

01179

3

24'

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

INTERPRETACION SISMOLOGICA-ESTRUCTURAL DEL AREA  
FRONTERA-ESPADAÑAL, ESTADO DE TABASCO.

ALEX IPARREA DECUIR

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE

POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER

EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA

(EXPLORACION)

CIUDAD UNIVERSITARIA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	1
II. GENERALIDADES.....	3
II.1. LOCALIZACION.....	3
II.2. ANTECEDENTES GEOFISICOS.....	5
II.3. ANTECEDENTES GEOLOGICOS.....	14
III. GEOLOGIA REGIONAL.....	18
III.1. EVOLUCION SEDIMENTARIA.....	18
III.2. TECTONICA.....	38
III.3. DESCRIPCION LITOLOGICA DE LAS UNIDADES CRONESTRATIGRAFICAS DEL AREA.....	44
IV. INTERPRETACION SISMOLOGICA-ESTRUCTURAL.....	47
V. METODOS POTENCIALES.....	59
V.1. GRAVIMETRIA.....	59
V.2. MAGNETOMETRIA.....	71
VI. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	76
VII. CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
APENDICE A. METODO EMPLEADO PARA OBTENER LA SEÑAL..	A.1
APENDICE B. SECCIONES SISMICAS PRESENTADAS.....	B.1
APENDICE C. PROCESADO DE METODOS POTENCIALES.....	C.1

## RESUMEN

Se estudia un área principalmente desde el punto de vista sismológico-estructural. Previamente se ofrece un panorama regional describiendo su evolución sedimentaria y tectónica.

En el estudio sismológico-estructural se interpretan secciones sísmicas tanto del área como de estructuras cercanas y se correlaciona y mapea un horizonte que se postula como la cima del Cretácico Superior, con el objeto de proponer localizaciones para su perforación en busca de acumulación comercial de hidrocarburos.

En un intento de apoyar la interpretación sismológica se procesan y analizan datos de gravimetría y magnetometría, presentándose los mapas obtenidos.

Finalmente, dentro del marco de la geología estructural, se hace un análisis estadístico de las fallas interpretadas para obtener la dirección preferencial de los esfuerzos que actuaron sobre dicha área.

## I. INTRODUCCION.

Ante la necesidad de conservar y aumentar el nivel de las reservas probadas de hidrocarburos en el país, es indispensable extender la exploración petrolera hacia las áreas menos conocidas, primordialmente, por consideraciones de tipo económico y de infraestructura, hacia las partes adyacentes a campos productores.

Las perspectivas económico-petroleras de la provincia geológica de las Cuencas Terciarias del Sureste son muy amplias, si se toma en cuenta que aún quedan por explorar dentro de la cuenca mesozoica, gran parte de la región oriental entre el área Chiapas-Tabasco y la Plataforma de Yucatán, así como las áreas prioritarias en que se ha subdividido Chiapas-Tabasco. Por otro lado, dentro de los sedimentos terrigenos del Terciario, principalmente del Mioceno y Plio-Pleistoceno, también existen localidades por explorar en busca de los yacimientos de gas y aceite, especialmente en las Cuencas de Comalcalco y de Macuspana.

Como producto de lo anterior, desde 1985 se ha desarrollado un programa de observación sísmológica que cubre el área inmediata al este del Río Grijalva, la cual corresponde a la

parte nororiental de la Cuenca de Comalcalco y parte de la Cuenca de Macuspana. La información obtenida, integrada con secciones sísmicas observadas en la década de los 70's, muchas de las cuales han sido reprocesadas por el Instituto Mexicano del Petróleo, se ha interpretado tomando como base información reciente de geología de subsuelo, así como toda aquella información interdisciplinaria disponible, dando como resultado la proposición de algunas estructuras para su perforación con carácter de sondeo estratigráfico. La aprobación de dichas perforaciones permitirá, eventualmente, cubrir dos objetivos: primero, conocer la secuencia estratigráfica del Terciario Temprano y por lo tanto la profundidad del Mesozoico y segundo, determinar el potencial económico-petrolero de los horizontes cretácicos y jurásicos.

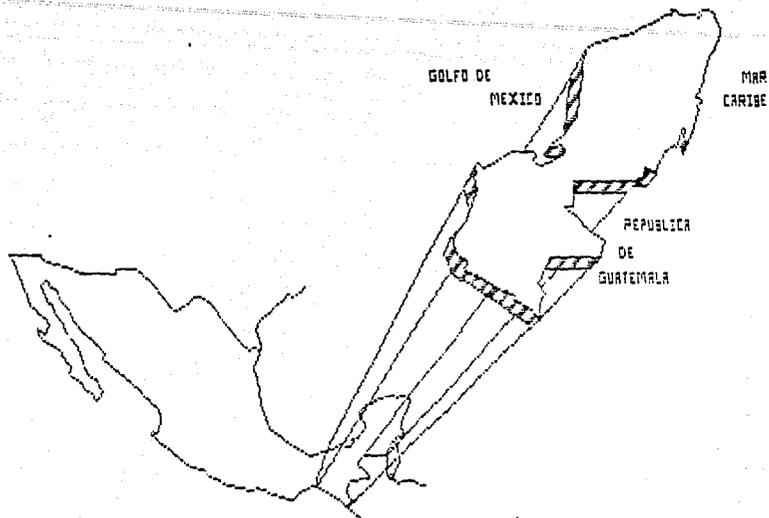
## II. GENERALIDADES.

El área que se estudia se encuentra ubicada dentro de la zona administrativa que Petróleos Mexicanos denomina Zona Sureste (Figura II.1), la cual, desde el punto de vista geológico, está enclavada en el Bloque Maya, que junto con el Bloque Oaxaca integra el sur de la placa de Norteamérica (Dengo y Bohnemberger, 1969). En el territorio del Bloque Maya correspondiente a esta Zona se encuentran partes de la Cuenca Mesozoica de Chiapas-Tabasco y de la Cuenca Terciaria del Sureste. Dichas unidades paleogeográficas están incluidas en la provincia geológica de las Cuencas Terciarias del Sureste (Figura II.2).

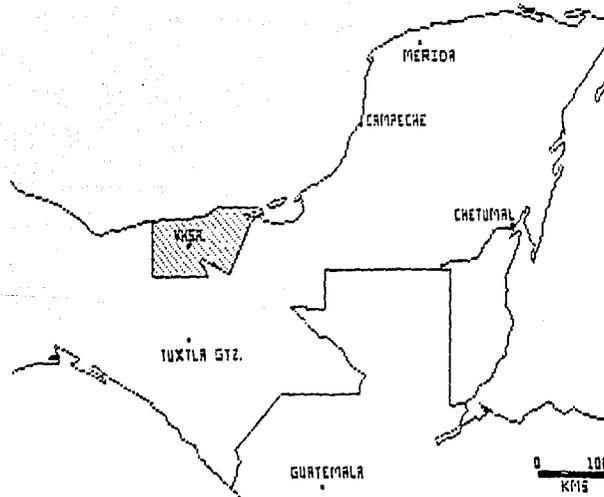
### II.1. LOCALIZACION.

Geográficamente, el área se encuentra entre los  $18^{\circ}25'$  y  $18^{\circ}38'$  de latitud norte y los  $92^{\circ}25'$  y  $92^{\circ}40'$  de longitud oeste.

El área estudiada, que cubre una superficie aproximada de  $500 \text{ Km}^2$ , se encuentra delimitada: al norte por la línea de costa; al sur por la línea imaginaria de los  $18^{\circ}25'$  de latitud norte;



**FIGURA II.1. Mapa de localización de la Zona Sureste.**



**FIGURA II.2. Provincia Geológica de las Cuencas Terciarias del Sureste (área achurada).**

al este por el Río San Pedro y San Pablo y al oeste por el Río Grijalva (Figura II.3).

Fisiográficamente se encuentra en la Planicie Costera del Golfo de México (Raisz, 1959). El área es sumamente pantanosa y poco comunicada, sus principales vías de acceso son la carretera que une las ciudades de Frontera, Tab. y Cd. del Carmen, Camp., así como los ríos y arroyos de la región.

## II.2. ANTECEDENTES GEOFISICOS.

### A). GRAVIMETRIA.

Aunque el subsuelo de la región se ha explorado desde finales del siglo pasado (1863), es hasta el año de 1924 que se empieza a aplicar la gravimetría en estudios de exploración petrolera en la Zona (Gay, 1925). En la década siguiente se llevaron a cabo diversos trabajos con balanza de torsión: Brown (1929 y 1932), Langner (1930, 1932, 1934 y 1935) y Adler (1930 y 1933) entre otros.

Después de 1938, Petróleos Mexicanos efectuó estudios de gravimetría, no sólo en la porción cubierta con balanza de

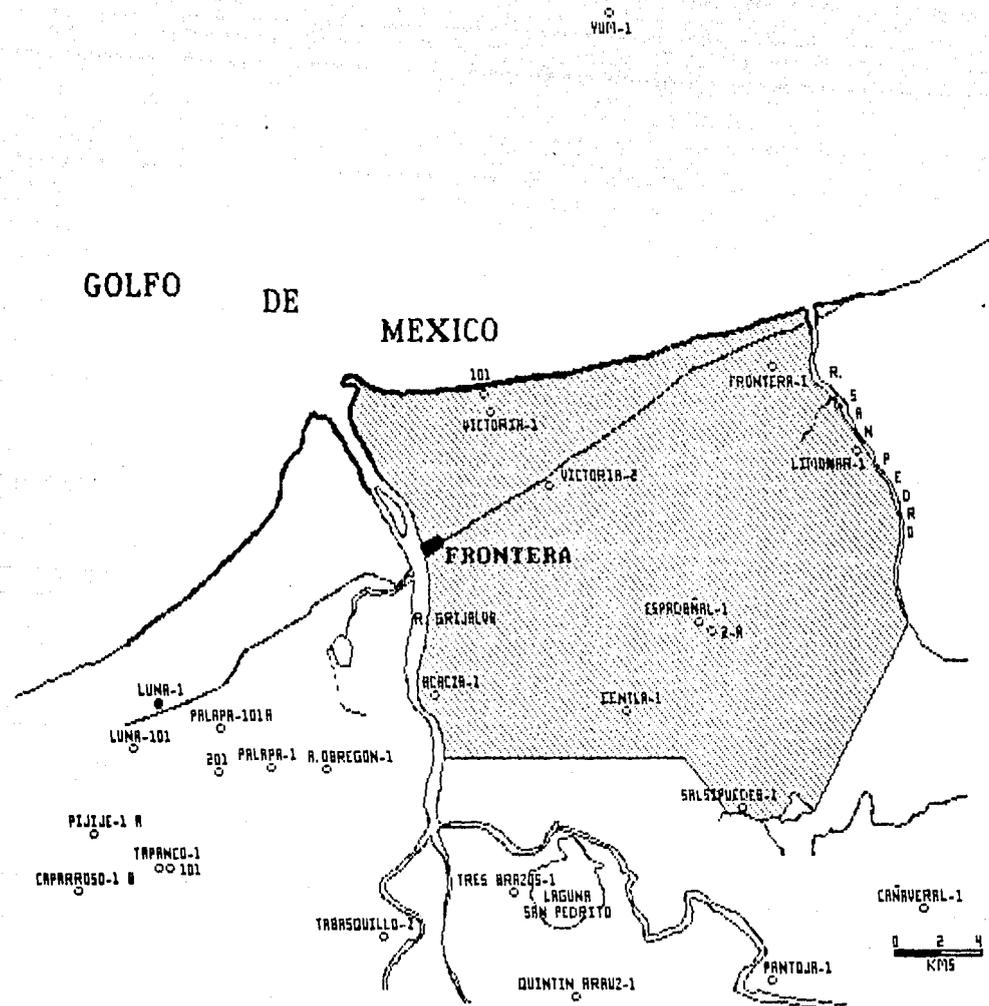


FIGURA II. 3. Localización del área.

SEN-1 SEN-2

torsión, sino también en las áreas adyacentes, ligando los trabajos existentes y densificando las observaciones hasta obtener un reconocimiento general.

En años subsecuentes, tanto PEMEX como otras compañías realizaron diversos levantamientos, los cuales han contribuido para lograr un mayor conocimiento de la geología regional. Asimismo, estos estudios han servido de base para la programación de los trabajos de sismología de reflexión.

Con referencia al área que nos ocupa, la información gravimétrica de que hemos hecho mención, permitió observar tres ejes de mínimos que se han denominado: La Victoria-Espadañal-La Botella, Alvaro Obregón-Tres Brazos-Idolos y Guerrero-Remate-Escobas (Rosas, 1975). Los tres ejes están orientados con rumbo noroeste-sureste y su manifestación como mínimos está directamente relacionada, según se ha podido comprobar, a la presencia de alineamientos de domos arcillosos en el subsuelo. Las Figuras II.4 y II.5 representan, respectivamente, el mapa de Anomalia de Bouguer y el de Anomalia Residual en el que se marcan los alineamientos de mínimos.

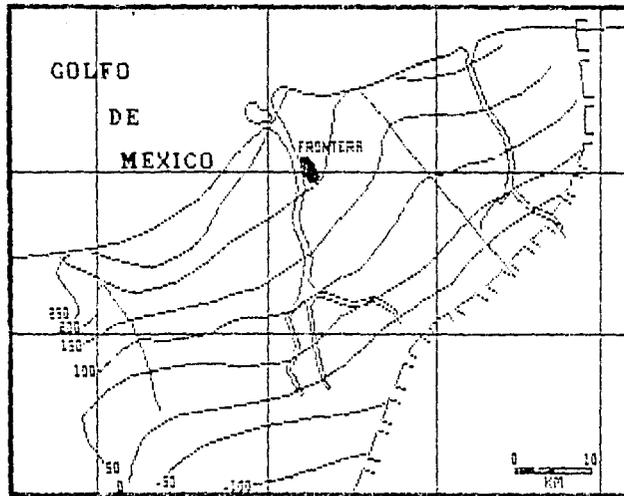


FIGURA II.4. Mapa de Anomalia de Bouguer (Rosas, 1975).

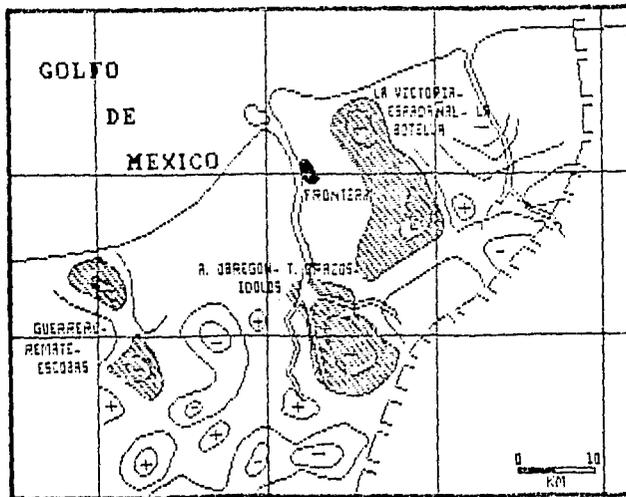


FIGURA II.5. Mapa de Anomalia Residual (Rosas, 1975).

## B). MAGNETOMETRIA.

La Zona Sureste ha sido estudiada con este método desde 1963, sin embargo, para el área Frontera-Espadañal estos estudios comenzaron a realizarse a partir de 1978, año en que Aero Service Division of Western Geophysical Company of America hizo un levantamiento aeromagnético y su correspondiente informe de interpretación para las regiones de Cintalapa-Bachajón y Pargos-Xpujil (Aeroservice, 1981). Este informe discute la interpretación de los mapas de intensidad magnética total, mapas de la segunda derivada y mapas del gradiente vertical así como los perfiles de deconvolución de Werner.

Los resultados geológicos de la investigación representan una descripción general provisional de la litología y distribución de las unidades de basamento litológico principales y un delineamiento de posibles características estructurales. Se postula que el basamento consiste de regiones de roca metamórfica débilmente magnética, roca ígnea moderadamente magnética y rocas extrusivas e intrusivas fuertemente magnéticas

Según las conclusiones de este estudio, grandes áreas del levantamiento son potencialmente productoras de hidrocarburos y recomendaron su exploración en forma más detallada.

Específicamente, varias áreas fueron interpretadas con un basamento profundo, potentes paquetes sedimentarios y estructuras favorables al entrapamiento de petróleo. En concreto, este estudio sugirió una evaluación más a fondo de las estructuras magnéticas interpretadas por otras técnicas geofísicas tales como la gravimetría y la sismología. La Figura II.6 muestra la configuración de la cima del basamento magnético.

### C). MAGNETOTELURIA.

También el método magnetotelúrico ha sido empleado en el estudio del área. Durante 1981, las Compañías CAASA y C.G.G. realizaron una prospección magnetotelúrica en las áreas de Chiapas-Tabasco y Cobo; la parte del área Frontera-Espadañal donde dicho estudio fue realizado es mostrada en la Figura II.7 y corresponde a su porción central y a una estrecha franja a lo largo de la costa (Serres y Farabolini, 1981 en CAASA y CGG, 1982). Este estudio debe ser considerado como un reconocimiento, teniendo en cuenta la red de las estaciones (densidad menor de cuatro estaciones por cien kilómetros cuadrados) y el carácter integrante del método.

Las condiciones de aplicación del método fueron favorables

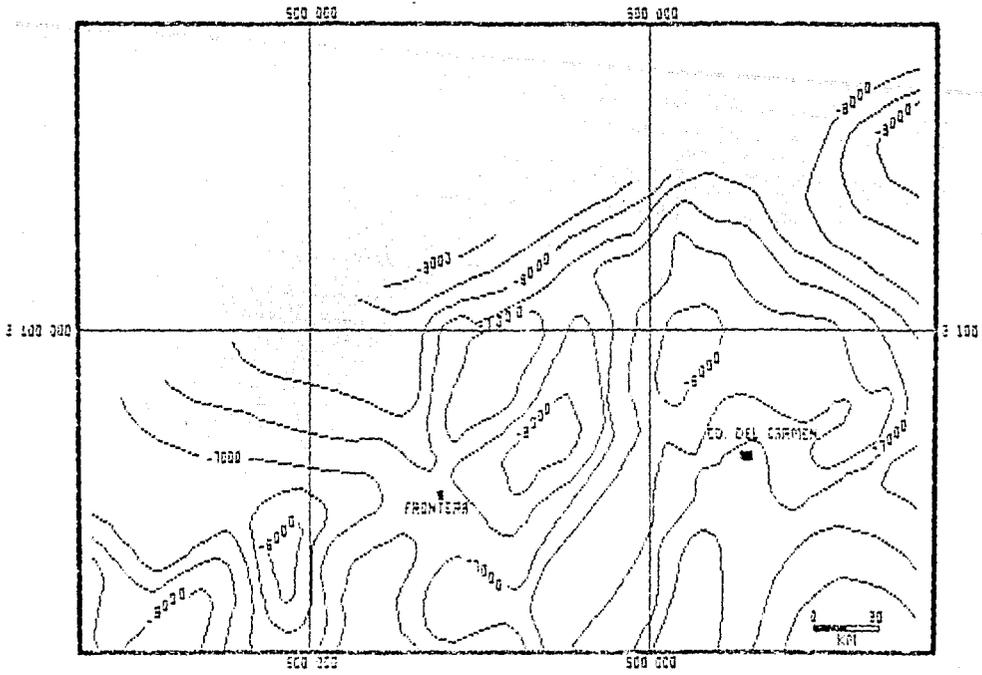


FIGURA II.6. Cima del basamento magnético (Rocha, 1986).

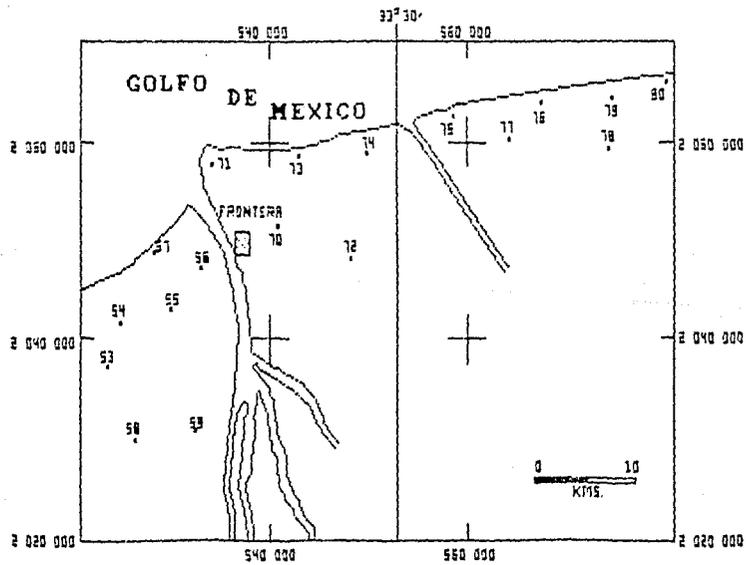


FIGURA II.7. Ubicación de estaciones de M.T.

ya que se obtuvo un fuerte contraste de resistividad entre los sedimentos terciarios y las formaciones mesozoicas; un espesor importante del conjunto conductor comparativamente al espesor de las capas superficiales resistentes y muy leves variaciones de la resistividad propia del conjunto conductor.

Los registros numéricos fueron efectuados sucesivamente en cada estación según tres ventanas de frecuencias: bajas (B.F.), medias (M.F.) y altas frecuencias (A.F.) (Tabla I).

T A B L A I		
VENTANAS DE FRECUENCIA	DURACION DEL REGISTRO	FRECUENCIA DE MUESTRAS
B.F. 0.005-1 HZ	140 MIN	4 HZ
M.F. 0.2- 16 HZ	8 MIN	64 HZ
A.F. 0.2-128 HZ	2 MIN	512 HZ

En cuanto a la calidad de los diagramas obtenidos, la compañía que realizó el levantamiento los ha clasificado en cuatro categorías: de A (mayor calidad) a D (menor calidad), correspondiendo a las estaciones observadas en el área las calidades B y C, las cuales se definen a continuación.

B: Los diagramas son de buena calidad, la curva M.T. está bien determinada pero la parte correspondiente a las frecuencias medias está bastante desorganizada por "ruidos" perturbadores.

C: Calidad aceptable y el trazo de la curva está bien determinado en la ventana correspondiente a las bajas frecuencias, dominio más interesante para la interpretación.

De la interpretación de resultados se concluyó: que el substrato eléctrico resistente engloba a todas las formaciones anteriores al Paleoceno; que existe en dirección sur-suroeste-nor-noreste un horst que divide la zona en dos partes, la oriental, en la que dos fallas de márgenes de cuenca limitan la extensión de los sedimentos del Mioceno al sur y al este y la occidental, en la que aparecen estructuras menos amplias que podrían constituir objetivos preferenciales para la exploración petrolera (Duprat y Lafon, 1982 en CAASA Y CGG, 1982).

#### D). SISMOLOGIA.

En cuanto a la sismología, ésta se ha utilizado a través de diferentes épocas en el estudio del área, tanto con observaciones hechas por el método convencional, como por el sistema P.R.C. (Punto de Reflejo Común) analógico y digital.

