

B O L E T I N

DE LA

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

ANOMALIAS GRAVIMETRICAS REGIONALES Y SU
RELACION CON LA CUENCA SEDIMENTARIA DE
VERACRUZ

Por:

Pedro Silva Saldívar

MODELADO MAGNETOTELURICO EN 3-D PARA
LA EXPLORACION PETROLERA: FORMACIONES BASALTICAS

Por:

Román Alvarez

PALEOMAGNETISMO Y AEROMAGNETISMO EN
EL AREA DE AGUA DE OBISPO-TIERRA COLORADA,
ESTADO DE GUERRERO

Por:

Dámaso F. Contreras Tébar
Luis C. Ramírez Cruz
Jaime H. Urrutia Fucugauchi

MESA DIRECTIVA DE LA ASOCIACION MEXICANA
DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

BIENIO 1985-1986

Presidente	Ing. Antonio Camargo Zanoguera
Vicepresidente	Ing. Héctor Palafox Rayón
Secretario	Ing. Salvador Hernández González
Tesorero	Ing. Carlos López Ramírez
Pro-Tesorero	Ing. Jorge Uscanga Uscanga
Editor	Ing. Guillermo A. Pérez Cruz
Coordinador de Eventos Técnicos	Ing. Francisco J. Sánchez de Tagle
Coordinador de Eventos Sociales	Ing. Patricia Ocegüera de Romero

PRESIDENTES DE DELEGACIONES

Reynosa	Ing. Miguel A. Martínez Domingo
Tampico	Ing. Jorge Stanford Besst
Poza Rica	Ing. Salvador Maldonado Cervantes
Coatzacoalcos	Ing. Juan B. Rivera Jácome
Villahermosa	Ing. Quintín Cárdenas Jammet
Cd. del Carmen	Ing. Carlos Puerto Zapata
San Luis Potosí	Ing. Juan López Martínez
Córdoba	Ing. Sergio Figueroa Arias
Guaymas	Ing. Ramón García Gómez
Chihuahua	Ing. Justo Meza Díaz
Morelia	Ing. Jesús Arredondo Frago

VOCALES

I.M.P.	Ing. José Salinas Altés
I.P.N.	Ing. Raúl Santiago Valencia
U.N.A.M.	Ing. Rodolfo Marín Campos
MEXICO	Ing. Andrés Ramírez Barrera

Este boletín no se hace responsable de las ideas emitidas en los artículos que se publiquen, sino sus respectivos autores.

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

	MEXICO	OTROS PAISES
Inscripción	\$ 1,000.00	\$ 10.00 U.S. Dollars
Cuota Anual para Socios	2,000.00	20.00 U.S. Dollars
Suscripción Anual (no Socios)	3,500.00	25.00 U.S. Dollars
Cuota Anual Socios Estudiantes	1,000.00	-
Ejemplares Sueltos	1,000.00	5.00 U.S. Dollars

Para todo asunto relacionado con el boletín como son envíos de manuscritos, suscripciones, descuentos a bibliotecas, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

GUILLERMO A. PEREZ CRUZ
APARTADO POSTAL 57-275
MEXICO, D.F. C.P. 06501
MEXICO

ANOMALIAS GRAVIMETRICAS REGIONALES Y SU RELACION CON LA CUENCA SEDIMENTARIA DE VERACRUZ

Por: Pedro Silva Saldívar
Petróleos Mexicanos
Supcia. "A" Dtto. de Exploración
Depto. de Interpretación Geof.-Geol.
Córdoba, Ver.

RESUMEN

Se pretende determinar el eje de la cuenca sedimentaria de Veracruz y, por consecuencia, delimitar las zonas donde cabe esperar los menores espesores de rocas Terciarias, ya que, siendo las rocas del Cretácico las únicas productoras de aceite hasta la fecha en el Distrito Papaloapan, es interesante saber en qué sitios dentro de la cuenca es posible alcanzar rocas de ese período. Para tal fin, se discute el origen de las Anomalías Gravimétricas Regionales y su relación con las cuencas sedimentarias. Se hace el ajuste geológico a un perfil gravimétrico y por extrapolación se delimitan las áreas del Distrito donde hay posibilidades de alcanzar rocas cretácicas, de acuerdo a la capacidad actual de los equipos de perforación.

I. INTRODUCCION

En el Distrito Exploratorio de Córdoba siempre ha existido la inquietud de saber la posición del depocentro de la Cuenca de Veracruz. Un análisis breve del plano de Anomalías de Bouguer (Figura 1) sugeriría que dicho depocentro se localiza a todo lo largo del eje de mínimos, que a su vez pasa por los pozos Mata Espino en dirección NW-SE. Sin embargo, como se verá con posterioridad, en general, tal observación es cierta únicamente para sedimentos de edad posterior al Mioceno Medio, además de que sólo es un eje aparente; la corrección por Isostasia lo desplaza unos 10 kilómetros hacia el oriente, pero la información proporcionada por los pozos revela que las formaciones Terciarias se engrosan en dirección a la costa. Por lo tanto, el eje de la cuenca debe estar mucho más al oriente. Todo esto, aunado a que Linsner, 1973, sostiene que en el centro de algunas cuencas se manifiesta un gran máximo gravimétrico, dio lugar a que se hiciera el presente estudio con el propósito de aclarar el problema.

II. ORIGEN DE LAS ANOMALIAS GRAVIMETRICAS REGIONALES

Un plano de Anomalías de Bouguer (Figura 1) representa la

variación total de la componente vertical de la aceleración de la gravedad (g) en la superficie terrestre. Por eso se procura separarlo en dos: Uno que contiene anomalías suaves y de gran extensión conocido como plano de Anomalías Regionales, y otro que relativamente contiene anomalías de poca extensión conocido como plano de Anomalías Residuales, Silva, 1978.

Desde el punto de vista petrolero, lo ideal en la separación de las Anomalías de Bouguer es que las variaciones laterales (horizontales) de la densidad (ρ) de los materiales que componen el paquete de rocas sedimentarias, incluidas algunas veces intrusiones ígneas de carácter local, sean la causa de las Anomalías Residuales, mientras que las mismas variaciones pero de los materiales comprendidos desde las rocas metamórficas o las ígneas intrusivas, que constituyen el basamento, hacia zonas más profundas, sean las que motiven las Anomalías Regionales. Ahora bien, considerando que g varía inversamente con el cuadrado de la distancia al cuerpo fuente, se puede tratar de explicar hasta qué profundidad cabe esperar que las variaciones laterales de ρ afecten a las mediciones de g en la superficie de la tierra.

En la Figura 2 se muestra la variación de ρ con la profundidad (Gorshkoy y Yakushova, 1970), fue obtenida por M. Molodenski

basándose en: La estimación de la densidad media terrestre, el momento de inercia, el valor de ρ para la parte exterior de la corteza y tomando en cuenta que por estudios de sismología se postula un salto de la densidad de 5.3 a 9.9 gr/cm³ en el límite del Manto y el Núcleo; en la figura, el eje horizontal representa valores de ρ y el vertical valores de profundidad en décimos del radio medio terrestre. En la parte superior de la curva se observa que la densidad en los primeros 200 kms varía de 2.7 a 3.7 aproximadamente; un bloque como el mostrado en la Figura 3, a una profundidad de 100 kms y con un contraste de densidad ($\Delta\rho$) de 0.5 gr/cm³, produce en la superficie de la tierra un $\Delta g = 27$ u gs. El mismo bloque a una profundidad de 50 kms origina un efecto $\Delta g = 107$ ugs, bastante apreciable en la exploración petrolera.

Por otro lado, el estudio de los registros sísmicos de los terremotos, ha proporcionado datos que permiten afirmar que el espesor de la corteza varía de alrededor de 10 kms en las partes más profundas de los océanos hasta 70 kms en los continentes. Por lo tanto, es indiscutible que debe tomarse muy en cuenta el paquete de rocas hasta los 100 kms de profundidad dentro del cual se encuentran los cuerpos que contribuyen en gran parte a formar las Anomalías Regionales. De los 200 a los 2900 kms la curva no muestra variaciones importantes de ρ ; en el contacto del Manto y

el Núcleo (cerca de los 2900 kms), la curva muestra un salto muy notable de casi 5 gr/cm^3 , pero la profundidad es demasiado grande y a ese nivel la tierra ya debe ser esféricamente simétrica, pudiendo desecharse la posibilidad de que alguna distribución anómala de masa afecte a g .

III. POSTULADOS ACERCA DE LA FORMACION DE UNA CUENCA SEDIMENTARIA.

Es realmente muy difícil explicar con precisión cómo y por qué se forma una cuenca, por lo mucho que aún se desconoce acerca del interior de la Tierra. Sin embargo, se ha procurado simplificar el problema postulando únicamente dos opciones; las cuencas se forman por esfuerzos horizontales en la corteza, que son ya sea de compresión o bien de tensión, Linsser, 1973. Se asume que los esfuerzos son debidos a la Deriva Continental, y ésta, a su vez, a las Corrientes de Convección en el Manto.

A) FORMACION DE UNA CUENCA POR COMPRESION

La compresión marca el inicio de lo que en tectónica se llama Ciclo Geosinclinal; éste se ha definido como una sucesión de eventos que incluyen: Subsistencia, sedimentación, compresión, plegamiento, erosión y por último estabilidad o equilibrio. La Figura

4 muestra esquemáticamente el ciclo geosinclinal. Por compresión horizontal la corteza se arquea hacia abajo dentro del Manto, el cual está constituido de material más denso que aquélla, y el espacio arriba de la parte convada es llenado con sedimentos, posteriormente, por los mismos esfuerzos de que se habló en el párrafo anterior, se forma una cadena montañosa a lo largo del eje o parte más profunda de la cuenca. La anomalía de Bouguer transversal a la zona montañosa es bien conocida; el arqueamiento hacia abajo de la corteza terrestre da lugar a un fuerte mínimo gravimétrico, como se ha observado en todas las montañas que han sido investigadas por medidas gravimétricas.

Como la cuenca sedimentaria, según este postulado, es la primera etapa del ciclo geosinclinal, aún cuando llegase a involucrar la formación de magma, no hay razón para pensar que el centro de la cuenca manifieste un gran máximo gravimétrico y al continuar las siguientes etapas del ciclo se convierta en un mínimo.

B) FORMACION POR TENSION

El estiramiento de la corteza debido a pequeños desplazamientos de la deriva continental da lugar a una depresión en la superficie, y para compensarla se forma un levantamiento del Manto. A medida que la depresión se va llenando de sedimentos, se hace

cada vez más profunda, pero como los sedimentos son menos densos que el resto de los materiales de la corteza, el levantamiento del Manto se conserva. Según este postulado, en el centro de las cuencas formadas por tensión de la corteza debe manifestarse un gran máximo gravimétrico. El diagrama de flujo de la Figura 5, Linsser, 1973, muestra la formación y desarrollo de una cuenca de este tipo. En todos los casos el levantamiento del Manto está directamente abajo del centro de la cuenca y en la superficie del terreno gravimétricamente se manifiesta un máximo.

IV. PERFIL GRAVIMETRICO-GEOLOGICO DE LA CUENCA DE VERACRUZ.

En la Figura 6 se presenta una parte de la tabla estratigráfica para el Distrito, y en las Figuras 7 y 8 dos secciones estratigráficas cuya ubicación se puede ver en la Figura 1. Se observa que hacia la costa las formaciones Terciarias anteriores al Mioceno Medio tienden a engrosarse y en el pozo Catemaco-1 casi aflora la formación La Laja del Mioceno Inferior, además de que se penetraron poco menos de 3000 metros de esta formación sin lograr atravesarla; asimismo, todas las secciones sismológicas orientadas en la misma dirección contienen horizontes reflectores que en general tienden a subir hacia la costa. Lo anterior permite afir-

mar que a principios del Mioceno Medio se produjo un levantamiento que afectó considerablemente a toda la región de los Tuxtlas, extendiéndose hacia el NW hasta la porción oriental de los pozos Anegada. Para explicarlo puede aceptarse lo siguiente:

1) La Cuenca de Veracruz se formó por tensionamiento de la corteza terrestre debido a esfuerzos de tensión provenientes del centro del Golfo de México (Cominguez, et.al , 1977), posiblemente a principios del período Jurásico, como apéndice de la gran Cuenca del Golfo. La Figura 9 representa un plano batimétrico, en él puede observarse que el eje de mínimos (eje de la Cuenca del Golfo de México) termina justamente frente a la Cuenca de Veracruz, de donde puede inferirse que esta última es realmente el extremo sur de la Cuenca del Golfo de México. Por lo tanto, el eje verdadero de la Cuenca en estudio debe estar orientado hacia el centro del Golfo, como está indicado en el esquema de la Figura 10. Los ejes aparentes para antes y después del Mioceno Medio representan la zona de mayores acumulaciones de sedimentos. Asimismo, el eje original de la cuenca corresponde con la zona de corteza débil, donde más tarde ocurrió el levantamiento que se discute.

2) Durante el Mioceno Medio sucedió otro desplazamiento de

la corteza continental por las mismas causas del punto anterior -
 (Deriva) favoreciendo el ascenso de material del Manto. La edad
 de este fenómeno geológico coincide con la del Eje Neovolcánico,
 debido al parecer a una falla o fractura preexistente que forma -
 parte del sistema de fracturas de la cordillera del Pacífico Orien-
 tal.

El desplazamiento antedicho dio lugar al levantamiento de los
 Tuxtlas-Anegada, el cual aparentemente se aparta de la última etapa
 del diagrama de la Figura 5. El autor considera la posibilidad
 de que, tanto el levantamiento de Los Tuxtlas como el de Anegada
 pertenezcan al tipo de intrusiones conocidas como troncos o stocks;
 estas intrusiones generalmente están confinadas en los nudos de -
 intersección de varias grietas tectónicas o en los puntos de su ra-
 mificación o ensanchamiento (Belousov, 1979), como es el caso.
 Una discusión más detallada de este párrafo bien merece tratarse
 en un artículo aparte.

Observando el contorno de +50 miligales en la Figura 11, se
 nota claramente cómo se "acerca" a la costa en la región de la -
 Cuenca de Veracruz, mientras que en todo el resto del litoral del
 Golfo se retira, indicando un adelgazamiento de la corteza en la -
 porción marina frente a esa cuenca, en comparación con las demás

zonas del litoral; se considera que esto es un indicio del desplazamiento mencionado. Lo anterior se refleja en la poca amplitud de la Plataforma Continental entre Misantla, Ver. y los Tuxtlas, según se muestra en la Figura 12.

El perfil gravimétrico de la Figura 13 fue obtenido del plano de la Figura 1 (ver línea de sección en esta última figura). Se le hizo una corrección por isostasia de 100 n/9 ugs a partir del valor cero de anomalías de Bouguer; la corrección es negativa hacia la derecha y positiva hacia la izquierda, n representa la distancia en kilómetros desde la coordenada de valor cero ugs hasta el punto donde se desea hacer tal corrección. Con esto se intentó anular el efecto gravimétrico del Manto, lo que permitió ajustarle al perfil una sección geológica más delgada sin contradecir lo establecido para el origen de las anomalías gravimétricas regionales.

La sección geológica se idealizó tratando de que fuera lo más simple posible, por eso incluye solamente los cuerpos siguientes:

1) Roca compuesta de material calcáreo con una densidad promedio de 2.70 gr/cm^3 . Este tipo de roca es la almacenadora de aceite en el Distrito. Durante el Eoceno aconteció una perturbación que motivó el avance de bloques cretácicos hacia la cuenca, por esa razón el cuerpo presenta la disposición indicada. El ori-

gen de la perturbación pudo deberse a basculamiento (inclinación) de la Plataforma de Córdoba y consecuentemente se afallaron y deslizaron los bloques por gravedad.

2) Roca compuesta principalmente de arenas y/o lutitas cuya densidad promedio es de 2.40 gr/cm^3 ; en ella sólo se ha encontrado producción de gas. El espesor está parcialmente comprobado - con la formación y profundidad en que terminaron los pozos siguientes:

<u>Pozo</u>	<u>Formación</u>	<u>Profundidad (M.B.N.M.)</u>
Mata Expino 101-B	Velasco	5479
Gavilán-1	Chicontepec Medio	5376
Amistad-1	Horcones	4393
Dos Matas-1	Velasco	6444

3) Rocas posiblemente constituídas de material granítico con una densidad supuesta de 2.75 gr/cm^3 . En la cima de este cuerpo está incluido el paquete de rocas calcáreas de la era Mesozoica - depositadas en ambiente de aguas profundas. Como referencia, el pozo Remudadero-2 tocó basamento granítico a una profundidad de 5250 m bajo el nivel del mar y al sur del Distrito se encuentra - un afloramiento del mismo, conocido como la Mixtequita.

4) Roca basáltica o tal vez peridotítica con una densidad de 2.90 gr/cm^3 ; se localiza en la zona del levantamiento. Indicios

de esta roca son los derrames volcánicos del macizo de Los Tuxtlas y de los pozos Anegada.

5) Agua salada con una densidad de 1.03 gr/cm^3 .

6) Derrames ígneos subsuperficiales.

7) Desarrollos calcáreos con una densidad supuesta de 2.65 gr/cm^3 . No hay seguridad de que realmente exista, pero se incluyó para obtener un mejor ajuste del perfil gravimétrico. El único testimonio es un trabajo sismológico marino realizado frente a Tuxpan, Ver., a partir de la línea batimétrica de los 200 m e interpretado por Buffler et al 1978. Las secciones sísmicas que contiene presentan reflejos que se interpretan dudosamente como del Cretácico Medio, subiendo hacia la costa. Por desgracia, ese trabajo llega cuando mucho a 100 kms de la playa, además de que está situado muy al norte de la presente área de estudio. Aún así, los posibles reflejos del Cretácico Medio en el extremo de las dos secciones más cercanas a la costa, están aproximadamente a una profundidad de 7000 u 8000 m, que viene siendo la misma que se ha tomado para este cuerpo.

Con la sección geológica ajustada y auxiliándose del plano de Anomalías de Bouguer, se delimitaron en forma aproximada las

Áreas con posibilidades de alcanzar sedimentos cretácicos que se muestran en la Figura 14. El área de la izquierda, conocida como Plataforma Mesozoica de Córdoba, es la que hoy en día tiene producción en algunos bloques estructurales de su borde oriental

La geofísica es la base para proponer localizaciones de pozos exploratorios y de ella la sismología es la mejor herramienta, pero en las porciones central y occidental de esa Plataforma, el relieve del terreno (grandes cañadas) y las características de la capa de intemperismo (un colchón de conglomerados que amortigua las ondas sísmicas, no dejándolas pasar hacia el subsuelo con suficiente energía como para que logren ser detectadas sus reflexiones), sobre todo en su porción norte, han impedido obtener buenos datos sísmicos rezagándose un tanto la perforación de pozos en esa zona y en consecuencia la producción de aceite. Sin embargo, últimamente con la técnica de vibrosismo se ha logrado conseguir información de regular calidad que permitirá proponer algunas localizaciones. La gravimetría es la herramienta geofísica que sigue en importancia, pero como la política exploratoria actual es proponer localizaciones sólo cuando se hayan agotado todos los recursos para obtener datos, no se ha procedido en tal sentido con ella sola, aunque bien pudo hacerse desde hace varios años.

