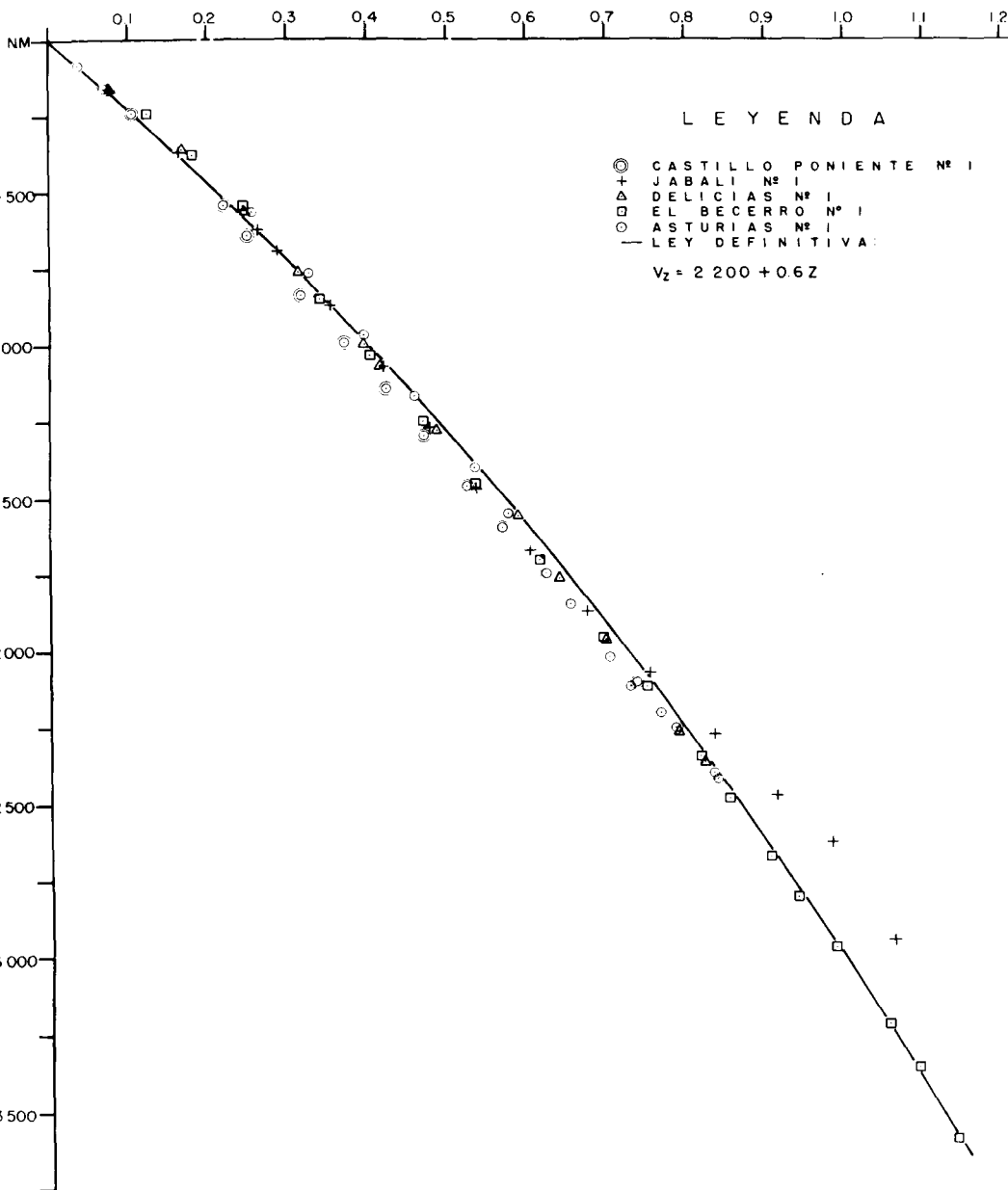
LEY DE VELOCIDADES:

Puesto que la perforación y registro de velocidades del pozo Becerro No. 1 en la porción N de las áreas estudiadas fue posterior a los trabajos de reconocimiento y detalles sísmológicos; todas las configuraciones anteriores emplearon para su conversión de tiempos a profundidades en metros bajo el nivel del mar, la ley de velocidades provisional que se obtuvo del pozo Shell Yturria No. 1 localizado a gran distancia y en situación geológica diferente; por esta razón ahora con mayor información al respecto se dedujo la ley media de velocidades que puede apreciarse con trazo fuerte en la Placa 4. Inicialmente esta misma ley del tipo lineal $V = 2200 + 0.6 Z$ se obtuvo mediante la combinación de registros de velocidades efectuados en los pozos más cercanos: Jabalí No. 1, Delicias No. 1, Becerro No. 1 y Asturias No. 1; pos-

GRAFICAS T-Z DE POZOS

4

TIEMPOS SENCILLOS EN SEGUNDOS

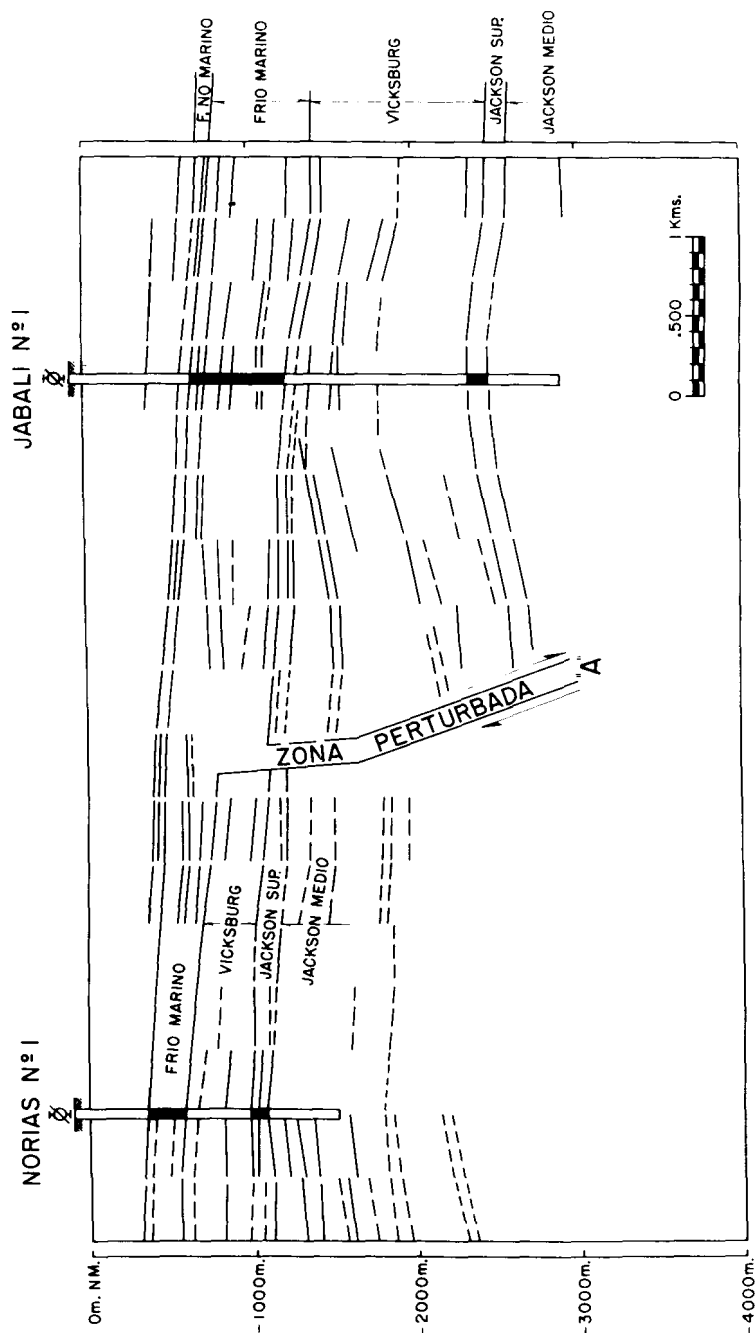


SECCION TIPICA

AREA JABALI

ZNZ.

5



Ing. M. Salmon H.

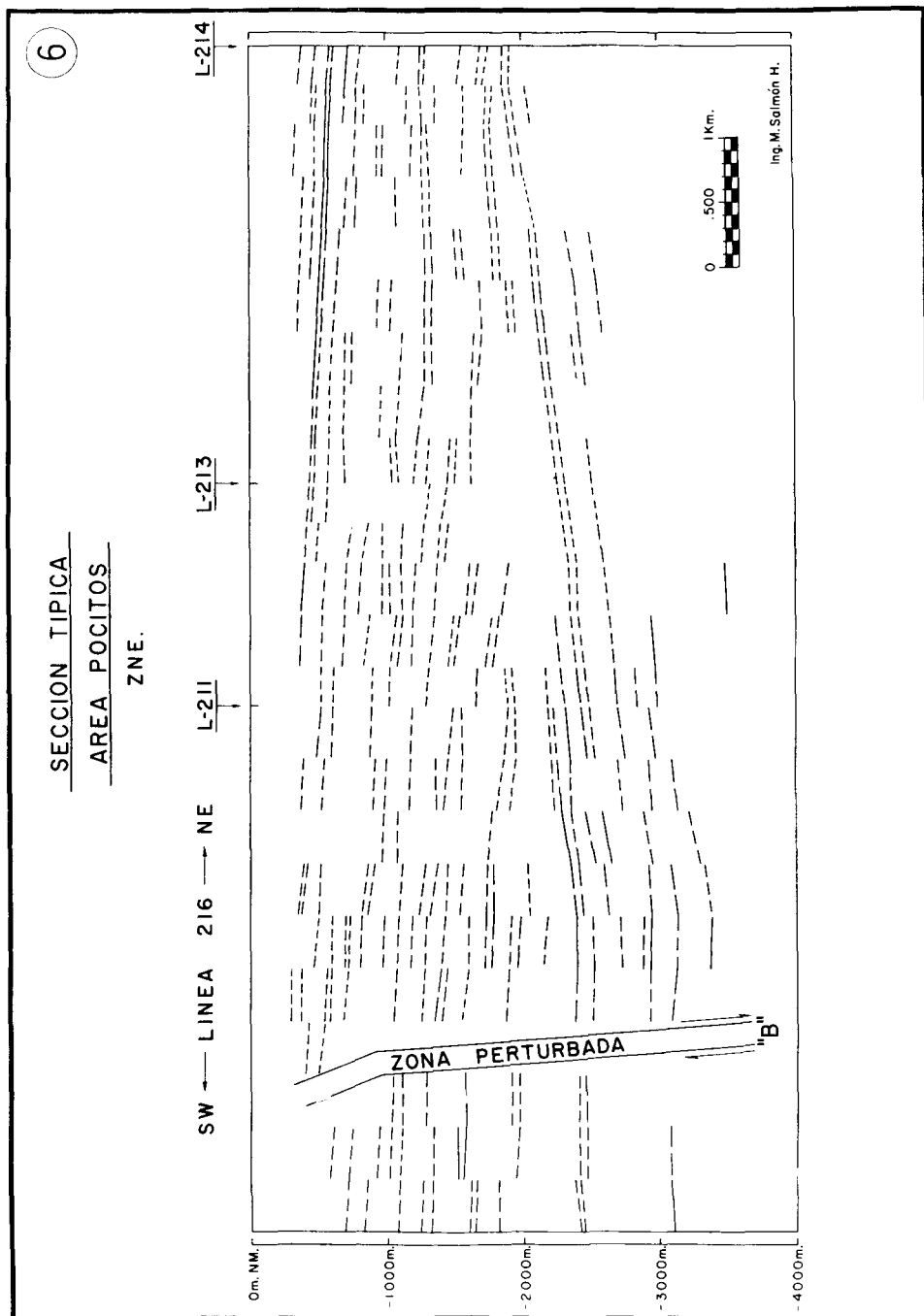
teriormente se agregó la información obtenida recientemente en el pozo Castillo Poniente No. 1, pudiendo observarse que no difiere notablemente de la ley establecida que se aplicó a las áreas estudiadas; obsérvese que a profundidad, esta ley obedece fielmente a la gráfica del pozo Becerro No. 1 que alcanzó mayor columna que los restantes; lo que se ignora a la fecha es si al W de la zona perturbada "A-A" existe o no un cambio brusco de velocidades sísmológicas.