De la información sísmica anterior a 1985 debe enfatizarse el trabajo realizado por la brigada SS-9 en los prospectos

Frontera-Tamulté y Frontera-Tres Brazos, que sirvió para interpretaciones con objetivos primordialmente terciarios. La mayor parte de esta información ha sido transcrita y reprocesada por el I.M.P.

En época más reciente, en un informe sismológico interno de PEMEX (Rosas, 1975) se propuso la perforación del pozo Espadañal 2 con base en la interpretación de un horizonte considerado como Cretácico. Al perforar el Espadañal 2-A, se corroboró que dicho horizonte corresponde a una edad Mioceno Temprano. Posteriormente (Trejo, 1978) en otro informe sismológico interno, propone perforar la localización Victoria 101 basado en la información de líneas de detalle observadas por las brigadas SS-21 (Prospecto Grijalva-Tres Brazos) y SS-23 (Prospecto Villahermosa-Espadañal). Al perforar este pozo, se demostró que el horizonte postulado como Cretácico corresponde en realidad a uno de edad Mioceno Temprano (Figura II.3).

### II.3. ANTECEDENTES GEOLOGICOS.

El prospecto colinda al occidente con el área denominada Miguel Angel Zenteno Basurto, en la que en 1978 los pozos Ricino 1-A y Caparroso 1 comprobaron la existencia de rocas carbonatadas

del Mesozoico; posteriormente entre 1982 y 1986 se perforaron los pozos Caparroso 1-B, Sen 1 y 3, Luna 1 y Pijiye 1-A (Figura II.3) que demostraron la existencia de yacimientos de aceite y gas en rocas del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) y Cretácico.

En el área de estudio no se ha podido comprobar la existencia de tales rocas, sólo los pozos Espadañal 2-A y Victoria 101 (Figura II.3) han alcanzado rocas del Oligoceno; el resto de las perforaciones como máximo han terminado en formaciones del Mioceno Temprano.

Es importante hacer notar que se ha reportado Oligoceno en los pozos Victoria 1 y 2 y Salsipuedes 1 (Figura II.3), sin embargo, tal información se considera poco confiable, ya que por los criterios paleontológicos prevaletentes en el momento de la perforación, posición estratigráfica y la correlación, es probable que tal horizonte corresponda al Mioceno Temprano (Formación Depósito).

En la Tabla II se muestran las secuencias estratigráficas y los resultados de algunos pozos que han sido perforados dentro del área y en las adyacentes, cuya información es de interés y utilidad para el trabajo que se realiza (Figura II.3).

TABLA II

GEOLOGIA DE SUBSUELO

	ESPADANA 2-A	VICTORIA 101
	M.R. 7.556 m	M.R. 9.23 m
RECIENTE	AFLORA	AFLORA
PLIO-PLEISTOCENO	INDETERMINADO	225 m
MIOCENO SUPERIOR	1425 m	860 m
MIOCENO MEDIO	2250 m	AUSENTE
MIOCENO INFERIOR	2885 m	925 m 2565 m 3940 m
OLIGOCENO SUPERIOR	4030 m	2205 m 3650 m 5330 m
OLIGOCENO MEDIO		5540 m
OLIGOCENO INFERIOR		5630 m
PROFUNDIDAD TOTAL	4731 m	5700 m
RESULTADO	IMPRODUCTIVO	IMPRODUCTIVO

TABLA II (CONTINUACION)

GEOLOGIA DE SUBSUELO			
	TAPANCO 101	PALAPA 101-A	YUM 1
	M.R. 4.472 m	M.R. 12.08 m	M.R. 28.00 m
PLIO-PLEISTOCENO	AFLORA	AFLORA	
PLIOCENO	900 m	520 m	
MIOCENO SUPERIOR	1135 m	802 m	530 m
MIOCENO MEDIO	2545 m	1576 m	860 m
MIOCENO INFERIOR	2740 m	2362 m	1910 m
OLIGOCENO SUPERIOR	4070 m	3105 m	2558 m
OLIGOCENO MEDIO	INDIFERENCIADO	3765 m	2787 m
OLIGOCENO INFERIOR	INDIFERENCIADO	3870 m	3167 m
EOCENO SUPERIOR	4680 m	4084 m	3494 m
EOCENO MEDIO	INDIFERENCIADO	4330 m	3612 m
EOCENO INFERIOR	INDIFERENCIADO	4725 m	3631 m
PALEOCENO SUPERIOR	5423 m	4787 m	3887 m
PALEOCENO INFERIOR	AUSENTE	AUSENTE	3994 m
CRETACICO SUPERIOR	5538 m	4845 m	4057 m
CRETACICO MEDIO	5819 m	5048 m	4233 m
CRETACICO INFERIOR	5905 m	5180 m	4350 m
JURASICO SUP. (TITHO.)	6100 m	5378 m	4473 m
JURASICO SUP. (KIMMER.)	6420 m	5675 m	4664 m
PROFUNDIDAD TOTAL	6625 m	5964 m	4891 m
RESULTADO	IMPRODUCTIVO	PRODUCTOR	IMPRODUCTIVO

### III. GEOLOGIA REGIONAL.

#### III.1. EVOLUCION SEDIMENTARIA.

Para poder hablar acerca de la estratigrafía del área es necesario establecer el marco geológico dentro del cual evolucionó dicha estratigrafía.

En términos generales, el área de este estudio se desarrolló en la parte norte de una gran cuenca de margen continental pasiva, donde se tienen dos tipos de sedimentos: los carbonatados del Mesozoico y la secuencia de terrígenos del Cenozoico.

#### BASAMENTO ECONOMICO.

Las rocas del basamento económico afloran en el Macizo Granítico de Chiapas. Este está formado por rocas intrusivas (granitos, dioritas y granodioritas) y metamórficas (gneisses y ortogneisses) en las que se han determinado edades radiométricas que van del Precámbrico al Mioceno para las primeras y del Precámbrico al Pensilvánico para las segundas (Seyfert and Sirkin, 1973 en Sánchez, 1979). La Figura III.1 muestra las localidades del basamento económico de la Zona Sureste.

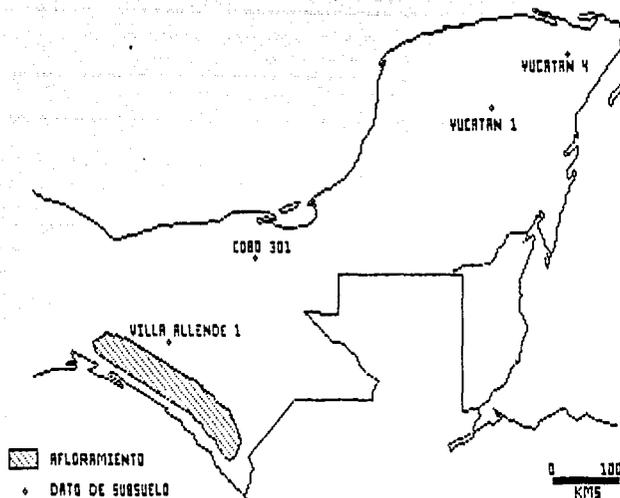


FIGURA III.1. Localidades del basamento en la Zona Sureste.

SIST.	PESO	LITOLOGIA	MED. AMB.	FORM.		
<b>PERMICO</b>	<b>LEONARDIANO</b>		PLATAFORMA SOMERA	<b>PESO MUY BAJA</b>	MUDSTONE	
			SUPRA, ALTA Y BAJA		WACKESTONE	
		MAREA.	PACKSTONE			
	<b>MOLFLORIANO</b>		PLATAFORMA SOMERA	<b>GRUPERA</b>	GRAINSTONE	
			ALTA Y BAJA ENERGIA MUY VARIABLE.		BANDSTONE	
					LUTITA	
					ARENISCA	
	<b>PENSIANICO MEDIO SUPERIOR</b>	<b>VIQUILIANO</b>		LAGUNAR CIRCULACION POBRE, ESTABLE.	<b>SANTA ROSA SUPERIOR</b>	CONGLOMERADOS
		<b>PERIQUINESIANO</b>				
	<b>ANISINICO SUPERIOR</b>	<b>MORQUIANO</b>		SOMERO, (LAGUNAR?) DE BAJA ENERGIA.	<b>ACURTE</b>	METASEDIMENTOS

TOPGRAFIA DE SANCHEZ Y SANCHEZ, 1988

FIGURA III.2. Secuencia estratigráfica del Paleozoico en la región de Chicomuselo, Chis.

## PALEOZOICO.

Sobre el basamento económico se depositó una secuencia de rocas sedimentarias que aporta información para reconstruir la historia geológica de la región a partir del Misisípico (Figura III.2).

La unidad más antigua (Hinojosa, 1964 en López, 1979) está constituida por esquistos, pizarras y metacuarcitas depositadas durante el Misisípico Tardío en un medio ambiente marino somero de baja energía.

Posteriormente, durante el Pensilvánico se depositaron en un medio ambiente marino somero, lagunar y de llanuras de inundación lutitas y limolitas ligeramente calcáreas (Hinojosa, *op. cit.*). Esto ocurrió después de un periodo de intensa deformación (Revolución Acadiana) y, consecuentemente, de un periodo de erosión, por lo que descansa en discordancia angular sobre los metasedimentos del Misisípico. Esta unidad es el inicio de una transgresión que continúa durante el Pérmico.

Durante el Wolfcampiano se depositó una alternancia de calizas y lutitas en ambientes marinos de plataforma (Thompson y Miller, 1944 en López, 1979).

En el Leonardiano, las condiciones de sedimentación cambiaron al reducirse el aporte de terrigenos, con lo cual se inició el depósito de calizas fosilíferas constituidas por mudstones, wackestones, packstones y grainstones; entre los estratos se encuentran nódulos de pedernal negro y ocasionalmente intercalaciones delgadas de lutitas (Thompson y Miller, *op. cit.*). Estas rocas se depositaron en una plataforma limitada en el suroeste por una porción continental (Figura III.3) En algunas áreas de la plataforma hay cuerpos de dolomías con carpetas de algas y estructuras de "ojo de pájaro" que se formaron en zona de supramarea.



FIGURA III.3. Distribución actual del Pérmico.

Antes del inicio del Mesozoico, las rocas del Paleozoico fueron fuertemente plegadas durante la Revolución Apalachiana, lo cual provocó que la región emergiera pasando a formar parte del continente que limitaba por el suroeste a la Cuenca Mesozoica de Chiapas-Tabasco.

#### MESOZOICO.

Durante el inicio del depósito del Mesozoico en el sureste de México, el marco paleogeográfico estaba formado por el Continente de Chiapas-Oaxaca y el Continente de Yucatán, entre los que se desarrolló una cuenca de tipo margen continental pasiva. En general la secuencia de depósito del Mesozoico es transgresiva y su evolución debe estar relacionada con la apertura del Golfo de México (Sánchez y Sánchez, 1988).

En el pozo Trinitaria 2 (Figura III.4), la sal subyace a rocas sedimentarias de origen marino (limolitas, lutitas, calizas y areniscas), los cuales a su vez están cubiertas por sedimentos continentales (Formación Todos Santos). Lo anterior constituye la única evidencia en el subsuelo de que en la Zona podría encontrarse sedimentación marina mesozoica anterior al Jurásico Medio (Sánchez y Sánchez, op. cit.). En cuanto a la posición estratigráfica de la sal, en el área se le ha colocado en el Triásico-Jurásico de una manera general y aún en el Cretácico

Inferior (Sánchez, 1979); sin embargo, debemos considerar que debido a su gran movilidad, la posición actual de la sal puede no ser indicativa de su posición estratigráfica, Salvador (1987) le asigna una edad Jurásico Medio.

Durante el Jurásico Medio persisten los continentes de Chiapas-Oaxaca y de Yucatán, en cuyos márgenes ocurría la transgresión que da origen a la Cuenca Mesozoica de Chiapas-Tabasco (Figura III.4).



**FIGURA III.4. Marco paleogeográfico de la Cuenca Mesozoica, de Chiapas-Tabasco (Mesozoico Temprano).**

En el Jurásico Tardío la transgresión es más evidente. En el área petrolera de Chiapas-Tabasco durante el Calloviano y el Oxfordiano se depositó una alternancia de dolomías y anhidritas que continúa hasta principios del Kimmeridgiano. Estos depósitos forman parte de la plataforma jurásica que estaba enmarcada por los continentes de Chiapas-Oaxaca y de Yucatán. La Figura III.5 muestra la distribución actual de las rocas del Calloviano-Oxfordiano.

En Chiapas-Tabasco, la base del Kimmeridgiano es una alternancia de dolomías y anhidritas que constituyen la prolongación de la facies evaporítica del Calloviano-Oxfordiano. Al oriente, la cercanía del Continente de Yucatán se hace patente por su aporte de terrígenos, que se encuentran interestratificados en los carbonatos de la mayor parte de la secuencia del Kimmeridgiano.

La parte más joven del Kimmeridgiano está formada por calizas de plataforma en las cuales es común encontrar cuerpos de packstones y grainstones oolíticos. En algunos lugares del área productora estas calizas están completamente dolomitizadas y almacenan una parte importante de los hidrocarburos en explotación (Figura III.6).

La transgresión jurásica continuó durante el Tithoniano;

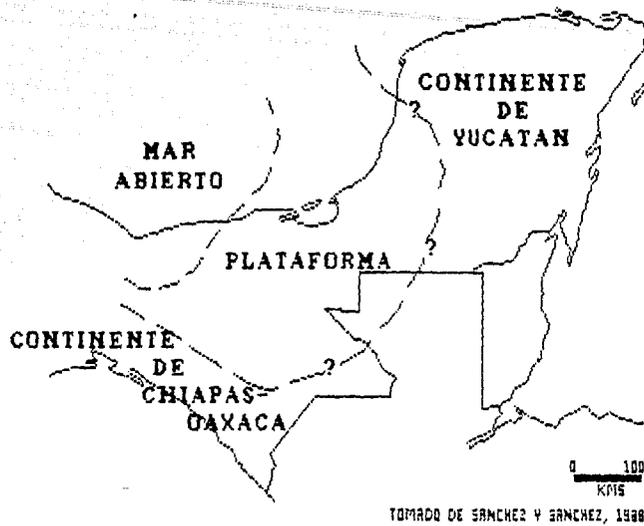


FIGURA III.5. Distribución actual del Calloviano-Oxfordiano.

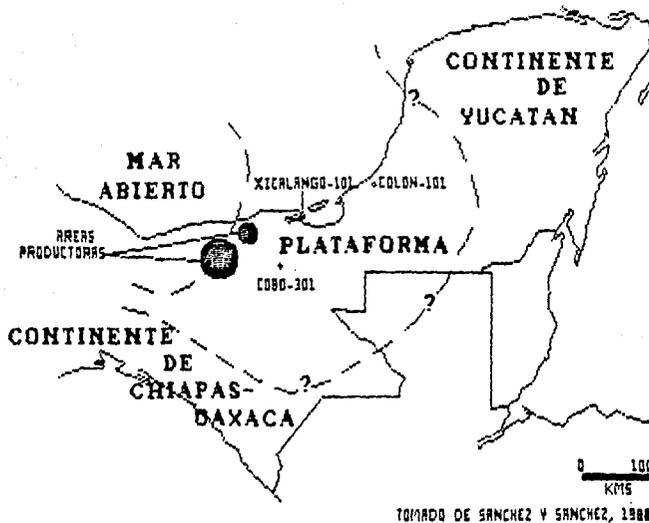


FIGURA III.6. Distribución actual del Kimmeridgiano.

buena parte de la plataforma fue cubierta por un mar más profundo, propiciando el depósito de calizas arcillosas con un alto contenido de materia orgánica (Figura III.7) (Sánchez y Sánchez, op. cit.).

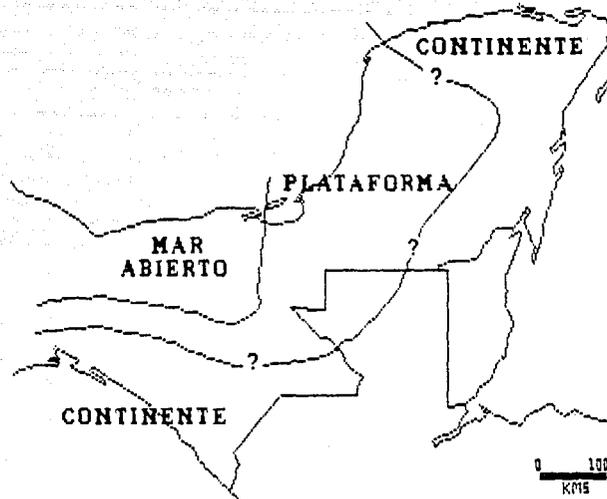
Durante el Cretácico los continentes fueron cubiertos por el mar, desarrollándose una extensa plataforma que rodeaba a una zona en la que se depositaron calizas de mar abierto.

En el Cretácico Temprano la mayor parte de la plataforma fue de tipo evaporítico (Figura III.8), esto generó la interstratificación de anhidrita y dolomías típica de este ambiente (Sánchez y Sánchez, op. cit.).

En el borde de la plataforma se encuentran calizas y dolomías con buena porosidad y permeabilidad, en tanto que al noreste de Tuxtla Gutiérrez el aporte de terrígenos del Macizo Granítico propició la acumulación de clásticos que fueron depositados en ambientes costeros.

En el área de mar abierto predominó el depósito de fangos calcáreos que al litificarse formaron calizas características de ambientes profundos que contienen pedernal.

La secuencia del Cretácico Temprano en la región de mar



TOMADO DE SANCHEZ Y SANCHEZ, 1988

FIGURA III.7. Distribución actual del Tithoniano.



TOMADO DE SANCHEZ Y SANCHEZ, 1988

FIGURA III.8. Distribución actual del Cretácico Temprano.

abierto más cercana a la plataforma está formada por dolomías que constituyen parte de las rocas almacenadoras en algunos campos petroleros.

El marco paleogeográfico del Cretácico Temprano persistió durante el Cretácico Medio (Figura III.9), de tal manera que la transgresión cubrió por completo el Continente de Yucatán y la mayor parte del Continente de Chiapas-Oaxaca en el Albiano.



FIGURA III.9. Distribución actual del Albiano.

Durante este tiempo , se redujo la porción evaporítica de la plataforma y permaneció el área de depósito de carbonatos de aguas profundas.

La distribución de las litofacies del Cretácico Medio es muy semejante a la del Cretácico Temprano, la única diferencia notable es la ausencia de terrigenos en el frente del Macizo Granítico.

En el área productora de Chiapas-Tabasco y en el noreste de la Sierra de Chiapas, los carbonatos del Cretácico Medio fueron parcialmente erosionados provocando una discordancia muy importante desde el punto de vista petrolero. En la Sierra de Chiapas, la inestabilidad se manifiesta con la formación de un sistema de fallas de desplazamiento lateral, en tanto que, aparentemente, la Plataforma de Yucatán no estuvo afectada por este movimiento (Sánchez y Sánchez, *op. cit.*)

Tal como ocurre con las rocas del Cretácico Temprano, en la porción de mar abierto más cercana a la plataforma, las calizas del Cretácico Medio fueron dolomitizadas, favoreciendo de esta manera al incremento de su porosidad y permeabilidad, lo que convirtió a estas rocas en el principal yacimiento de la mayor parte de los campos de Chiapas-Tabasco.

La plataforma fue transgredida en el Cenomaniano de tal manera que los depósitos de mar abierto cubrieron la parte norte de la Sierra de Chiapas.

La transgresión continuó durante el Turoniano (Figura III.10) y la zona de mar abierto se extendió hacia el sur, avanzando sobre la plataforma del Cretácico Medio. Este movimiento cubrió con depósitos de aguas profundas a la porción noroccidental de la Sierra de Chiapas y también influyó en la sedimentación de la Plataforma de Yucatán.



TOMADO DE SANCHEZ Y SANCHEZ, 1988

**FIGURA III.10. Distribución actual del Turoniano.**

Con la excepción del Turoniano, durante la mayor parte del Cretácico Tardío la Plataforma de Yucatán estuvo ocupada por una plataforma evaporítica donde se depositaron carbonatos y anhidritas. En el Campaniano-Maastrichtiano, sobre la parte norte de Yucatán se depositaron margas, calizas y lutitas que contienen microfauna planctónica que acusa la presencia de áreas de mar abierto.

En la porción central de la Sierra de Chiapas, durante el Cretácico Tardío predominó el ambiente de plataforma en la que se depositaron calizas de aguas someras donde es común encontrar rudistas que en ocasiones formaron pequeños cuerpos arrecifales (biostromas).

Al oeste de Tuxtla Gutiérrez las facies continentales y litorales cambian rápidamente a facies de cuenca hacia el oriente, lo que hace creer que su proceso de depósito pudo estar relacionado con la actividad de las fallas transcurrentes denominadas La Venta-Grijalva y Tuxtla.

Al finalizar el Cretácico Tardío, un segundo período de actividad tectónica provocó que en algunos lugares del área Chiapas-Tabasco y en el occidente de la Sierra de Chiapas, las rocas del Campaniano-Maastrichtiano cubran en forma discordante a estratos más antiguos.

La secuencia de depósitos del Mesozoico cesa al finalizar el Cretácico Tardío, al acentuarse el movimiento tectónico e iniciarse la formación de clásticos sinorogénicos del Paleoceno (Sánchez y Sánchez, op. cit.).

La Figura III.11 muestra la estratigrafía del Mesozoico en el área Chiapas-Tabasco (Santiago, et al., 1984).

#### CENOZOICO.

Al finalizar el Mesozoico, comenzó un ciclo de sedimentación de terrígenos que finalizó al terminar el Oligoceno, con el inicio de una nueva etapa de deformación.

La sedimentación del Cenozoico estuvo controlada por el Continente de Chiapas-Oaxaca (Macizo de Chiapas) y la Plataforma de Yucatán, entre ellos evolucionó la Cuenca Terciaria del Sureste. En general puede decirse que durante el Cenozoico continuó el desarrollo de la Plataforma de Yucatán y que en la Cuenca Terciaria las facies de aguas someras se encuentran hacia su porción suroccidental, en tanto que las rocas de aguas profundas están hacia la planicie costera del Golfo (Figura III.12).

Durante el Paleoceno, la plataforma cubría la parte

LOCALIDAD				CHIAPAS-TABASCO		
ERA	PERIODO	ETAPA	EDAD (PISO)	FORMACION		
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MARASTRICHIANO	MENDEZ		
			SEMI			CAMPANIANO
			SANTONIANO			
			CONIACIANO			
				TURONIANO	AGUA NUEVA	
		MEDIO		CEMOMANIANO	CRETACICO MEDIO	
			ALBIANO			
		INFERIOR	MEDIO	APTIANO	CRETACICO INFERIOR	
				BAPTEMIANO		
				HAUTERVIANO		
				URLANGENIANO		
				BERRIASIANO		
	JURASICO	SUPERIOR		TITHONIANO	TITHONIANO	
				KIMMERIDGIANO	KIMMERIDGIANO	
				OXFORDIANO	OXFORDIANO	
		MEDIO		CALLUVIANO	CALLUVIANO	
				BATHONIANO	BATHONIANO	
				ARGENTINO		
				LIASICO		
TERCIARIO			TOCOS SANTOS			

SANTIAGO LI EL, 1984

FIGURA III.11. Tabla estratigráfica del Mesozoico para el área Chiapas-Tabasco.