V. CONCLUSIONES

Sea cual fuere el origen y la historia de la cuenca, hay dos hechos que no admiten discusión:

1) El encumbramiento de por lo menos las formaciones Terciarias hacia la región de Los Tuxtlas y los pozos Anegada, según la información sísmica y comprobado con la perforación de los pozos, y

2) El máximo gravimétrico en la misma región.

Ambos permiten considerar un levantamiento de las rocas que constituyen el basamento y por ende de las mesozoicas, lo que hace muy atractiva esa región.

Asimismo, puede concluirse que su eje realmente está orientado hacia el centro del Golfo de México. El eje aparente que aproximadamente coincide con el de mínimos gravimétricos fue ocasionado precisamente por el levantamiento de Los Tuxtlas-Anegada a principios del Mioceno Medio. Este levantamiento se convirtió en una barrera parcial que limitó, en parte, la depositación de sedimentos a la región que ahora se conoce como Cuenca de Veracruz.

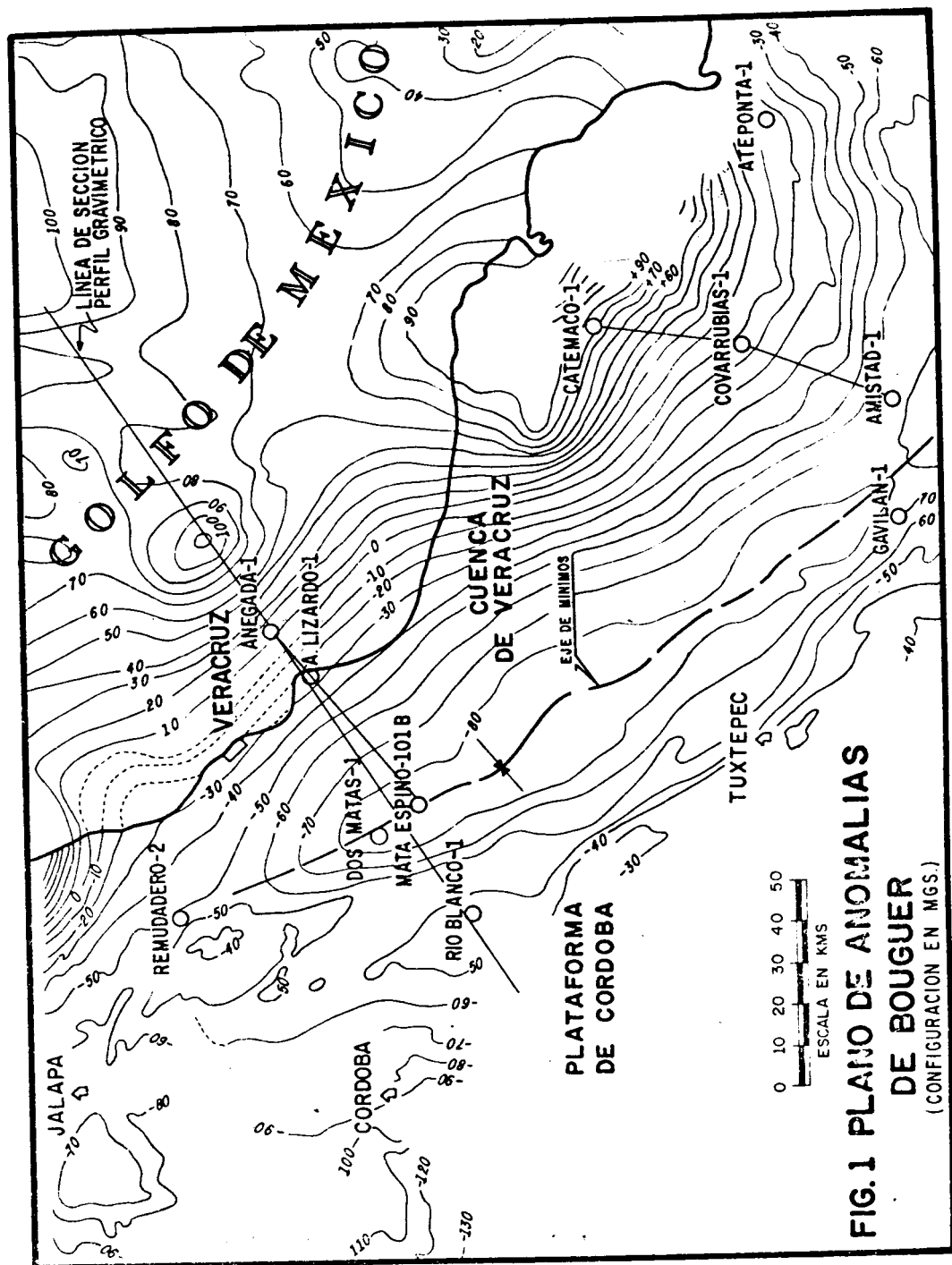
Desde el punto de vista petrolero, se ha observado que pozos como el Mata Espino 101, el Gavilán 1 y el Dos Matas-1, han terminado sin lograr atravesar todo el paquete de rocas Terciarias - después de haber perforado más de 5000 m, lo que viene a confirmar el gran espesor de sedimentos; alcanzar el Cretácico es muy difícil de acuerdo con la capacidad tecnológica actual; sin embargo, con el progreso de la misma llegará el día en que perforen pozos que cumplan con ese objetivo. A pesar de todo, la cuenca es regular productora de gas en horizontes arenosos del Mioceno Inferior principalmente, estando pendiente la exploración de estratos más profundos. La Plataforma de Córdoba, como se ha visto, es la región que indudablemente hará que la producción de aceite - aumente en un futuro inmediato.

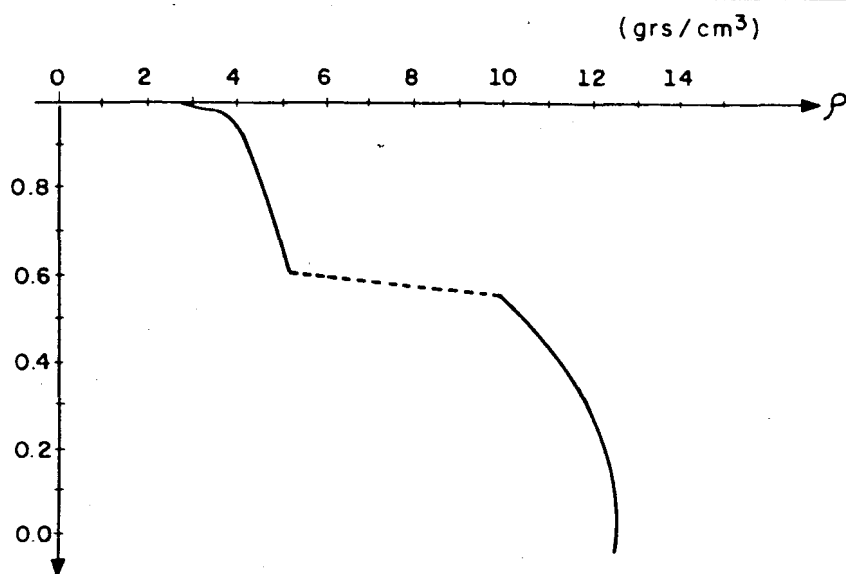
VI. BIBLIOGRAFIA

1. BELOUSOV V.V. 1979: Geología Estructural, Editorial Mir, Moscú.
2. BUFFLER R.T., F.J.SAHAUB, J.S.WATKINS, and J.L. WARZEL 1978: Anatomy of the Mexican Ridges, Southwestern Gulf of Mexico. Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins, AAPG Memoir 29 Tulsa, Oklahoma U.S.A. 1979.

3. COMINGUEZ A.H., J.H.
SANDOVAL y L.DEL CASTILLO.
1977: Aporte Gravimétrico en el
Análisis Tectonofísico del -
Golfo de México.
Boletín de la Asociación Mexi-
cana de Geofísicos de Explo-
ración.
Vol. XVIII. Núm.3, México,
D. F.
4. GORSHKOV G. y A.YAKUSHOVA
1970: Geología General, Editorial
Mir, Moscú.
5. KRUMBEN W.C. y L.L.SLOSS
1969: Estratigrafía y Sedimentación.
Traducción del Inglés, Editó-
rial UTEHA, México, D. F.
6. LINSSER H. 1973: Correlation Between regional
gravity and general basin con-
figuration. Presentado en la -
43 reunión anual de la Socie-
dad de Geofísicos de Explora-
ción y 5a. de la Asociación
Mexicana de Geofísicos de Ex-
ploración, México, D. F.
7. SILVA S.P. 1978: Algunos aspectos Teórico-Prác-
ticos de la Gravimetría en la
Exploración Petrolera.
Ingeniería Petrolera, Vol. 18,
Núm. 10, México, D. F.

El autor agradece a Petróleos Mexicanos el permiso y las fa-
cilidades otorgadas para realizar este estudio, particularmente a la
Gerencia de la Zona Centro (Poza Rica, Ver.) y a la Superintenden-
cia de Exploración en Córdoba, Ver.





h (h = Profundidad en décimos del radio medio terrestre)

FIG. 2 DENSIDAD EN EL INTERIOR DE LA TIERRA

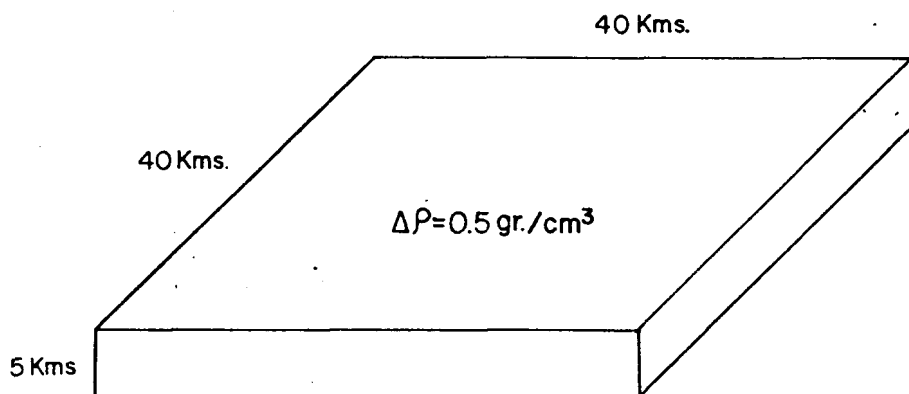


FIG. 3

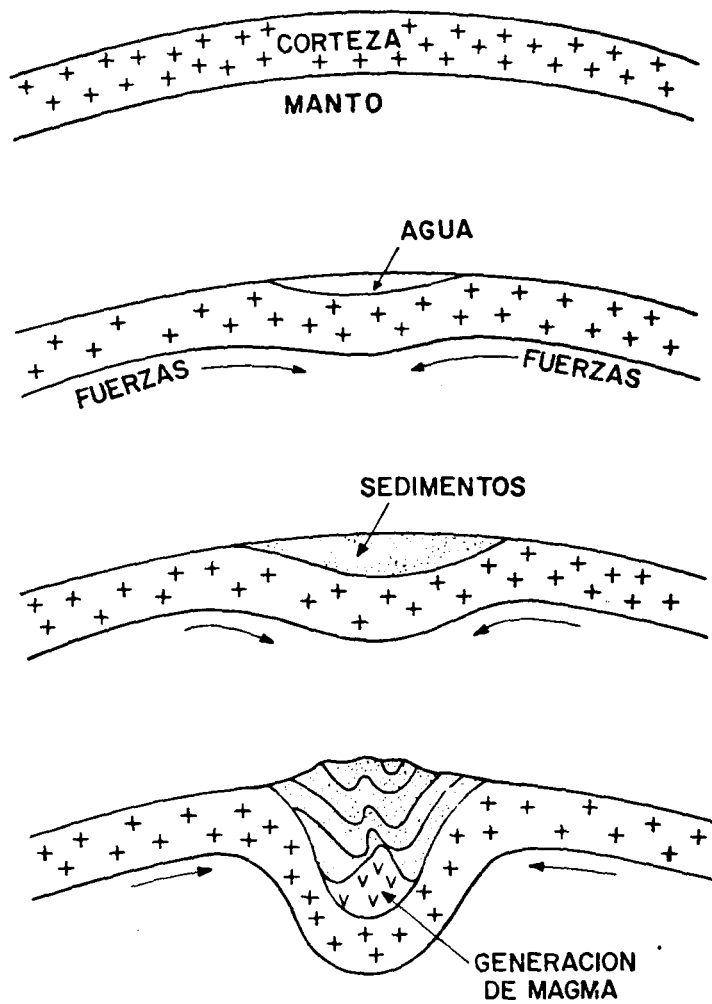


FIG. 4 ETAPAS DEL CICLO GEOSINCLINAL

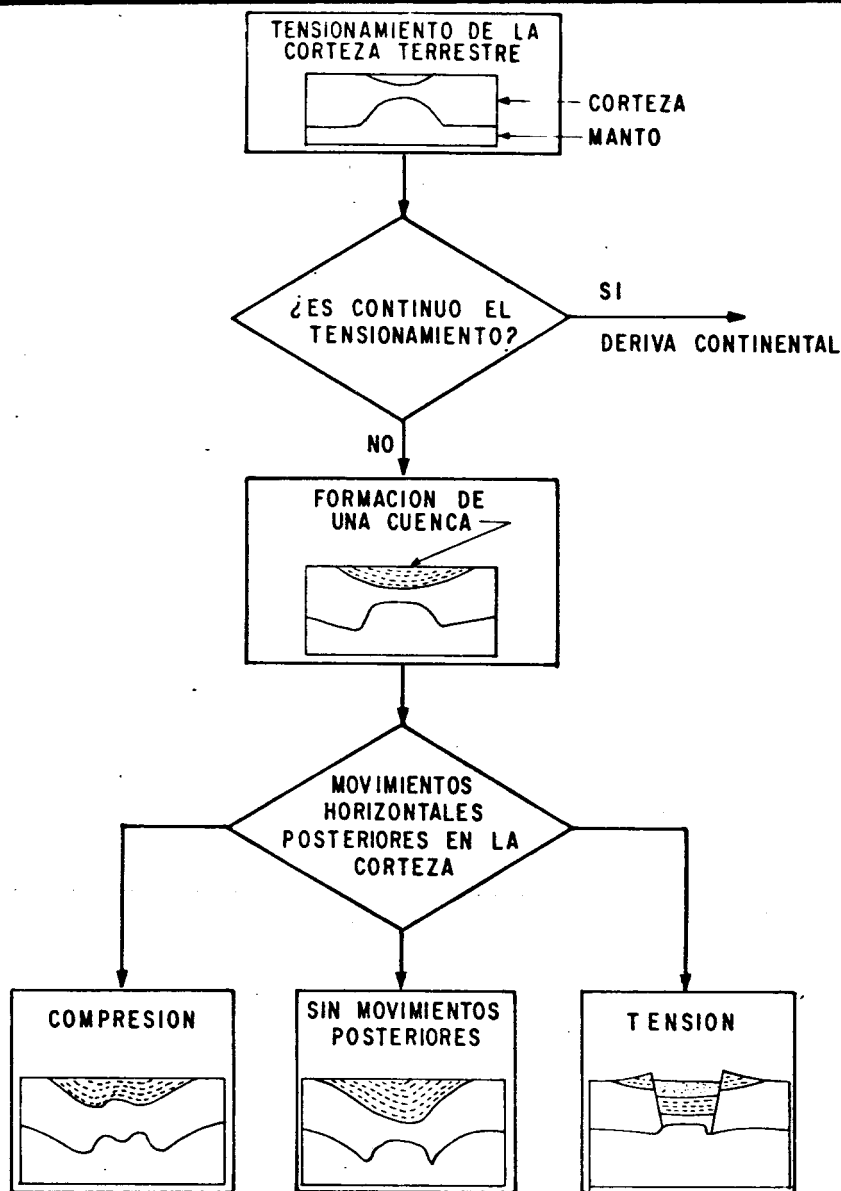
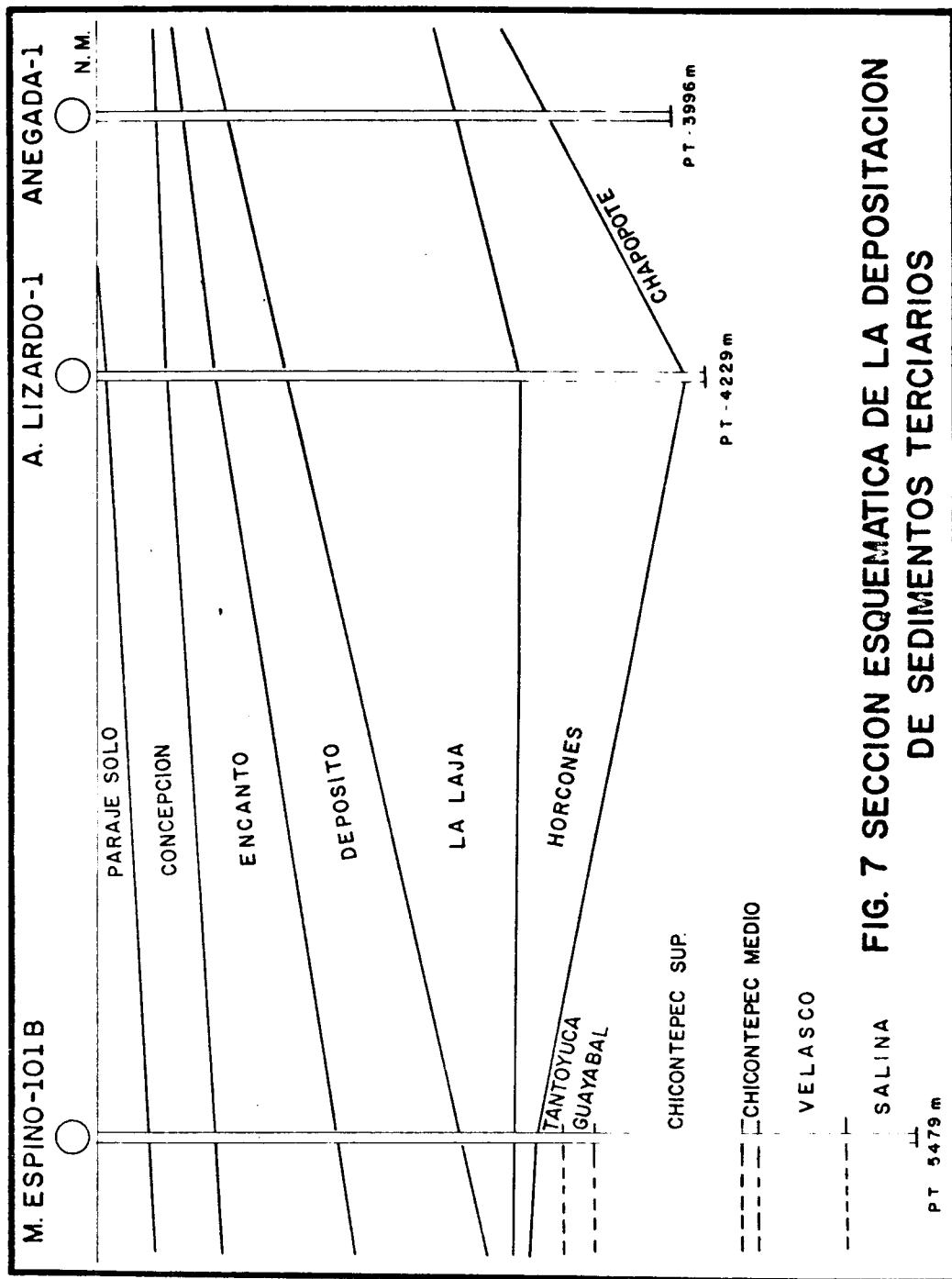


FIG. 5 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FORMACION DE UNA CUENCA

TABLA ESTRATIGRAFICA

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION
T E R C I A R I O	HOLOCENO		
	PLEISTOCENO		
	PLIOCENO		
	MIOCENO	SUPERIOR	PARAJE SOLO
			CONCEPCION SUPERIOR
		MEDIO	CONCEPCION INFERIOR
			ENCANTO SUPERIOR
			ENCANTO INFERIOR
			DEPOSITO
		INFERIOR	LA LAJA
	OLIGOCENO	SUPERIOR	NO SE HA ENCONTRADO FAUNA INDICE DE ESTA EDAD
		MEDIO	NO SE HA ESTABLECIDO UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA
		INFERIOR	HORCONES
	EOCENO	SUPERIOR	CHAPOPOTE ~ TANTOYUCA
		MEDIO	GUAYABAL
		INFERIOR	CHICONTEPEC SUPERIOR ~ ARAGON
	PALEOCENO	SUPERIOR	CHICONTEPEC MEDIO ~
		INFERIOR	CHICONTEPEC INFERIOR ~ VELASCO
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	ATOYAC ~ MENDEZ
			SAN FELIPE
			GUZMANTLA ~ GUZMANTLA PLATAFORMA ~ PELAGICA
		MEDIO	MALTRATA
			ORIZABA ~ TAMABRA ~ TAMAUlipas SUPERIOR
		INFERIOR	TAMAUlipas INFERIOR
			XONAMANCA ~

FIGURA - 6



**FIG. 7 SECCION ESQUEMATICA DE LA DEPOSITACION
DE SEDIMENTOS TERCIARIOS**

AMISTAD-1

COVARRUBIAS-1

CATEMACO-1

N.M.