SECCIONES ILUSTRADAS:

En la porción extrema N se presenta la sección típica entre los pozos Norias No. 1 y Jabalí No. 1 mediante la *Placa 5*. En la parte central destaca la prolongación N de la Zona Perturbada "A-A", caracterizada por tramos entrecruzados de reflectores dudosos en cada registro involucrado; en el bloque bajo oriental la información gana en profundidad al acentuarse la pendiente inversa de los reflectores profundos, provocándose un acuñaamiento central en la parte superior del Vicksburg, que por la ausencia de reflectores sugiere alto contenido de arenas, que justifica la perforación de un pozo de flanco a la estructura Jabalí a una distancia al W del pozo No. 1, no menor de 1 Km. ni mayor de 2 Kms., con objeto de probar el cuerpo central del acuñaamiento, sin peligro de que junto al vértice se acüen demasiado las arenas, ni de que en su ampliación hacia el W no se alcance a obtener producción por la posible migración echado arriba.

Para buscar acuñaamientos al W del pozo Norias No. 1 en posición estructural más alta que el Jabalí No. 1 se requiere de una reinterpretación que se extienda en esa dirección, ya que la Línea M no se extendió más hacia el W.

La sección típica (216) del área Pocitos en la *Placa 6*, muestra bastante información sin llegar al E hasta la "Zona Perturbada "A-A", en cambio muestra otra zona perturbada "B-B" no involucrada en las configuraciones por haber quedado fuera y al W de las áreas estudiadas. La ausencia de datos y disminución de calidad de registros encima del horizonte discordante profundo más continuo sugiere el acuñaamiento hacia el extremo E de la sección, hacia el S del cual se programó para 1962, la perforación del pozo Pocitos No. 1. El gran alargamiento de las "zonas discordantes" se explica, porque siendo N-S el rumbo general de la configuración, esta línea fue observada en dirección SW desde el extremo E de los acuñaamientos. La columna geológica de ésta se relacionará con sus horizontes cuando se perfore dicho



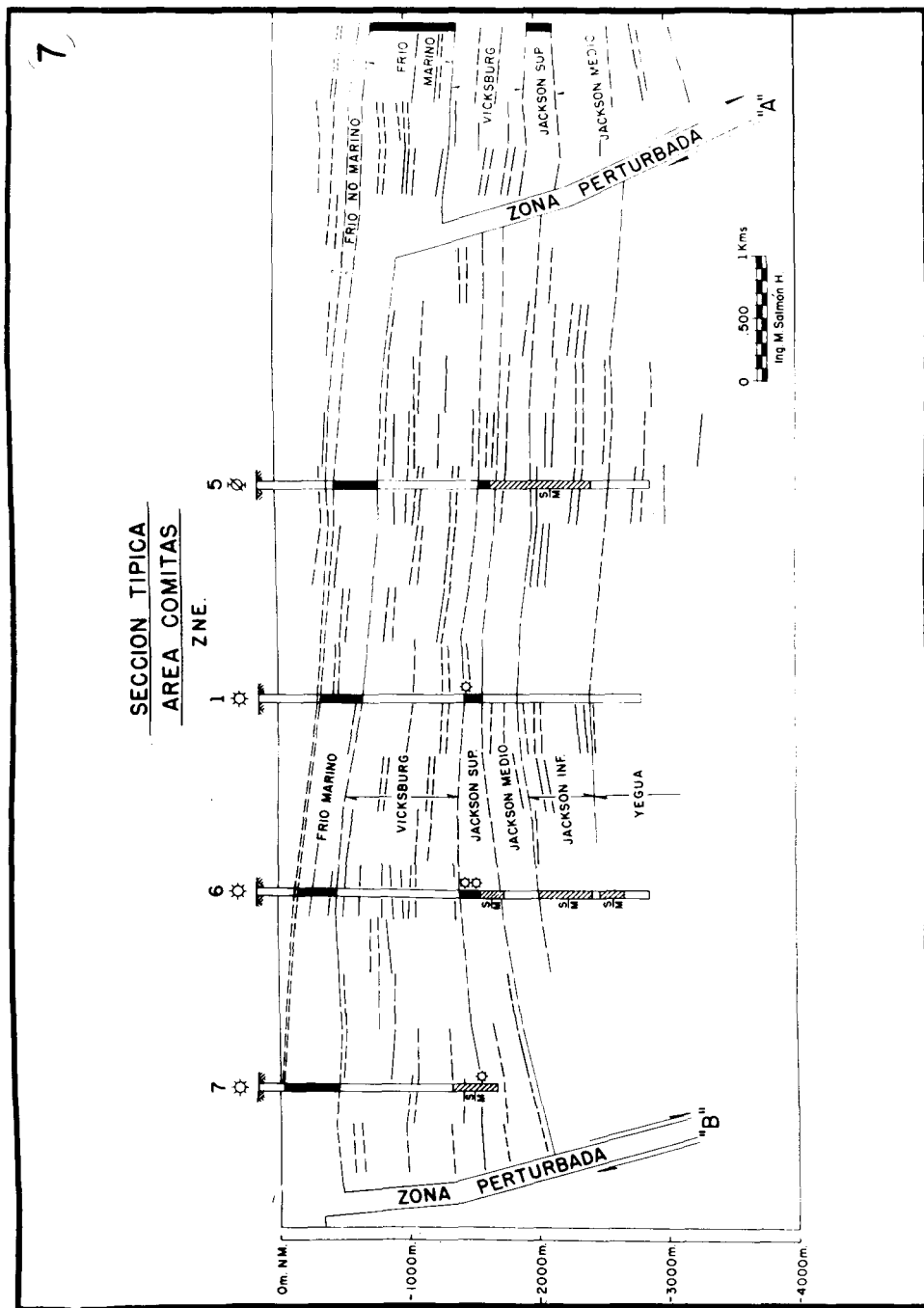
pozo que hasta los 3,000 m. programados cruzará perfectamente las zonas de interés principal; de momento el horizonte productor Comitas adquiere en su extremo E, una profundidad de -1,658 m. (b.n.m.), como se verá en una de las configuraciones.

La sección típica del área Comitas mostrada en la *Placa 7* (Línea 203-W) muestra el éxito logrado en el Campo Comitas en la “zona de acuñamientos” que concuerda con la cima de las formaciones Jackson del Eoceno si las columnas de los pozos son correctas y no existen fuertes variaciones en las velocidades sísmicas hacia el W de la zona perturbada “A-A”; esto último se investigará cuando tengamos a mano los resultados del registro de velocidades efectuado hace escasos días en el pozo Orozco No. 1.

De acuerdo con los acuñamientos intraformacionales supuestos antes de desarrollar este campo, el pozo No. 7 proyectado sobre el extremo izquierdo de esta sección pudo tener por lo menos los dos horizontes productores del pozo No. 6 mediante una ligera profundización en su perforación; existe además la circunstancia especial de que en la parte inferior de este pozo (zona achurada) no se colectaron muestras debido al material obturante que hubo necesidad de emplear, zona en la que además de ser la productora no se logró identificar por ese motivo la posible cima del Eoceno.

Es importante aclarar a la vista de esta sección un fenómeno que se verá después, como concuerda con las interpretaciones por correlación eléctrica; cualquier horizonte configurado a partir de la formación Jackson Medio, mostrará su eje sobre el pozo Comitas No. 1; configurando la cima del Jackson superior la culminación o eje estará situada entre los pozos Comitas No. 1 y No. 6; un horizonte configurado en la formación Vicksburg, mostrará su eje sobre el pozo Comitas No. 6; pero en cambio una configuración en la base del Frio Marino dará su culminación cercana al pozo Comitas No. 7. Este fenómeno tiende a confirmar los engrosamientos que ocurren rumbo a la zona perturbada “B-B” y nos permite observar la semejanza de lo que ocurre entre fallas contemporáneas de bloque reclinado.

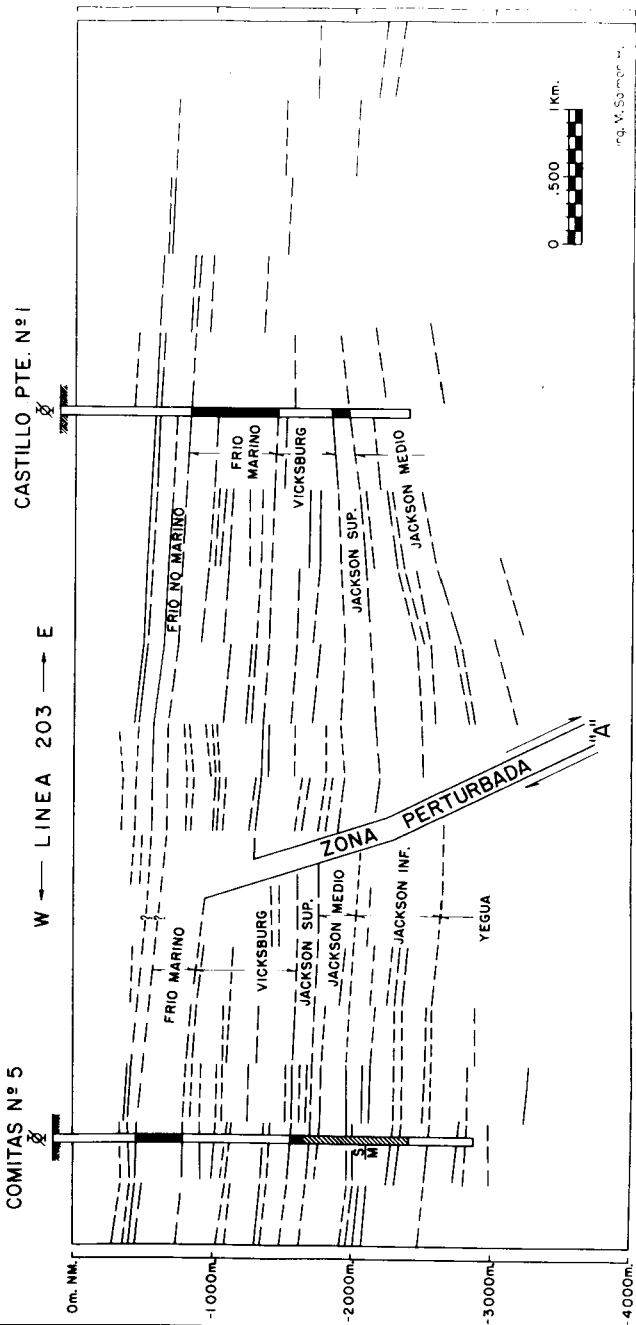
La *Placa 7-A* muestra una sección típica del área Castillo Poniente y es una porción ligada al E, de la misma Línea-203, siendo además representativa de las líneas E-W hacia el W del eje de la llamada Estructura Becerro. Esta sección sirve para comprobar el mismo carácter general de la zona perturbada “A-A”. La gran cantidad de información junto al pozo Comitas No. 5 y ausencia de indicios de acuñamientos, comprueba el cambio de facies de arenas a las arenas arcillosas en el horizonte eléctrico que se correlacionó con el productor de este campo. El bloque oriental muestra a la posible zona dis-



7-A

SECCION TIPICA
AREA CASTILLO PONIENTE

ZNE.



cordante situada entre las formaciones Jackson Sup. y Jackson Medio del Eoceno, acuñándose hacia las cercanías del pozo Castillo Poniente No. 1 echado arriba; ligeramente al E de este pozo se nota la disminución de la información sobre el eje de la Estructura Becerro.