FIGURA III.12. Marco paleogeográfico del Terciario.

nororiental de la Sierra de Chiapas en la que se depositaron dolomías y calizas cuya relación estratigráfica con los carbonatos del Cretácico Tardío no ha sido determinada. En el noroeste se depositó una secuencia de lutitas y areniscas típicamente sinorogénica.

Durante el Eoceno Temprano, en la parte central y sureste de la Sierra de Chiapas se depositaron areniscas y limos de tipo continental; hacia el norte, estas rocas pasan a facies marinas y en la plataforma continúa el depósito de carbonatos, excepto en el noroeste de la Península de Yucatán donde, al igual que durante el Cretácico Tardío y el Paleoceno, existió un mar abierto en el que se depositaron margas y lutitas con microfósiles de aguas profundas.

Durante el Eoceno Medio y Eoceno Tardío, la porción continental en la Sierra de Chiapas fue cubierta por un mar de poca profundidad donde se depositaron areniscas, arcillas y limolitas. En algunas localidades en el norte de la sierra el Eoceno se encuentra cubriendo directamente al Cretácico por medio de una discordancia erosional.

Al finalizar el Eoceno y principios del Oligoceno, una etapa de estabilidad tectónica permitió el depósito de un horizonte de calizas de aguas someras, a veces de tipo arrecifal.

Después de esta etapa de depósito de carbonatos, en el Oligoceno se reanuda la generación de terrígenos que se depositan en un orden marcadamente regresivo, con las facies de aguas someras en el sureste de la cuenca y las de aguas profundas hacia el actual Golfo de México.

El Mioceno es un ciclo de acentuada inestabilidad tectónica en el que continúa la regresión general originada por el levantamiento de la sierra y se producen discordancias importantes, que se aprecian principalmente en la parte norte de la Cuenca Terciaria. De la misma manera que en el Oligoceno, las porciones someras de la cuenca miocénica se encuentran en la Sierra de Chiapas y las de aguas profundas están en la planicie costera del Golfo de México.

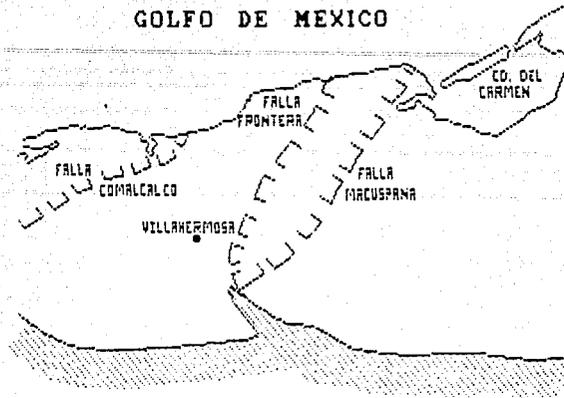
En la provincia geológica de las Cuencas Terciarias del Sureste se distinguen dos cuencas marginales que funcionaron a partir del Mioceno Tardío, la de Comalcalco y la de Macuspana; en ambos grábenes, la secuencia del Mioceno está formada por una alternancia de lutitas y areniscas en las que fueron descubiertos los primeros campos petroleros de la Zona.

El levantamiento de la sierra provocado por el evento tectónico Chiapaneco, tuvo su máximo desarrollo en el Mioceno, de tal manera que ya en el Plioceno y el Pleistoceno la morfología

de la Zona era muy semejante a la actual. En estas edades los detritos producidos por la erosión fueron acarreados hacia el norte, en dirección de la actual planicie costera y se depositaron en forma alternada de arenas y arcillas en ambientes deltaicos, lagunares, paludales y litorales (Sánchez y Sánchez, op. cit.).

El proceso de sedimentación de los clásticos del Mioceno Tardío, del Plioceno y del Pleistoceno, estuvo fuertemente influenciado por el movimiento del sistema de Fallas Comalcalco, Frontera y Macuspana (Figura III.13). Se trata de fallas de crecimiento que funcionaron durante el lapso Mioceno Tardío, Plioceno y Pleistoceno. Su movimiento afectó tanto a los espesores de las formaciones depositadas en estas edades como a la distribución de los cuerpos de arenas. Al parecer también están asociadas con la formación de los domos de arcilla localizados en las inmediaciones de la ciudad de Frontera, Tab.

La Figura III.14 ilustra la estratigrafía del Cenozoico para el área Chiapas-Tabasco (modificada de Santiago et al., op. cit.).



SIERRA DE CHIAPAS

TOMADO DE PETROLEOS MEXICANOS, 1987

FIGURA III.13. Fallas de crecimiento del Mioceno Tardío y Plio-Pleistoceno.

LOCALIDAD					CHIAPAS-TABASCO				
					(COMALCALCO-MACUSPANA)				
ERA	PERIODO	ETAPA	EDAD (PISO)	FORMACION					
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		ALUVION	RECIENTE				
		PLEIST.		TERRA COLORADA / BELEM					
	MIOCENO	PLIOCENO	ASTIANO		PARAJE SOLO	SARGAZAL			
			PLAISANCIANO		FILESOLA	EMCARJONADO			
		MIOCENO	SUP.	ISRAELIANO		CONCEP. SUP.	AMATE SUP.		
			INF.	VIMOSODMIANO		CONCEP. INF.	AMATE INF.		
			MIOCENO	INF.	BURGUNDIANO		DEPOSITO	DEPOSITO CLZ. MACUS.	
				INF.	AQUITANIANO				
	OLIGOCENO	SUP.	CHATTIANO		OLIGOCENO				
		INF.	RUPELIANO						
		INF.	TONGRIANO						
		OLIGOCENO	SUP.	LUDIANO				EOCENO SUPERIOR	SAL MEDELLIN JALAPA
			SUP.	BARTONIANO					
			SUP.	AUVERCIANO					
	EOCENO	INF.	LUTECIANO		EOCENO MEDIO				
		INF.	CUISYANO		EOCENO INFERIOR				
		INF.	YPRASIANO						
		INF.	TANETIANO		PALEOCENO				
INF.	MONTIANO								
INF.	DANTIANO								

MODIFICACION DE SANTIAGO ET AL., 1984

FIGURA III.14. Tabla estratigráfica del Cenozoico para el área Chiapas-Tabasco.

### III.2. TECTONICA.

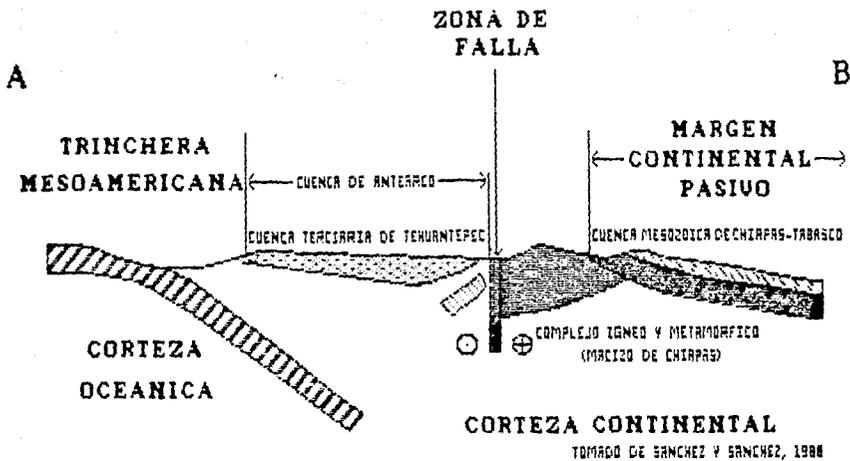
El marco tectónico regional (Figura III.15) está formado por las placas de Norteamérica, del Caribe y de Cocos, ésta última es una placa oceánica que se hunde bajo la corteza continental de la placa de Norteamérica y bajo la corteza oceánica de la placa del Caribe en la Trinchera Mesoamericana.



**FIGURA III.15. Marco tectónico regional.**

El límite entre las placas del Caribe y de Norteamérica es transformante (sistema de fallas Motagua-Polochic). Se trata de un sistema activo que después de atravesar Guatemala penetra en

territorio mexicano y forma el límite suroccidental del Macizo Granítico de Chiapas (Sánchez y Sánchez, *op. cit.*) (Figura III.16).



**FIGURA III. 16.** Sección esquemática AB mostrando la posición de la zona de falla entre las placas de Norteamérica y del Caribe.

El marco tectónico local (Figura III.17) está integrado por la Plataforma de Yucatán y el sistema de fallas Motagua-Polochic entre los cuales hay un cinturón plegado constituido en su mayor parte por rocas sedimentarias del Mesozoico y del Terciario.

De la secuencia estratigráfica se deducen siete episodios de deformación, dos de ellos, el Acadiano y el Apalachiano en el Paleozoico y los restantes en el Mesozoico y Cenozoico.



**FIGURA III.17. Marco tectónico local.**

En el territorio asignado por PEMEX a la Zona Sureste no hay evidencias del ámbito tectónico en el que actuaron los eventos Acadiano y Apalachiano, aunque sus efectos están claramente registrados en la secuencia estratigráfica mediante dos grandes discordancias angulares. La primera entre los metasedimentos de la Formación Aguacate y la Formación Santa Rosa Superior y la segunda entre las calizas de la Formación Paso Hondo del Pérmico y los clásticos continentales de la Formación Todos Santos del Jurásico Medio.

Tampoco se dispone de suficientes datos relacionados con el Triásico y el Jurásico Temprano, únicamente se puede suponer que la apertura del Atlántico y consecuentemente la del Golfo de México, debe haber causado el depósito de sedimentos continentales en los bordes de los bloques (horst y grábenes), lo cual debe estar presente de alguna manera en el subsuelo.

Si las andesitas del Jurásico Medio y Jurásico Tardío que afloran en los alrededores de Cintalapa son interpretadas como parte de un arco volcánico, es posible postular que en el transcurso del tiempo jurásico al suroeste del área funcionó una margen convergente semejante a la actual, en tanto que al noreste la transgresión jurásica avanzó en una margen continental pasiva, que a su vez pudiera ser interpretada también como una cuenca de post-arco.

Al terminar el Tithoniano se interrumpió el movimiento transgresivo como consecuencia de una deformación correlacionable en tiempo con la Nevadiana. En algunas partes del área, la erosión, escasamente perceptible, provocada por esta deformación, generó clásticos que se depositaron junto con las calizas del Cretácico Temprano. En el occidente del área productora de Chiapas-Tabasco la erosión es más importante.

El conocimiento de la tectónica de la Zona está mejor

fundamentado a partir del final del Cretácico Medio, cuando ocurre un periodo de deformación durante el cual, en la Sierra de Chiapas, se activa un sistema de fallas regionales de desplazamiento lateral y más al norte principia la formación de plegamientos en echelón, asociados al sistema de fallas transcurrentes. Como consecuencia de estos movimientos se crea una superficie de erosión que posteriormente es cubierta por calizas del Turoniano depositadas en discordancia sobre las rocas más antiguas; en algunas localidades de Chiapas-Tabasco la erosión destruyó a los estratos del Cretácico Medio (Albiano y Cenomaniano) y a la mayor parte de los del Cretácico Inferior (Neocomiano-Aptiano).

No se tiene buen control acerca de la edad del sistema de fallas transcurrentes, únicamente se cuenta con argumentos para postular que comenzó a moverse al terminar el Cretácico Medio pero se cree que puede ser heredado de tiempos jurásicos (Sánchez y Sánchez, op. cit.).

Al finalizar el Cretácico Tardío y hasta el Eoceno, la región es sometida nuevamente a esfuerzos transpresivos, atribuibles al movimiento de cizalleo sinistral de la Placa Norteamericana con respecto a la del Caribe.

El cinturón plegado se reactiva en el Mioceno, dando lugar a

una deformación muy intensa, se acentúan los plegamientos en echelón, las fallas inversas toman su trazo definitivo y se incrementan los desplazamientos netos de las fallas transcurrentes.

Es precisamente en el transcurso de esta etapa orogénica cuando se definen los rasgos de las estructuras que alojan los campos petroleros del área mesozoica de Chiapas-Tabasco.

El ciclo tectónico del Mioceno, denominado localmente Evento Chiapaneco, es correlacionable con el movimiento Caribeño.

En el Plioceno y Pleistoceno tiene lugar el último acontecimiento tectónico en la zona. En la planicie costera del Golfo el proceso de sedimentación es controlado por el desarrollo de grandes fallas de crecimiento sinsedimentarias, que limitan las cuencas pliocénicas de Comalcalco y de Macuspana; el control que ejercen estas fallas en la distribución de las litofacies es de gran importancia económica pues favorecen la acumulación de considerables espesores de arenas, que al estar interestratificadas con lutitas, posibilitan la formación de trampas múltiples donde se localizan los campos petroleros de estas cuencas.

### III.3. DESCRIPCION LITOLOGICA DE LAS UNIDADES CRONESTRATIGRAFICAS DEL AREA.

Aunque el pozo Victoria 101 presenta serios problemas estructurales (afectado por fallas inversas que provocan una triple repetición del Mioceno Inferior-Oligoceno Superior), debido a que reporta la columna más completa, se toma como base para la breve descripción litológica que se hace a continuación:

OLIGOCENO INFERIOR.- Representado por lutita gris, ligeramente calcárea. En Victoria 101, único pozo en el área donde se ha reportado se penetraron 70 m sin haberse tocado la base.

OLIGOCENO MEDIO.- Constituido por lutita bentonítica suave y plástica, ligeramente calcárea, en ocasiones laminar. Se ha reportado un espesor de 90 m.

OLIGOCENO SUPERIOR.- Conformado por intercalaciones de lutitas calcáreas suaves a semiduras, ocasionalmente arenosas, con margas y mudstones de color claro; hacia el sur del área (Espadañal 2-A), donde se ha reportado el mayor espesor (701 m penetrados), se manifiestan algunos horizontes de lutita bentonítica suave y plástica.

MIOCENO INFERIOR.- Secuencia sedimentaria constituida por lutitas de diversos colores, calcáreas, ocasionalmente arenosas y delgadas intercalaciones de bentonita, mudstone, creta y arenisca. El máximo espesor reportado es de 1390 m.

MIOCENO MEDIO.- Está representado por intercalaciones de lutita gris, suave y plástica, calcárea y/o arenosa; delgados horizontes de arena gris de grano medio, con grandes cantidades de restos de moluscos. Se reportan también pequeños porcentajes de marga y mudstone. Como espesor representativo se mencionan los 635 m cortados en Espadañal 2-A, aunque en Limonar 1, debido a la influencia de un domo arcilloso, se cortaron 2040 m.

MIOCENO SUPERIOR.- Aparentemente las condiciones de depósito que prevalecieron durante el Mioceno Medio permanecieron estables para el Mioceno Superior ya que en la litología no se aprecian diferencias notables. El espesor de este horizonte es muy variable, el más potente se ha cortado hacia el sur (825 m) en Espadañal 2-A.

PLIOCENO.- Constituido por arenisca gris, grano fino a medio, con restos de moluscos y delgadas intercalaciones de bentonita y lutita. Espesor variable, 280 m cortados en Victoria 101.

PLIO-PLEISTOCENO.- Cuerpos arenosos de grano fino a medio, con

restos de moluscos e intercalaciones de bentonita. En Victoria 101 se atravesaron 355 m.

RECIENTE.- Está compuesto por intercalaciones de lutitas, calizas, gravilla y bentonita, con restos de moluscos en cantidad apreciable. Su espesor es muy variable.

En general, los espesores del Mioceno al Reciente son muy variables, obedeciendo la sedimentación a la topografía preexistente, engrosándose en las partes bajas y adelgazándose hacia las altas.

Sólo el pozo Espadañal 1, dentro de los perforados en el área, resultó productor de gas en sedimentos del Plio-Pleistoceno.

#### IV. INTERPRETACION SISMOLOGICA-ESTRUCTURAL.

A partir de 1972 en que se obtuvo producción de hidrocarburos en rocas del Mesozoico en los campos Cactus y Sitio Grande, la mayor parte de los trabajos exploratorios de sismología han tenido como objetivo la cima del Cretácico. Por otra parte el que la respuesta sísmica del Cretácico tenga normalmente características muy bien definidas, aunado al hecho de que por lo general es concordante con las unidades del Terciario Temprano y Jurásico, ha motivado que, en el presente trabajo, sea este horizonte el que se interprete y configure.

La configuración se hizo en tiempo (seg) y fue llevada a cabo sobre hojas topográficas a escala 1:50,000, denominadas Hoja Centla y Hoja Yum; posteriormente se redujo para lograr la presentación a escala 1:250,000 que se puede apreciar en la Figura IV.1.

La presentación de las secciones sísmicas sobre las que se trabajó es la denominada VAW (combinación de área variable y "wiggle trace"). Dichas secciones se pueden dividir en dos grupos: las observadas por la brigada SS-9 (Frontera-Tamulté y Frontera-Tres Brazos), grabadas analógicamente y posteriormente transcritas y reprocesadas por el Instituto Mexicano del Petróleo

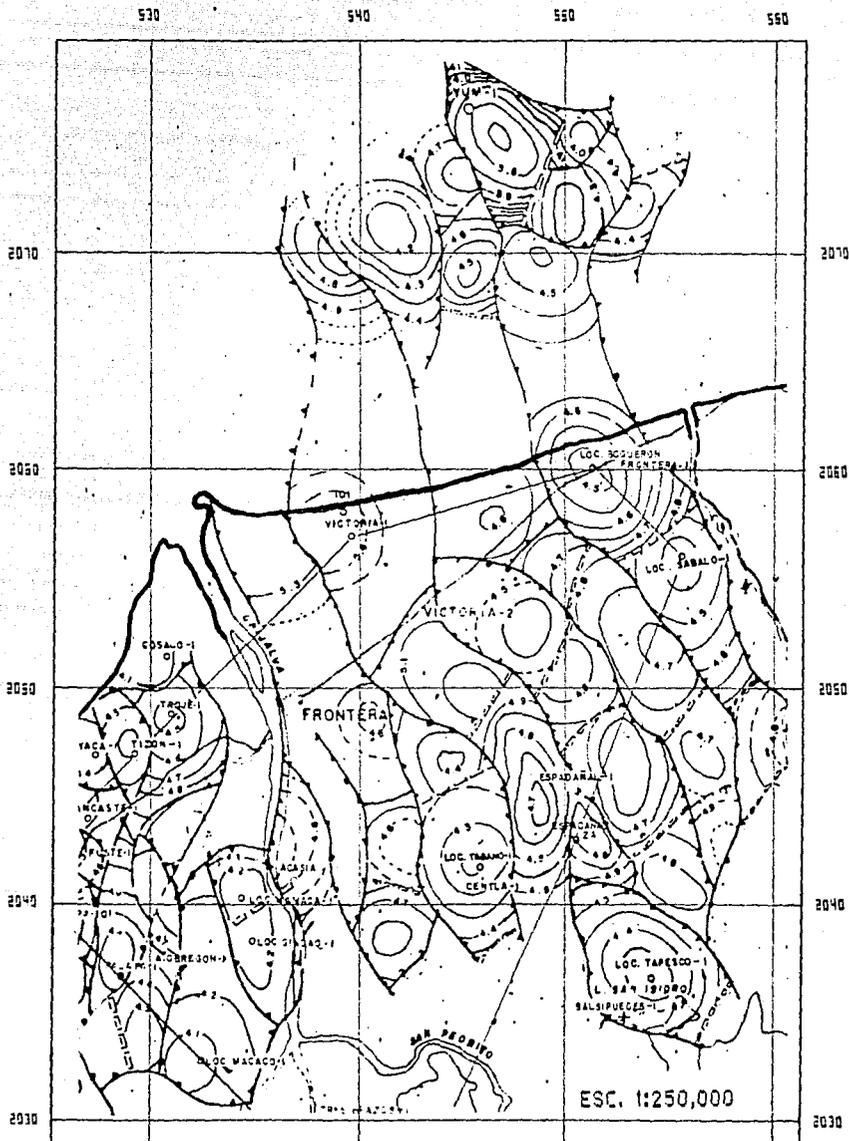


FIGURA IV.1. Configuración en tiempo (seg) de la cima del Cretácico Superior.

las cuales aportan información de magnífica calidad para los horizontes correspondientes al Terciario Superior, disminuyendo la cantidad y calidad de la información de 4.0 seg hacia abajo, además el tiempo de grabación de la mayoría de estas secciones fue de 5.0 seg lo cual proporciona una dificultad adicional para la interpretación de los horizontes profundos, el área donde estas secciones fueron observadas se muestra en la Figura IV.2; al otro grupo (Figura IV.3) corresponde la información grabada digitalmente (SS-9 Frontera-Tres Brazos, SS-21 Grijalva-Tres Brazos, SS-23 Villahermosa-Espadañal, SES-8 Macuspana-Frontera y SES-10 Chiapas-Tabasco-Boquerón), con secciones grabadas a 6.0 seg y, en la mayoría de los casos a 7.0 seg y cuya información, en contraste con la del primer grupo, es pobre para los horizontes del Terciario Superior y, en general, de regular a buena para los horizontes profundos.

Los tiempos utilizados para la configuración fueron leídos directamente sin ninguna corrección adicional. Debido a que en el área no existe un control de velocidad de propagación de onda, fue necesario elaborar una gráfica de tiempo-profundidad (T-Z) a partir del tiro de pozo de Chochal 1 y los registros sínicos de porosidad (R.S.P.) de los pozos Boca del Toro 1 y Espadañal 2-A hasta la profundidad de 4731 m a partir de la cual se utiliza la velocidad correspondiente al Eoceno del pozo Tapanco 101, dado que su secuencia estratigráfica y la de Espadañal 2-A son similares en espesores.

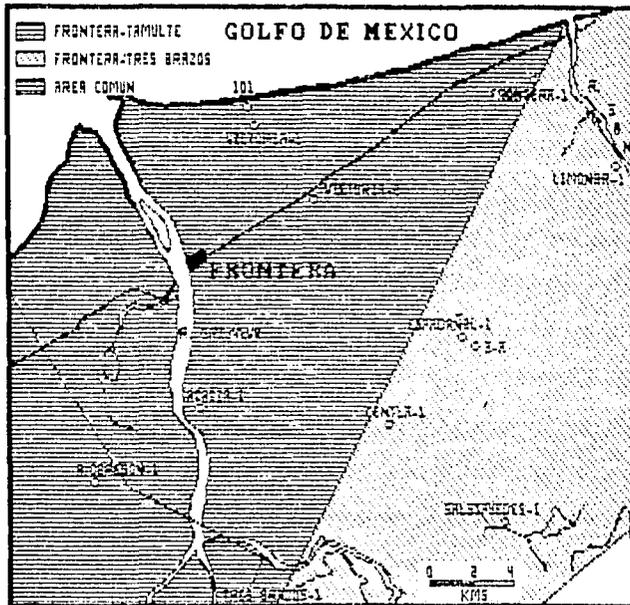


FIGURA IV.2. Area de observación de secciones analógicas.