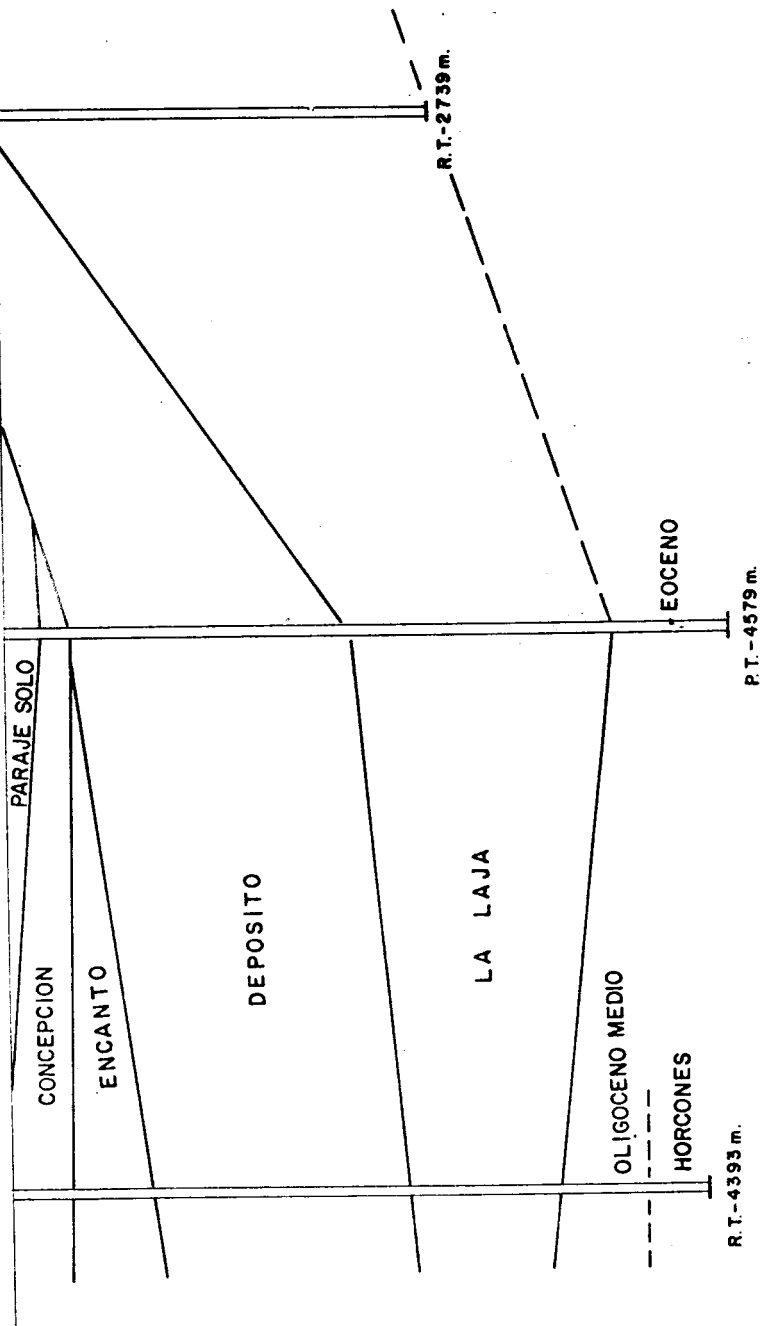


FIG. 8 SECCION ESQUEMATICA DE LA DEPOSITACION
DE SEDIMENTOS TERCIARIOS

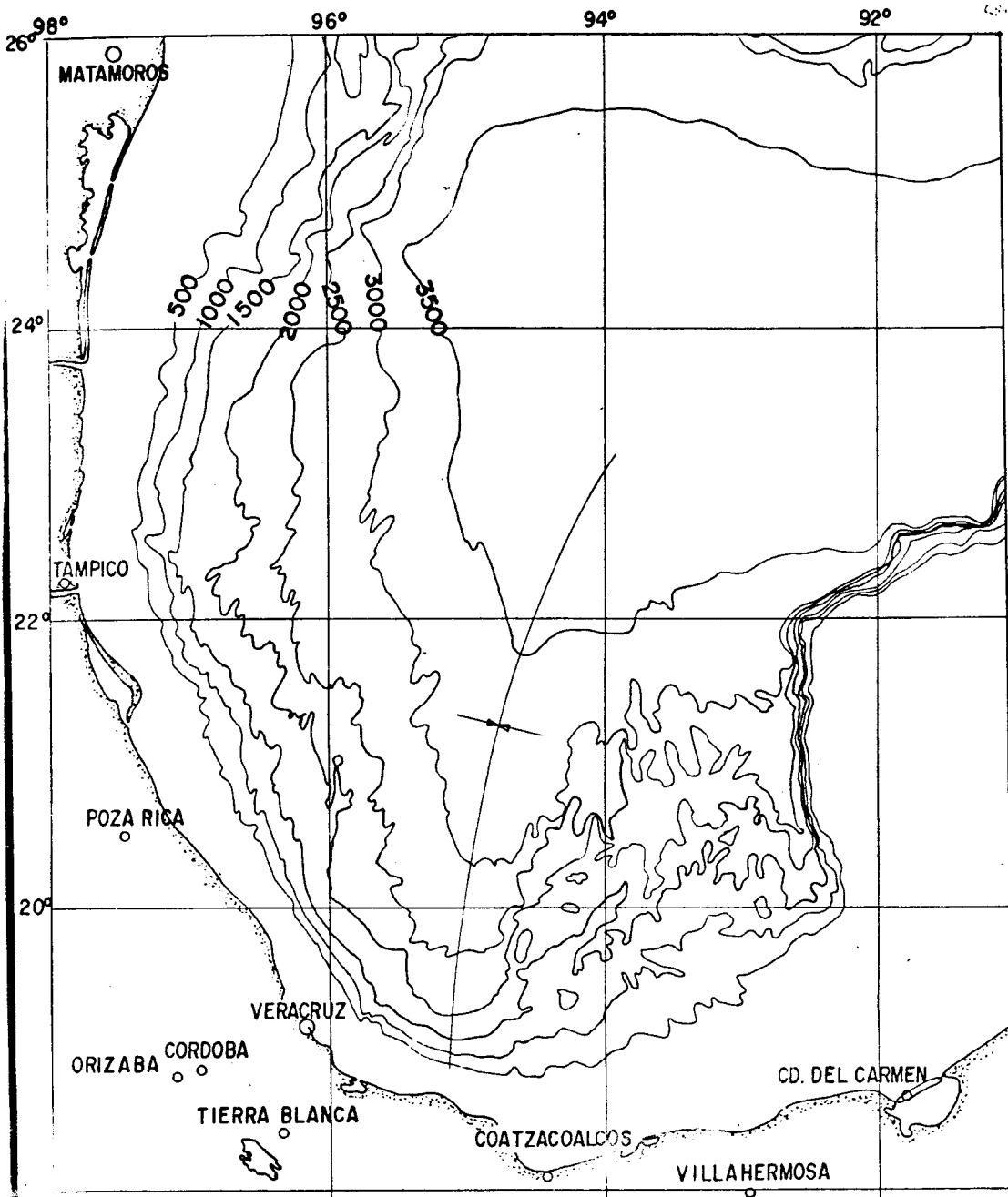


FIG. 9 PLANO BATIMETRICO DEL GOLFO DE MEXICO
(CONFIGURACION EN MTS.)

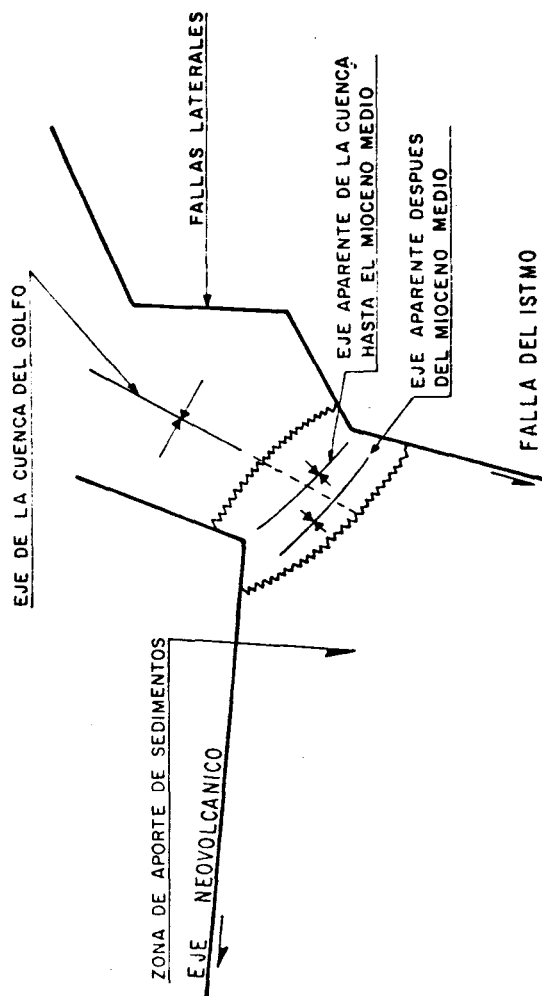


FIG. 10.-ESQUEMA QUE MUESTRA LOS EJES APARENTES DE LA CUENCA DE VERACRUZ Y EL EJE DE LA CUENCA DEL GOLFO DE MEXICO.

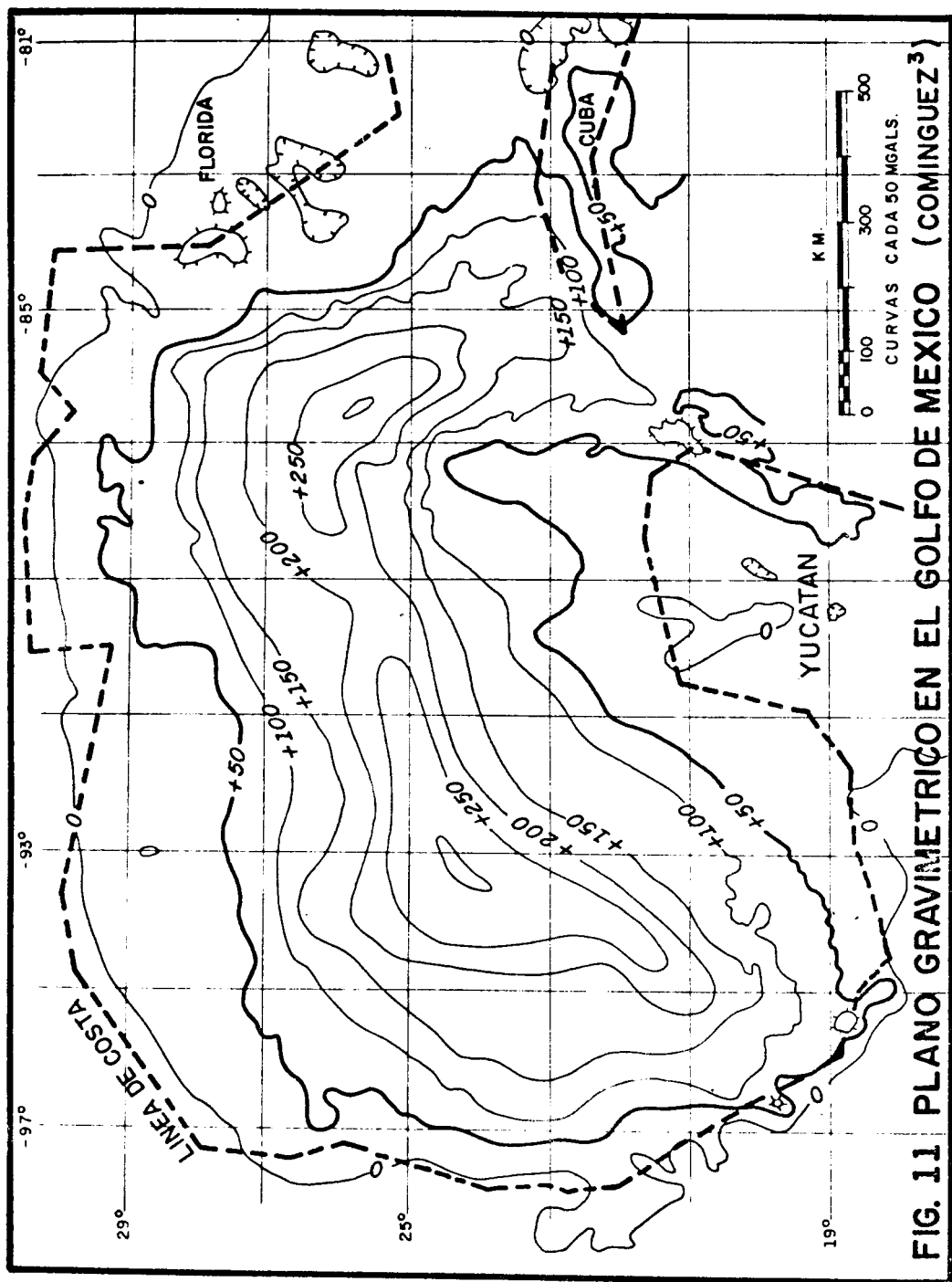


FIG. 11 PLANO GRAVIMETRICO EN EL GOLFO DE MEXICO (COMINGUEZ³)

CONTORNO DE LA REPUBLICA MEXICANA Y LINEAS
BATIMETRICAS DE LOS 200 Y 2000 Mts.