La descripción anterior de las secciones presentadas sirve de base para justificar por qué en los horizontes que se presentan adelante bajo la zona discordante, se dará preferencia a los que en cada localidad sirven de descanso a los acunamientos descritos y cuya aparición se extiende a regiones situadas más hacia el S; pero antes se dará una breve exposición de los problemas particulares principales que se presentan en el marcado de reflejos sobre los sismogramas de las áreas Torrecillas, Comitán y Becerro, que se trabajaron en condiciones más desfavorables y en épocas anteriores, al conocimiento de los últimos sistemas de registro y adelantos obtenidos para la sismología.

MARCADO DE REFLEJOS:

Como el problema de marcar reflejos sobre sismogramas es uno de los puntos de mayor importancia en la sismología y uno de los de más difícil descripción, porque a través de la corta historia del trabajo sismológico de reflexión, el marcado de reflejos constituye una especie de arte privado; cada marcador tiene sus trucos propios y modos de mirar el problema, antes de llegar a su final interpretación.

Los lugares de más difícil obtención de datos en las áreas descritas, son esencialmente donde en la superficie existen depósitos superficiales de caliche y conglomerados constituídos por lomas que en ocasiones no pueden esquivarse totalmente. En estos lugares se pierde totalmente la información profunda y los reflejos someros son de baja calidad y de difícil identificación.

Los sismogramas por lo general fueron tomados solamente en registros mezclados y con tendido lateral (largo); la profundidad de tiro y la cantidad de detectores por traza resultan en un alto porcentaje escasas, puesto que la calidad de la información disminuye progresivamente hacia el S, sin embargo por lo general las primeras entradas son útiles y es la mejor arma que se tiene para identificar los alineamientos correctos de los reflectores, al considerar sus cambios de pendientes cuyo vértice produce un disturbio a lo largo del sismograma que el interpretador puede eliminar.

Como existe gran variabilidad en el número y espesores de las capas superficiales no consolidadas es necesario emplear los brincos que se observan en las primeras entradas para reconstruir cada reflejo desde sus porciones; es importante aclarar a este respecto, que gran cantidad de las reflexiones marcadas inicialmente se siguieron salvando esos brincos y en consecuencia se brincaron piernas entre los reflejos verdaderos. Por esta razón, resulta ineffectiva cualquier reinterpretación posterior basada solamente en las secciones iniciales trazadas, sin recurrir al auxilio de los sismogramas para interpretar correctamente los horizontes.

El ruido somero de pozo, cuando existe se marca principalmente en la parte superior del sismograma y en ocasiones se repite escalonadamente entrecruzándose con los reflejos; si se toma en cuenta este detalle pueden también aunque en menor grado, marcarse reflectores incorrectos.

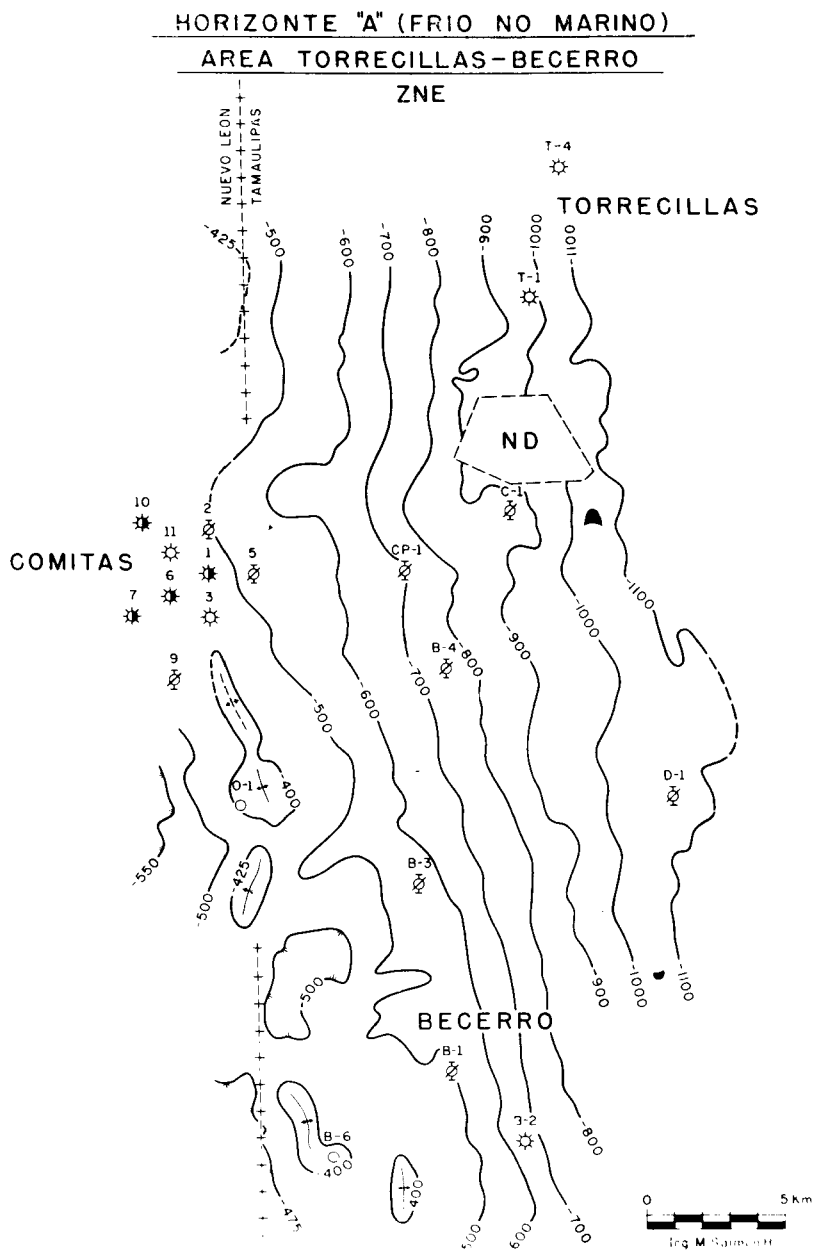
Otra condición de entrecruzamientos los provocan los ruidos debidos a que la cantidad de detectores por traza y las cubiertas fueron insuficientes, pero el peligro resulta menor ya que por lo general, los reflejos dominan al ruido.

Las zonas perturbadas se identifican por reflexiones parciales cruzadas y donde, ni mediante las primeras entradas se pueden lograr alineamientos. Por otra parte, estas zonas se caracterizan porque la información se profundiza más en su bloque oriental que en el occidental.

Como resultaría tedioso ilustrar todos los caracteres que presentan los sismogramas, solamente se aclarará como último punto que, en los bordes superior e inferior de los acunamientos existen cambios de frecuencias que en ocasiones dejan en cuadratura a los alineamientos, es decir, "valles" que se alinean en tiempo con "picos"; este fenómeno tal vez tiene explicación en los contrastes estratigráficos entre arenas y lutitas o arenas arcillosas.

MAPAS PRESENTADOS:

En el mapa de configuración presentado en el *Placa 8*, se ilustra la condición que presentan las "secciones de echado" en sus porciones superiores en el área Torrecillas-Becerro, es decir, concordantes con la idea que se obtiene en la geología superficial; en general, este horizonte "A" del Frio No Marino tiene el aspecto de un monoclinal regional buzante al E y destaca al W el ligero aterrazamiento que contiene al Campo Comitas con ligeros



cierres hacia el S-SE, dentro de uno de los cuales se ha situado la localización para 1962 del pozo Becerro No. 6 (antes No. 5). A esta profundidad las secciones no están afectadas por la zona perturbada "A-A". En el pozo Orozco No. 1 actualmente en perforación, en la prueba de cable a 1,107 m. (b.k.b.) se recuperó gas, y en la reciente prueba de formación en el intervalo 1,107-1,110 m. (b.k.b.) fluyó gas al quemador por orificio de 1/4" con una presión inicial de 47 Kg/cm² que se abatió a 28 Kg/cm². En la medición de echados en este pozo entre 1,110 y 2,495 m. (b.k.b.), se obtuvieron valores de 9° a 23° con rumbo NW variante desde 18° hasta 78° de arriba hacia abajo; este hecho confirma por qué en las secciones sismológicas los echados discordantes se acentúan a mayores profundidades.

Por considerarles principal importancia, en la *Placa 9* se configuraron los horizontes discordantes en las áreas Comitas-Becerro, sobre los que descansa el cuerpo principal de los acuíferos sismológicos que en 2 bandas casi N-S se presentan en las secciones sismológicas de echado. Obsérvese que a partir de los cierres Becerro y Orozco estas cuñas bajan progresivamente de nivel rumbo al N; este dato justifica a la orientación que toma la zona productora del Campo Comitas y a la posible producción que se obtenga en el pozo Orozco No. 1 a una profundidad inferior. Los pozos que más se acercaron al vértice de la banda oriental fueron el Becerro No. 3 y el Castillo Poniente No. 1, donde las arenas equivalentes al horizonte productor de Comitas se encontraron sumamente adelgazadas según la correlación eléctrica.