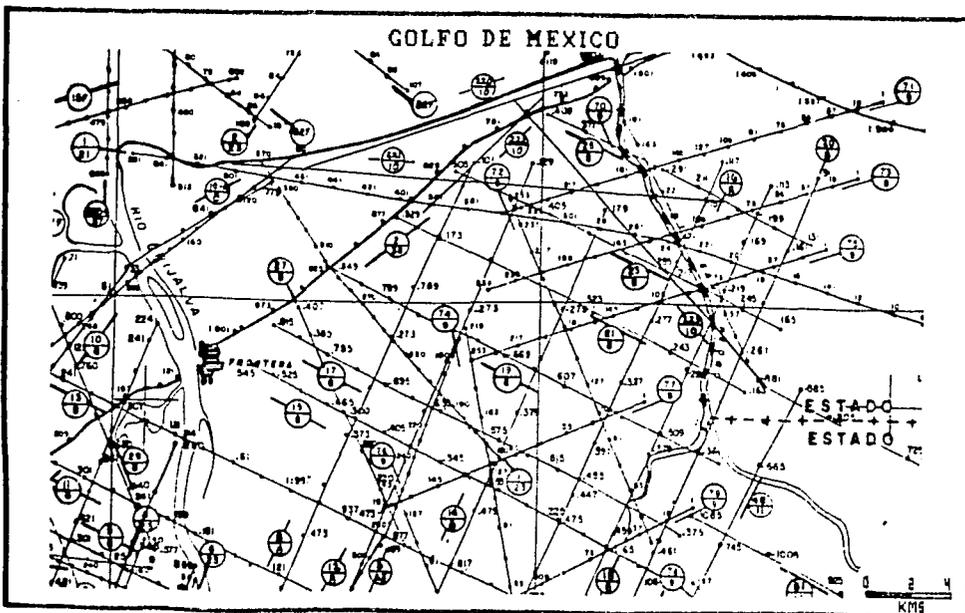
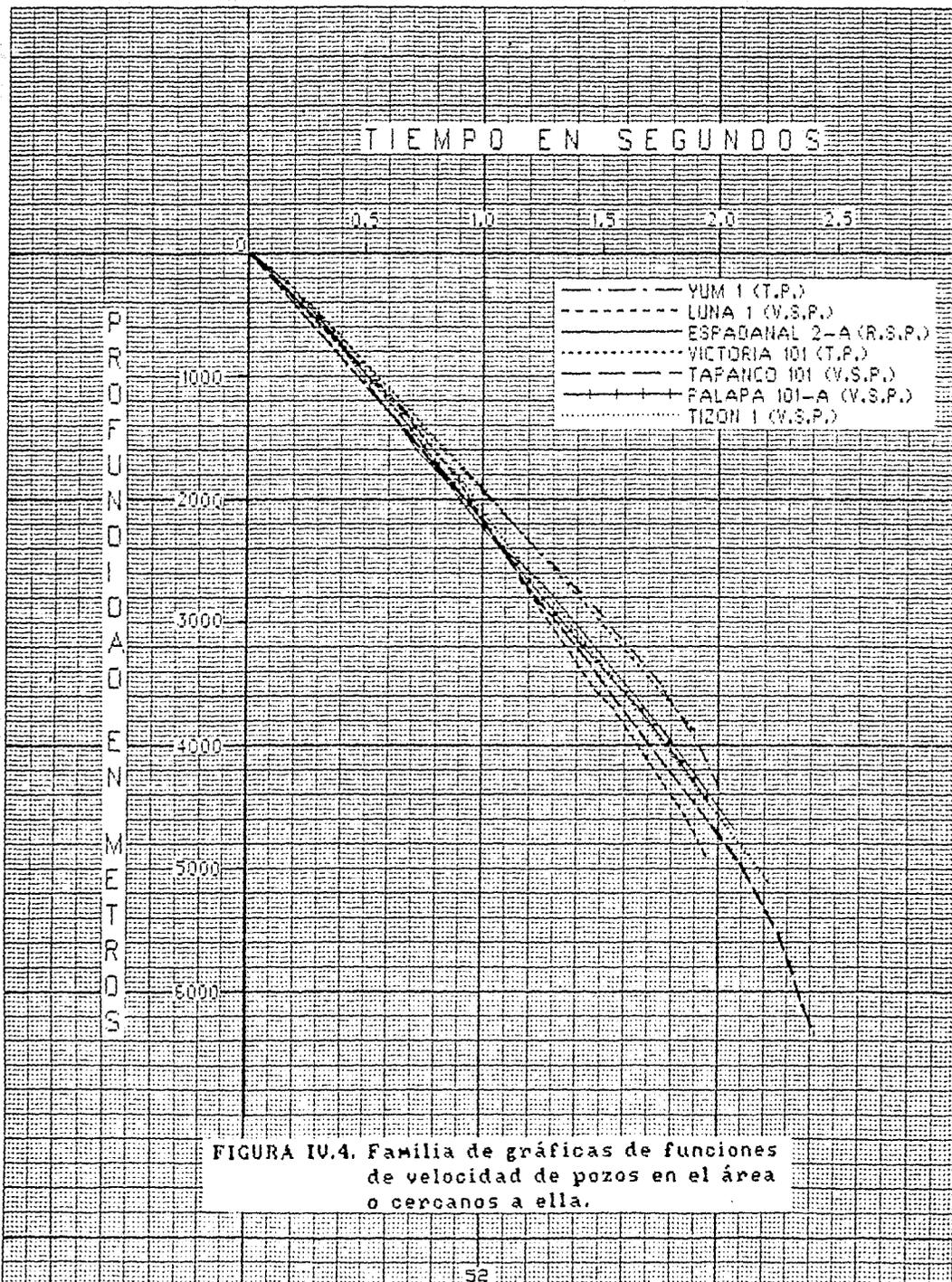


FIGURA IV.3. Localización de secciones sísmicas digitales.

Para obtener una aproximación más razonable del comportamiento de las velocidades en el área, se compararon las obtenidas en los perfiles sísmicos verticales (V.S.P.) de los pozos Luna 1, Tapanco 101 y Palapa 101-A al occidente del área; Victoria 101 (T.P.) y Espadañal 2-A (R.S.P.) dentro de la zona estudiada y Yum 1 al noreste, de cuya comparación visual se concluyó lo siguiente: las velocidades más rápidas (2745 m/seg a 3000 m de profundidad en el pozo Luna 1) corresponden a la porción occidental, disminuyendo hacia el noreste, dado que las de Espadañal 2-A se encuentran en un rango intermedio (2350 m/seg) y las de Victoria 101 y Yum 1 son las más lentas (2287 m/seg y 2050 m/seg a la misma profundidad respectivamente); se cree que las velocidades en el resto del área puedan estar en un rango que varíe entre la "rapidez" de Espadañal 2-A y la "lentitud" de Victoria 101 y Yum 1. La Figura IV.4 muestra las gráficas T-Z utilizadas en la interpretación.

Después de escoger las velocidades con que se trabajó fue necesario determinar el horizonte reflector que se correlacionó y que pudiera corresponder aproximadamente a la cima del Mesozoico, ello se hizo a partir del siguiente análisis.

Se compararon los espesores del Oligoceno, Eoceno y Paleoceno de las columnas de diez y seis pozos perforados, dentro y en las cercanías del área (incluyendo pozos marinos y de las



áreas Cobo y Miguel A. Zenteno Basurto, ver Tabla III), encontrándose los siguientes datos: el Oligoceno más potente se cortó en Tizón 1 (1383 m), el más delgado en Cobo 301 (320 m) y el promedio es de 854 m; para el Eoceno-Paleoceno se encontró que Yum 201 cortó 1250 m, Yum 1 sólo 463 m y el promedio es de 766 m.

Posteriormente se calculó en tiempo la secuencia estratigráfica del pozo Espadañal 2-A y se proyectó en el cruce de las secciones 3 y 8 notándose que a 4.170 seg (4790 m) (correspondiendo al Oligoceno un espesor de 760 m) aparece una banda de reflejos de baja frecuencia, los cuales pueden ser correlacionados en buena parte del área y que para los fines del presente trabajo han sido considerados como los correspondientes a la cima del Eoceno.

Al correlacionar este paquete de reflejos se observa su concordancia con otro, también de bajas frecuencias, aproximadamente 1000 m más profundo, el cual de acuerdo a los espesores del análisis se ha interpretado como Mesozoico.

Es necesario indicar que si bien el paquete Eoceno-Paleoceno aparece en buena parte de las secciones con sus características sísmicas bien definidas, en algunas de ellas llega a desaparecer, lo cual crea confusión respecto a los niveles, sin embargo, el cierre de polígonos con las restantes secciones permite tener

TABLA III

SECUENCIAS ESTRATIGRAFICAS UTILIZADAS PARA  
EL ANALISIS DE ESPESORES

POZO	OLIGOCENO	EOCENO-PALEOCENO
COBO 301	320 m	705 m
YAABKAN 1	390 m	605 m
XICALANGO 101	500 m	683 m
TAPANCO 101	610 m	858 m
ESPADAZAL 2-A	701 m penetrados	
YUM 201	750 m	1250 m
ENEBRO 1	770 m	891 m
LUNA 1	790 m	610 m
TRIUNFO 101	846 m	867 m
YUM 2	880 m	540 m
CHONTAL 1	920 m	955 m
YUM 1	936 m	463 m
PALAPA 101-A	979 m	823 m
PALAPA 1	1125 m penetrados	
TIZON 1	1383 m	540 m prof. act.
LUNA 101	1700 m por falla	701 m

una seguridad razonable de que los niveles configurados en el mapa son los correctos. Por otra parte, el horizonte configurado es bastante irregular en su definición en las secciones, por lo que donde la calidad y cantidad de la información disminuye, se le ha asignado el mismo espesor que en Espadañal 2-A.

En el área estudiada, la densidad de secciones sísmicas es alta y disminuye apreciablemente hacia el occidente. Además, la presencia del Río Grijalva crea una zona de no información (no se tiró y tiros desplazados) que impide una correlación confiable con las estructuras del área Miguel A. Zenteno Basurto; adicionalmente, una buena parte de las secciones de esa región están grabadas a 5.0 seg debido a lo cual una parte considerable de las estructuras mapeadas se consignan como probables.

En general, de acuerdo a la interpretación, se puede apreciar que, salvo al sur y noroeste del área, entre las estructuras no hay grandes cambios de nivel y que éste permanece casi constante, subiendo ligeramente hacia el noreste, lo cual es posible apreciarlo en las secciones noreste-suroeste 4, 8 y 14.

Es muy importante mencionar que al suroeste del área se postula la presencia de una discordancia sísmica de cierta importancia a nivel del Oligoceno-Eoceno, la cual se puede apreciar en la sección 14 y, en menor grado, en las transversales

1 y 3. Dicha discordancia no ha sido comprobada por perforaciones, por lo que pudiera también tratarse de un plano de falla a rumbo; sin embargo, dado que el intérprete no ha identificado dicha falla en las secciones transversales se inclina a pensar que se trate de una discordancia de tipo erosional.

Ante la imposibilidad de presentar en este trabajo todas las secciones sobre las que se realizó la interpretación (más de cien), se han escogido, en función de la calidad de su información y su ubicación estratégica dentro del área solo algunas de ellas para mostrar la correlación de los horizontes sismológicos, su localización se ilustra en la Figura IV.5. Para una mejor comprensión de quien no está familiarizado con el trabajo sísmico del área, se les ha asignado un número que es independiente del prospecto y la brigada que las haya observado.

La interpretación en sí inicia con la correlación de un polígono muy regional, cuyos lados seccionan las estructuras de Luna, Tizón, Victoria, Boquerón, Sábalo, Espadañal, Macaco y Palapa (Figura IV.1), para corroborar que el Cretácico postulado correlaciona, dentro de los límites impuestos por la calidad de la información, con el de estructuras cercanas ya probadas.

En términos generales el Cretácico tiene un comportamiento

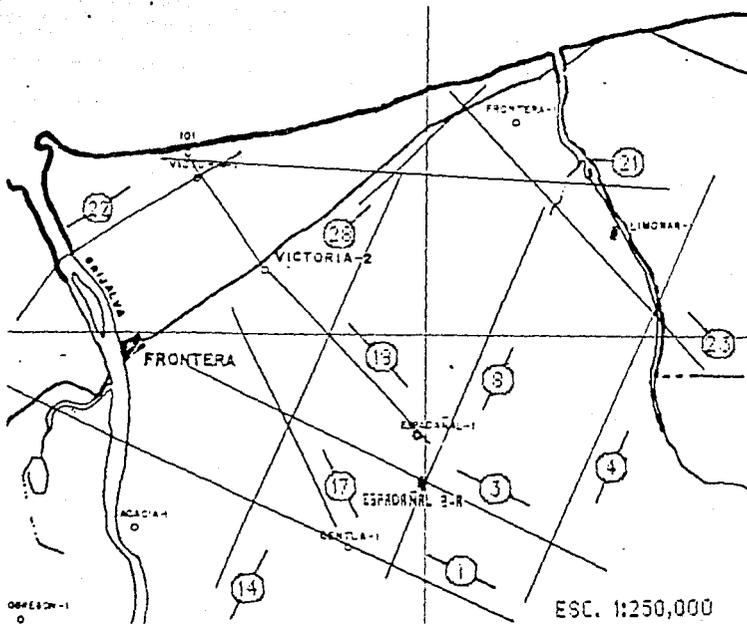


FIGURA IV.5. Localización de secciones sísmicas presentadas en el Anexo B.

de alineamientos estructurales orientados en dirección noroeste-sureste, limitados por fallas inversas paralelas a sus ejes mayores; lo anterior se puede visualizar en las líneas 4, 8 y 14. Estos alineamientos están divididos en bloques, generalmente por fallas normales, lo que se puede apreciar en las secciones noroeste-sureste 17, 19 y 23.

El rasgo más sobresaliente del área es un graben noroeste-sureste, que se hace más profundo desde Espadañal hacia

Victoria, donde el Cretácico se configura a 6.400 seg. Esto se puede apreciar en las líneas 19 y 22.

De la interpretación han resultado cuatro estructuras que por el nivel estructural y apoyo sísmológico se han considerado susceptibles de ser perforadas (Figura IV.1). Dos de ellas (Boquerón y Sábalo), al sureste del área y cercanas a la línea de costa, están definidas en las secciones 8, 23 y 28; las otras dos (Tapesco y Tábano), localizadas hacia la parte sur, están apoyadas por las líneas sísmológicas 1,4 y 1,17 respectivamente.

Las secciones sísmológicas mencionadas son presentadas en el APENDICE B así como una breve descripción de cada una de ellas.

## V. METODOS POTENCIALES.

Un mapa gravimétrico o magnético casi siempre es una combinación de anomalías relativamente agudas, las cuales deben ser de origen somero; de anomalías con dimensiones intermedias, las cuales probablemente indiquen las fuentes de mayor interés geológico; y de anomalías muy amplias de naturaleza regional que por lo general tienen su origen en el contacto carpeta sedimentaria-basamento o aún más profundo, entre la corteza y el manto (Nettleton, 1976).

Por lo anterior, la interpretación se inicia con los procesos que separan las anomalías de importancia geológica de los efectos superficiales y regionales.

Propiamente, el trabajo que se presenta se inició con la discretización de los datos, tanto de la Anomalia de Bouguer como de la Intensidad Magnética Total, creando para ambos casos una malla regular con espaciamiento de 1 Km.

### V.1. GRAVIMETRIA.

Mediante el proceso de convolución fueron aplicados a los datos de Anomalia de Bouguer (Figura V.1) diferentes operadores

de rejilla diseñados especialmente para la separación de efectos residuales-regionales, la respuesta que aparentemente es la más apropiada fue proporcionada por un operador de segundo grado de  $9 \times 9$  elementos; de esta manera se obtuvieron los mapas de Anomalia Regional y Anomalia Residual, los cuales fueron graficados a escala 1:50,000 sobre los que se realizaron la interpretación y a 1:250,000 para ser presentados en este trabajo. La Figura V.2 representa el isométrico del mapa de Anomalia de Bouguer.

La consulta del mapa de Anomalia de Bouguer original a escala 1:50,000 (Petróleos Mexicanos, 1946) pone de manifiesto que debido a las condiciones fisiográficas del área, los polígonos, algunos de ellos abiertos, son bastante regionales y las estaciones fueron observadas cada 2 Km. Posteriormente se realizaron otros levantamientos y una integración gravimétrica y magnetométrica (Rocha, 1986), los cuales han complementado el trabajo original. Sin embargo, el mapa de Anomalia de Bouguer presenta características de Anomalia Regional, es decir, sus amplitudes son sumamente bajas, los contornos con rumbo noreste forman un gradiente suave que tiende a aumentar paulatinamente los valores de la gravedad hacia el noroeste, el rasgo más sobresaliente de dicho mapa es un mínimo en dirección sureste-noroeste cuya amplitud máxima es del orden de 40 U G. De lo anterior se puede deducir que este mapa está influenciado primordialmente por el efecto profundo debido probablemente

ANOMALIA DE BOUGUER DEL AREA FRONTERA-ESPAÑA ESCALA 1:250,000

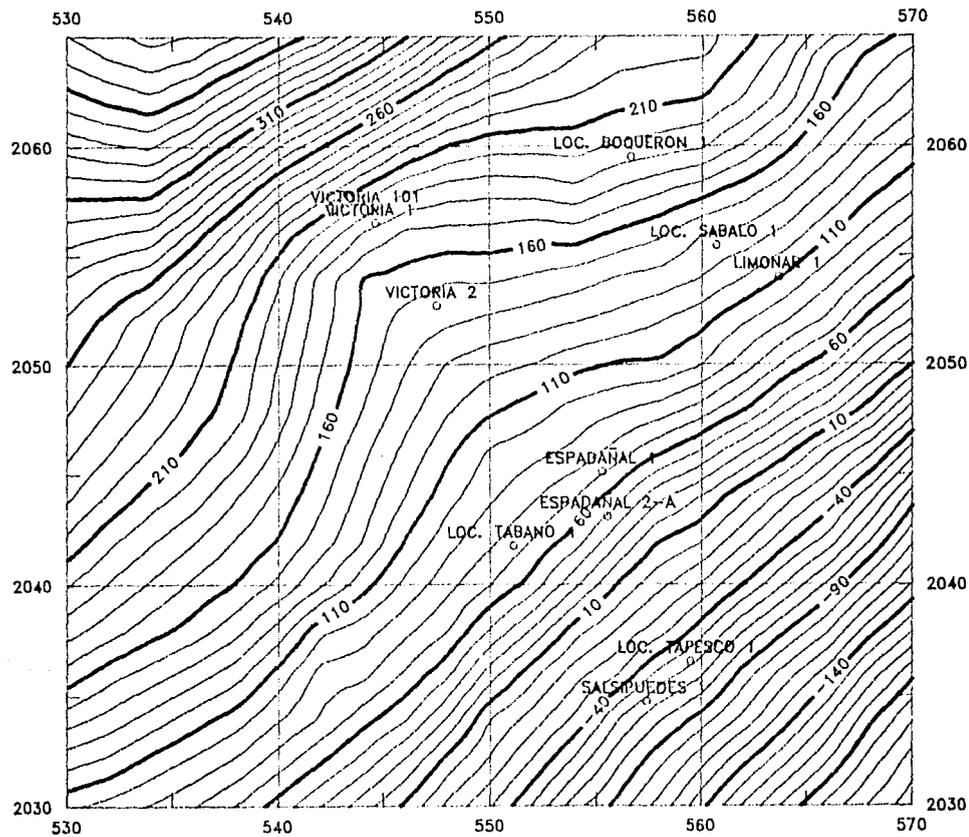


FIGURA U.1. Mapa de Anomalia de Bouguer (UG).

ISOMETRICO DE LA ANOMALIA DE BOUGUER DEL AREA FRONTERA-ESPADAÑAL ESQUEMATICO

29

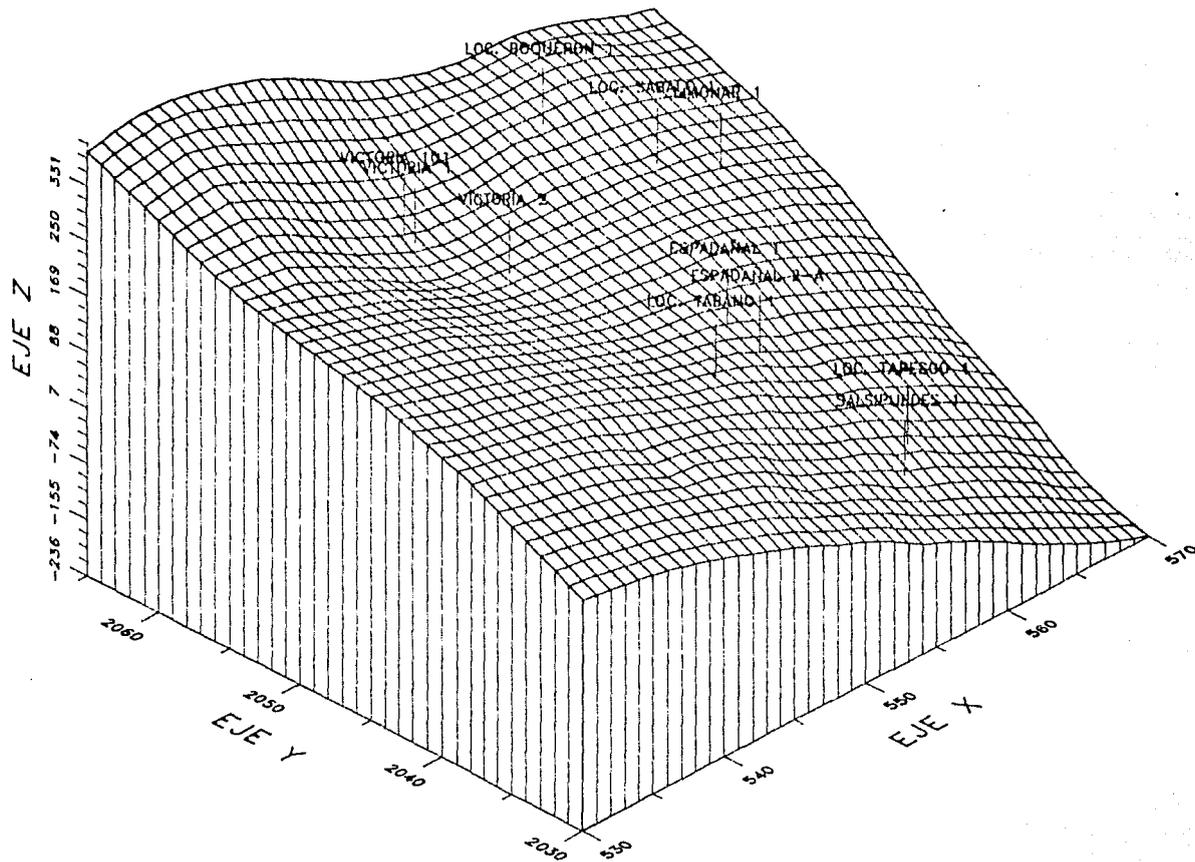


FIGURA U.2

a uno de dos factores: que las observaciones fueron tan espaciadas que no alcanzan a muestrear las estructuras de interés geológico o bien que entre estas estructuras y las masas que las engloban no existe un contraste de densidad suficientemente grande como para ser observado.