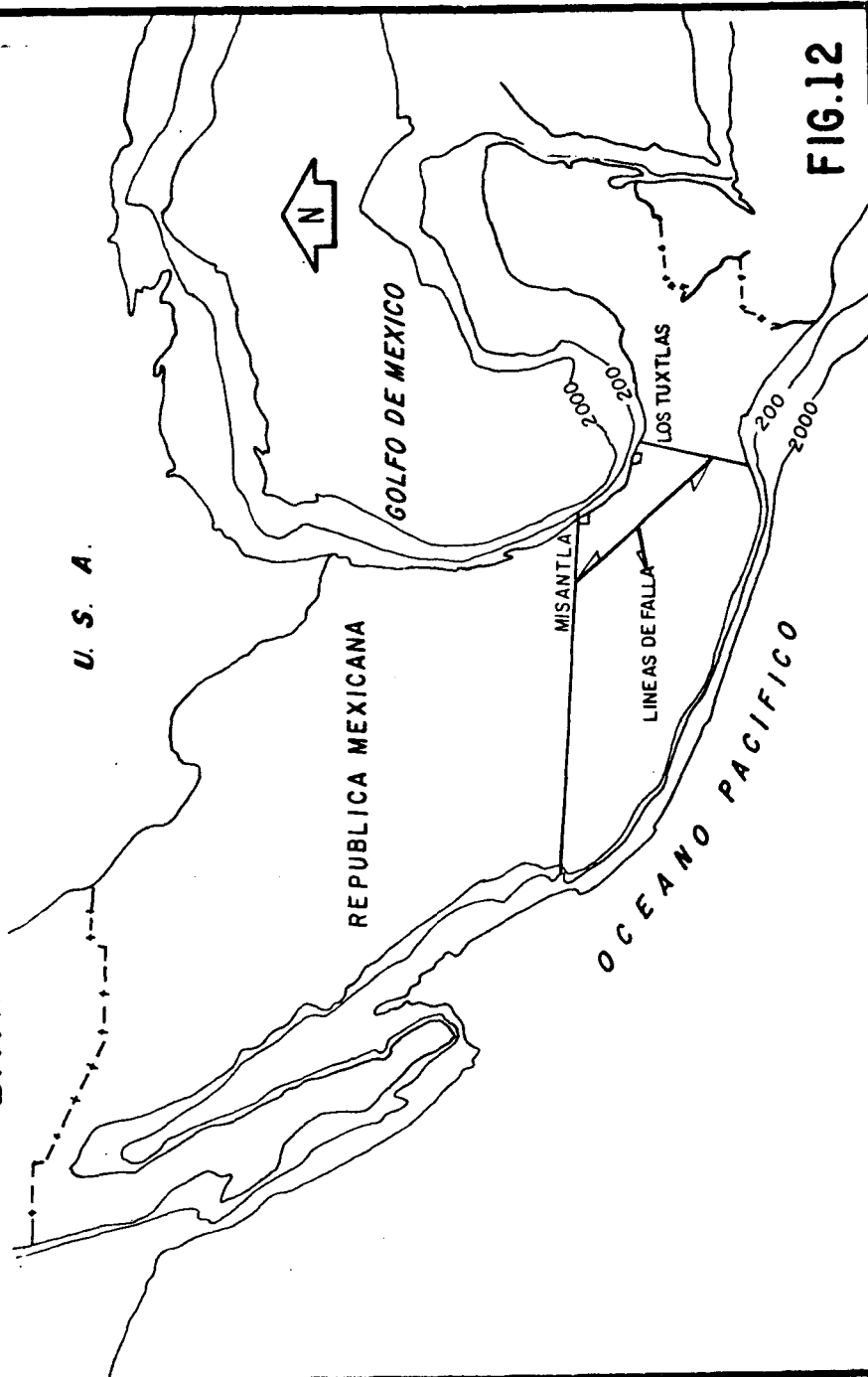


FIG.12

PERFIL GRAVIMETRICO - GEOLOGICO DE LA CUENCA DE VERACRUZ

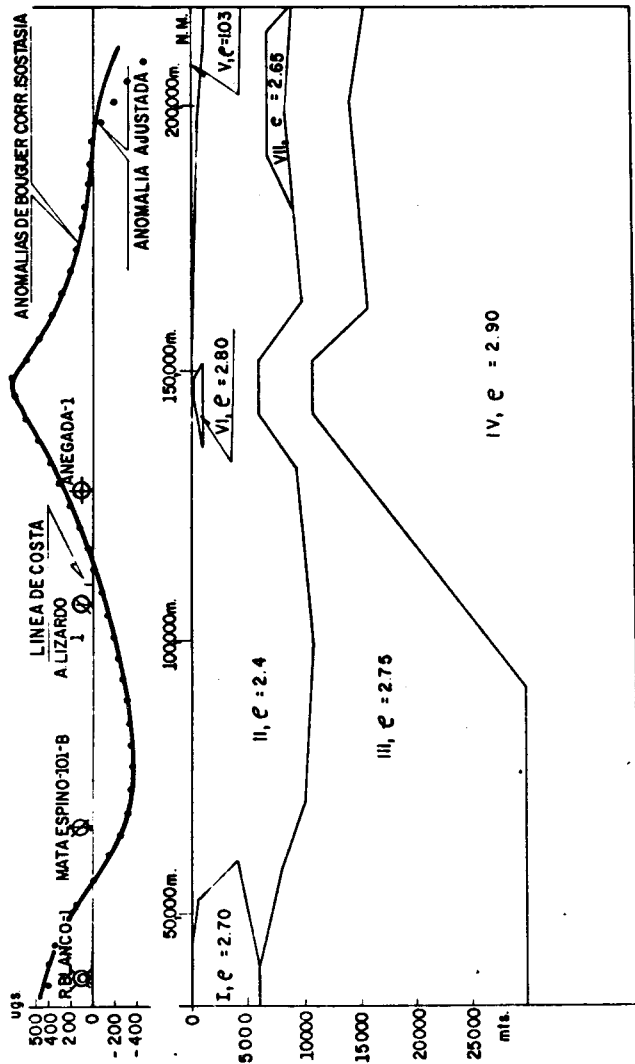
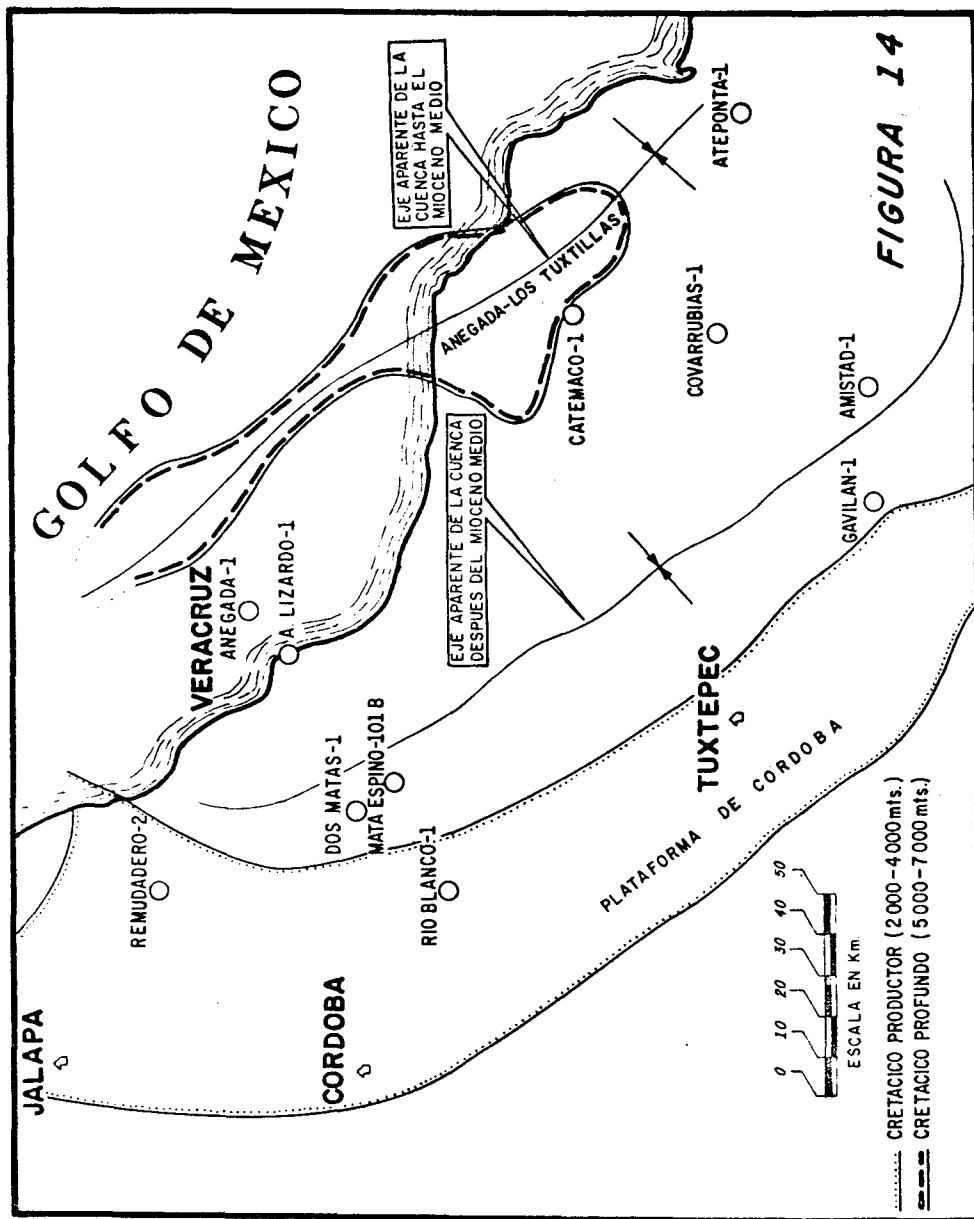


FIG.13



**MODELADO MAGNETOTELURICO EN 3-D PARA LA
EXPLORACION PETROLERA: FORMACIONES BASALTICAS ***

Por: Román Alvarez
IIMAS - UNAM
01000 México, D.F.

RESUMEN

Se presentan los resultados de un modelado tridimensional con el método magnetotelúrico en los que se simula la presencia de un paquete sedimentario de 1 km de espesor, 5Ω -m de resistividad y una superficie de 1 km^2 localizado a una profundidad de 1 km. El paquete sedimentario está cubierto por una capa de 750 m de espesor de un material de 50Ω -m que representa a basaltos conductores. Sobre estos basaltos se encuentra una cubierta de 250 m de espesor cuya resistividad se toma en un caso igual a $10 (\Omega$ -m) y en el otro a 100Ω -m. Los resultados indican que si la cubierta es conductora, la detección del paquete sedimentario se dificulta mucho, mientras que si es resistiva resulta claramente identificable. Se hace ver lo inadecuado del modelado unidimensional en presencia de fenómenos tridimensionales.

* Trabajo presentado en la conmemoración del XV Aniversario de la carrera de Ingeniero Geofísico en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Publicado con permiso de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCION

El método que predomina en la exploración petrolera es el sísmico. No obstante, hay regiones en las que este método no puede proporcionar la información requerida debido a la presencia de obstáculos. En tales casos se requiere el apoyo de otros métodos geofísicos de exploración como son el magnético, el gravimétrico y el magnetoteléurico. Aquí discutiré el caso en el que una capa de basaltos se encuentra entre la superficie y un paquete sedimentario que constituye el blanco primario de exploración. El paquete sedimentario puede contener los hidrocarburos buscados. La capa de basalto, de cierto espesor, funciona como un dispersor de la energía que tiene la onda sísmica proveniente de la superficie; al reflejar parte de esa señal hacia la superficie, la capa de basalto lo hace en forma incoherente, resultando muy difícil penetrarlo para investigar las estructuras que están por debajo del mismo.

El método magnetoteléurico (MT) proporciona en principio una alternativa para investigar las características de tales formaciones aunque, como con todos los métodos de exploración, debe tenerse cuidado en definir sus posibilidades reales. Es decir, que igual que el método sísmico es incapaz de producir resultados adecuados bajo un conjunto de circunstancias geológicas, el método MT tiene

también restricciones para definir las características de algunas formaciones, debido a que no se dan los contrastes adecuados en las resistividades aparentes del blanco de exploración y las de las formaciones circundantes, o bien que los cocientes de espesores entre las diversas capas no tienen valores adecuados para lograr la detección de las mismas.

MODELADO MT

Es común que para evaluar las posibilidades de un método de exploración se recurra al modelaje, especificando en el modelo las características esperadas en la región a explorar. El modelaje, sin embargo, no siempre puede efectuarse reproduciendo fielmente la situación de interés sino haciendo aproximaciones a la misma. Si las aproximaciones se apegan realmente a las condiciones del terreno de modelaje, corresponderá a la situación real; de lo contrario no dará la imagen correcta de esa situación.

Con el método MT se puede modelar en una (1-D) dos (2-D) y tres (3-D) dimensiones, dependiendo de que el formalismo utilizado acepte variaciones de la resistividad en la coordenada Z, el plano X-Z, o en el espacio X-Y-Z. El modelado 1-D es el más sencillo y en la actualidad se efectúa directamente en el campo, antes

de abandonar la estación de observación. Con frecuencia este modelado 1-D es el único que se efectúa, basando las interpretaciones finales en él y en los conocimientos geológicos de la región. Cuando las variaciones del terreno son unidimensionales, esto es, cuando se tienen formaciones cuyo espesor y resistividad sólo varían con la profundidad, entonces el modelaje podrá reflejar adecuadamente la situación de campo. Pero si existen variaciones laterales el modelaje 1-D puede introducir errores muy considerables como ha sido hecho ver por Patrick y Bostick (1969).

Cuando las variaciones de resistividad y de las dimensiones de los cuerpos de interés pueden ocurrir en todas direcciones, se dice que el terreno es tridimensional y el modelaje tiene que ser 3-D también para lograr fidelidad en las respuestas. En ese caso los componentes de la onda electromagnética E_x , E_y , E_z y H_x , H_y , H_z están todas acopladas y no es posible separar las ecuaciones en dos modos independientes, transverso magnético (TM) o transverso eléctrico (TE), como en el caso bi-dimensional (Porstendorfer, 1975).

No obstante se ha demostrado (Sims y Bostick, 1969) que las relaciones de impedancia

$$E_x = Z_{xx}H_x + Z_{xy}H_y \quad (1)$$

$$F_y = Z_{yx}H_x + Z_{yy}H_y$$

son válidas también para los modelos tridimensionales. Z_{xx} , Z_{xy} , Z_{yx} y Z_{yy} son las componentes del tensor de impedancias. Asimismo, demostraron que el campo magnético vertical H_z puede expresarse como una combinación lineal de las componentes H_x y H_y ;

$$H_z = r_{zx}H_x + r_{zy}H_y. \quad (2)$$

Puede entonces definirse la magnitud del operador de inclinación (tipper) como

$$|\tau| = \left\{ |r_{zx}|^2 + |r_{zy}|^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

Definiendo adicionalmente las direcciones principales del tensor de impedancia como aquellas que maximizan y minimizan a $|Z_{xy}(\theta)|$ y $|Z_{yx}(\theta)|$ respectivamente, en donde θ es el ángulo que forma la dirección principal con el eje X de referencia del levantamiento, se pueden convertir las impedancias principales a las resistividades aparentes correspondientes mediante la conocida fórmula

$$\begin{aligned} \rho_{xy} &= 0.2T |Z_{xy}(\theta_0)|^2 \\ \rho_{yx} &= 0.2T |Z_{yx}(\theta_0)|^2, \end{aligned} \quad (4)$$

en donde T es el período de la onda electromagnética.

El modelado 3-D que se presenta más adelante se efectuó con un programa de cómputo desarrollado según el tratamiento originalmente presentado por Hohmann y Ting, (1978). Los datos de entrada del programa incluyen la frecuencia a la que se efectúan los cálculos, la resistividad del semiespacio, la posición, dimensiones y resistividades de las celdas que constituyen la o las anomalías y las posiciones de los receptores en la superficie dadas en las coordenadas del sistema de referencia del levantamiento. Los datos de salida los constituyen las resistividades aparentes dadas por las ecuaciones (4), así como los ángulos de fase de las impedancias (complejas) principales. Se obtiene también para cada frecuencia y para cada estación de recepción el operador de inclinación definido según las relaciones (2) y (3).

PAQUETE SEDIMENTARIO Y BASALTOS

La Figura 1 muestra la geometría del modelo número 1. Se trata de un cuerpo conductor de 5Ω -m de 1 km de ancho y 1 km de espesor que representa un paquete sedimentario en el cual podrían encontrarse hidrocarburos. El cuerpo se encuentra rodeado por un material más resistivo, de 50Ω -m, que bien podría

representar a basaltos conductores y todo eso está cubierto por una capa de 250 m de espesor con una resistividad de $100 \Omega\text{-m}$, que es la misma resistividad que la del semiespacio.

Las Figuras 2 y 4 corresponden a las resistividades aparentes calculadas para este modelo. Se trata de pseudo-secciones en las que se grafican las líneas de igual resistividad aparente contra la distancia en una dirección dada y el período de la onda electromagnética. En estas figuras se tienen siete estaciones de recepción colocadas a intervalos de 500 m a lo largo del eje X (i.e. $Y = 0$). Para cada una de ellas se calculan nueve frecuencias: 10, 3, 1, .3, .1, .03, .01, .003 y .001 Hz. Los recíprocos de estos valores corresponden a los períodos representados en esas figuras. La Figura 2 corresponde a la polarización E_x/H_y mientras que la Figura 4 corresponde a la polarización E_y/H_x . Las Figuras 3 y 5 corresponden a los ángulos de fase de esas polarizaciones. La Figura 6 representa al operador de inclinación.

Como puede apreciarse de las Figuras 2 y 4, ambas polarizaciones indican que el cuerpo conductor que representa al paquete sedimentario de 1 km de espesor y cubierto por 750 m de basaltos de $50 \Omega\text{-m}$ puede ser detectado adecuadamente con el método magnetotekúrico si la cubierta de 250 de espesor es resistiva ($100 \Omega\text{-m}$).

Las variaciones de la resistividad contra el período en la estación $X = 0$, $Y = 0$, para ambas polarizaciones, llegan a ser de 25% - alrededor de $T = 1$ seg. Esto permite concluir que el paquete sedimentario es detectable. Las variaciones de las fases en las Figuras 3 y 5 no pueden considerarse diagnósticas ya que son muy - uniformes y semejantes. El operador de inclinación muestra un mínimo en la posición del paquete sedimentario, por lo que también puede considerarse como diagnóstico.

Si cambiamos en el modelo anterior el valor de la resistividad del semiespacio y de la cubierta de 250 m a $10 \Omega\text{-m}$ podremos apreciar el efecto que una capa conductora superficial tiene sobre la detección del paquete sedimentario.

Las Figuras 7 y 9 corresponden a las pseudosecciones de resistividad bajo esas condiciones. Puede verse que el cuerpo conductor sería difícilmente discernible bajo esas circunstancias, pues prácticamente no hay localización de la anomalía y las variaciones de resistividad son muy pequeñas. Las fases mostradas en las Figuras 8 y 10 tampoco resultan diagnósticas del cuerpo conductor. Solamente el operador de inclinación, mostrado en la Figura 11, - indica un mínimo ancho hacia la zona en la que se encuentra el paquete sedimentario.

CONCLUSIONES

He presentado aquí dos casos que contrastan para ejemplificar la detección de un paquete sedimentario conductor cuya presencia está enmascarada por basaltos conductores. Si la capa superior es conductora ($10 \Omega\text{-m}$) la detección de los sedimentos se dificulta si se analizan sólo las resistividades aparentes. El operador de inclinación sí resulta diagnóstico. Si la capa superior es resistiva ($100 \Omega\text{-m}$) las pseudosecciones de resistividad aparente muestran claramente la presencia de la zona conductora de interés. El operador de inclinación también resulta diagnóstico. Las fases, en ambas situaciones, dan muy poca información sobre la presencia de la anomalía.

Es fácil imaginarse lo que resultaría de un modelado unidimensional de estos resultados sobre cada una de las estaciones de observación. En el caso de la cubierta resistiva, el modelado unidimensional tendería a ver mucho más ensanchado el cuerpo conductor. Y en el caso de la cubierta conductora vería leves variaciones de la resistividad, mostrando un máximo ($26 \Omega\text{-m}$) alrededor del período $T=10$ seg; estos resultados mostrarían también mínimas variaciones laterales. Lo inadecuado del modelado unidimensional en presencia de efectos tridimensionales es claramente

apreciable en estos ejemplos.

REFERENCIAS

- Hohmann, G.N. y S.C. Ting, 1978. Three dimensional magnetotelluric modeling. U. of Utah. Res. Inst., Earth Sci. Lab. Rep. 7.
- Patrick, F.W. y F.X. Bostick, 1969. Magnetotelluric modeling techniques. U. of Texas at Austin, Rpt. 59.
- Porstendorfer, G., 1975. Principles of magneto-telluric prospecting, G. Bronstraeger, Stuttgart.
- Sims, W.E. y F.X. Bostick, 1969. Methods of magnetotelluric analysis. U. of Texas at Austin, Rpt. 58.