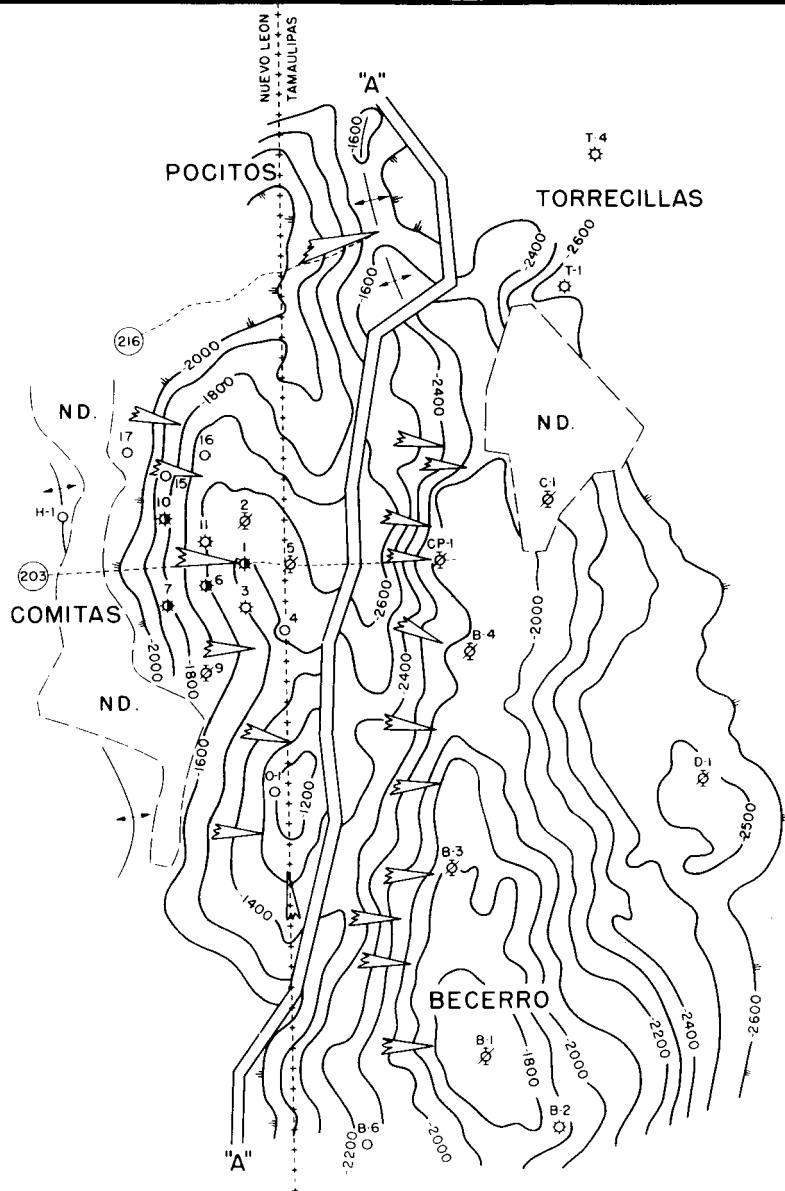
En estas condiciones, si la localización del pozo Comitas No. 1 se hubiera movido ligeramente hacia el E, tal vez a la fecha el Campo Comitas no se hubiera descubierto.

Los dos horizontes anteriores corresponden a la porción N de las áreas que se ilustraron en el "mapa índice" de la *Placa 1*. El área inmediata al S de más difícil obtención de datos se ha estudiado recientemente empleando todos los adelantos y técnicas de estudio sismológico.

En esta área se presenta una reinterpretación reciente que tentativamente se identifica con la cima del Jackson Medio del Eoceno en la *Placa 10*.

En la porción extrema NW se ha interpretado la posible liga de la zona perturbada "A-A" pasando entre los pozos San José Norte No. 1 y Esquina No. 1, su acercamiento a este último pozo puede posiblemente justificar la gran cantidad de problemas mecánicos que se tuvieron durante su perforación y que para salvarlos hubo que emplear grandes cantidades de

9



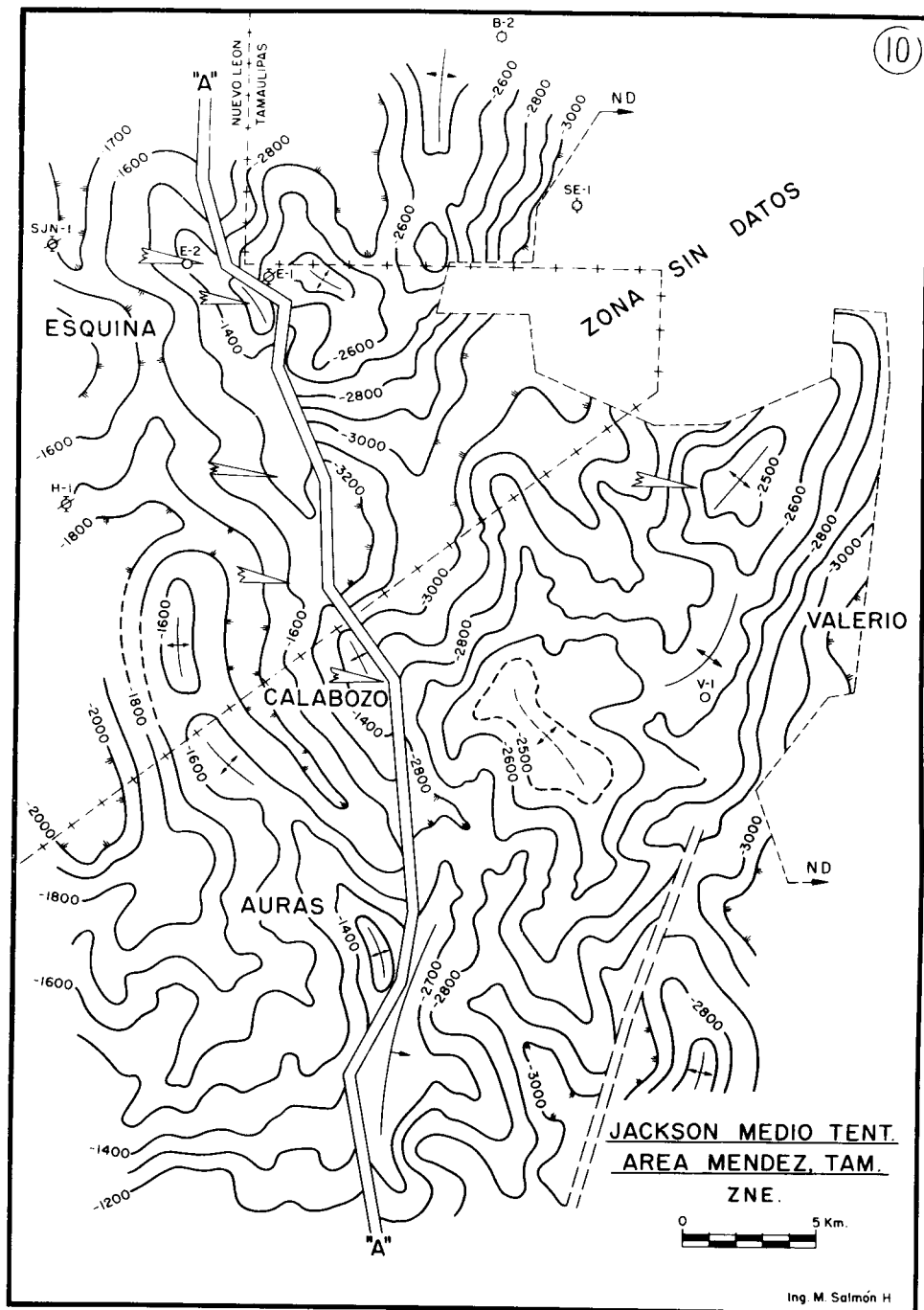
HORIZONTES DISCORDANTES

COMITAS — BECERRO

ZNE.

0 5 km

Ing. M. J. ...



materiales obturantes, que impidieron muestrear gran parte de su columna estratigráfica. En medio de estos dos pozos se ha programado para 1962, la perforación del pozo Esquina No. 2.

Caracterizan a la porción W, 3 levantamientos cerrados contra falla que son: Esquina, Calabozo y Auras, siendo el último el que presenta mayores proporciones y todos ellos con indicios de acuñamientos que descansan sobre el horizonte configurado.

En el bloque oriental destaca el alineamiento NE-SW llamado Valerio con dos culminaciones cerradas propiamente y una tercera contra falla en el extremo W. De estas tres, la central marcada con líneas de trazas encierra a una zona de datos dudosos. En la unión de la primera y la segunda se ha situado la localización 1962 para el pozo Valerio No. 1. Es de interés aclarar que en el flanco NW de este alineamiento existen indicios de acuñamientos sobreyacentes, de los cuales el más seguro se anota junto a la culminación extrema NE.

La extensa zona que limita la información al E y NE, explica por qué los trabajos adyacentes no mostraron información profunda, debido por una parte a conglomerados y caliche superficiales y por otra a que posiblemente exista una gran depresión con grandes masas arenosas que ya indicó el pozo Santa Elena No. 1 y otros pozos recientemente perforados hacia el SE fuera de esta área. Esta depresión concuerda con un eje de mínimos gravimétricos NW-SE que cruza por San Fernando, Tamps., rumbo a la costa pasando entre los pozos Enramadas No. 1 y Tangumba No. 1.

CORRELACIONES ELECTRICAS:

En la *Placa 11* se muestra una correlación eléctrica reciente del Ing. S. Rodas con la identificación de varios horizontes en el campo Comitas y de los cuales se han elegido 3 de las configuraciones que aparecen en la parte inferior. Obsérvese que a medida que el horizonte se elige más alto su culminación se desplaza hacia el W, concordando con la descripción dada a la sección sismológica típica del área Comitas, la falla interpretada con escaso desplazamiento junto al pozo Comitas No. 5 en el horizonte más profundo, tal vez corresponda a afallamientos secundarios de la zona perturbada "A-A" situada al E. La sección superior sirve para mostrar al posible ampliación de la columna entre los pozos Comitas Nos. 11, 6 y 9.