#### MAPA REGIONAL DE BOUGUER.

Este mapa (Figura V.3) se obtuvo para identificar las anomalías gravimétricas más allá del contacto Terciario-Mesozoico.

Al compararlo con el mapa de Anomalia de Bouguer es notable la similitud entre ambos, manifestando su presencia el mínimo gravimétrico en dirección sureste-noroeste, de la estructura Espadañal hacia la de Victoria, que se puede interpretar como una deficiencia de masa la cual coincide estrechamente con el graben que se postula en la interpretación sismológica y que en este caso nos da idea que afecta no solamente a la carpeta sedimentaria sino también al basamento. La amplitud de la anomalía no es tan grande que nos permita suponer que este efecto tenga que ver con el manto.

Por lo demás, el otro rasgo relevante es que el efecto isostático está claramente representado por el gradiente que

ANOMALIA REGIONAL DEL AREA FRONTERA-ESPADANA ESCALA 1:250,000

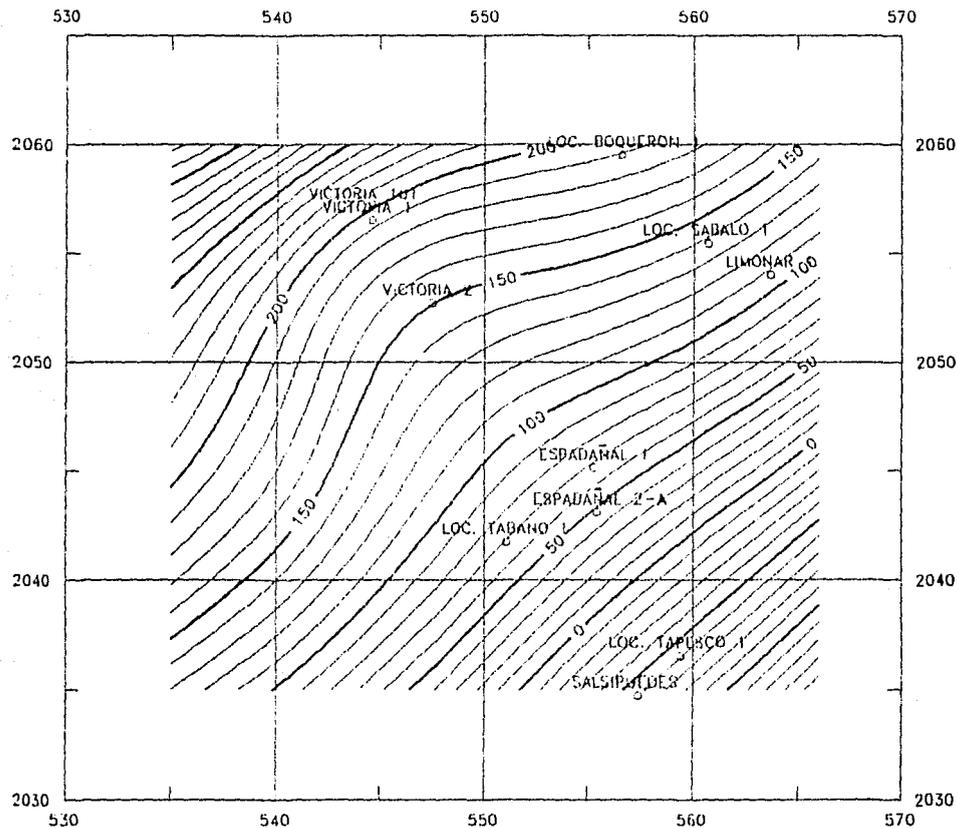


FIGURA U.3. Mapa de Anomalia Regional (UG).

# ISOMETRICO DE LA ANOMALIA REGIONAL DEL AREA FRONTERA-ESPADAÑAL ESQUEMATICO

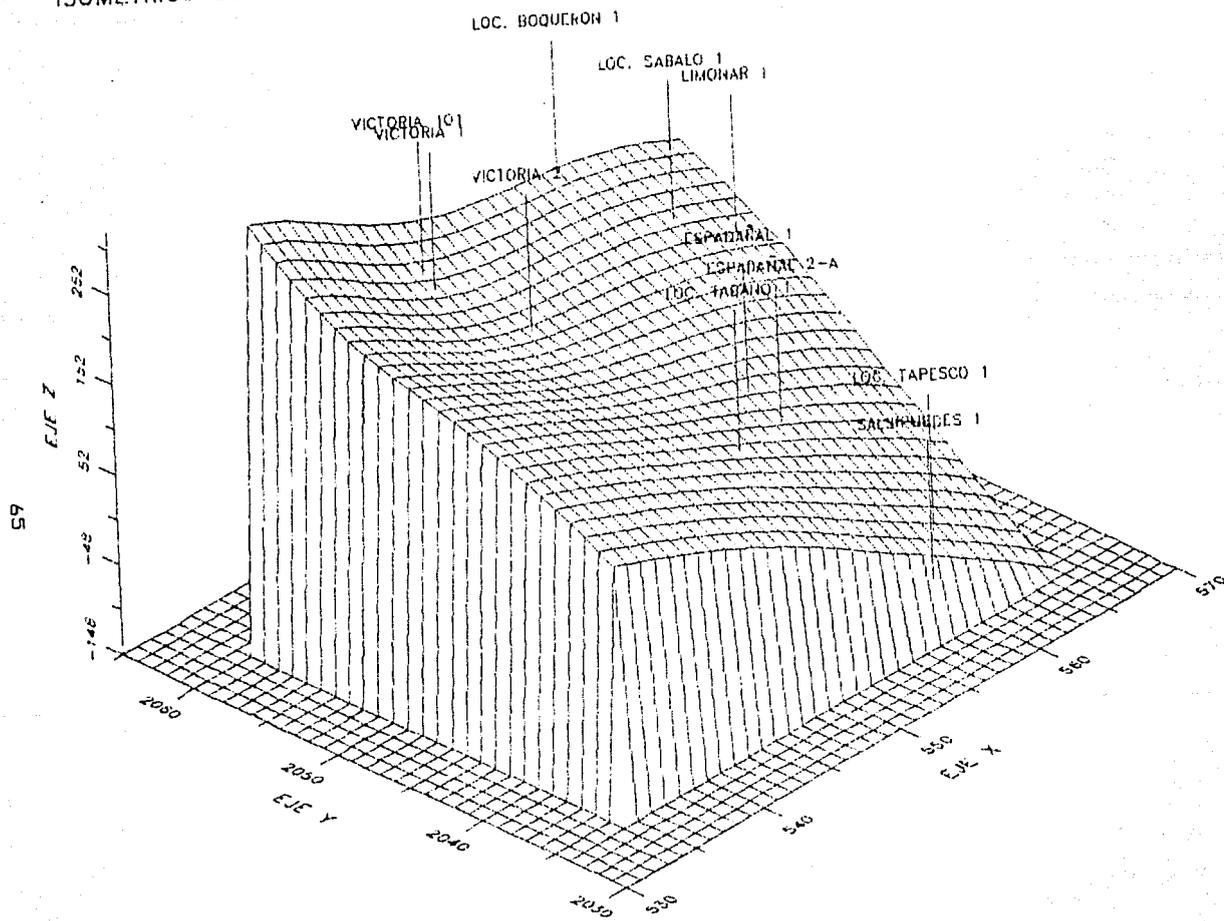


FIGURA U.4

aumenta en dirección noroeste. La Figura V.4 representa el isométrico del mapa Regional donde se pueden visualizar perfectamente los rasgos que se han mencionado; es claro que en la estructura Victoria existe una deficiencia de masa importante. De los mapas e isométricos que se presentan en este capítulo se ha eliminado el efecto de borde producido por la aplicación del operador.

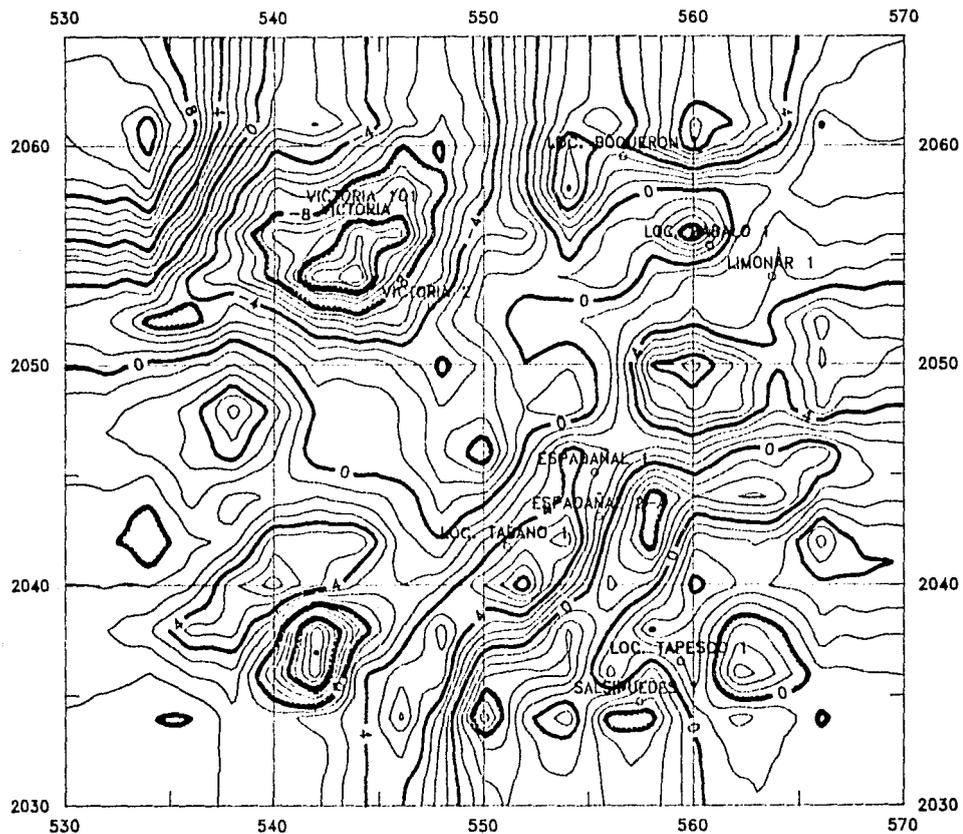
#### MAPA RESIDUAL DE BOUGUER.

La obtención de este mapa tiene como objetivo comprobar si las estructuras de interés geológico, es decir, las situadas en el contacto Mesozoico-Terciario, se manifiestan por sus efectos gravimétricos.

La Figura V.5 representa el mapa de Anomalia Residual en el cual se presentan algunas anomalías interesantes, sin embargo, al estar afectadas por ruido de alta frecuencia se decidió la aplicación de un proceso de suavizamiento (Figura V.6). La Figura V.7 muestra el isométrico de la Anomalia Residual suavizada.

En este mapa se pueden apreciar una serie de anomalías (máximos y mínimos) de muy pequeña amplitud. La más notoria de éstas es un mínimo que coincide con la estructura Victoria, cuya amplitud es de 11 U G, que debe representar el efecto de un domo

ANOMALIA RESIDUAL DEL AREA FRONTERA-ESPAÑA ESCALA 1:250,000



67

FIGURA U.5. Mapa de Anomalia Residual sin suavizar (UG).

ANOMALIA RESIDUAL DEL AREA FRONTERA-ESPADAÑAL ESCALA 1:250,000

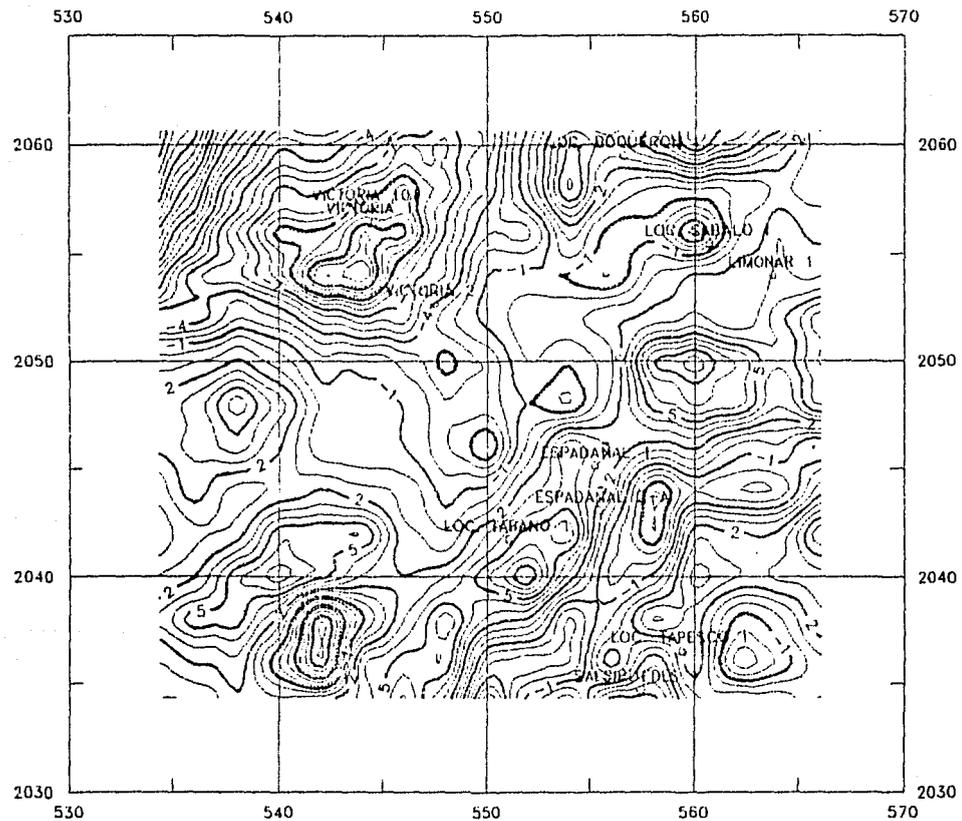


FIGURA U.6. Mapa de Anomalia Residual suavizada (UG).

ISOMETRICO DE LA ANOMALIA RESIDUAL DEL AREA FRONTERA-ESPADAÑAL ESQUEMATICO

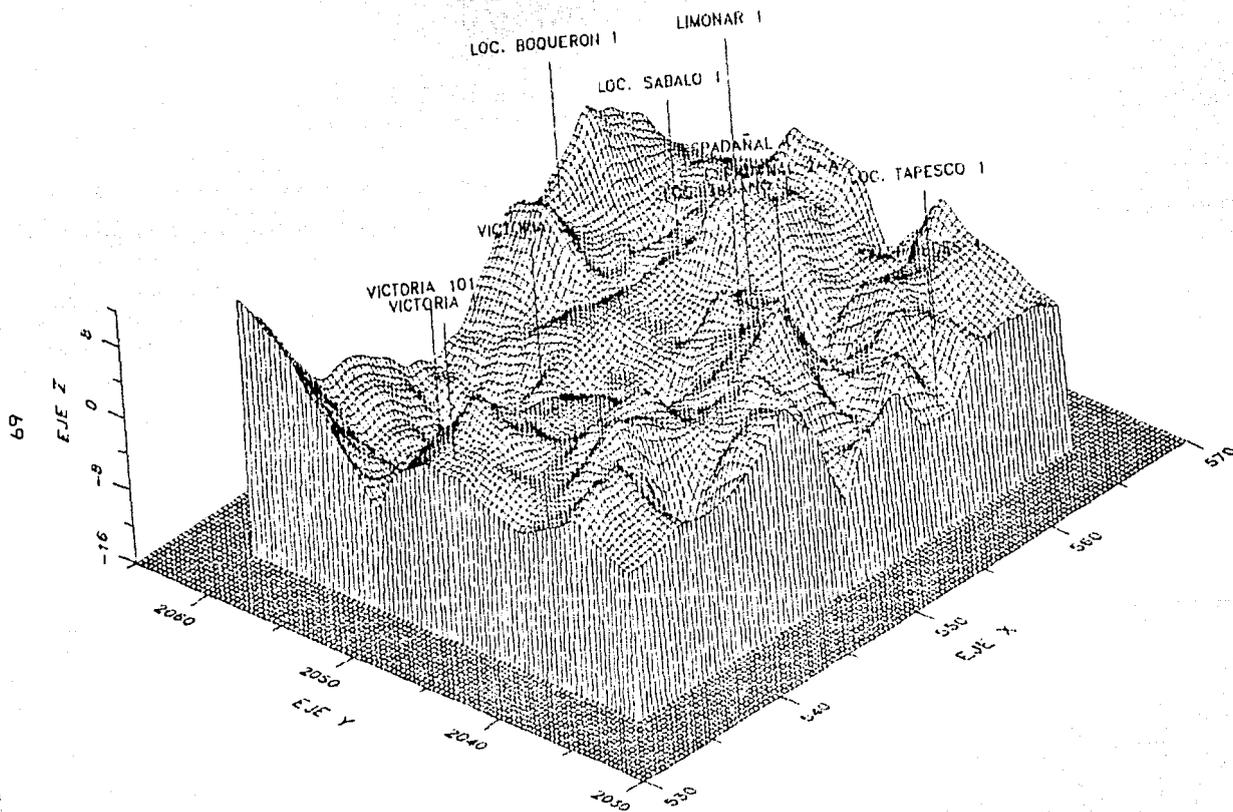


FIGURA U.7

arcilloso el cual ya se ha manifestado en sismología, sin descontar que también pueda tener efectos de origen más profundo.

Hacia el sureste del área y a partir de una línea imaginaria que pasa por las estructuras de Sábalo y Espadañal se agrupan una serie de máximos y mínimos residuales que probablemente debido a su pequeña amplitud correspondan a cuerpos dentro del Terciario.

Hacia el este y suroeste aparecen dos máximos cuyas amplitudes son de 4 y 5 U G respectivamente, los cuales, como en el caso anterior deben corresponder a estructuras terciarias bastante someras.

Debe hacerse notar que las estructuras postuladas por sismología no coinciden con los máximos gravimétricos lo que refuerza la idea de que la mayor parte de los efectos representados en este mapa son de origen poco profundo.

En un intento por conocer los parámetros de los cuerpos que causan las anomalías residuales, se escogieron dos de ellas (las de mayor valor en amplitud), el mínimo Victoria y el máximo localizado en la parte suroeste del área cuya amplitud es de 5 U G, se les aplicó el método de Skeels dando como resultado que las estructuras que producen la anomalía son muy someras.

Dado que en el área no existe un buen control de la densidad de las rocas del subsuelo, se revisaron los registros de densidad (FDC) de los pozos cercanos encontrándose que el cambio entre las densidades de las rocas terciarias y mesozoicas es gradual por lo que al no haber un contraste de densidad este contacto no estará representado en los mapas gravimétricos.

## V.2. MAGNETOMETRIA.

La información magnética fue discretizada a partir del mapa de Intensidad Magnética Total a escala 1:250,000 del prospecto denominado Campeche-Villahermosa (Correa, 1989).

Por efectos de la inclinación magnética las anomalías de este mapa (Figura V.8) se presentan distorsionadas y no corresponden en el espacio a las estructuras que las producen por lo que se hace necesario aplicar el proceso de reducción al polo con el objeto de localizar con precisión las estructuras del basamento, correlacionando anomalías positivas con altos estructurales y anomalías negativas con depresiones.

En este proceso se asume que las anomalías magnéticas observadas son inducidas por el campo magnético terrestre cuya inclinación es de  $46^\circ$  norte y la declinación  $6^\circ$  este. Aunque las anomalías magnéticas de intensidad total pudieran estar afectadas

INTENSIDAD MAGNETICA TOTAL AREA FRONTERA-ESPADAÑAL ESC. 1:250,000

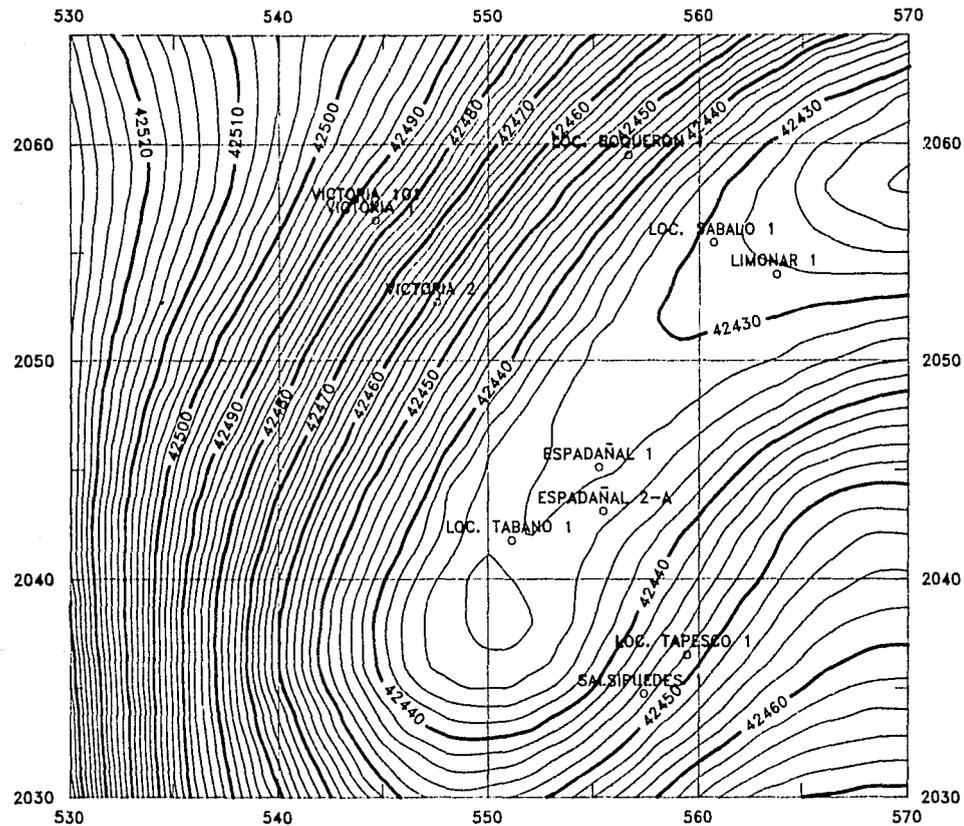


FIGURA U.8. Mapa de Intensidad Magnética Total (Gammas).

por el magnetismo remanente, las anomalías reducidas al polo deben en gran parte, estar localizadas sobre los cuerpos magnetizados.