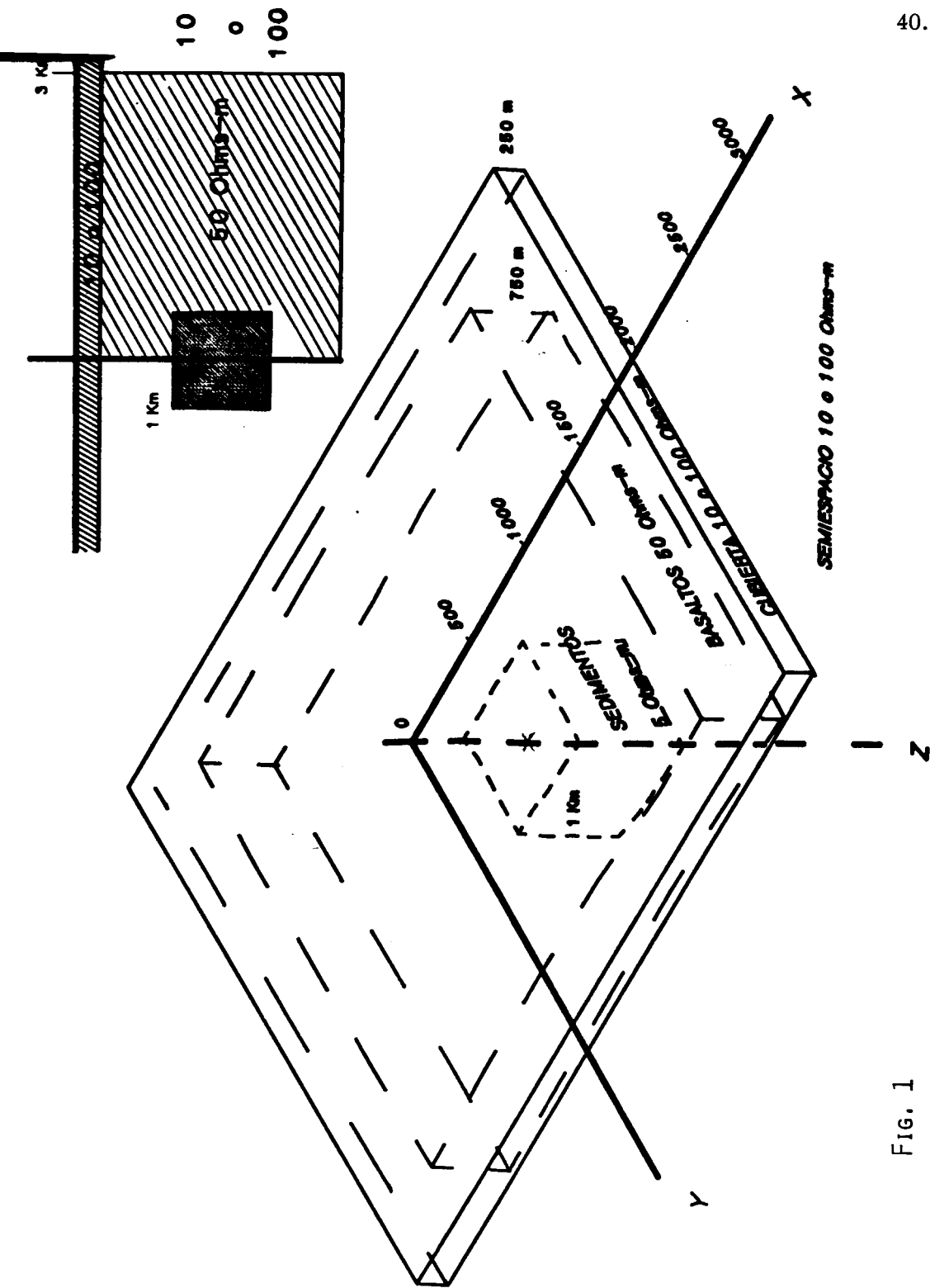
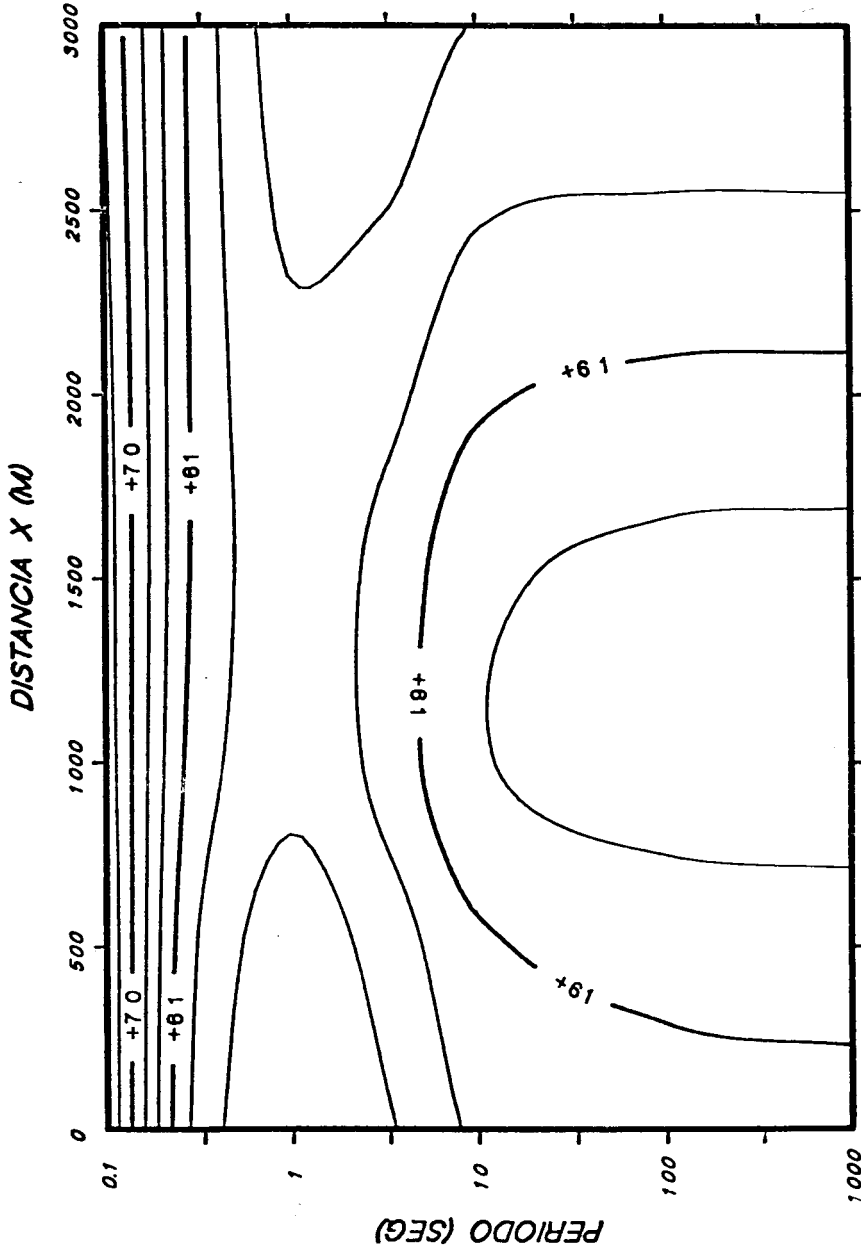
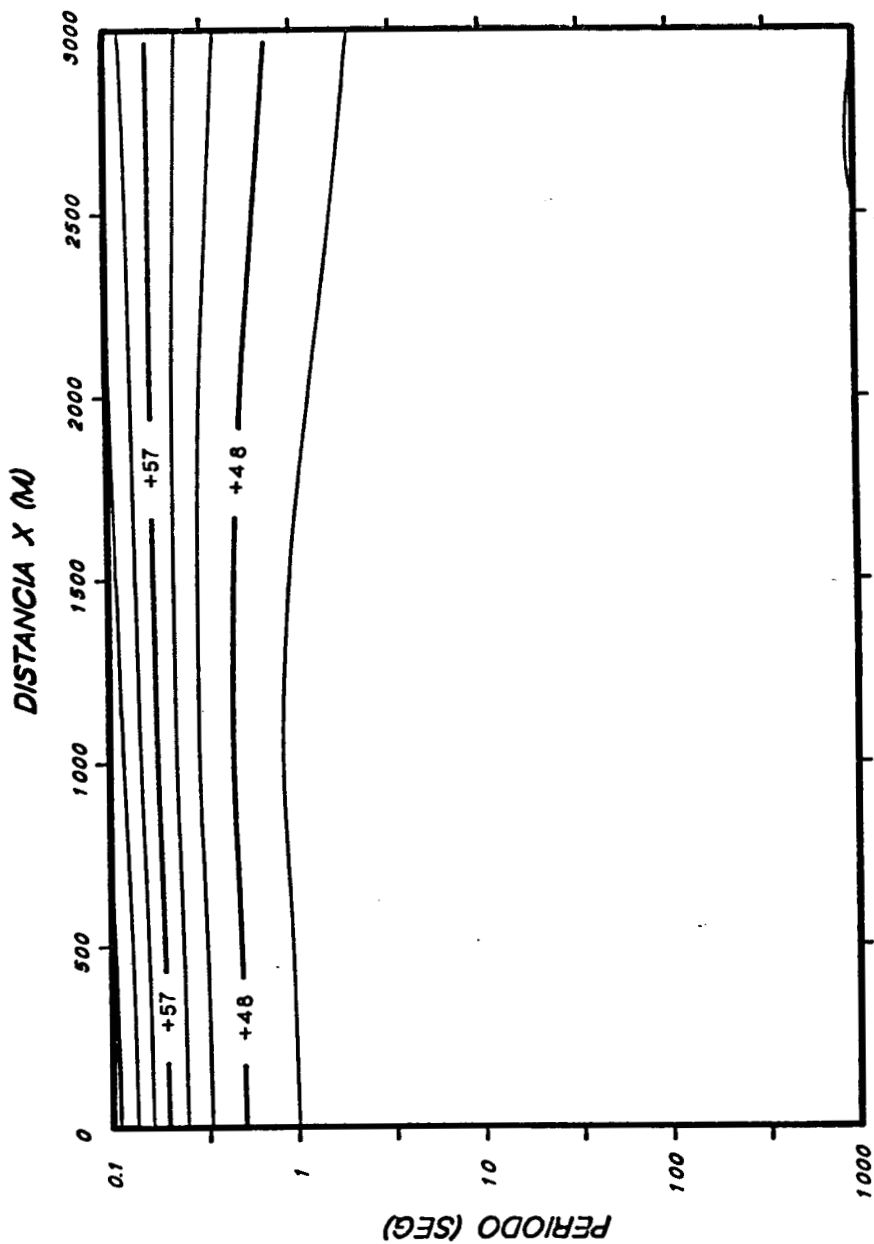


FIG. 1



RESISTIVIDAD APARENTE ρ_{xy} EN OHMS-M

Fig. 2



FASE 00 EN GRADOS

FIG. 3

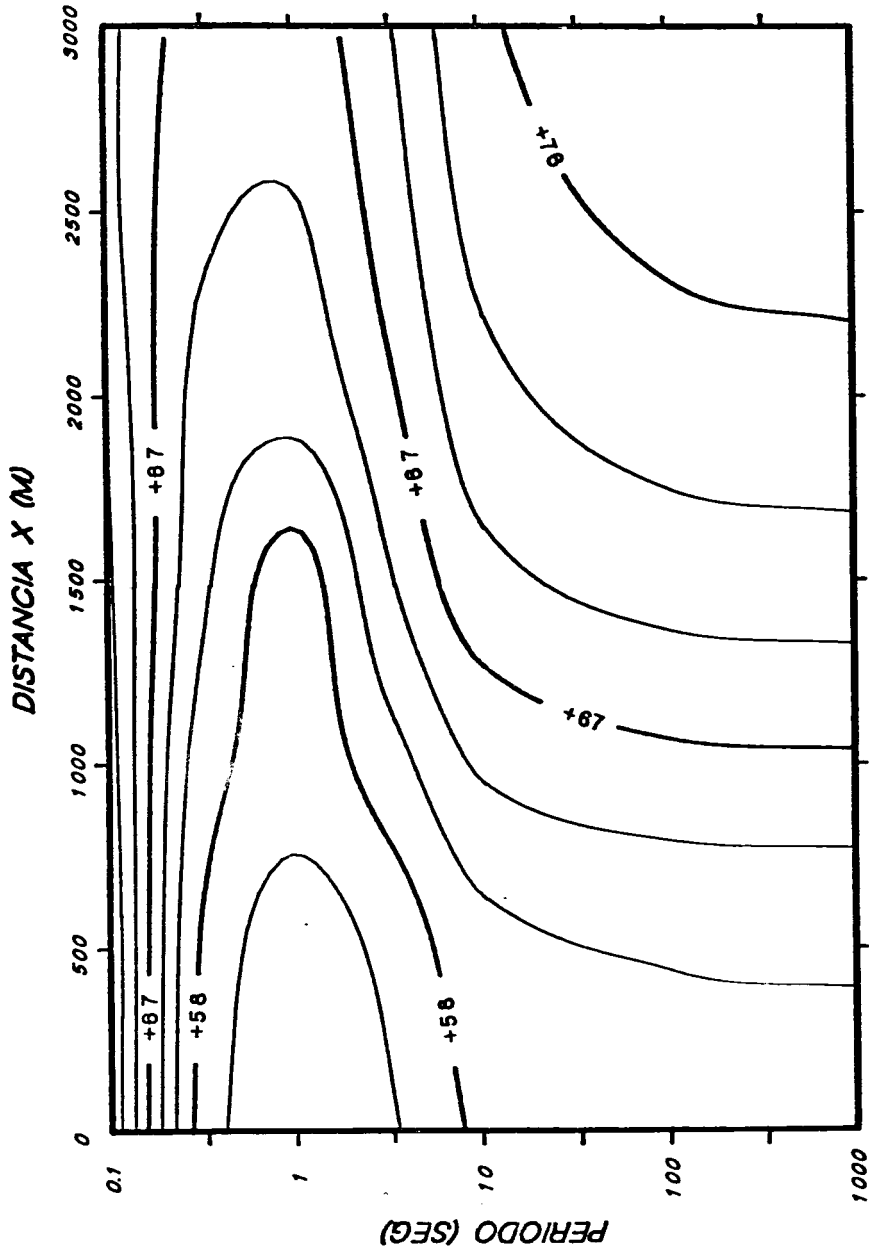
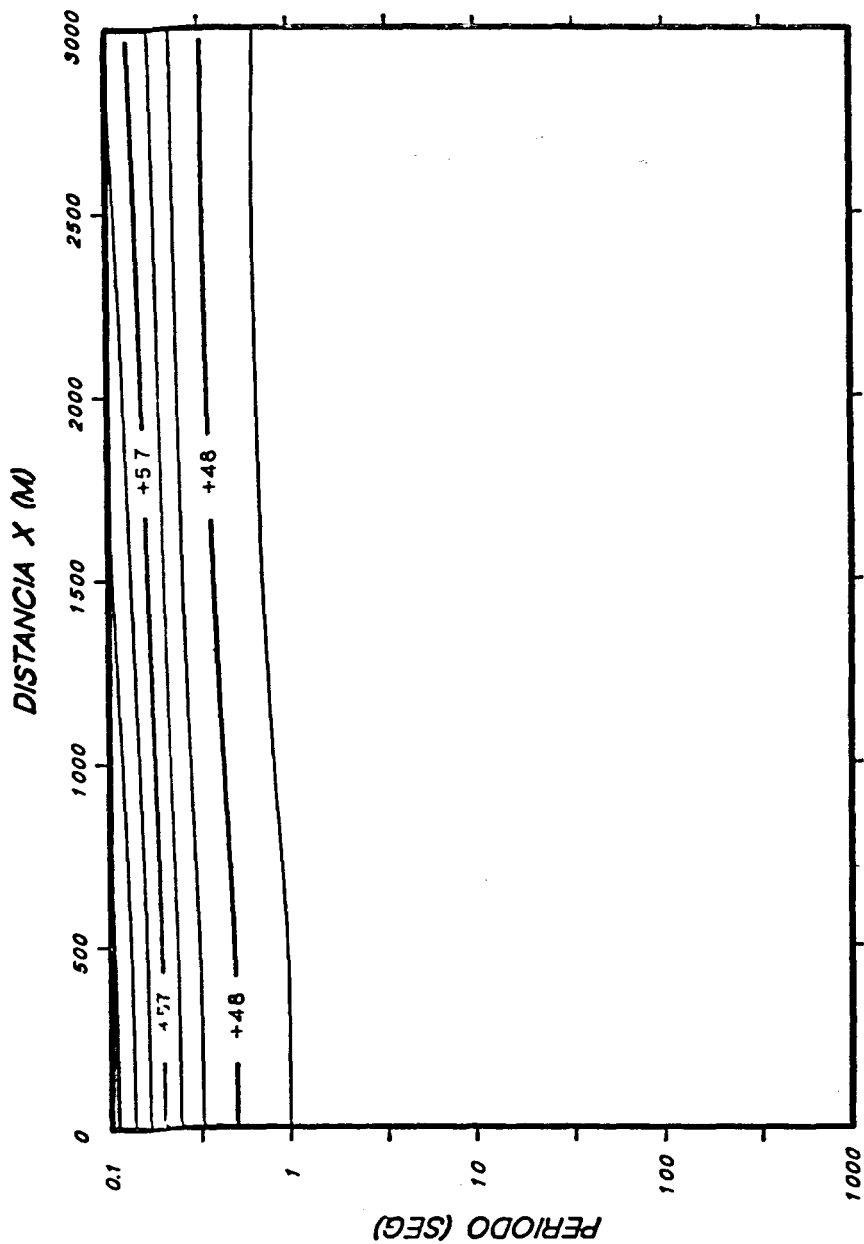
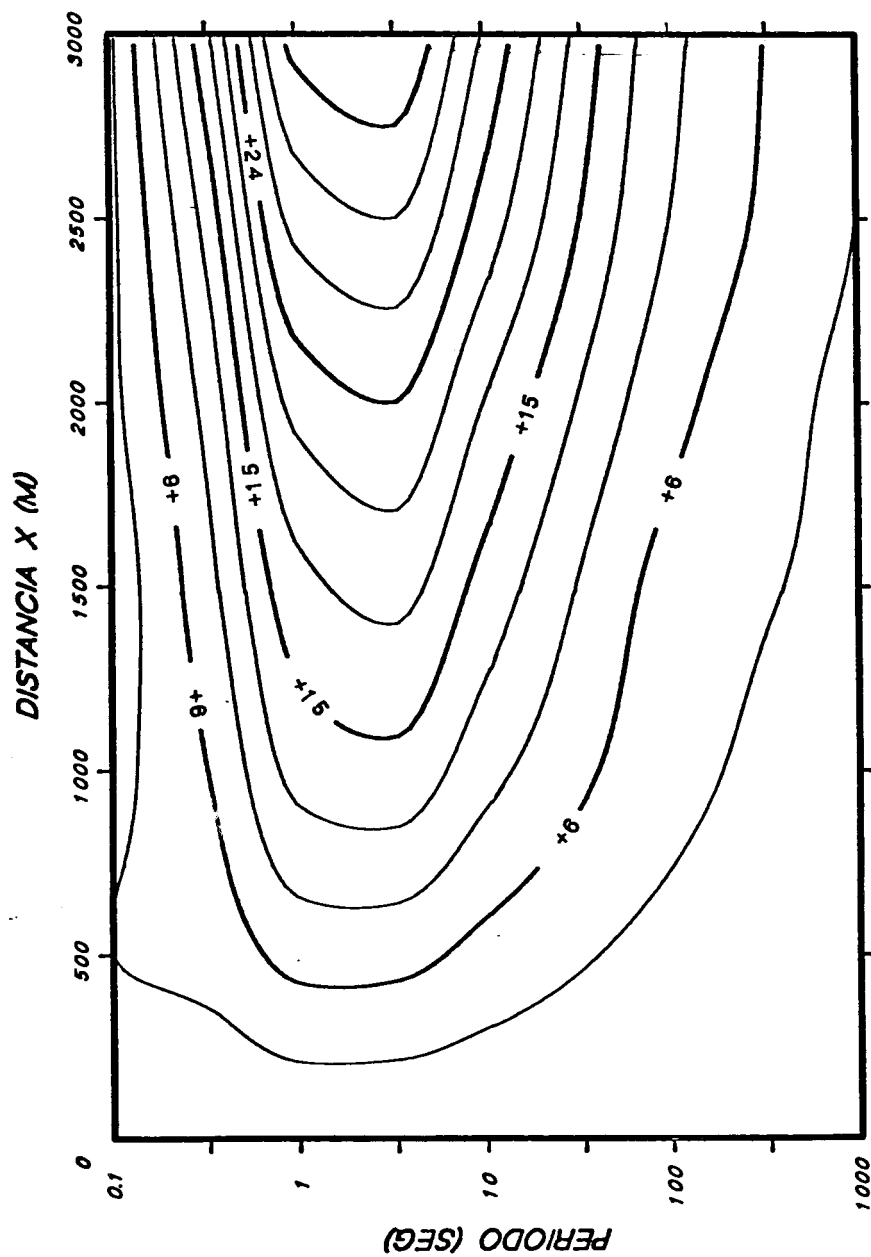