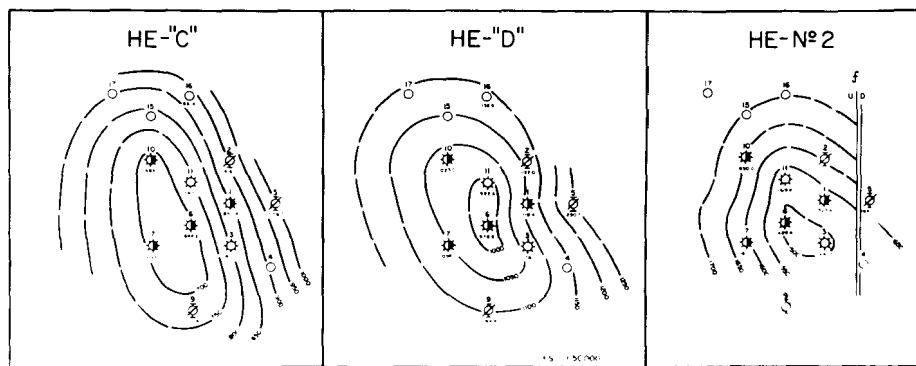
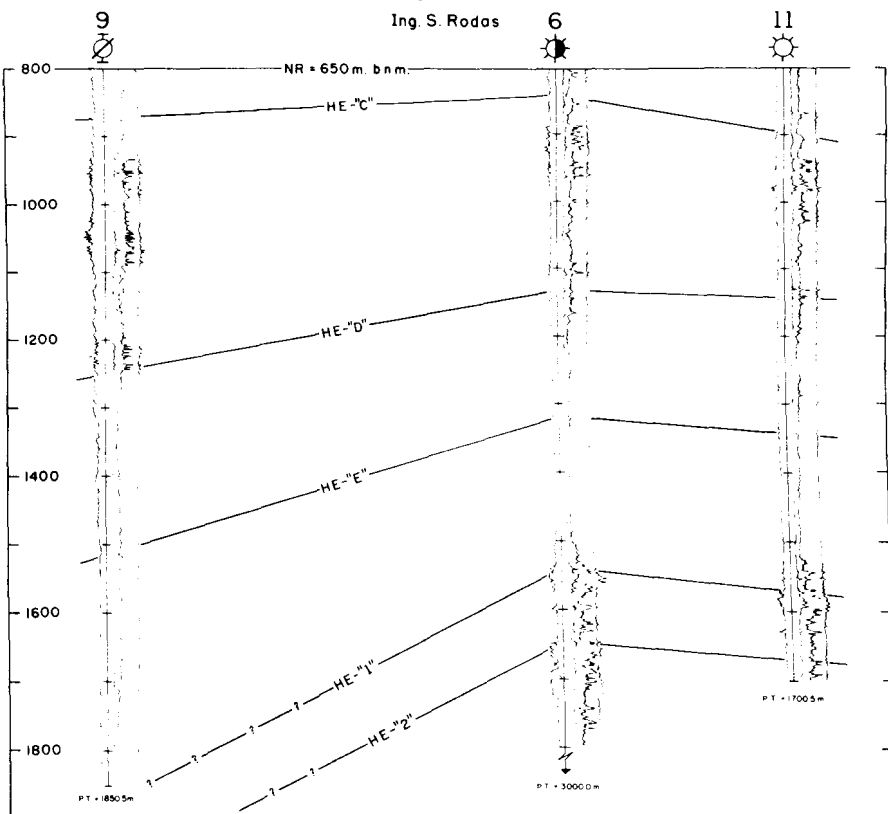
CORRELACION ELECTRICA "AREA COMITAS"

11

ZNE

ESCALAS { HOR. 1: 2,000
VER. 1: 10,000

Ing. S. Rodas



En la *Placa 12*, se presenta la correlación eléctrica efectuada recientemente en Monterrey, N. L., por el Ing. Apolos García del Angel para el Campo Comitas.

Si observamos la sección eléctrica superior entre los pozos Comitas Nos. 5 y 7, podemos apreciar su semejanza general con la sección sísmológica (E-W) típica ya presentada en la *Placa 7*; la diferencia entre ambas es que la sección sísmológica está orientada de W a E y sobre ella se proyectaron los pozos 6 y 7, en cambio la sección eléctrica se desvía a partir del pozo No. 1 rumbo al SW hasta el pozo No. 7; en trazo-grueso se marca la cima del Horizonte Productor que aparece configurado en la parte inferior izquierda de la placa. Obsérvese su semejanza con uno de los horizontes sísmológicos configurados ligeramente abajo de éste.

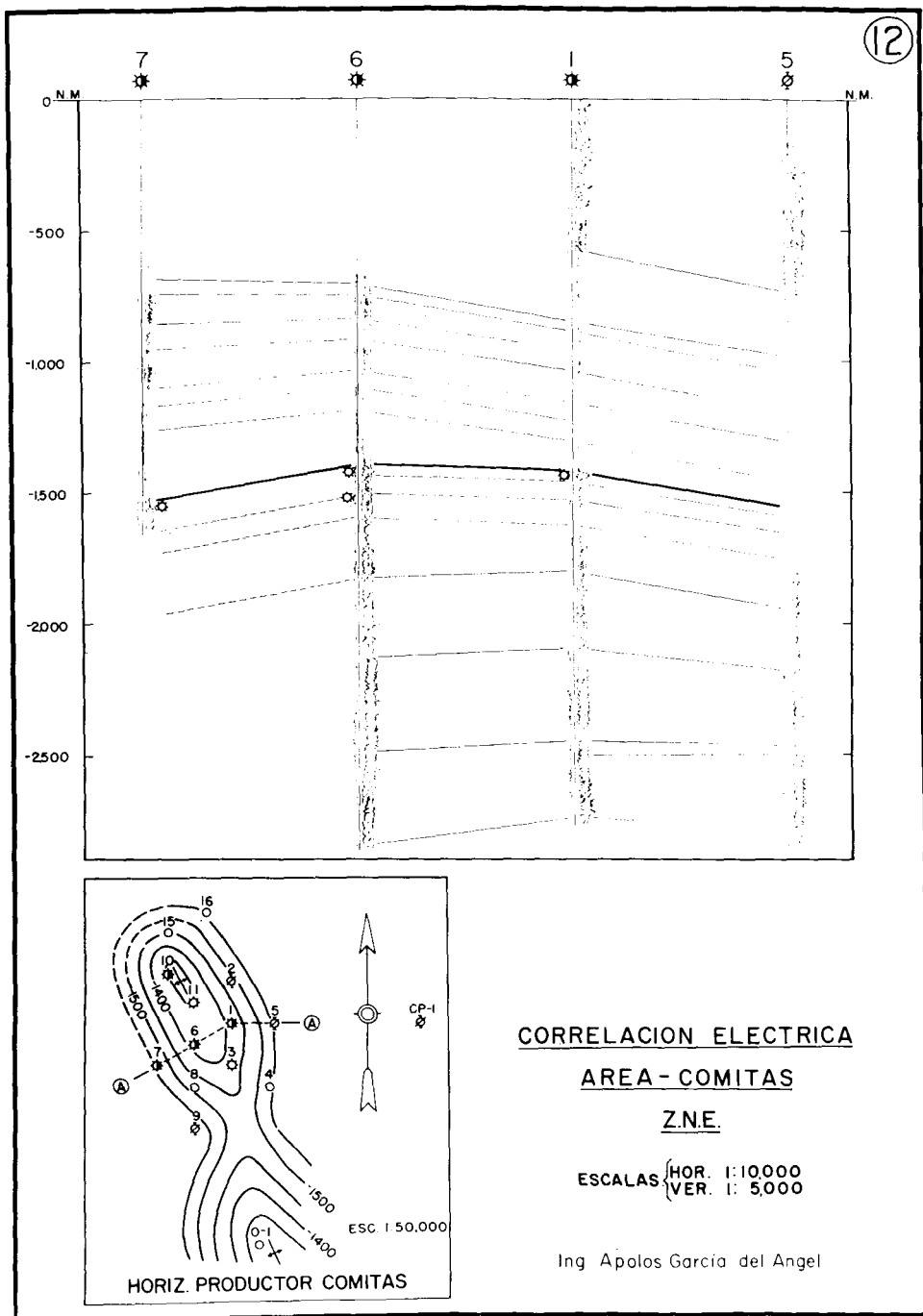
Con el auxilio de ambas secciones logradas por distintos medios puede suponerse el aumento de espesores o cantidad de desarrollos arenosos hacia el W del pozo Comitas No. 1 y que en el pozo No. 7 por escaso margen de perforación no se alcanzaron; ésto trata de confirmar la idea fundamental de este trabajo sobre los posibles acuñaientos intraformacionales de flanco, que están presentando en este caso mayor atractivo, aunque relacionado con culminaciones más profundas.

CONCLUSIONES:

Aunque gran parte de las conclusiones ya se han expuesto a través de la descripción general del tema es importante aclarar algunos puntos no expuestos.

Algunas estructuras sísmológicas como las de Norias y Jabalí, se han probado mediante un solo pozo en sus culminaciones; de momento se considera importante probar con la barrena el cuerpo central del acuñaiento sísmológico que ocurre al W del pozo Jabalí No. 1.

Si se considera como la misma unidad descrita como principal, a la zona perturbada "A-A", puede observarse que en el bloque W ocurren una serie alternada de depresiones y cierres contra-falla cuyo flanco W contiene indicios de acuñaientos que refuerzan la expresión dada a los "bloques reclinados", existentes entre posibles fallas contemporáneas. En estas circunstancias cabe proponer localizaciones de flanco sobre las dos estructuras princi-



pales situadas al S del área Esquina y que se denominan Calabozo y Auras respectivamente, en el mapa de la Placa 10.

Si comparamos la interpretación dada como “falla principal” a lo que he llamado Zona-Perturbada “A-A”, con los resultados del Levantamiento Gravimétrico Regional del NE de México, observaremos su coincidencia con el eje de mínimos que se alarga en forma pronunciada hacia el S, siguiendo el lindero de estados hasta pasar junto a la llamada “Esquina” en el Tacón del Becerro. Véase la *Placa* 13 y compárese con su trazo obtenido sismológicamente, que aparece en la Placa 1.

CORRELACION POR ZONAS “POSITIVAS” Y “NEGATIVAS”:

Para alcanzar finalmente algunos de los términos empleados, obligados por las características especiales que presentaron los resultados sismológicos, las reinterpretaciones se efectuaron desde dos puntos de vista: por zonas “positivas” y “negativas”.

La correlación por “zonas positivas” es la empleada comúnmente, siguiendo los horizontes reflectores apoyados en los contactos de los pozos y complementando sus secuencias con un pequeño porcentaje de fantasmas paralelos a la información más cercana. La tendencia de esta correlación está ampliamente ligada con la INTERPRETACION ESTRUCTURAL.

La correlación por “zonas negativas” involucra es este caso a dos de los accidentes principales obtenidos, a la *zona perturbada* “A-A” y a las *zonas discordantes* o bandas de acuñaientos. Así que, por zonas negativas”, se interpreta a las que existen junto o intercaladas a la información real o positiva; en este trabajo se ha dado preferencia a tres de ellos que en orden de importancia son:

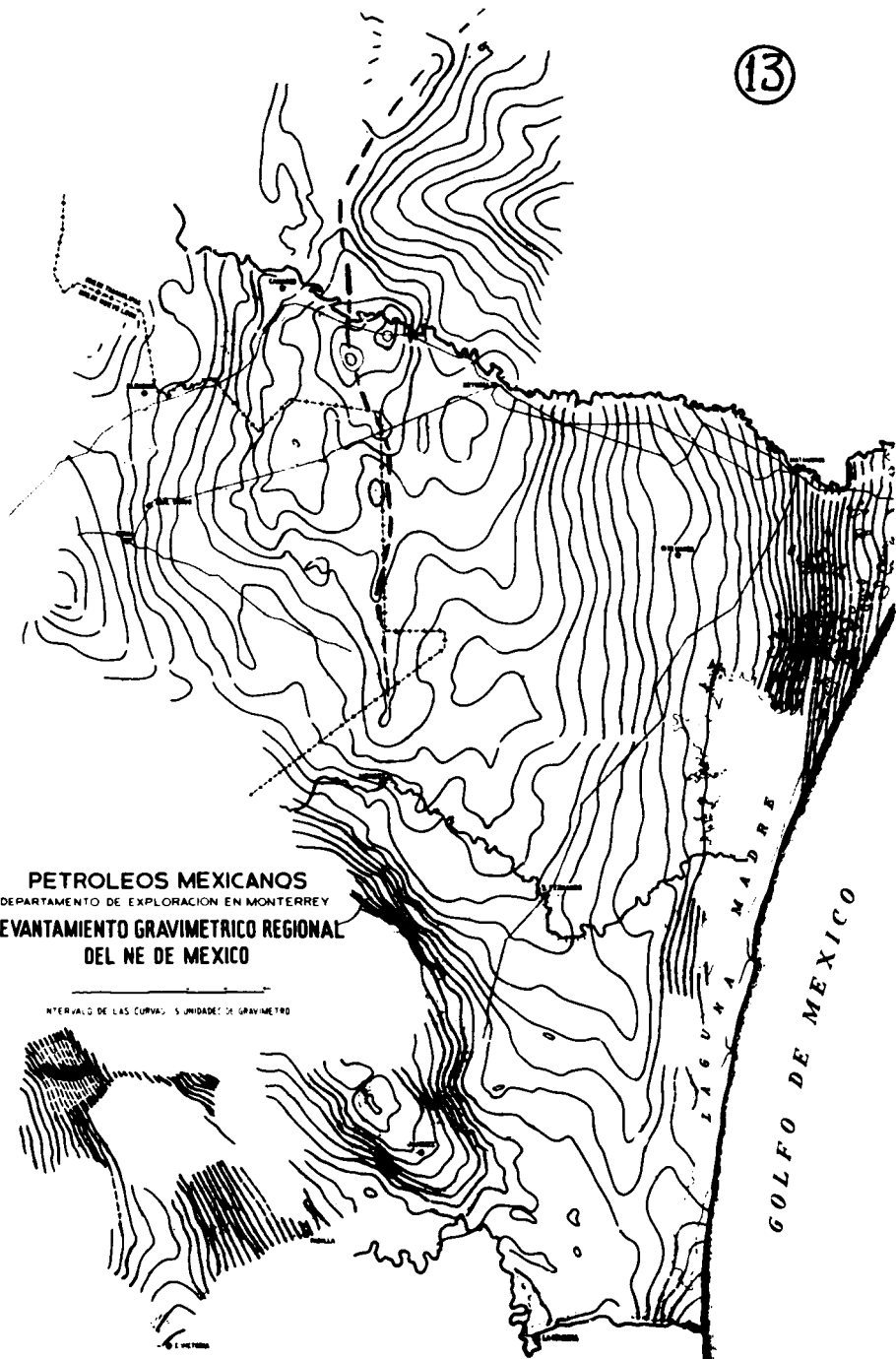
a).—“Zonas discordantes” o de acuñaientos que se caracterizan por claros sin información, situados abajo de los reflectores con echado general al E y encima de los reflectores con echado inverso, es decir, separando a la información somera de la información profunda discordante.

b).—“Zonas perturbadas”, constituídas por reflectores muy cortos con inclinaciones erráticas, que al situarlos en las secciones se entrecruzarían; implicando enorme trabajo apreciarlos, dadas su corta extensión y falta de liga entre sismogramas.

13

PETROLEOS MEXICANOS
DEPARTAMENTO DE EXPLORACION EN MONTERREY
LEVANTAMIENTO GRAVIMETRICO REGIONAL
DEL NE DE MEXICO

INTERVALO DE LAS CURVAS: 5 UNIDADES DE GRAVIMETRO



c).—"Zonas sin datos" que por sí solas se explican, es decir, constituidas por zonas sin información a la profundidad de cada horizonte configurado y que en este caso se extienden a mayor profundidad ampliándose en el sentido horizontal.

La tendencia de la interpretación por "zonas negativas" que en este caso se estiman de más alto valor positivo, es encauzar la correlación hacia la búsqueda o deducción de trampas estratigráficas y de la posible causa que las originó, o sea que, en general, la correlación se encamina hacia la INTERPRETACION ESTRATIGRAFICA.

ANOMALIAS GRAVIMETRICAS:

Con el objeto de finalmente reforzar la idea de que la llamada Zona perturbada "A-A" constituye el accidente que puede correlacionarse a mayores distancias y aún extenderse a otras regiones; en el Levantamiento Gravimétrico Regional mostrado en la Placa 13, destaca como anomalía predominante el alineamiento de mínimos gravimétricos, cuyo eje concuerda perfectamente con el trazo dado sismológicamente a dicha zona desde Jabalí hasta la llamada Esquina, hacia donde la anomalía principal adquiere un alargamiento poco común, dado su marcado angostamiento. Compárese este trazo con el del mapa índice de la Placa 1.

B I B L I O G R A F I A

TESIS PROFESIONAL.—Ing. Jesús W. Alfonso Zwanziger.

INFORMES SISMOLOGICOS.—PEMEX. Distrito Noreste.

CONTEMPORANEOUS NORMAL FAULTS OF GULF COAST AND THEIR RELATION TO FLEXURES.—Frank R. Hardin y Jorge C. Hardin Jr.

DATOS DE GEOLOGIA E. U. A.—Ing. Teodoro Díaz G.

CONSIDERACIONES PERSONALES.—Ing. Miguel Salmón Herrera.

SEISMIC PROSPECTING FOR OIL.—Hewitt Dix.

CORRELACION ELECTRICA "COMITAS".—Ing. Sarbelio Rodas L.

CORRELACION ELECTRICA "COMITAS".—Ing. Apolos García del Angel.

LEVANTAMIENTO GRAVIMETRICO.—PEMEX. Distrito Noreste.

‘‘FORO ABIERTO’’

DISTANCIA REAL OBSERVADA SOBRE EL HORIZONTE REFLEJADA EN LAS SECCIONES MIGRADAS *

Por el Ing. MARTIN A. CORDERO BACA **

Con el objeto de tener una representación más real de las condiciones estratigráficas y estructurales del subsuelo en las secciones migradas, es necesario corregir las distancias observadas por el efecto del echado.

Este hecho se puede apreciar claramente si consideramos que la distancia observada en el horizonte reflejante es igual a la mitad de la longitud del tendido, solamente en el caso en que el horizonte sea horizontal, es decir, que no hay echado, y que esta distancia disminuye gradualmente conforme aumenta el ángulo del echado, hasta llegar a cero en el caso en que este ángulo sea igual a 90°.

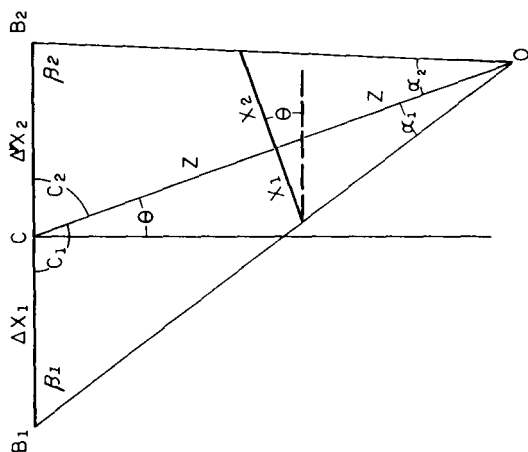
Con la ley de velocidades $V_z = V_o + K Z$ que aparece en primer término en la Fig. No. 1 y que representa la variación lineal de propagación de las ondas sísmicas en una área determinada, es posible calcular los valores de la profundidad, en función del tiempo de reflejo t_o , para cada uno de los ho-

rizontes reflejantes por medio de la expresión $Z = \frac{V_o}{K} (e^{\frac{K t_o}{2}} - 1)$ que aparece en segundo término en la misma figura. El ángulo Θ del echado se

* I Convención Técnica de la Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración.

** Gerencia de Exploración, Petróleos Mexicanos.

DETERMINACION DE LA DISTANCIA OBSERVADA REAL SOBRE
EL HORIZONTE REFLEJANTE EN FUNCION DE T_0 Y ΔT



$$\Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2$$

$$V_2 = V_0 + KZ$$

$$Z = \frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right)$$

$$\text{Sen } i = \frac{V_0}{\Delta X} \Delta t; \quad \text{tg } \frac{\theta}{2} = e^{\frac{Kt_0}{2}} \text{tg } \frac{i}{2}$$

$$X_1 = \frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \text{tg} \left[\left(90 - \frac{90 + \theta}{2} \right) + \text{arc. tg.} \frac{\Delta X_1 - 2 \left[\frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \right]}{\Delta X_1 + 2 \left[\frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \right]} \right] \text{ctg } \frac{1}{2} (90 + \theta)$$

$$X_2 = \frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \text{tg} \left[\left(90 - \frac{90 - \theta}{2} \right) + \text{arc. tg.} \frac{\Delta X_2 - 2 \left[\frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \right]}{\Delta X_2 + 2 \left[\frac{V_0}{K} \left(e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1 \right) \right]} \right] \text{ctg } \frac{1}{2} (90 - \theta)$$

FIG. 1

puede obtener en función de $to.$, Δt y la ley de velocidades por medio de la expresión que aparece en último término de la Fig. No. 2.

En la Fig. No. 1 los segmentos ΔX_1 , y ΔX_2 representan la longitud de los tendidos a cada lado del punto de tiro; conociendo éstos, la profundidad Z y el ángulo del echado Θ , es posible determinar los valores de X_1 y X_2 de la siguiente manera:

En la Fig. No. 1 considerando el punto de imagen O a una distancia igual a $2Z$ que es el doble de la profundidad; en el triángulo $O, B_1 C$ tenemos:

$$C_1 = 90^\circ + \Theta$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \beta_1}{2} + \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = 180 - C_1 \quad \therefore$$

$$\frac{\alpha_1 + \beta_1}{2} = 90^\circ - \frac{C_1}{2}$$

$$\text{tang} \left(\frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \right) = \frac{\Delta X_1 - 2Z}{\Delta X_1 + 2Z} \text{Cotg} \frac{1}{2} C_1$$

substituyendo en (1) tenemos:

$$\alpha_1 = \left(90^\circ - \frac{C_1}{2} \right) + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_1 - 2Z}{\Delta X_1 + 2Z} \text{Cotg} \frac{1}{2} C_1 \right)$$

entonces:

$$X_1 = Z \text{tg} \alpha_1$$

Sea el triángulo O B₁C:

$$C_1 = 90^\circ + \theta$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \beta_1}{2} + \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \text{-----} (1)$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = 180^\circ - C_1$$

$$\frac{\alpha_1 + \beta_1}{2} = 90^\circ - \frac{C_1}{2}$$

$$\text{tg} \left(\frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \right) = \frac{\Delta X_1 - 2Z}{\Delta X_1 + 2Z} \cot \frac{1}{2} C_1$$

Substituyendo en (1) tenemos:

$$\alpha_1 = (90^\circ - \frac{C_1}{2} + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_1 - 2Z}{\Delta X_1 + 2Z} \cot \frac{1}{2} C_1 \right))$$

$$X_1 = Z \text{ tg } \alpha_1$$

Ahora considerando el triángulo O C B₂ tenemos:

$$C_2 = 90^\circ - \theta$$

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_2 + \beta_2}{2} + \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} \text{-----} (2)$$

$$\alpha_2 + \beta_2 = 180^\circ - C_2$$

$$\frac{\alpha_2 + \beta_2}{2} = 90^\circ - \frac{C_2}{2}$$

$$\text{y: tg} \left(\frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} \right) = \left(\frac{\Delta X_2 - 2Z}{\Delta X_2 + 2Z} \cot \frac{1}{2} C_2 \right)$$