Los datos reducidos al polo se graficaron a escala 1:250,000 con intervalos de 5 gamas y debido a ruido de alta frecuencia que lo afecta se le aplicó un operador de suavizamiento de 5X5 elementos, el mapa resultante se presenta en la Figura V.9.

De la interpretación de este mapa se obtienen conclusiones interesantes: primero, que existe una depresión a nivel de basamento magnético cuya orientación es noreste-suroeste, la cual no tiene correspondencia con ningún rasgo geológico observado o inferido con anterioridad; segundo, la total falta de correspondencia entre este mapa y los gravimétricos implica que los basamentos magnético y económico no coinciden o bien, que el basamento no tiene ninguna influencia sobre las estructuras responsables de las anomalías residuales y por último, se hace evidente la necesidad de hacer este tipo de estudios a nivel regional ya que en áreas pequeñas no siempre es posible observar los efectos de rasgos profundos o de grandes dimensiones.

El trabajo de modelado de perfiles no se ha considerado, en parte por lo reducido del área y en parte por el desconocimiento

## REDUCCION AL POLO AREA FRONTERA-ESPADAÑAL

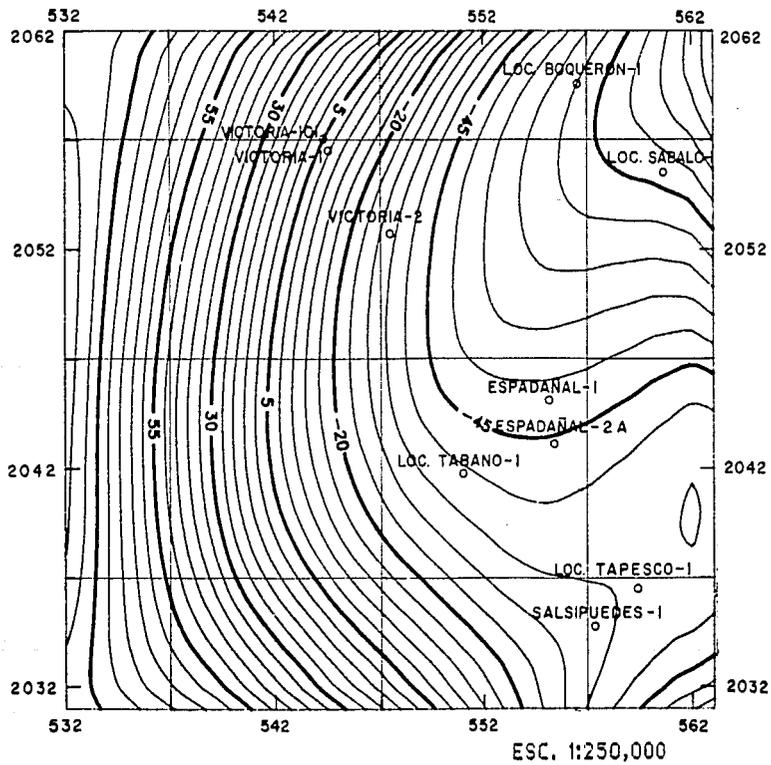


FIGURA U.9. Reducción al Polo de la Intensidad Magnética Total.

casi total de las susceptibilidades magnéticas de las rocas del basamento. Por otra parte, existen mapas de configuración de la cima del basamento (Rocha, 1986) bastante detallados que indican que en el área el basamento magnético se encuentra en un rango de profundidad entre 6000 y 9000 m; sin embargo, se hicieron algunas cuantificaciones de la profundidad de la probable cima del basamento magnético a nivel más regional utilizando métodos empíricos basados en los valores de pendiente de las anomalías mejor definidas sobre el mapa de Intensidad Magnética Total (Peters, 1949 y Vacquier, 1951) los cuales proporcionaron valores similares a los del mapa de referencia.

## VI. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Dentro de la provincia de las Cuencas Terciarias del Sureste, en la porción asignada por PEMEX a la Zona Sureste, se distinguen dos sistemas de deformación. El primero es el resultado de esfuerzos de transpresión, originados por los eventos tectónicos del Cretácico Tardío-Terciario Temprano y Mioceno; el segundo se deriva del régimen de tensión que dio lugar a la formación de las fallas normales (de crecimiento) llamadas: de Comalcalco, de Frontera y de Macuspana. Este último es correlacionable con el evento Cascadiano.

El primer sistema se encuentra claramente representado en el área Chiapas-Tabasco. Los plegamientos son complicados, con sus ejes orientados preferencialmente de nor-noroeste a sur-sureste, cortados por fallas inversas, algunas de carácter regional, subparalelas a los ejes.

En algunos casos, sobre todo en el área de Chiapas-Tabasco, se han encontrado intrusiones de sal asociadas con las fallas inversas, que facilitaron el movimiento de la sal a través de los planos de falla.

Los esfuerzos de compresión deformaron a la secuencia de

rocas carbonatadas del Mesozoico y a los terrigenos del Paleoceno, Eoceno y Oligoceno, así como a la porción más antigua del Mioceno.

El segundo sistema dio origen a las cuencas de Comalcalco y de Macuspana y fue causado por delizamientos gravitacionales asociados al desarrollo de la Cuenca del Golfo de México, sin una relación aparente con los movimientos de las placas de Norteamérica y del Caribe.

Sin embargo, al realizar la interpretación estructural del área Frontera-Espadañal se ha podido corroborar que su comportamiento es similar al del modelo del área Chiapas-Tabasco, es decir, los ejes de las estructuras se alinean en una dirección general nor-noroeste-sur-sureste, separados entre sí por fallas inversas que se pueden correlacionar en toda el área y aún con estructuras marinas situadas directamente al norte aproximadamente a unos 15 Km. Estos alineamientos están fraccionados en bloques debido al efecto de fallas normales más o menos perpendiculares a las fallas inversas. Este comportamiento estructural viene a representar un sistema de deformación por cizalla simple

Los esfuerzos de tensión ocurridos durante el Plioceno y Pleistoceno también están representados en el área, sin embargo,

debido a que el Terciario Superior solamente se correlacionó en algunas pequeñas porciones del área, no está controlado y por lo mismo solo se mencionan estos eventos.

Aunque es bastante evidente la dirección preferencial de los esfuerzos de compresión, en un intento de conocimiento más preciso, se realizó un análisis estadístico por medio de rosetas.

Sobre el plano estructural se midió la orientación de las trazas de las fallas interpretadas. Se obtuvieron un total de 57 fallas, de las cuales 36 corresponden a fallas inversas y 21 a fallas normales. En la Tabla IV se enlistan todas ellas y la orientación de sus trazas, considerando a los cambios bruscos de dirección como fallas diferentes.

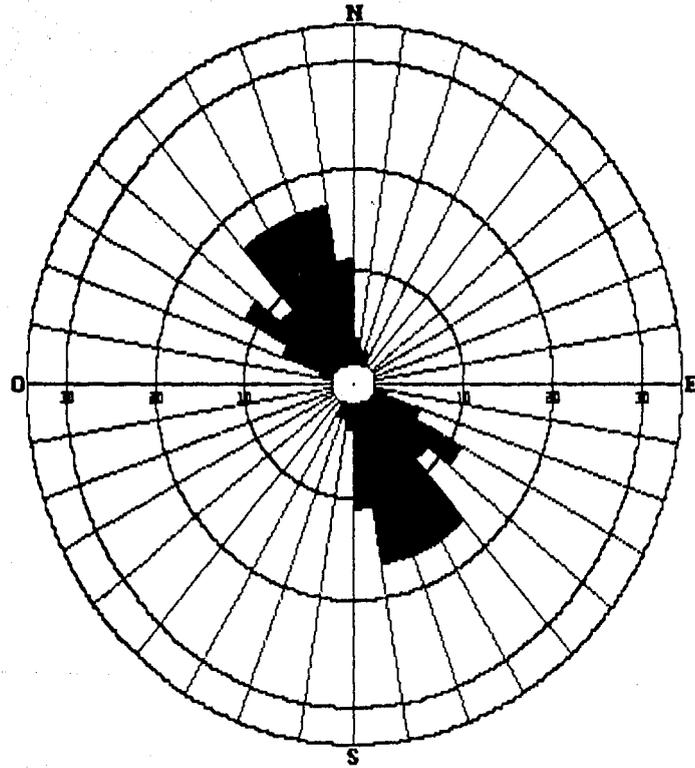
La Figura VI.1 muestra la roseta de fallas inversas donde se puede apreciar que éstas se agrupan entre los  $0^\circ$  y  $70^\circ$  noroeste-sureste apareciendo un grupo muy reducido entre los  $0^\circ$  y  $30^\circ$  noreste-suroeste.

La Figura VI.2 representa la roseta de fallas normales, las cuales se orientan entre los  $30^\circ$  y  $90^\circ$  noreste-suroeste con dos grupos ligeramente dispersos entre los  $10^\circ$  y  $20^\circ$  noreste-suroeste y entre los  $70^\circ$  y  $80^\circ$  noroeste-sureste.

TABLA IV

ORIENTACION DE FALLAS INVERSAS			
1. N 32° W	2. N 13° W	3. S 45° E	4. N 40° W
5. N FRANCO	6. N 54° W	7. N 20° W	8. S 27° E
9. S 60° E	10. S 23° E	11. N 55° W	12. N 22° E
13. N 18° W	14. N 30° W	15. N 80° W	16. N 9° W
17. S 54° E	18. N 61° W	19. S 67° E	20. N 7° W
21. N 37° W	22. N 29° W	23. N 32° W	24. N 32° W
25. N 6° W	26. N 4° E	27. N 41° W	28. N 19° W
29. S 57° E	30. N 20° W	31. N 7° E	32. N 19° E
33. N 21° W	34. N 47° W	35. N 32° W	36. N 15° W
ORIENTACION DE FALLAS NORMALES			
1. S 52° W	2. S 45° W	3. S 46° W	4. S 55° W
5. S 55° W	6. S 42° W	7. S 18° W	8. S 32° W
9. S 31° W	10. S 53° W	11. S 35° W	12. S 86° W
13. N 31° E	14. S 55° W	15. S 65° W	16. S 75° E
17. S 35° W	18. S 74° W	19. N 64° E	20. N 35° E
21. N 53° E			

OB



**FIGURA UI.1. Roseta de fallas inversas.**

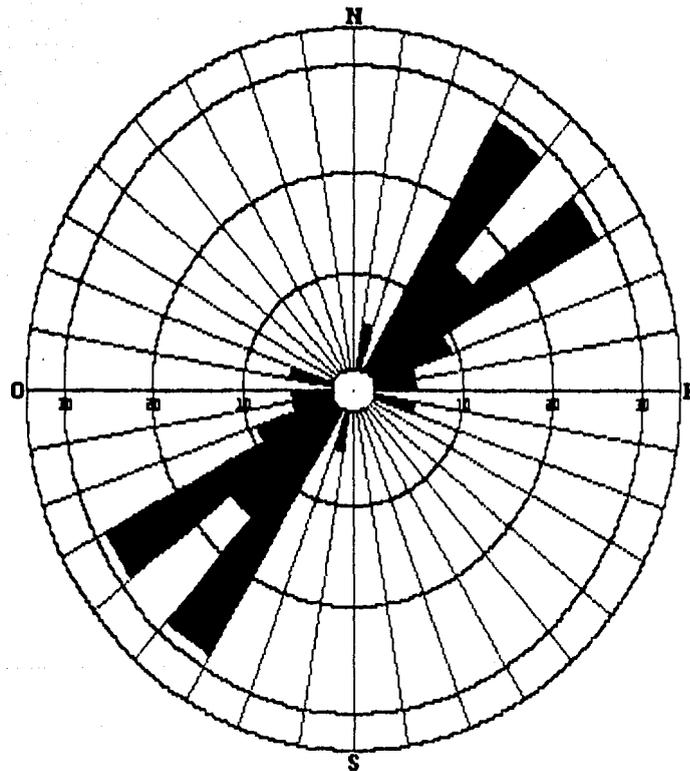


FIGURA VI.2. Roseta de fallas normales.

Con el objeto de hacer visibles las características estructurales del área se construyó la roseta general de fallas (Figura VI.3) en la que se observa claramente como se forman dos grupos predominantes; uno en dirección noroeste-sureste representado casi exclusivamente por fallas inversas y otro en dirección noreste-suroeste que agrupa primordialmente a fallas normales.

De lo anterior podemos deducir que para el Cretácico y hasta el Mioceno Temprano, el área estuvo sometida a esfuerzos de compresión en dirección general noreste-suroeste y a esfuerzos de tensión en dirección aproximadamente perpendicular.

Al comparar estos resultados con las estructuras producidas por cizalla simple en un medio homogéneo (Figura VI.4) observamos que la deformación producida por cizalla simple izquierda es muy semejante a la que presenta el área.

No se puede afirmar que el cizalleo no alcanzó tal magnitud como para permitir el desarrollo de fallas de desplazamiento lateral puesto que el estudio es a nivel bastante local y ya se han postulado éstas en áreas bastante cercanas (Miranda y Somellera, 1988), no obstante, sí podemos afirmar que existió cierta rotación representada por los acuñamientos de estructuras y la unión de ciertas fallas inversas que de no existir dicha rotación tendrían direcciones paralelas a subparalelas.

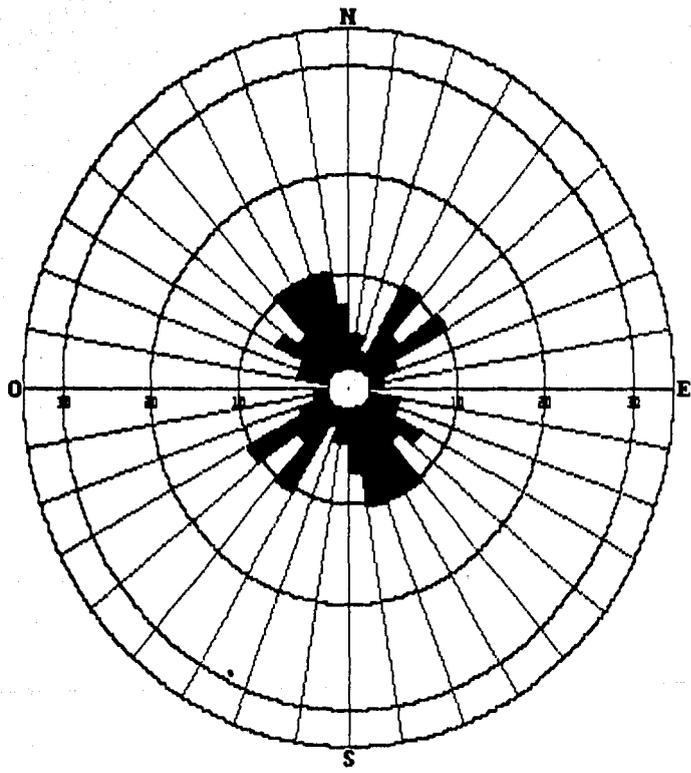


FIGURA UI.3. Roseta general de fallas.

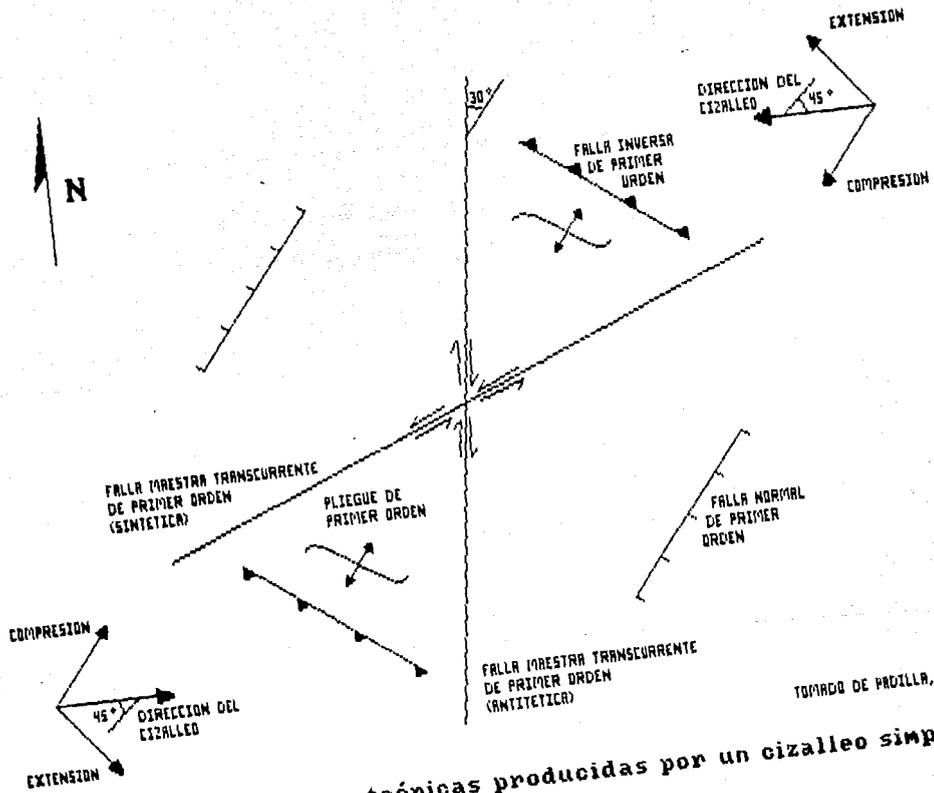


FIGURA U1.4. Estructuras teóricas producidas por un cizalleo simple E-W.

Tomado de Prohlla, 1987

## VII. CONCLUSIONES.

1. El área ha evolucionado en una margen de cuenca tipo continental pasiva en la que se ha depositado una secuencia sedimentaria que abarca rocas y sedimentos del Jurásico Tardío al Reciente.

2. Se postula un basamento magnético a una profundidad de 7000 a 8000 m que puede o no coincidir con el basamento económico sobre el que seguramente descansa esta secuencia sedimentaria.

3. Se reconocen tres eventos tectónicos que han influido en las características estructurales del área: el del Cretácico Tardío-Terciario Temprano, el del Mioceno (llamado localmente Chiapaneco) al cual se deben la mayor parte de las estructuras almacenadoras del área Chiapas-Tabasco y el del Plio-Pleistoceno que generó las grandes fallas de crecimiento que tanta importancia tienen en la acumulaciones de hidrocarburos del Terciario Tardío.

4. De la interpretación sísmológica-estructural se han mapeado una serie de estructuras a una profundidad susceptible de ser alcanzada por la barrena para lograr producción comercial de petróleo. Algunas de estas estructuras han sido propuestas para su perforación.

5. La configuración de la cima del probable Cretácico Superior muestra que la parte menos profunda se encuentra hacia el noreste del área y, dado que en estructuras cercanas en la parte marina existe producción, se considera la más favorable para su próxima perforación.

6. Se recomienda el modelado de las estructuras propuestas en metros, utilizando velocidades de intervalo, con el objeto de confirmar que las culminaciones coinciden en metros y en tiempo.

7. Se ha hecho uso de los métodos potenciales para tratar de apoyar la interpretación sísmológica, sin embargo han sido de poca utilidad en el aspecto estructural de la parte de interés, no obstante se ha podido comprobar que pueden ser una herramienta poderosa en la interpretación de rasgos más profundos o bien en cuanto estos estudios tengan un carácter más regional.

8. Del análisis estructural se concluye que el área ha estado sometida a un régimen de cizalla simple; con esfuerzos de compresión en dirección general noreste-suroeste los cuales son responsables de los plegamientos y las fallas inversas presentes, a esfuerzos de tensión en dirección noroeste-sureste a los que se deben las fallas normales y la separación en bloques de las estructuras y el efecto de una ligera rotación representada por los acuñamientos de algunas estructuras.

9. Que la integración de métodos geológicos y geofísicos ha pasado de ser recomendable a tener un carácter de necesaria en todo estudio de prospección petrolera en virtud de las cada vez más difíciles localizaciones de yacimientos, por lo que se considera imprescindible el que se continúen formando técnicos capacitados en ambas disciplinas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ADLER, L., 1930. Gravity Survey Report on Northern Tabasco (Frontera and Grijalva River Area). Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 19 p., 1 map.
- ADLER, L., 1933. Gravity Survey Report on Northern Chiapas and Conduacán-Cárdenas. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 17 p., 6 anexos.
- AEROSERVICE, 1981. Informe Magnetométrico No. 13 Area: Cintalapa-Bachajón y Pargos-Xpujil. Inf. Int. de PEMEX Z. SE., 112 p. 49 mapas.
- BHATTACHARYYA, B.K., 1965. Two-Dimensional Harmonic Analysis as a Tool for Magnetic Interpretation. Geophysics, v. 30, No. 5 pp. 829-857.
- BROWN, D.R., 1929. Report on the Gravity in Northern Cárdenas Area, Tabasco. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 15 p., 1 map.
- BROWN, D.R., 1932. Gravity Survey Report on the La Palma Tecomi-noacán Sections, Western Tabasco. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 13 p., 3 maps.
- CAASA y C.G.G., 1982. Informe Magnetotélúrico No. 21. Area Chiapas Tabasco y Cobo. Inf. Int. de PEMEX Z. SE., 46 p., 9 anexos.
- CORREA P., I., 1989. Proyecto C-7019 "Interpretación del Basamento del Area Campeche - Villahermosa", I.M.P., inédito, 45 p., 31 anexos.

DENGO, G. and Bohenerberger, O., 1969. Structural Development of Northern Central America. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem. 11, pp. 203-220.

ERVIN, P., 1976. Reduction to the Magnetic Pole Using a Fast Fourier Series Algorithm. Computers and Geosciences, v. 2, pp. 211-217.

GARFIAS, I. y Vega-Santander, E., 1973. Informe Sismológico No. 153, Area: Frontera-Tamulté, Prospecto: Tamulté, COMESA. Inf. Int. de PEMEX Z. SE., 26 p., 45 secc., 6 anexos.

GAY, J., 1925. Final Report on the Gravity Survey in the State of Tabasco, covering the Period from October 1924 to July 1925. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., inédito, 9 p., 4 maps.

IPARREA, A., 1989. Informe Sismológico No. 507 Area: Chiapas-Tabasco, Prospecto: Frontera-Espadañal. Inf. Int. de PEMEX Z. SE., 36 p., 46 secc., 2 anexos.

LANGNER, A., 1930. Gravity Survey Report on Comalcalco Area. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 22 p., 1 map.

LANGNER, A. 1932. Gravity Survey Report on Reforma Area, Tabasco and Chiapas. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 24 p., 16 anexos.

LANGNER, A., 1934. Gravity Survey Report on North Cárdenas Area. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 18 p., 14 anexos.

LANGNER, A., 1935. Northern Tab.-Central Tab., Macuspana, Sariat and Northern Chiapas Areas. Cia. Mex. de Pet. El Aguila, S.A., 15 p., 13 anexos.