FIG. 4
RESISTIVIDAD APARENTE (%) EN OHMS-M

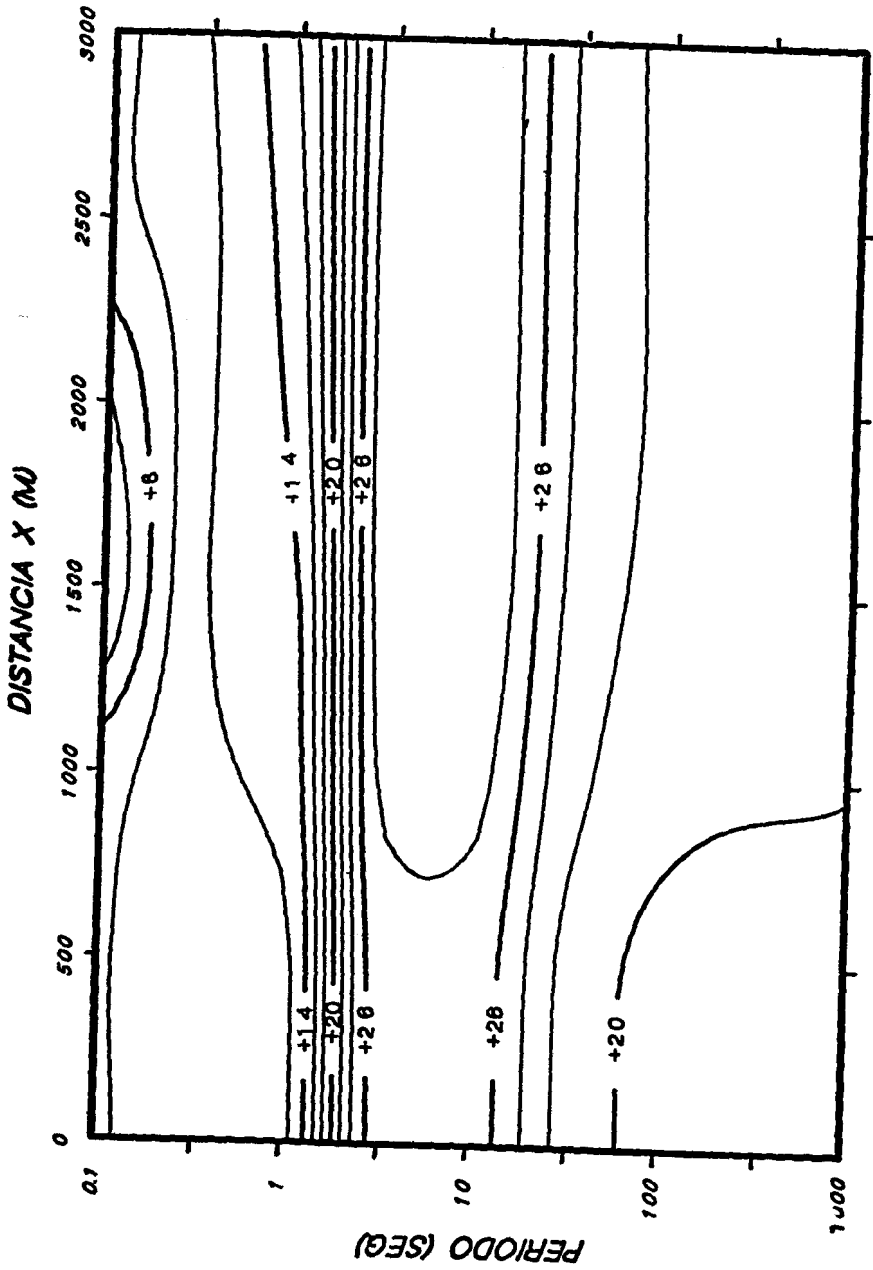


FASE (XX) EN GRADOS

FIG. 5



OPERADOR DE INCLINACION (TIPPER) X 1 000



RESISTIVIDAD APARENTE (ρ_a) EN OHMS-M

FIG. 7

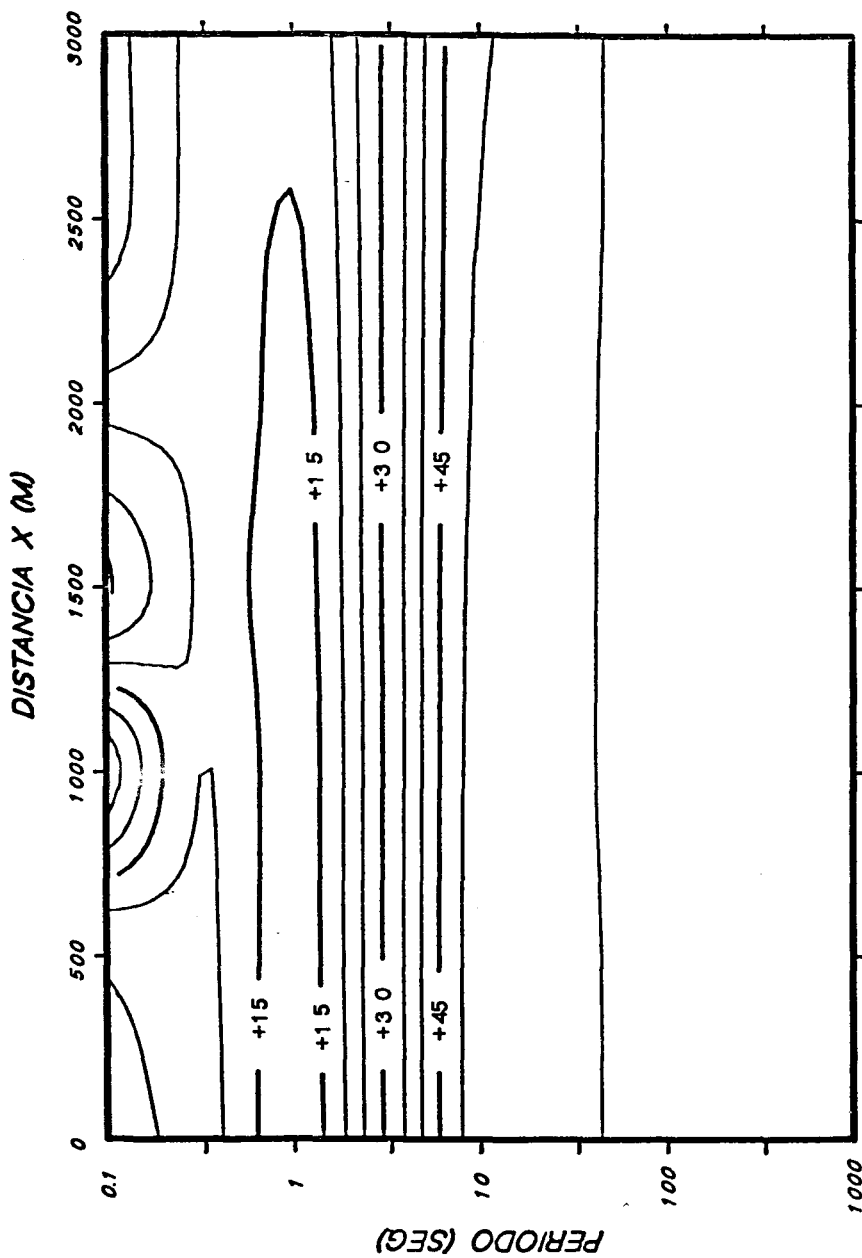
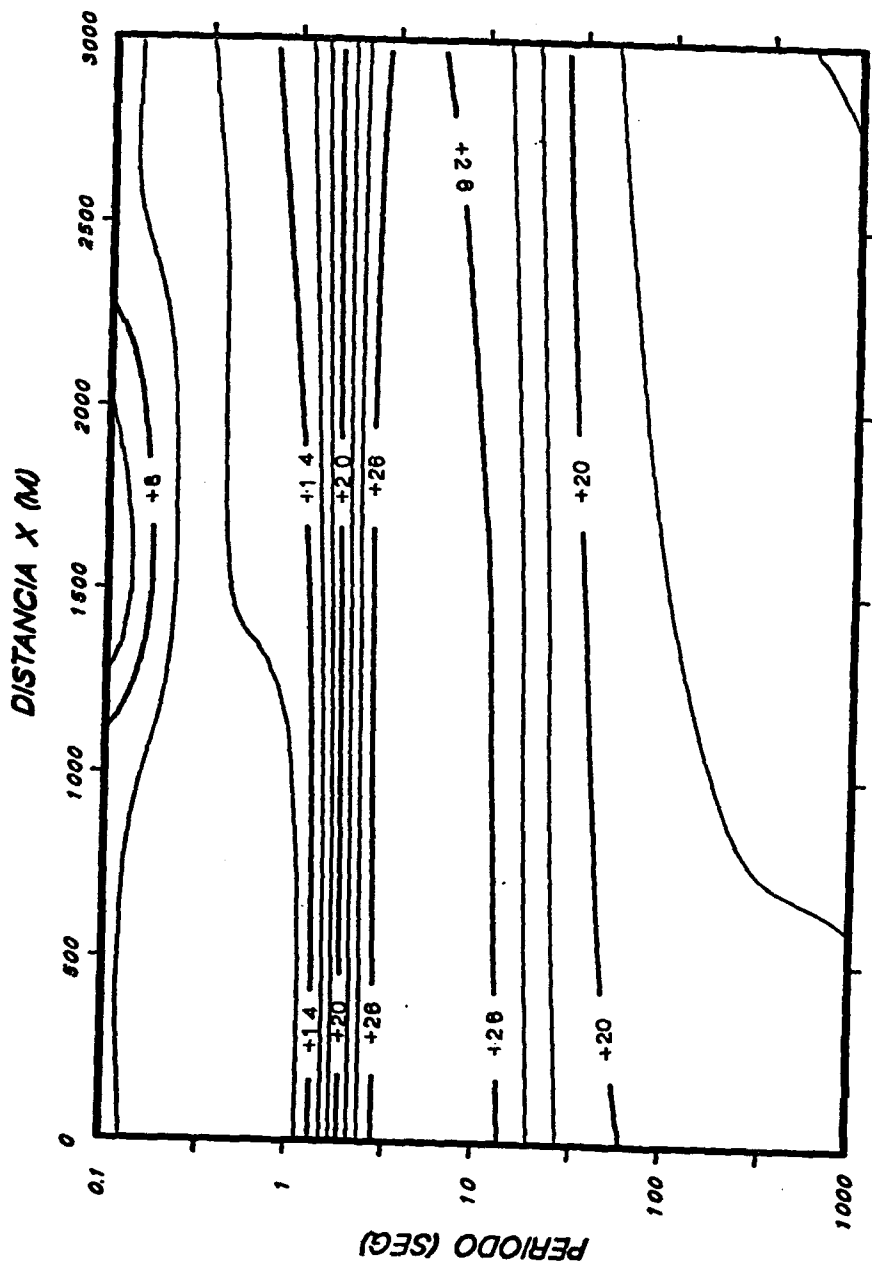


FIG. 8

FASE (XY) EN GRADOS



RESISTIVIDAD APARENTE (X) EN OHMS-M

Fig. 9

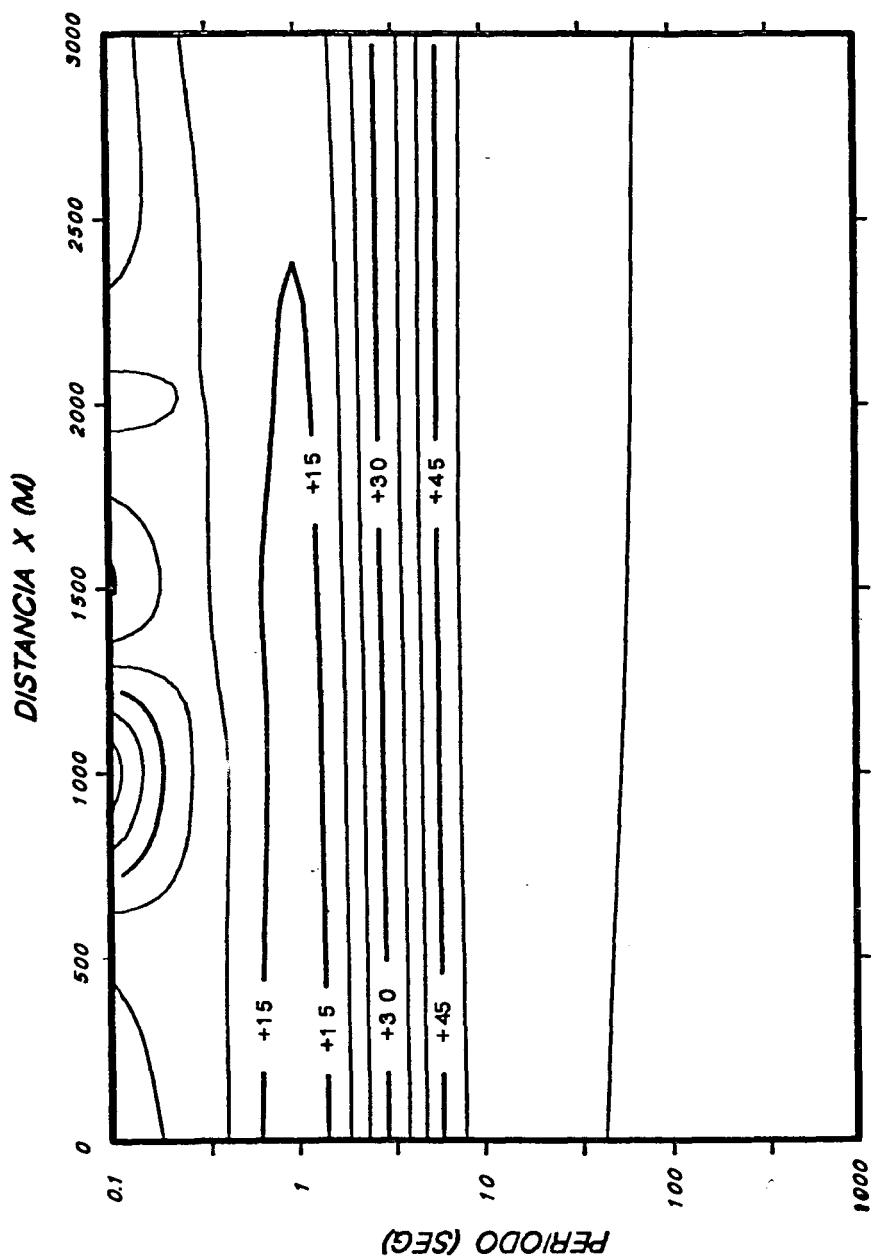


FIG. 10

FASE (XX) EN GRADOS

PALEOMAGNETISMO Y AEROMAGNETISMO EN EL AREA
DE AGUA DE OBISPO-TIERRA COLORADA, ESTADO DE
GUERRERO *

Por: Dámaso Francisco Contreras Tebar
Luis Cuauhtémoc Ramírez Cruz
Jaime Urrutia Fucugauchi
Laboratorio de Paleomagnetismo y
Geofísica Nuclear
UNAM

INTRODUCCION

El paleomagnetismo es una rama de la geofísica que utiliza una de las propiedades físicas de la Tierra, como es el campo magnético, para realizar una reconstrucción de la historia de ésta.

A través de las últimas décadas ha cobrado gran importancia dentro de los estudios geológicos y geofísicos, ya que ha sido una herramienta muy importante para resolver problemas que antes no tenían una solución satisfactoria.

Dentro de las aplicaciones más conocidas se tienen aquellas relacionadas con las teorías sobre el origen y evolución del planeta, Teoría de la Tectónica de Placas, etc. Además, su campo de aplicación se ha extendido a otras áreas, tales como: Arqueomag-

* Trabajo presentado en la conmemoración del XV Aniversario de la carrera de Ingeniero Geofísico en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Publicado con permiso de la Facultad de Ingeniería.

netismo, estratigrafía, interpretación magnetométrica, etc.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el magnetismo remanente natural (MRN) de las rocas y su influencia en las anomalías magnéticas; para ello se realizó un muestreo en la zona de Agua de Obispo-Tierra Colorada en el que se colectaron muestras de la Formación Agua de Obispo y de la Formación Alquitrán.

En el laboratorio se hizo el análisis de los especímenes obtenidos de las muestras, utilizando las técnicas del paleomagnetismo, con las que se midió su MRN y se hizo la correspondiente interpretación.

También se realizó un estudio magnetométrico del área de interés, analizando la anomalía principal (más intensa), para lo que se digitizaron los datos aeromagnéticos cada 200 m, formando una malla regular de 8 x 9.6 km.

Para interpretar los datos magnéticos se hizo un modelado bidimensional por el método de Talwani, así como continuaciones ascendentes, reducción al polo, primera y segunda derivada.

En la interpretación magnetométrica generalmente no se toma en cuenta el MRN de las rocas, pues sólo se considera la magnetización inducida; esto puede traer como consecuencia algunos

errores en la interpretación de los datos. Es por ello que en este estudio se muestra cómo el paleomagnetismo puede ser una buena herramienta dentro de la interpretación de datos magnetométricos, pues existen casos en los que no es posible tener una buena interpretación considerando sólo el magnetismo inducido.

AREA DE ESTUDIO

Debido a que este estudio paleomagnético está enfocado a la exploración geofísica, la zona de interés fue elegida por las altas anomalías magnéticas que ahí se presentan.