Substituyendo en (2) tenemos:

$$\alpha_2 = (90^\circ - \frac{C_2}{2} + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_2 - 2Z}{\Delta X_2 + 2Z} \cot \frac{1}{2} C_2 \right))$$

$$X_2 = Z \text{ tg } \alpha_2$$

De todo lo anterior las fórmulas generales para encontrar los valores de X_1 y X_2 serán:

$$X_1 = \frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \text{tg} \left[(90^\circ - \frac{90^\circ + \theta}{2}) + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_1 - 2 \left[\frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \right]}{\Delta X_1 + 2 \left[\frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \right]} \right) \cot \frac{1}{2} (90^\circ + \theta) \right]$$

$$X_2 = \frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \text{tg} \left[(90^\circ - \frac{90^\circ - \theta}{2}) + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_2 - 2 \left[\frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \right]}{\Delta X_2 + 2 \left[\frac{V_0}{K} (e^{\frac{Kt_0}{2}} - 1) \right]} \right) \cot \frac{1}{2} (90^\circ - \theta) \right]$$

En las que:

$$\text{tg} \frac{\theta}{2} = e^{\frac{Kt_0}{2}} \left(\frac{\frac{V_0}{\Delta X} \Delta t}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{V_0}{\Delta X} \Delta t \right)^2}} \right)$$

$$\theta = 2 \text{ Arc tg } e^{\frac{Kt_0}{2}} \left(\frac{\frac{V_0}{\Delta X} \Delta t}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{V_0}{\Delta X} \Delta t \right)^2}} \right)$$

FIG. 2

Ahora considerando el triángulo O, C, B_2 de la misma manera que el anterior tenemos:

$$C_2 = 90 - \Theta$$

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_2 + \beta_2}{2} + \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha_2 + \beta_2 = 180 - C_2 \quad \therefore$$

$$\frac{\alpha_2 + \beta_2}{2} = 90 - \frac{C_2}{2} \quad y$$

$$tg \left(\frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} \right) = \left(\frac{\Delta X_2 - 2Z}{\Delta X_2 + 2Z} \cotg \frac{1}{2} C_2 \right)$$

substituyendo en 2 tenemos:

$$\alpha_2 = \left(90 - \frac{C_2}{2} \right) + \text{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_2 - 2Z}{\Delta X_2 + 2Z} \cotg \frac{1}{2} C_2 \right)$$

$$y \quad X_2 = Z \operatorname{tg} \alpha_2$$

de todo lo anterior las fórmulas generales para encontrar los valores de X_1 y X_2 serán:

$$X_1 = \frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right) \operatorname{tang} \left[\left(90 - \frac{90 + \Theta}{2} \right) + \right. \\ \left. + \operatorname{Arc tg} \left(\frac{\Delta X_1 - 2 \left[\frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right) \right]}{\Delta X_1 + 2 \left[\frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right) \right]} \right) \cotg \frac{1}{2} (90 + \Theta) \right]$$

$$X_2 = \frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right) \tan \left[\left(90 - \frac{\Theta}{2} \right) + \right. \\ \left. + \operatorname{Arc} \operatorname{tg} \left(\frac{\frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right)}{\Delta X_2 + 2 \left[\frac{V_o}{K} \left(e^{\frac{Kto}{2}} - 1 \right) \right]} \right) \operatorname{Cotg} \frac{1}{2} (90 - \Theta) \right]$$

en las que

$$\operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} = e^{\frac{Kto}{2}} \left(\frac{\frac{V_o}{\Delta X} \Delta t}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{V_o}{\Delta X} \Delta t \right)^2}} \right) \quad \therefore$$

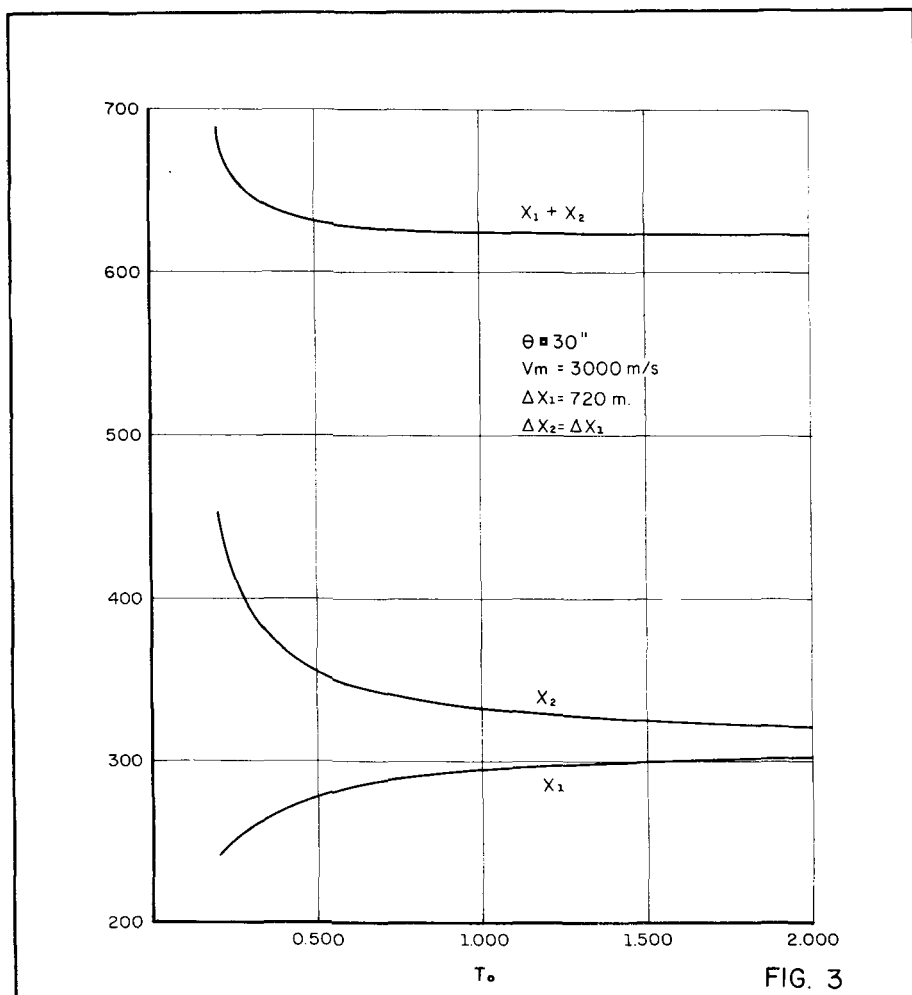
$$\Theta = 2 \operatorname{Arc} \operatorname{tg} e^{\frac{Kto}{2}} \left(\frac{\frac{V_o}{\Delta X} \Delta t}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{V_o}{\Delta X} \Delta t \right)^2}} \right)$$

Debe tenerse en cuenta que los valores de X_1 siempre son los que se encuentran del lado bajo del echado y los valores de X_2 del lado alto, independientemente de la posición que tengan con respecto al punto de tiro.

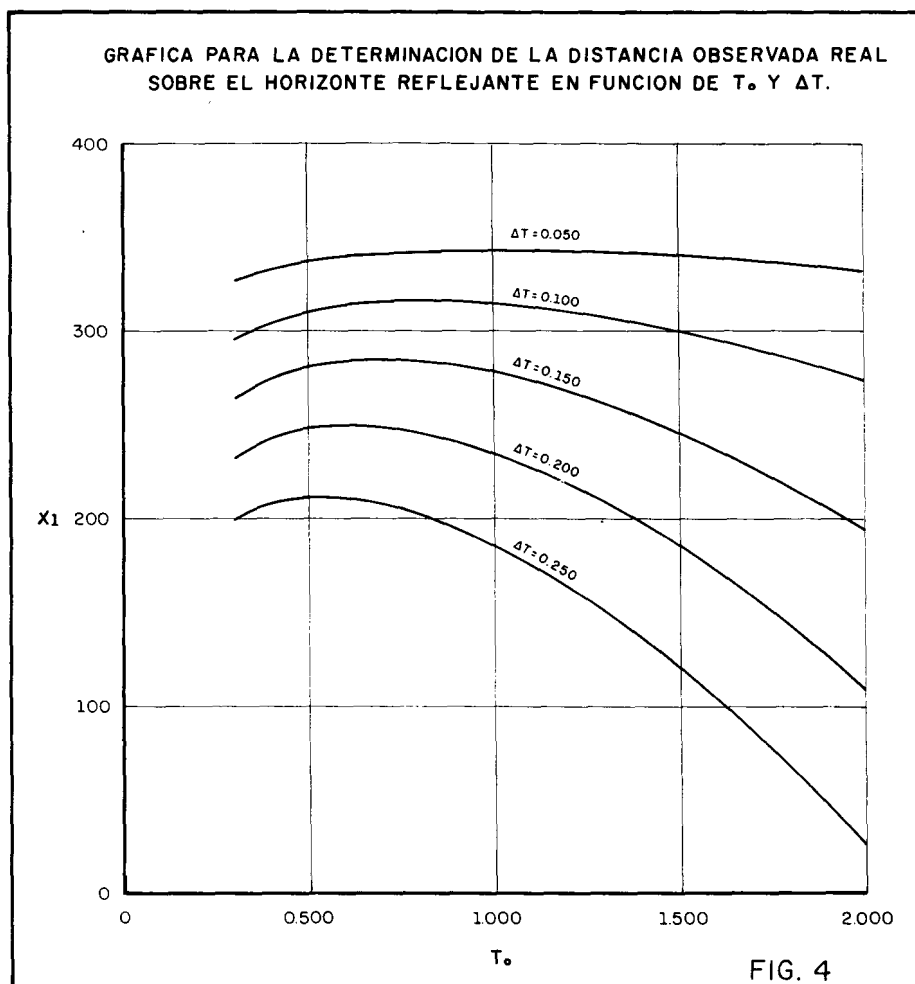
Con el objeto de conocer la forma en que varían los valores X_1 , X_2 y $(X_1 + X_2)$ sin que se vean afectados por la variación de la ley de velocidades, se hizo el cálculo de estos valores, para una velocidad y un ángulo de echado constante, en la Fig. No. 3, se puede observar que los valores de X_1 siempre son crecientes con respecto a $to.$, en cambio los valores de X_2 son decrecientes siendo las curvas de estos valores asintóticas entre sí. Como se pue-

de observar en el nomograma antes mencionado los valores de X_1 siempre son menores que los de X_2 por lo que la curva que representa los valores de $(X_1 + X_2)$ siempre resulta decreciente en función de la profundidad.