- LOPEZ, E., 1979. Geología de México Tomo III. Mexico, 445 p.
- MIRANDA, L. y Somellera, A., 1988. Las Estructuras Arrastradero-  
Puerto Ceiba y la Transcurrencia en el Distrito Comalcalco.  
PEMEX Z. SE. inedito, 12 p.
- NETTLETON, L., 1987. Gravity and Magnetics in Oil Prospecting.  
McGraw-Hill, Inc., U.S.A., 464 p.
- PADILLA Y SANCHEZ, R., 1987. Apuntes de Geología Estructural.  
División de Estudios de Posgrado de la Facultad de  
Ingeniería, U.N.A.M., 128 p.
- PETERS, L.J., 1949. A Direct Approach to Magnetic Interpretation  
and Its Practical Application. Geophysics v.14, No. 3, pp.  
290-320.
- PETROLEOS MEXICANOS, 1946. Anomalías Gravimétricas Región Alvaro  
Obregón-Santuario, 1 mapa.
- PETROLEOS MEXICANOS, 1987. Geología Petrolera de la Zona Sureste.  
Inédito, 234 p.
- RAISZ, E., 1959. Landforms of Mexico: (1a Ed.) (2a Ed. en 1964).  
Univ. Cambridge, Cambridge, Mass., U.S.A., 1 map.
- RAMIREZ, M., 1989. Informe Sismológico No. 513 Area: Macuspana  
Prospecto: Frontera, COMESA. Inf. Int. de PEMEX Z. SE.  
24 p., 44 secc., 25 anexos.
- ROSAS, P., 1975. Informe Sismológico No. 180 Area: Macuspana  
Prospecto: Porción Central-Noreste. Inf. Int. de PEMEX Z.  
SE., 68 p., 18 secc., 3 anexos.
- SALVADOR, A., 1987. Late Triassic-Jurassic Paleogeography and

- Origin of Gulf of Mexico Basin, Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 71, No. 4, pp. 419-451.
- SANCHEZ, R., 1979. Geología Petrolera de la Sierra de Chiapas, Bol. de la Asoc. Mex. de Geol. Pet., v. XXXI, Nos. 1 y 2, pp. 67-97.
- SANCHEZ, R. y Sánchez, B., 1988. La Sierra de Chiapas, su Evolución Geológica y sus Posibilidades Petroleras. PEMEX Z. SE., inédito, 59 p.
- SANTIAGO, J., Carrillo, J. y Martell, B., 1984. Geología Petrolera de México, en Evaluación de Formaciones en México, Schlumberger, pp. 1-36.
- TREJO, N., 1978. Informe Sismológico No. 228 Area: Villahermosa Prospecto: Espadañal-Victoria. Inf. Int. de PEMEX Z. SE. 11 p., 3 secc.
- VACQUIER, V., Steenland, N. and Henderson, R., 1951. Interpretation of Aeromagnetic Maps. Geol. Soc. Am. Mem. 47, reprinted 1963.
- VEGA SANTANDER, E., 1972. Informe Sismológico No. 121 Area: Frontera-Tres Brazos, COMESA. Inf. Int. de PEMEX Z. SE., 19 p., 40 secc., 3 anexos.

## APENDICE A.

### METODO EMPLEADO PARA OBTENER LA INFORMACION SISMICA.

Si bien en el área se han realizado una serie de trabajos de observación sismológica, cada uno de ellos con diferentes métodos, instrumentos y parámetros, tanto de patrones de campo como de procesado de las señales obtenidas y, dado que el presente trabajo está basado principalmente en las observaciones realizadas por la brigada SES-8 en el área Macuspana-Frontera, se proporcionan a continuación, de manera generalizada, los parámetros bajo los cuales se obtuvo la información sísmica.

### INSTRUMENTACION.

#### a). Topografía.

Distanciómetro marca Wild Distomat D141.

Nivel Automático Rossbach Mod. NA-2.

Plancheta Luft Mod. IR-60.

Tránsito Universal Wild T-2.

#### b). Perforación.

Generalmente se utilizaron siete perforadoras de maneral,

con motores Kohler, encontrándose dificultad para la perforación de la arena y los bancos de conchuela.

c). Observación.

Sismógrafo marca Texas Instruments, Modelo D.F.S. V de 48 canales.

200 cuerdas de 12 sismodetectores marca Geo-Space 20 DX, de 10 Hz, conectados en serie a separación constante de 10 m

125 cables marca Tesco de 105 m de longitud, con dos salidas cada uno (sismodetectores y telefono).

d). Procesado.

Para el procesado de datos sísmicos se empleó un equipo marca Vax VMS 11/751 constituido por:

1. C.P.U.
2. Procesador aritmético FPS 100.
3. Cuatro transportes de cintas magnéticas.
4. Dos módulos de discos de 414 megabytes cada uno.
5. Seis terminales de video VT-220.
6. Una consola de operador Letter Writer 100.
7. Una impresora de alta velocidad 3001 Serie Band Printer.
8. Un graficador electrostático Versatec 8600.

El centro de procesado consta de la configuración anterior y un paquete de programas dividido en:

1. Programas de utilería.
2. Programas de análisis.
3. Programas de graficación.
4. Programas de investigación.
5. Programas especiales.

El procesado lo efectuó el personal del Departamento Regional de Procesos Geofísicos de la Superintendencia General de Distritos de Exploración de la Zona Sureste, establecido en la ciudad de Villahermosa, Tab.

#### PRUEBAS EFECTUADAS.

Se escogieron cuatro localizaciones para efectuarlas, tres de ellas caen dentro del área Miguel A. Zenteno Basurto (inmediatamente al occidente de Frontera-Espadañal) y una sobre la Línea 4 dentro del prospecto que nos ocupa; dichas pruebas se enlistan a continuación:

1. Registro de velocidades superficiales.
2. Análisis de ruidos.
3. Profundidad óptima.
4. Carga óptima.
5. Patrones de pozos.
6. Prueba múltiple (H.P.R.).
7. Prueba de OFF-SET.

8. Distancia entre estacas.

9. Patrón de detección.

#### SISTEMAS Y METODOS UTILIZADOS EN EL PROSPECTO.

Apilamiento: 1200% (Figura A.I).

Distribución de tendidos: 0-500-2850 m  
0-600-2950 m  
0-1000-3350 m

Distancia entre estacas: 50 y 70 m

Distancia entre puntos de tiro: 100 y 140 m

Patrón de detección: Dos grupos de 12 detectores conectados en serie-paralelo. Marca Geo-Space Corporation de 10 Hz y separación variable (Función  $\text{Cos}^2 x$ ) y  $L=90$  m

Dos grupos de 12 detectores de 10 Hz conectados en serie-paralelo a separación constante de 5 m y  $L=115$  m ( Figuras A.II y A.III).

Patrón de pozos: Pozo unitario a 25 y 30 m y cuatro pozos a distancia variable (Función  $\text{Sen } x/x$ ) y  $L=44$  m

# DIAGRAMA DE APILAMIENTO 1200 %

AREA: MACUSPANA PROSPECTO: FRONTERA

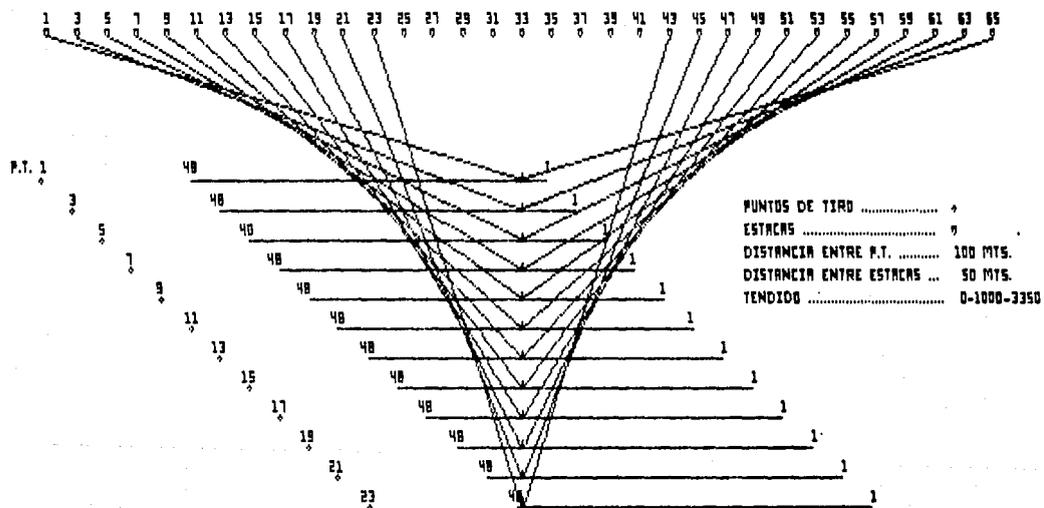


FIGURA A.I

# DIAGRAMA DEL PATRON DE FUENTES DE ENERGIA Y DETECCION

AREA: MACUSPANA

PROSPECTO: FRONTERA

LONGITUD DE LA CUERDA DE DETECCION = 90 m. DIST. VAR.  $\cos^2 \theta$



D 1 : 1.31 m.	D 5 : 12.11 m.	D 9 : 25.36 m.
D 2 : 3.92 m.	D 6 : 15.06 m.	D 10 : 29.11 m.
D 3 : 6.59 m.	D 7 : 18.18 m.	D 11 : 35.39 m.
D 4 : 9.30 m.	D 8 : 21.51 m.	D 12 : 45.00 m.

PATRON DE POZOS (Sen x/x)

ESTRER

CARGA: 5.012 Kg.  
PROF.: 15 m.

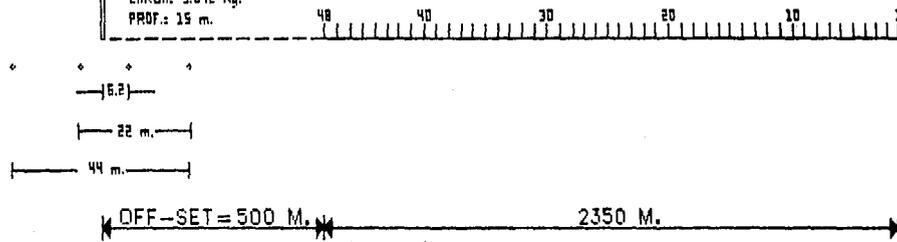


FIGURA A.II

DIAGRAMA DEL PATRON DE FUENTE DE ENERGIA Y DETECCION

AREA: MACUSPANA

PROSPECTO: FRONTERA

LONGITUD DE LA CUERDA DE DETECCION = 115 M. DIST. CTE. DE 5 M.



DISTRIBUCION DEL TENDIDO



FIGURA A.III

A.7

Profundidad de pozo: 25, 30, 12, 15 y 18 m  
Carga empleada: 11.34 y 9.072 Kgs por P.T.  
Tiempo de grabación: 7 segundos.  
Filtros de grabación: 8/128 Hz  
Velocidad de intemperismo: 500 a 700 m/seg  
Velocidad Subintempérica: 1650 a 1800 m/seg  
Tipo de correcciones usadas: Por tiempo vertical.  
Nivel de referencia: Nivel del mar.  
Correcciones dinámicas  
aplicadas: Análisis de velocidades  
aplicados en el centro de  
procesado.

## APENDICE B

### B.1

LINEA 1. Observada de sureste a noroeste, define en esa dirección las estructuras de Tapesco y Tábano. Su información es de buena calidad para los horizontes profundos así como de los someros en la porción noroeste, donde se puede apreciar la discordancia a nivel del Oligoceno-Eoceno que se menciona en el capítulo de Interpretación Sismológica-Estructural.

LINEA 3. Observada de sureste a noroeste, es la base de la correlación pues la secuencia estratigráfica del pozo Espadañal 2-A se puede proyectar en ella. Presenta características muy similares a la línea 1, la zona de discordancia postulada es visible hacia el noroeste. En esta sección es notorio como el Cretácico se profundiza en la parte central formando un graben que se hace más profundo hacia el noroeste del área. En los cruces con las líneas 14 y 17 define al bloque noroccidental de Tábano.

LINEA 4. Observada de noreste a suroeste, define la estructura de Tapesco en la que el cierre estructural del Cretácico y las bajas frecuencias características del paquete Eoceno-Paleoceno se observan sin dificultad. Los horizontes someros proporcionan información de calidad en partes de la línea, sobre la estructura Tapesco y al noreste.

LINEA 8. Perpendicular a la línea 3 en el punto de proyección del

Pozo Espadañal 2-A, fue observada de noreste a suroeste. En esta sección se correlacionaron el Cretácico y el Terciario con apoyo de otras secciones sísmológicas con buena información de los horizontes más someros. Se deben resaltar dos características de esta sección: como a lo largo de ella es visible el paquete Eoceno-Paleoceno y que el nivel de las estructuras es más somero hacia el noreste donde queda definida la estructura Sábalo.

LINEA 14. Esta sección, observada de noreste a suroeste, fue incluida con el objeto de ilustrar la discordancia propuesta que es muy notoria en el extremo suroeste. En la porción central, en el crucero con la línea 19 se aprecia el graben propuesto en la interpretación, que se hace más profundo hacia el noroeste. En general la información correspondiente al Terciario es de buena calidad. Sección (P.T. 391) muy flanqueado al bloque principal de Tábano y define en el crucero con las líneas 3 y 17 al bloque noroccidental de dicha estructura.

LINEA 17. Observada de sureste a noroeste, define con claridad a los bloques de la estructura Tábano, hacia su extremo noroeste se aprecia la discordancia ya mencionada. Al ser su dirección la misma de los alineamientos estructurales se puede apreciar que los eventos sísmicos son continuos, en contraste con las secciones transversales a los ejes mayores de las estructuras.

LINEA 19. Observada de noroeste a sureste, correlaciona las estructuras de Victoria y Espadañal. Aunque su información para los horizontes profundos es de poca calidad, la proyección de las secuencias estratigráficas de los pozos Victoria 1, 2, 101 y Espadañal 1 permite visualizar una gran complicación estructural a lo largo de esta línea, la cual coincide con la dirección de un graben que alcanza su máxima profundidad en Victoria 101 y con el eje de mínimos denominado Victoria-Espadañal-La Botella, mostrando además la presencia de domos arcillosos.

LINEA 21. Corresponde al trabajo más reciente, observada de suroeste a noreste para detallar la estructura de Sábalo, sin embargo, la poca cantidad y calidad de la información permite poco más que confirmar el cierre estructural. Hacia el extremo suroeste se puede apreciar el sistema de fallas que afecta a la estructura Victoria.

LINEA 22. Observada de suroeste a noreste, establece la correlación con las estructuras del área Miguel A. Zenteno Basurto. En ella es notoria la forma en que se profundiza el Mesozoico bajo la estructura Victoria y la complicación estructural en el cruce con la línea 19.

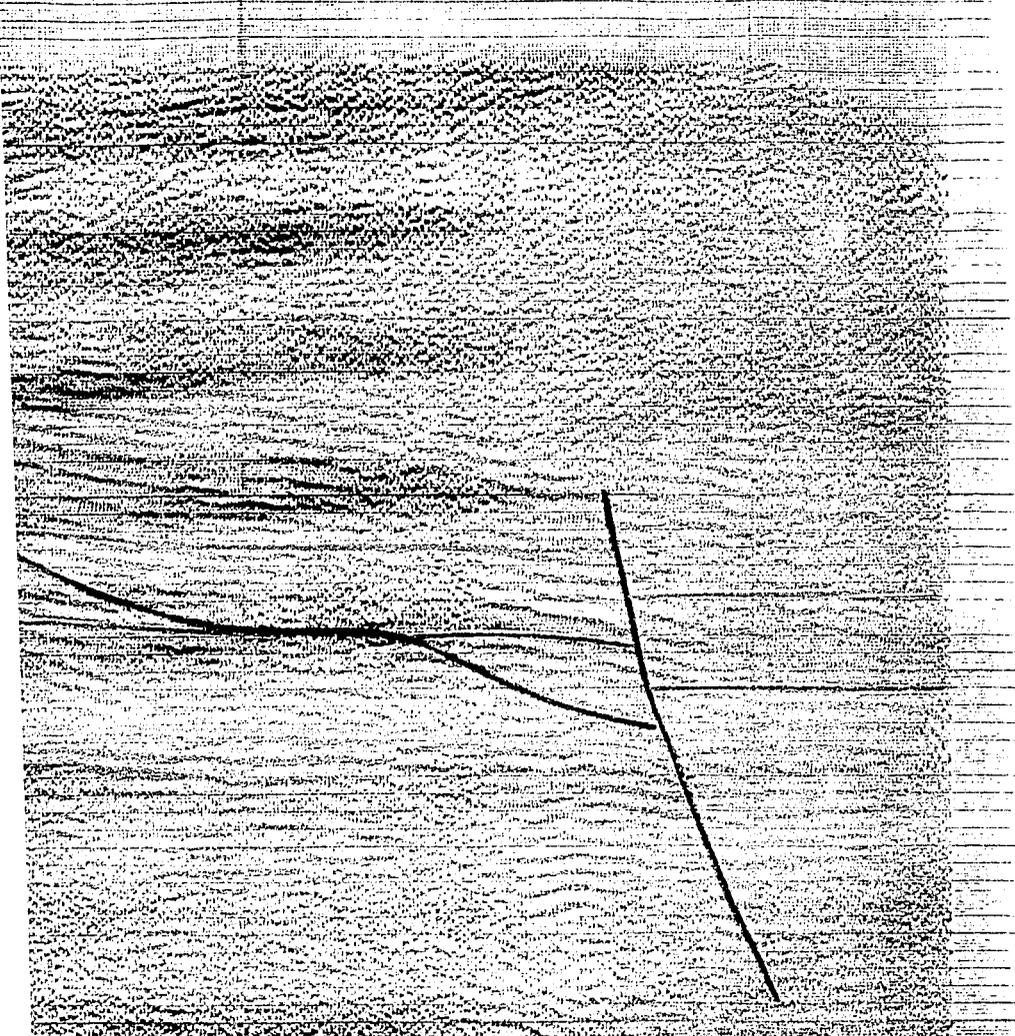
LINEA 23. La principal característica que se puede observar en esta línea, observada de sureste a noroeste, es el paquete de

bajas frecuencias que, en este trabajo, se ha hecho corresponder con el Eoceno-Paleoceno. Se define bastante bien el flanco suroriental de la estructura Boquerón y con menor claridad a Sábalo. Esta línea se observó como trabajo adicional para detallar las estructuras mencionadas.

LINEA 28. Otra línea de detalle, observada recientemente de suroeste a noreste, que define con mucha claridad un flanco de la estructura Boquerón y el paquete de bajas frecuencias Eoceno Paleoceno. El Terciario Superior se manifiesta mediante información de buena calidad.