Este estudio se realizó en rocas volcánicas que son las que predominan en dicha zona y que representan las posibles causas de las altas anomalías.

La zona de interés que fue muestreada se localiza al SW de la Ciudad de Chilpancingo, a 6 km al NW de la población de Rincón de la Vía, Guerrero, Figura 1. La vía de comunicación principal es la carretera México-Acapulco. Las coordenadas geográficas de la zona son $17^{\circ} 20'$ latitud norte y $99^{\circ} 30'$ longitud oeste

La región presenta una topografía muy abrupta que hace difícil su acceso y tiene un clima semicálido con lluvias en el verano.

Aproximadamente su precipitación anual media es de 1000-1200 mm. La altura promedio de sus sierras es de 1800 m sobre el nivel - del mar, la región está poblada por densos bosques de pino, encino y madroño.

GEOLOGIA

El área estudiada se encuentra localizada en la provincia - fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que se extiende a través de los Estados de Jalisco, Guerrero y Oaxaca, hasta el Istmo de Tehuantepec.

Su longitud es de 1200 km y su anchura promedio de 100 km, su elevación promedio es de 2000 m snm. Está formada por rocas graníticas-gneisicas del Precámbrico, metasedimentos del Paleozoico, sedimentos plegados del Mesozoico y sedimentos continentales del Terciario.

ESTRATIGRAFIA

La unidad estratigráfica más antigua es el Complejo Xolapa que consiste de esquistos de biotita. Los sedimentos originales - clásticos son de edad Precámbrica o Paleozoica.

Esta unidad está cubierta discordantemente por la Formación Ixcuinatoyac, que consiste de filitas y cuarzitas, probablemente Paleozoicas (espesor 400 m) (Klesse, 1970).

Esta unidad a su vez está cubierta discordantemente por la Formación Chapolapa, de edad Triásico-Jurásico, que está constituida de rocas volcánicas y sedimentarias con un espesor de 100 m.

A esta unidad sobreyace discordantemente la Formación Morelos que consiste de 500 a 1000 metros de caliza y dolomita plegadas de edad Cretácico tardío-temprano.

Encima de la superficie de erosión postcretácica se depositaron rocas volcánicas Terciarias que han sido incluidas en la Formación Agua de Obispo y en la Formación Alquitrán, cuyas edades son Oligoceno y Mioceno, respectivamente.

Formaciones Estudiadas

Formación Agua de Obispo. - Esta Formación en la zona de estudio tiene un espesor de cerca de 800 m (Klesse, 1970) y consiste en partes de flujo de lava de composición cuarzo latítica en su parte inferior y latita en su parte superior.

Bajo el microscopio la latita muestra una textura pilotaxítica, los feldespatos son en parte potásicos y en parte plagioclasa, también hay abundante Hypersteno que es un mineral del grupo piroxeno, cuya composición es magnesio y fierro. Su edad es del Oligoceno tardío y Mioceno temprano.

Formación Alquitrán.- Esta formación tiene un espesor aproximado de 800 m, el cerro llamado del Toro está constituido por rocas de esta formación. Consiste de flujos piroclásticos de varios grados de consolidación, el color de la roca es gris rosado y contiene fenocristales de cuarzo, feldespatos, biotita y horblenda juntamente con fragmentos líticos. Su composición es riodacítica, la edad que se le asigna es del Mioceno en base a su posición estratigráfica.

ANALISIS E INTERPRETACION MAGNETOMETRICA

El objetivo de la interpretación magnética es el de tratar de determinar el cuerpo anómalo que nos produce una anomalía magnética. Así, se trata de determinar la geometría del cuerpo, profundidad a la que se encuentra y sus características magnéticas.

La anomalía magnética estudiada se encuentra situada sobre el cerro del Toro y cerro de la Vaca en las proximidades del poblado Rincón de la Vía, Gro. Es una anomalía magnética de gran

intensidad, Figura 2.

Presenta una forma dipolar invertida, con su máximo magnético hacia el norte y el mínimo magnético hacia el sur. Ocupa aproximadamente una extensión de cerca de 77 km^2 , y se encuentra sobre una zona con topografía abrupta.

Procesado de la Anomalía

Para poder aplicar los diferentes algoritmos a la anomalía estudiada, se digitizó ésta con un espaciamiento de 200 m formando una malla regular de $8 \times 9.6 \text{ km}$. Sobre esta anomalía se trazó un perfil A-B con rumbo de 18.5° NW , Figura 3. La diferencia entre el máximo y el mínimo observados es de 1500 gamas.

Se continuó la anomalía a 400 y 500 metros hacia arriba, de donde se pudo observar que la forma de la anomalía se conserva, sufriendo un pequeño suavizamiento, por lo que se puede pensar que la fuente es "profunda".

También se realizó la Reducción al Polo, con lo cual se pudo modelar y obtener parámetros preliminares del cuerpo y sus características, como son su ubicación y su profundidad.

Se calcularon también la primera y segunda Derivada, con lo que se obtuvieron los mapas correspondientes y se determinó mayor información acerca de la fuente.

Finalmente se utilizó el algoritmo bidimensional de Talwani para tratar de ajustar diversos modelos de cuerpos geométricos al perfil de la anomalía estudiada.

Los parámetros magnéticos y geométricos utilizados se fueron modificando, de acuerdo con la forma y orientación de la anomalía, hasta obtener un modelo óptimo. Dicho modelo tiene los siguientes parámetros: Profundidad 2 kms, ancho 3 kms, susceptibilidad de 0.03 emu, inclinación de 50° y una intensidad de magnetización total efectiva de 13×10^{-3} A/m, con declinación norte-sur.

A consecuencia del carácter dipolar invertido de la anomalía, no es posible usar en el modelado sólo la magnetización inducida, la cual tiene la polaridad del campo magnético actual (declinación al norte e inclinación bajo la horizontal). Por tal motivo, en el modelado se debe considerar una magnetización remanente con polaridad reversa.

Con los datos de interpretación anteriormente referidos podría pensarse que se trata posiblemente de un cuerpo ígneo intrusivo

(ejemplo: un dique), lo que nos está provocando esta anomalía, pero posteriormente se verá, en el análisis paleomagnético del lugar, que la conclusión anterior podría ser errónea y deberse únicamente a la fuerte remanencia existente en la zona.

ANALISIS E INTERPRETACION PALEOMAGNETICA

Para realizar el estudio paleomagnético se colectaron muestras orientadas con respecto a las coordenadas geográficas y a la vertical del lugar de las Formaciones Alquitrán y Agua de Obispo. La primera fue muestreada en un lugar llamado Barranca del Toro, el cual fue dividido para efecto del muestreo en 10 sitios, de los cuales se extrajeron 91 núcleos orientados utilizando el método de perforación.

Del total de estas muestras se desecharon 13 por estar la roca intemperizada y fracturada, quedando un total de 78.

En la orientación de las muestras se utilizó un aparato que hace la función de brújula e inclinómetro.

La Formación Agua de Obispo fue muestreada en dos sitios localizados al noreste de la Barranca del Toro, de la cual se obtuvieron 16 muestras para tener un mejor control de la zona estudiada.

En el laboratorio se procedió a cortar las muestras en especímenes de 2.2 centímetros y a medir su MRN determinando la declinación, inclinación e intensidad originales, Figura 4.

Con los datos obtenidos de estas mediciones se realizó un análisis estadístico por el Método de Fisher para caracterizar las propiedades de las muestras de la zona en estudio. De aquí se obtuvieron los parámetros como son: La declinación e inclinación media (que determinan la dirección media del lugar), el parámetro k que nos determina el agrupamiento de las direcciones; a tal parámetro se le denomina de precisión. Además, se obtuvieron otros parámetros que nos indican el grado de dispersión de las direcciones, como son: El Alfa 95 (α_{95}), Teta 50 (θ_{50}), Teta 63 (θ_{63}) y Teta 95 (θ_{95}), que nos indican el grado de dispersión con una confianza del 95%, el error probable, la desviación estándar circular y el error al 95% de la distribución normal, respectivamente.

Después del análisis estadístico se procedió a determinar la estabilidad del magnetismo remanente natural de las rocas utilizando los métodos de desmagnetización por campos magnéticos alternos decrecientes y desmagnetización térmica.

Desmagnetización por Campos Magnéticos Alternos Decrecientes.

Consiste en aplicar etapas progresivas de un campo magnético alterno en forma decreciente, sobre el espécimen que se encuentra en rotación; esto elimina los momentos magnéticos de acuerdo a su dureza y en forma proporcional a la intensidad máxima del campo aplicado.

Como la MRN de una roca es en el caso más general la resultante de varias magnetizaciones remanentes primarias y secundarias (MRp y MRs) con diferentes magnitudes y direcciones. En este proceso de desmagnetización la dirección y la intensidad del MRN puede cambiar después de cada etapa de lavado.

Este proceso fue aplicado a una o dos muestras representativas de cada sitio, pudiéndose determinar su comportamiento a través de las gráficas J_i/J_o (donde J_i es la intensidad obtenida en las diversas etapas de desmagnetización y J_o es la intensidad original) y las redes estereográficas donde se grafica las direcciones finales después de la desmagnetización, Figura 5 y 6.

A través de este procedimiento se determinó que en la mayoría de los sitios las coercitividades son menores o iguales a 1000 Oersted, que son características de la serie de Titanomagnetitas.

En las muestras de la Formación Alquitrán los minerales magnéticos son de la serie de la Titanomagnetitas, con tamaños de grano fino que presentan intensidades altas de magnetización.

Se pudo observar cómo las direcciones finales después de la desmagnetización se conservaron, por lo que corresponden a la dirección del campo magnético en la época de formación de las rocas.

Desmagnetización Térmica.

Este proceso consiste en someter a las muestras a altas temperaturas en forma progresiva, dejándose enfriar durante cada etapa del proceso (aisladas de cualquier campo magnético) midiendo la intensidad y dirección del magnetismo remanente hasta alcanzar su temperatura de bloqueo.

Este comportamiento se analiza mediante las gráficas J_i/J_o , Figura 7, que se hacen de cada muestra piloto. Los resultados obtenidos nos indican que la dirección de la magnetización remanente no varía con la temperatura, concluyéndose que la temperatura mínima de emplazamiento es superior a los 400°C.

Esto concuerda con las observaciones de campo y las petro-

gráficas que muestran que las rocas están piroconsolidadas y constituyen ignimbritas.

CONCLUSIONES

La anomalía magnética estudiada presenta carácter dipolar - invertido, por lo que no es posible usar en el modelado sólo la magnetización inducida (que tiene la polaridad del campo magnético actual), por lo que se requiere considerar una magnetización remanente con polaridad reversa.

Algunos sitios de la Formación Alquitrán presentan magnetización remanente natural de polaridad intermedia, teniendo la mayoría polaridad reversa que podría explicar la anomalía aeromagnética invertida observada en la zona.

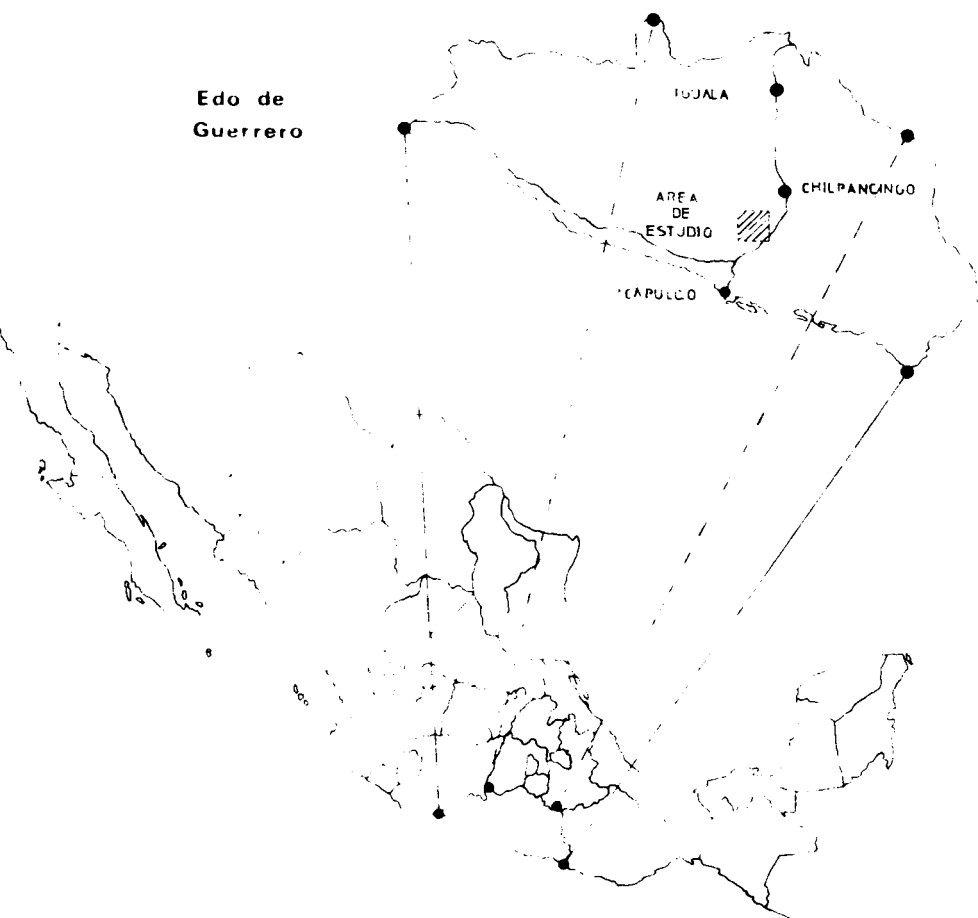


Fig. 1

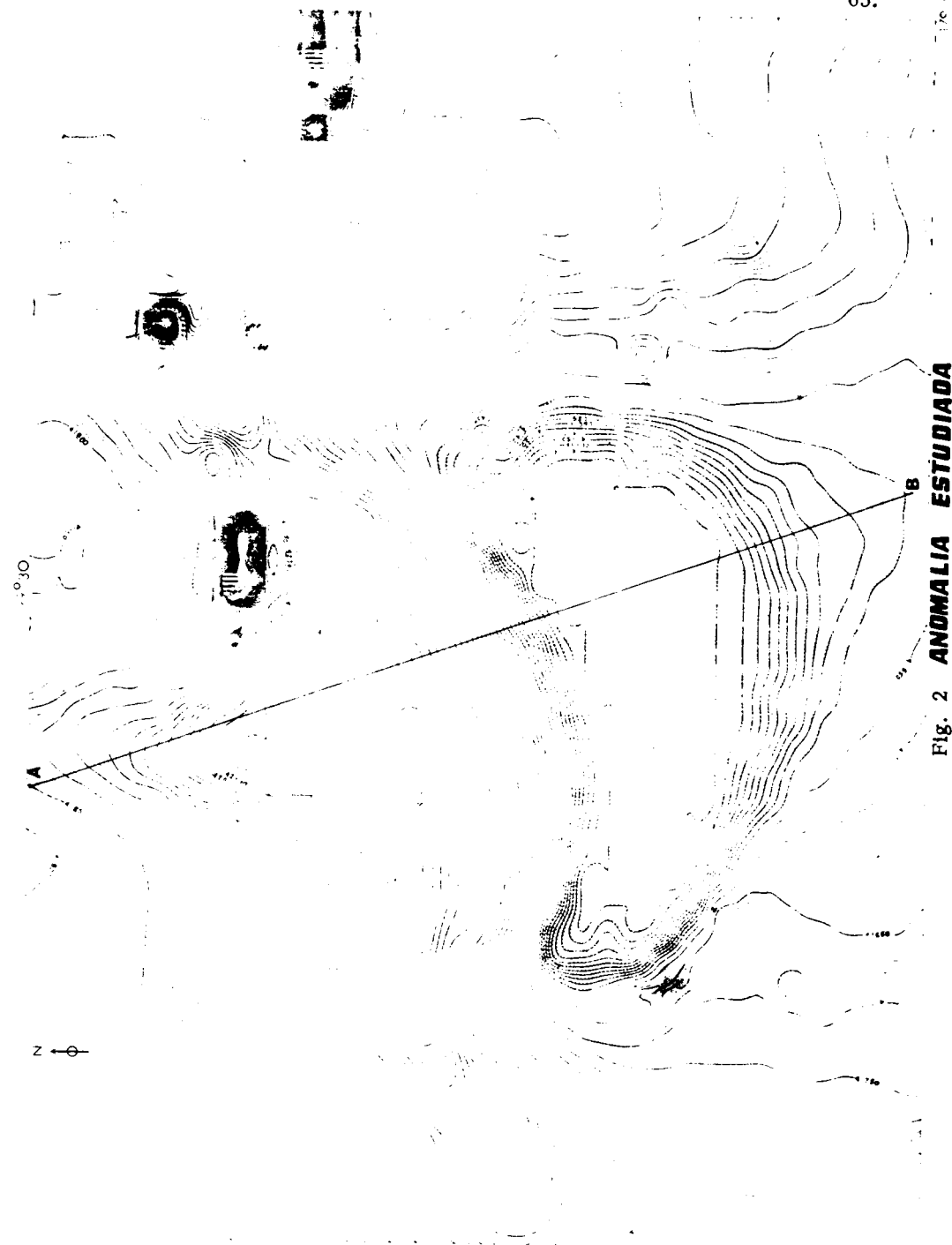
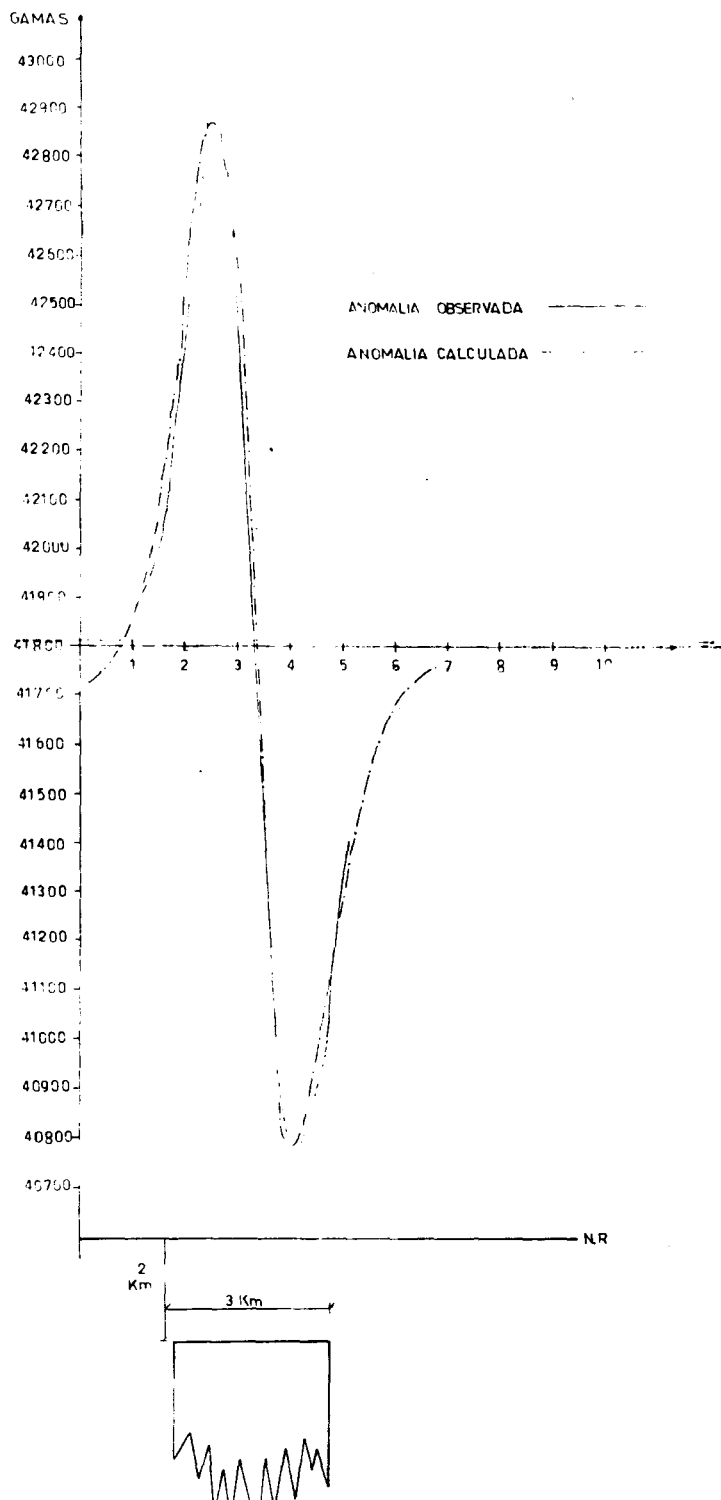