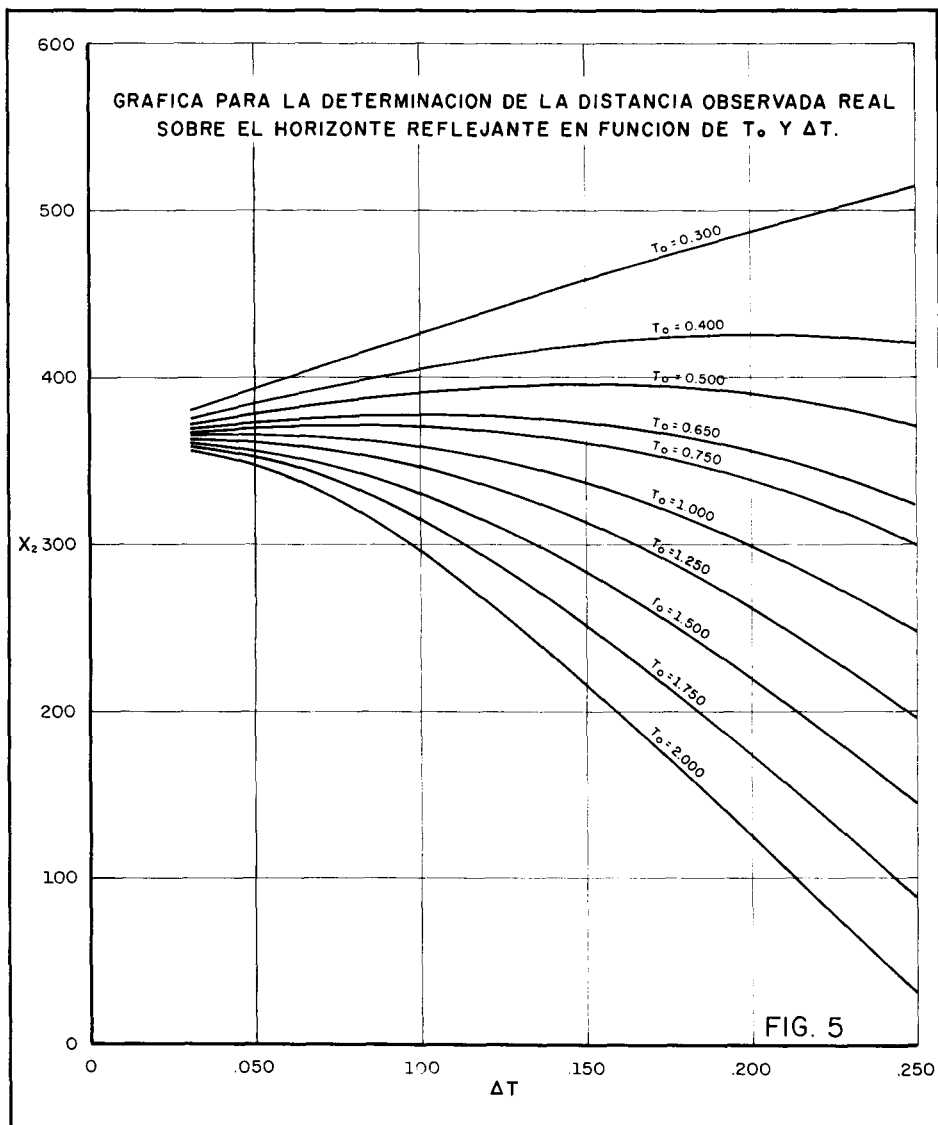
De lo anterior se llega a la conclusión de que además del ángulo del echado también la profundidad afecta a los valores de $(X_1$ y $X_2)$ cuando existe éste.



En los nomogramas que se muestran en las Figs. Nos. 4, 5 y 6 aparecen las curvas de los valores de X_1 , X_2 y $(X_1 + X_2)$ calculados en función de T_0 y Δt para un tendido de 720 m. a cada lado del punto de tiro, habiéndose usado la ley de velocidades $V_Z = 2986 + 1.19 Z$ obtenida en la determinación de velocidades efectuada en el pozo GUAYAJOX No. 101 del Municipio de Tanquián en el Estado de San Luis Potosí.



De todo lo anterior se llega a la conclusión de que este tipo de correcciones se pueden usar en áreas en que se tengan reflejos profundos y de fuerte echado, pero siempre deberá tenerse en cuenta la ley representativa de la variación de velocidades en el área de trabajo pues esta corrección aumenta en relación directa con los valores de K .



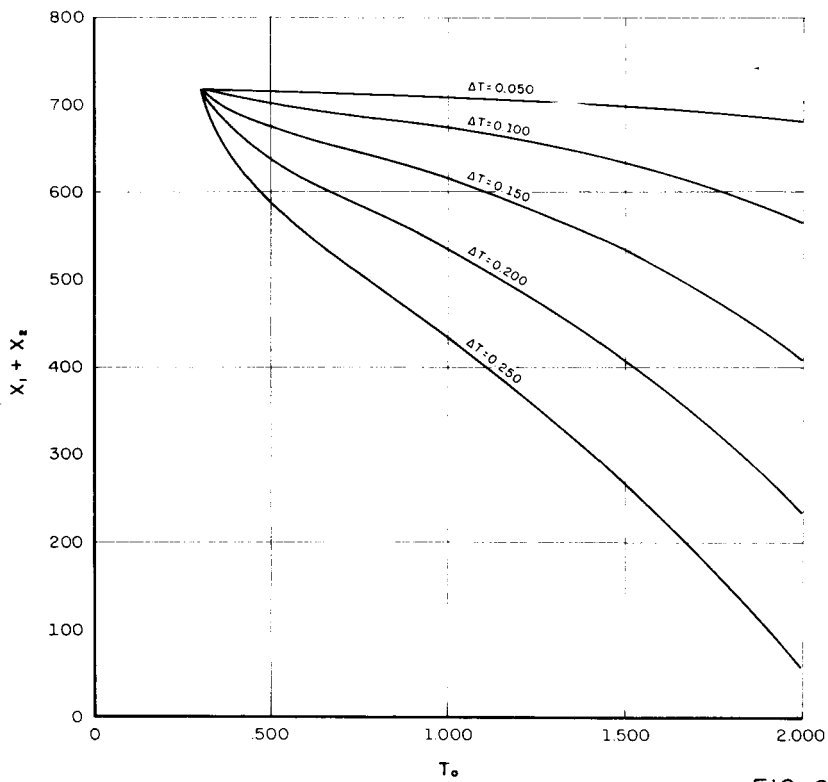


FIG. 6

Estimado Socio:

Agradeceremos a Ud. su cooperación enviándonos Artículos para nuestro Boletín, o bien Comentarios o Sugerencias que nos permitan seguir adelante con nuestra publicación.

SCHLUMBERGER SURENCO - S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 201

MEXICO 1, D. F.

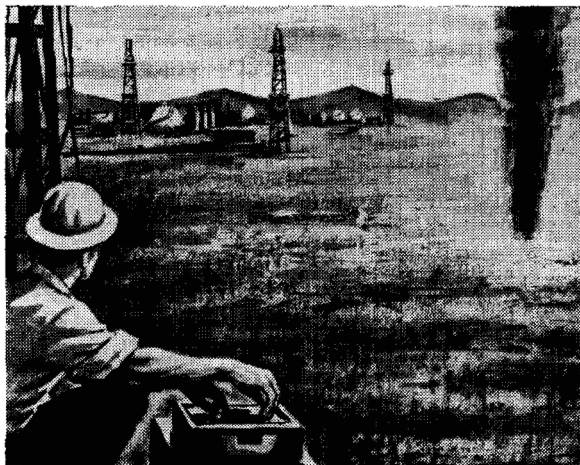
Tels.: 46-85-25 y 46-13-85

EL ORO NEGRO SE DESCUBRE CON DINAMITA "GEOMEX 60%"

**OTRA VALIOSA CONTRIBUCION DE LA CIA. MEXICANA DE
EXPLOSIVOS, S. A., AL PROGRESO INDUSTRIAL MEXICANO.**

La progresista industria petrolera de México tiene uno de sus más valiosos aliados en los explosivos especiales, como el **"Geomex 60%"** de la Cia. Mexicana de Explosivos, S. A.

El **"Geomex 60%"** es una dinamita gelatinosa especialmente preparada para los delicados trabajos de exploración sísmológica previa a la perforación del pozo petrolero.



Está especialmente recomendada para trabajos en que se usen barrenos profundos, o cuando el explosivo permanecerá por largo tiempo en el agua, y también para trabajos donde estará sujeta a un prolongado almacenamiento o bajo adversas condiciones de calor o humedad.

Para cada necesidad, hay un explosivo industrial C.M.E. que cumple todos los requisitos de seguridad y eficiencia. Pida informes más detallados a:

CIA. MEXICANA DE EXPLOSIVOS, S. A.

Ave. Juárez 117, 6o. Piso

México 1, D. F.

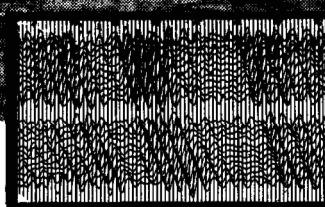


Cosas mejores para vivir mejor... gracias a la Química



Por brechas abiertas en pleno monte, los explosivos de la Cia. Mexicana de Explosivos, llegan hasta el sitio preciso para la exploración sísmológica.

La dinamita "Geomex 60%" viene en cartuchos rígidos y resistentes, que facilitan la carga en los barrenos profundos; los cartuchos se unen entre sí cuando se requiere una larga columna continua.



La explosión de cada carga produce vibraciones que el sísmógrafo capta y registra, indicando las condiciones geológicas características de los mantos petrolíferos.





SOCIOS

\$100.00

NO SOCIOS

\$150.00

ADQUIERA UD. SU VOLUMEN CON
LOS 4 BOLETINES DEL AÑO 1960,
EMPASTADO EN KERATOL, CON SUS
INICIALES GRABADAS EN ORO

PEDIDOS A LA
ASOC. MEX. DE GEOF. DE EXPL.

GEOEXPLORACIONES, S. A.

SERVICIOS:

GEOFISICOS

GEOLOGICOS

RADIATIVOS

TOPOGRAFICOS

FOTOGEOLOGICOS

AVE. JUAREZ 117 - 502 TEL. 46 - 11 - 81
APDO. 20902 MEXICO 1. D. F.

EXPLORACIONES, S. A.

AVE. JUAREZ 100 DESP. 315

TEL. 10 - 15 - 64

MEXICO 1, D. F.

PERFORACIONES, S. A.

Av. Juárez 119 Desp. 53 Tel. 21-36-42

México I, D. F.

"ROTENCO"

ROTARY ENGINEERING DE MEXICO, S. A.

AL SERVICIO DE PETROLEOS MEXICANOS

Av. Juárez 119 Desp. 31-32

Tels. 46-44-19
21-58-36

México I, D. F.

...SISMOLOGIA... GRAVIMETRIA... GEOQUIMICA... MAGNETOMETRIA...

...SUE*

...PROCESADO DE DATOS

MAE.**

AREAS:—Grandes o pequeñas, marinas o terrestres.

PROBLEMAS:—Técnicos u operacionales.

INFORMACION:—Superficial o profunda.

FORMA:—Utilizando los métodos y equipos más modernos
compatibles con áreas y presupuestos.

GEOFYSICAL

SERVICE

INCORPORATED

Exchange Bank Bldg.,
100 Exchange Park North,
DALLAS 35, TEXAS.
Tel. FLEetwood 7-4311

Avenida Juárez No. 119,
Despacho 42,
Tels. 46-37-20 - 21-74-67
MEXICO 1, D. F.

* Seismic Underwater Exploder

** Multiple Analyzer Eliminator.

CURSO DE SISMOLOGIA APLICADA

Por el Ing. V. A. OLHOVICH



En las principales librerías
o directamente en la

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

Av. Juárez 97. Desp. 302.

México 1, D. F.