Fig. 2 ANOMALIA ESTUDIADA



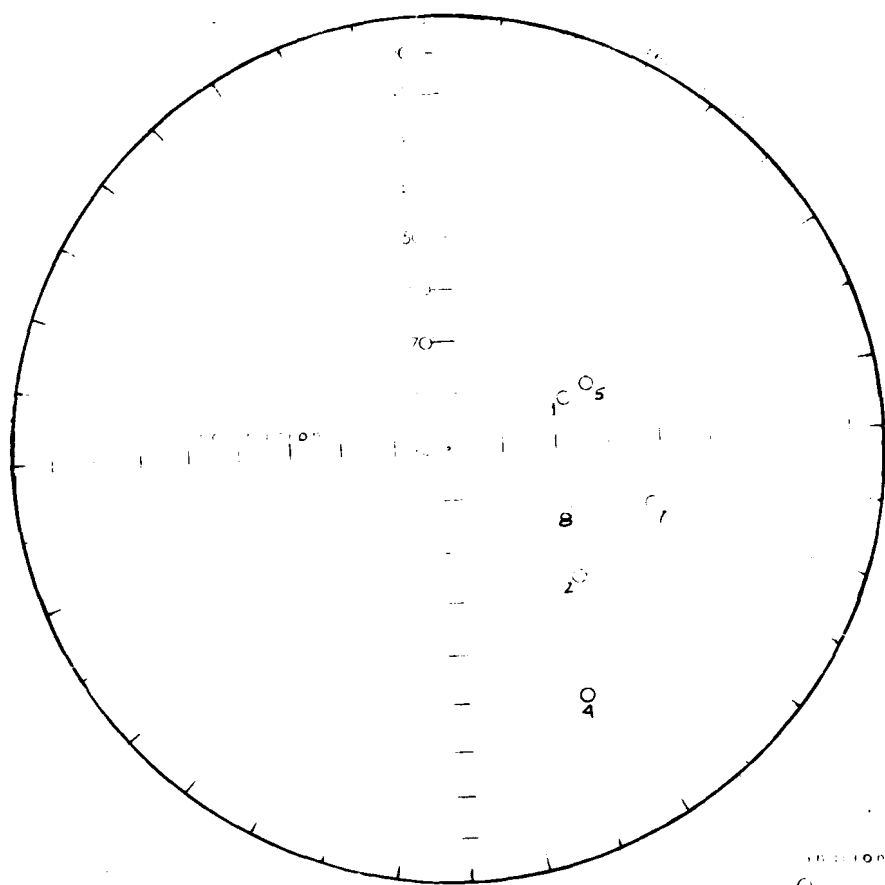


TABLE I-A

RESULTS OF CALCULATIONS

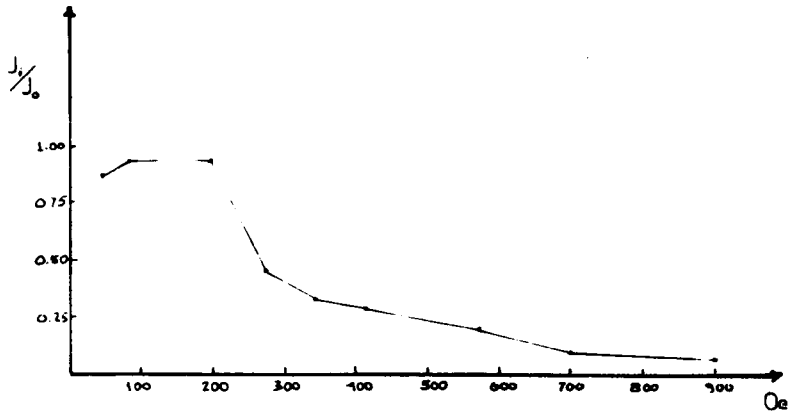
Fig. 4

	$R = 5.60$	$\alpha_s = 19.65^\circ$
<u>TABLA</u>	$D = 116.07^\circ$	$\theta_{sc} = 19.03^\circ$
<u>I-A</u>	$\mathcal{I} = -59.61^\circ$	$\theta = 22.84^\circ$
	$k = 12.58$	$\theta_{sc} = 34.48^\circ$
	$N = 6$	

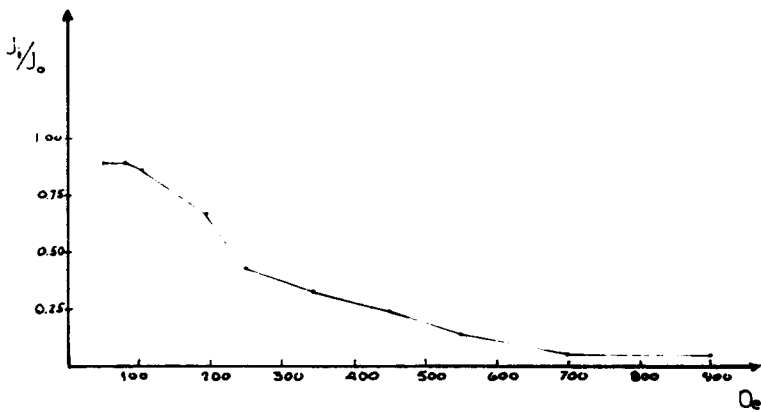
Fig. 5

68.

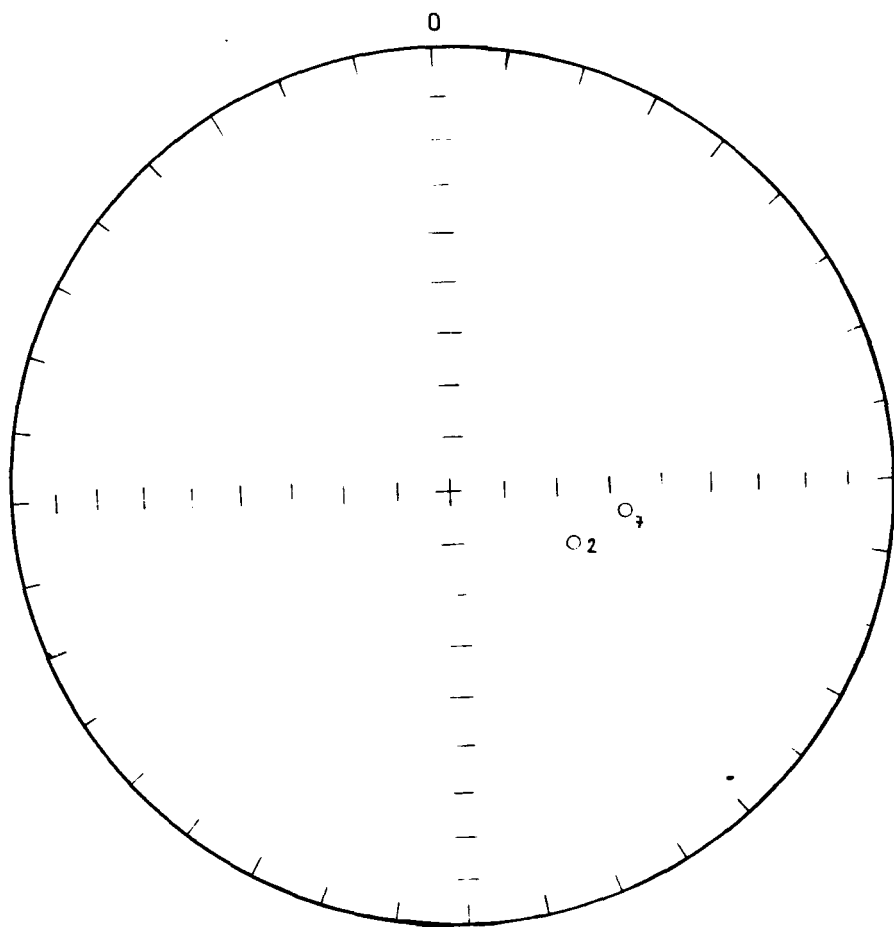
MUESTRA 2



MUESTRA 7



D. C. M. A. D.



SITIO 1

DESMAGNETIZACION POR CAMPOS MAGNETICOS

ALTERNOS DECRECIENTES

(D.C.M.A.D.)

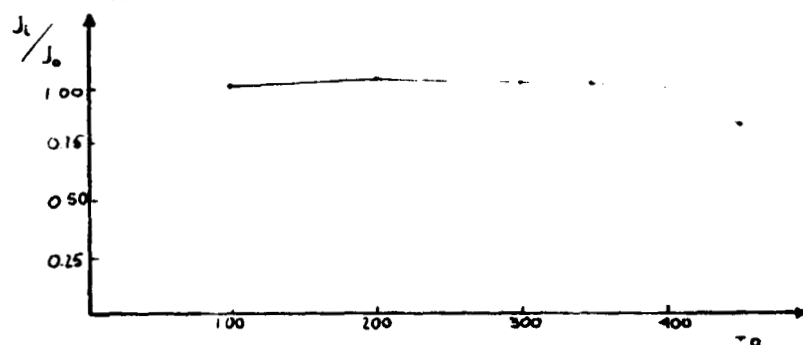
RINCON DE LA VIA GRO.

Fig. 6

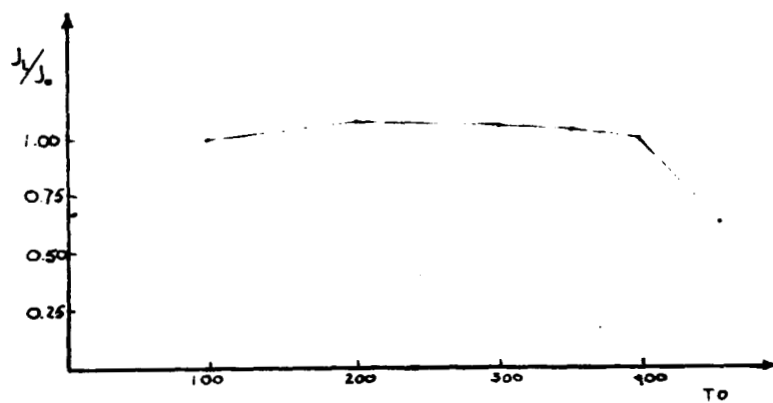
Fig. 7

70.

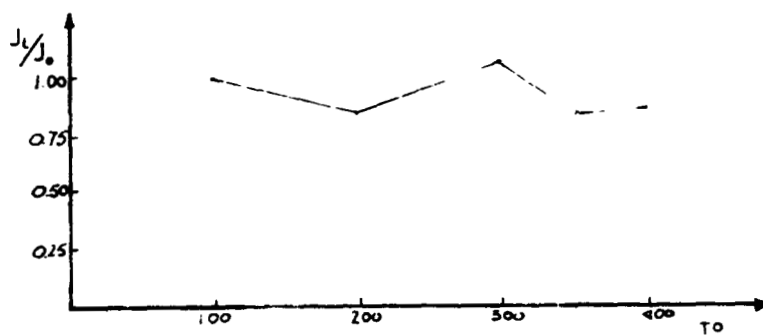
MUESTRA 24



MUESTRA 26



MUESTRA 27



DESMAGNETIZACION TERMICA



perforadata, s. a.

SERVICIOS DE EXPLORACION

- **GRAUMETRIA**
- **SISMOLOGIA**
- **PERFORACION**
- **GASOMETRIA**
- **DELTA CARBONATOS**
- **POZOS DE AGUA**

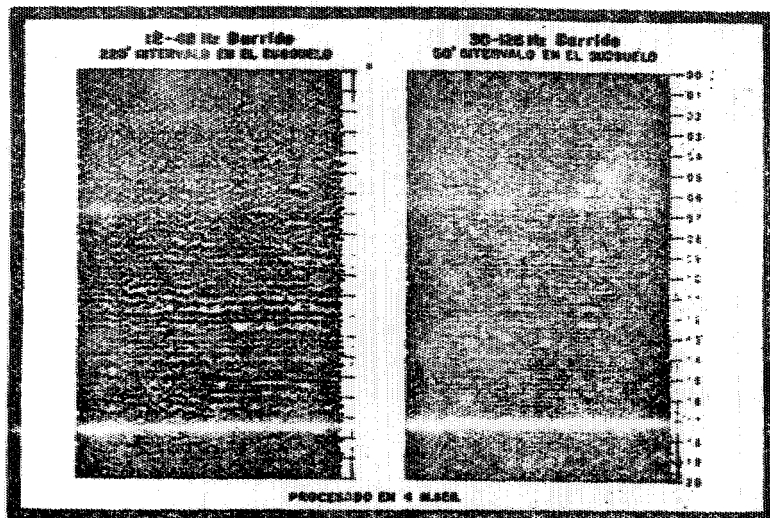
CON LA EXPERIENCIA DE 32 AÑOS AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA PETROLERA MEXICANA.

**AV. JUAREZ 117 6o. PISO
MEXICO 1, D.F.**

TEL. 566-44-11

Mayor energía para usted!

**MAYOR ENERGIA
MEJOR PENETRACION Y RESOLUCION
DEL VIBRADOR DE ESPECTRO AMPLIO
MAS POTENTE EN LA PRODUCCION
DE HOY**



El vibrador estándar de GSI, de alta poder no tan solo desarrolla la más alta energía sino que además es el más flexible el de mayor precisión y al mas digno de confianza.

POTENCIA: De 30,240 libras de fuerza¹ poco permite el uso de menos máquinas en el campo.

FLEXIBILIDAD: El vibrador de GSI puede barrer hacia abajo o hacia arriba con la misma potencia entre 5 y 200 Hz con desplazamiento constante o la baja frecuencia.

PRECISION: Los circuitos electrónicos potenciados permiten un control de acoplamiento de fase que reduce considerablemente la distorsión armónica y permite barridos hacia arriba o hacia abajo o planea fuerza sobre el rango completo de frecuencias.

Los límites están sincronizados con precisión mediante señales de radio codificadas para mayor eficiencia en el campo.

CONFIANZA: El diseño mecánico con mayor resistencia a fatiga descomponibles y mantenimientos, reduciendo de este manera el costo extra que se tiene para repararlo.

A disposición inmediata.

Para mayor información, llamar y escribir a:
**GSI DE MEXICO, S.A. DE C.V. RFO 5000 No. 22
7° piso MEXICO S.D.F. TEL. 566-02-44.**



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

subsidiaria de

TEXAS INSTRUMENTS

DAVIS DIVISION

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS**



Seiscor Corporation of Mexico

**RIO TIBER 50-101 MEXICO 5, D.F.
TELEFONOS : 514-47-94 514-47-96**

**SUBSIDIARIA DE
SEISMOGRAPH SERVICE CORPORATION
6200 East 41st. St. • Box 1590 • Tulsa, Oklahoma, U.S.A.**

ESPECIALIZADOS EN :

SERVICIO DE GEOFISICA

- Levantamientos :**
- Sismológicos
 - Gravimétricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC-Levantamiento Electrónico

SERVICIO DE REGISTRO DE POZOS

- Registros para Evaluación de Formaciones
- Registros de Pozos de Producción
- Servicio de Terminación Permanente
- Registro Continuo de Velocidad



GEOEVALUACIONES, S.A.

AV. AMAGUZAQ 818 MEX. 12, D.F. Tel. 5-33-22-19 5-72-00-22

- Servicios de Gravimetría Terrestre
- Geología Superficial
- Métodos Eléctricos para Geohidrología y Geotecnia
- Métodos Sísmicos para Geohidrología y Geotecnia
- Servicios de Registros Geofísicos para pozos de agua
- Servicios de Interpretación
- Análisis Químicos de agua para fines Geohidrológicos e Industriales.



EMPRESA 100% MEXICANA
AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA
PETROLERA



BRUSELAS 10-3^{er} PISO
COL. JUAREZ
MEXICO 6, D.F.

566 41 44
TELS. 566 43 90
566 42 37

Síntesis de Información inepi Geográfica por Estados nepi

A través de la Síntesis de Información Geográfica por Estados, se pretende ofrecer una visión integrada de la geografía física de cada entidad, señalando, además, en función del análisis de ella, cuáles son las posibilidades para el aprovechamiento de los recursos en las actividades agrícolas, ganaderas y forestales.

	Costo de envío	
	Nacional	Internacional
• Aguascalientes	\$ 1 800.00	USCY 7.00
• Coahuila	\$ 2 800.00	USCY 9.00
• Guerrero	\$ 1 200.00	USCY 5.00
• Jalisco	\$ 2 200.00	USCY 12.00
• México	\$ 1 800.00	USCY 9.00
• Morelos	\$ 1 700.00	USCY 7.00
• Nayarit	\$ 1 800.00	USCY 9.00
• Nuevo León	\$ 2 800.00	USCY 9.00
• Tlaxcala	\$ 2 000.00	USCY 7.00
• Zacatecas	\$ 2 000.00	USCY 10.00

Informes, Consulta y Ventas en Balderas No. 71-P.B.
y en Insurgentes Sur No. 795-P.B.
Tel.: 521-42-51, 667-46-91 y 510-47-75

Por el Inventario de la República se otorga cheque certificado a favor de INEGI-SEP, Oficina General de Integración y Análisis de la Información, Centeno No. 670, 3er. piso, Col. Granjas México, Delegación Tlalcoyote, 08400 México, D. F., Tel. 657-89-44, Ext. 214



SEP
programación y presupuesto
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA

La información estadística y geográfica es un servicio público y su difusión es comunicación social