LINEA 4

ESTRUCTURA TAPESCO



LINEA 1

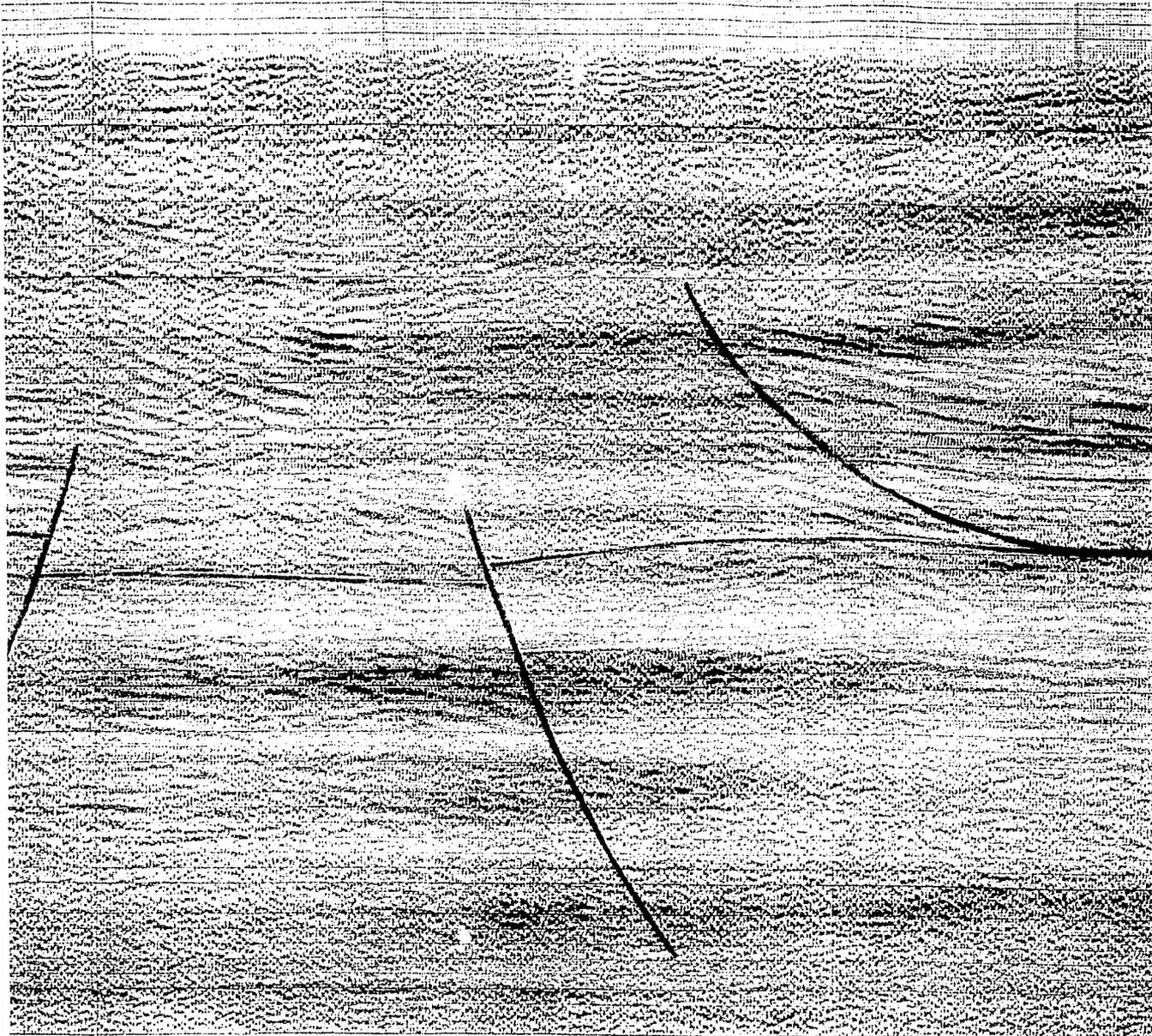
LEYENDA	
GLIJCENO	
EGGEND	
EFETADIC	

LINIA 1

LINIA 8

LINIA 4

ESTRUCTURA TAPESCO



LINIA 4

ESTRUCTURA TAPESCO

LINIA 1

LEYENDA

CLIGCEND

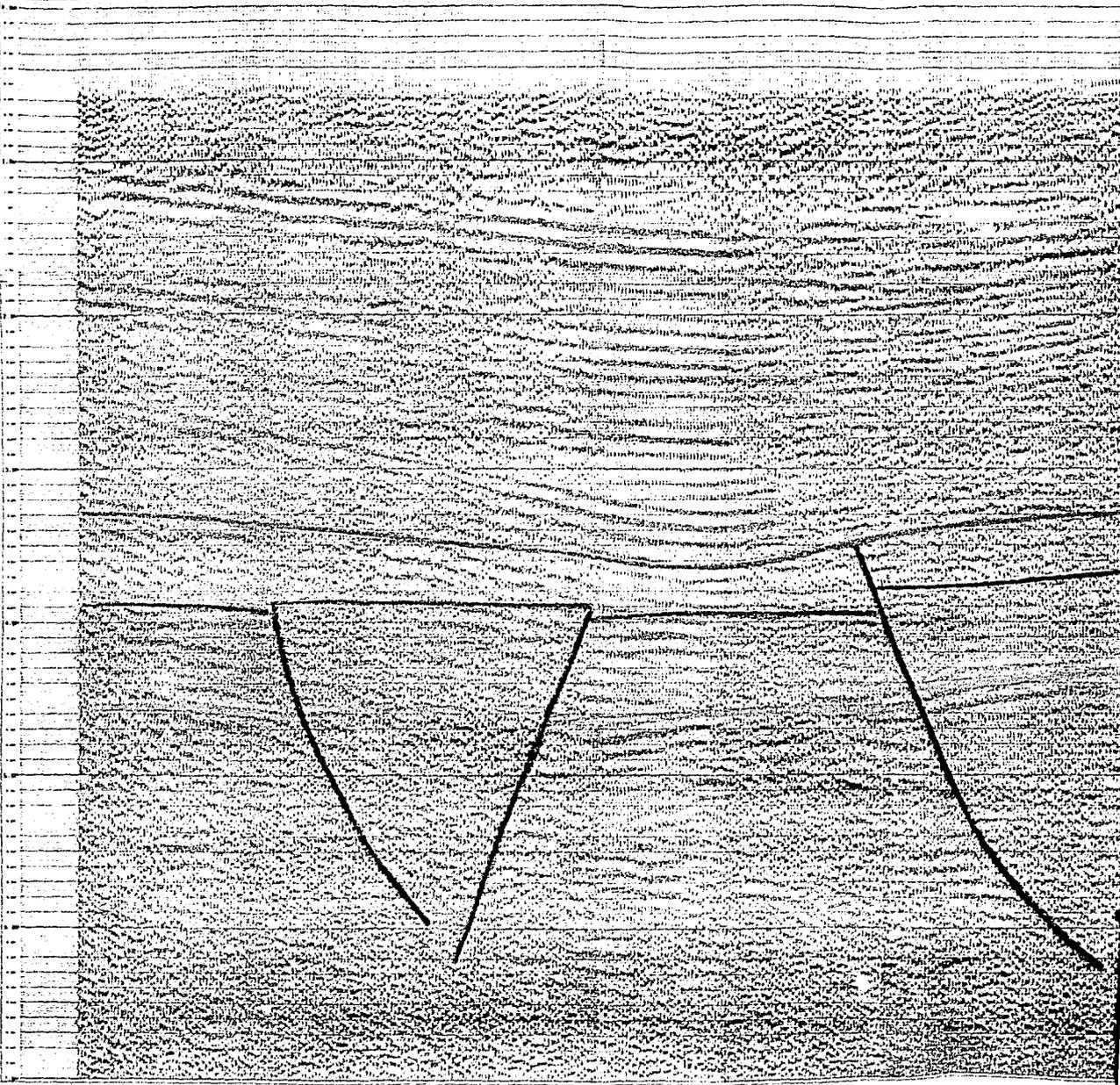
BOCENS

OPERACI



LINEA 14

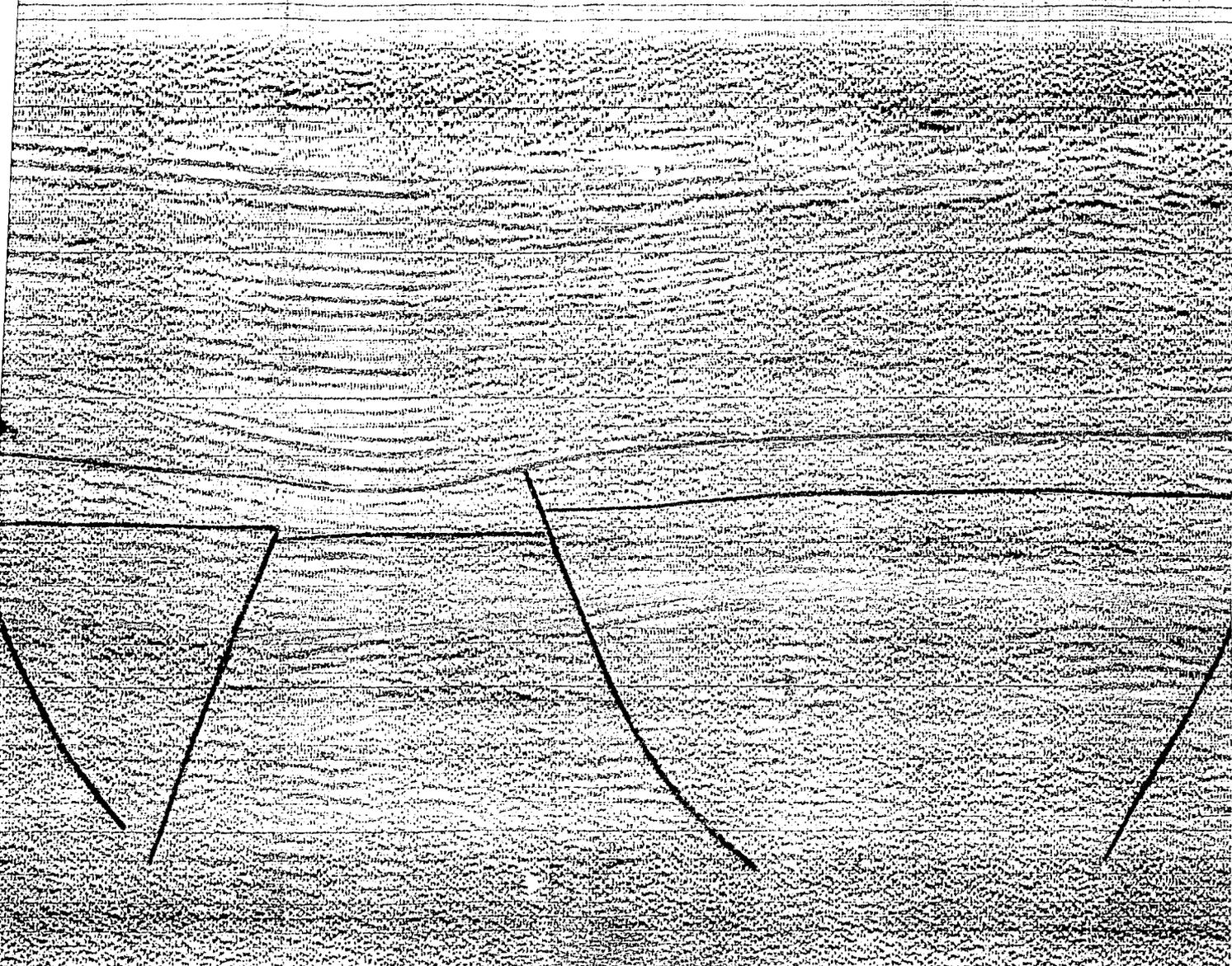
70 72 67 61 49 45 27 24 21 19 17 15 13 11 9 7 5 3 1 987 985 979 973 967 961 955 949 943 937 931



LINEA 14

LINEA 17

ESTRUCTURA TABANG



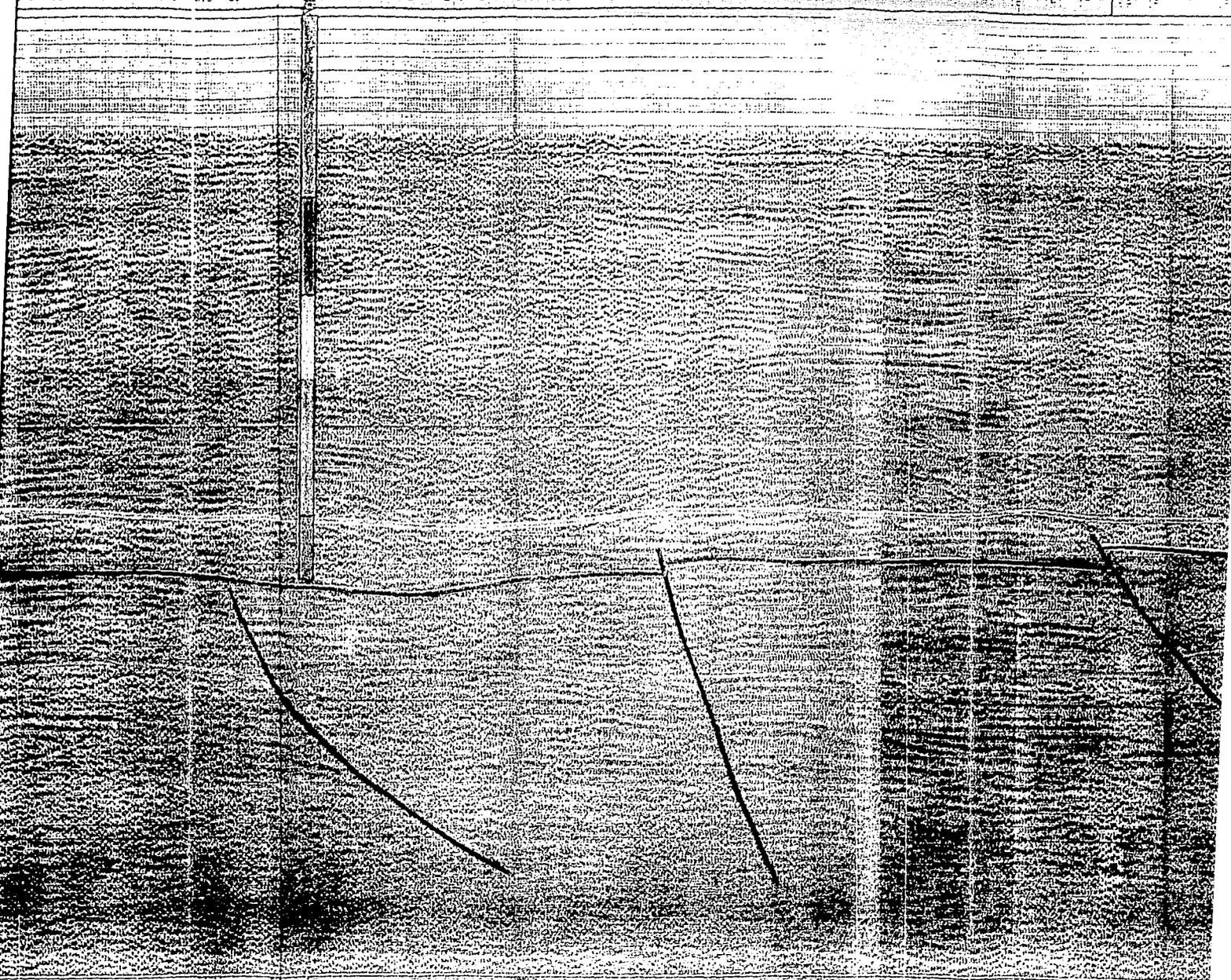


LINEA 3

LINEA 8 POZO ESPAÑAL - 2-A

LINEA 4

325 327 331 328 316 313 307 301 295 289 283 277 271 265 259 253 247 241 235 229 223 217 211



LINEA 4

247 241 235 229 223 217

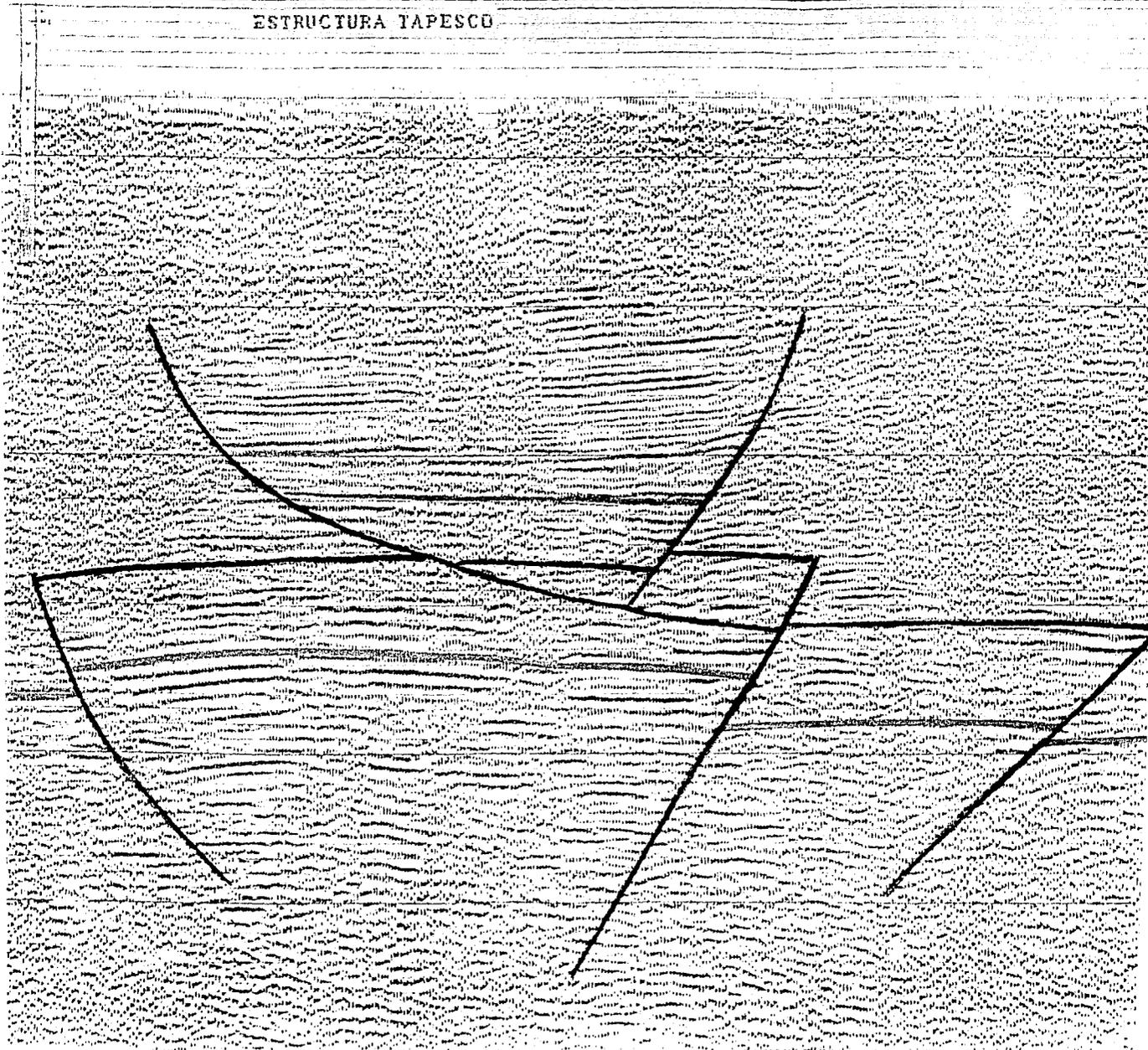
16 17 18 19

22 23 24

LINEA 3

LEYENDA  
QUEDADO   
BOCINA   
RETIADO

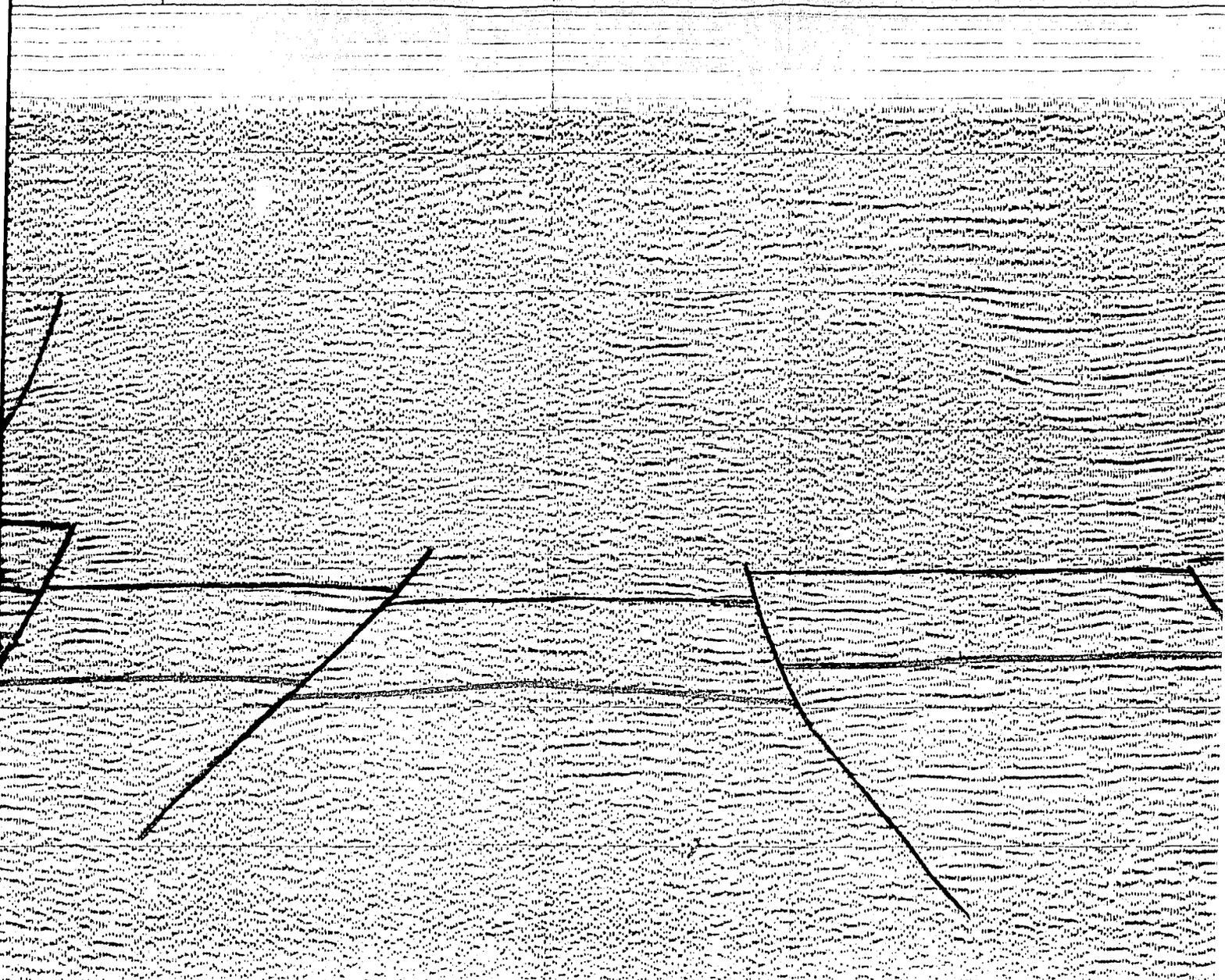
ESTRUCTURA TAPESCO



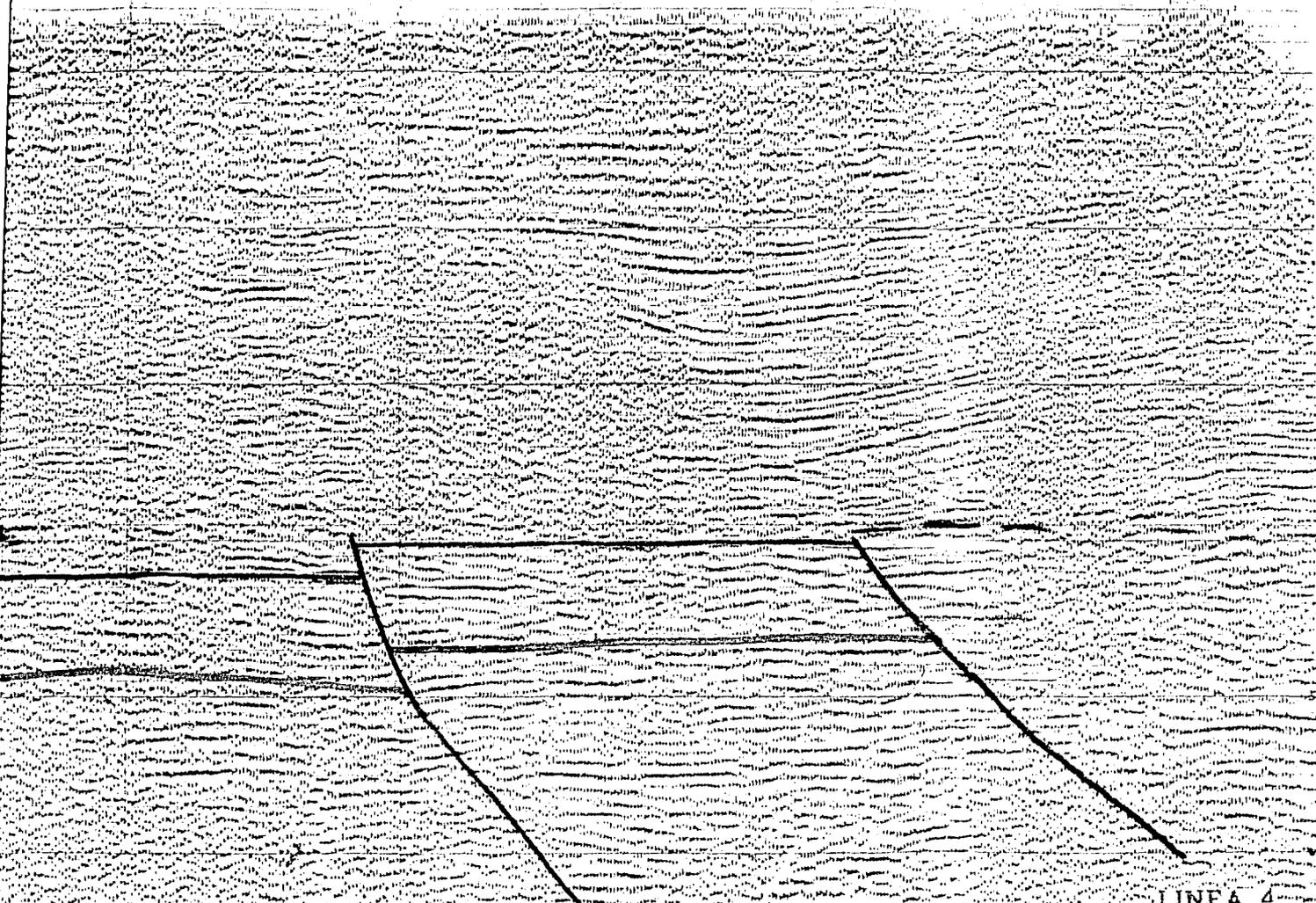
LINEA 4

LINEA 3

47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



# LINEA 4

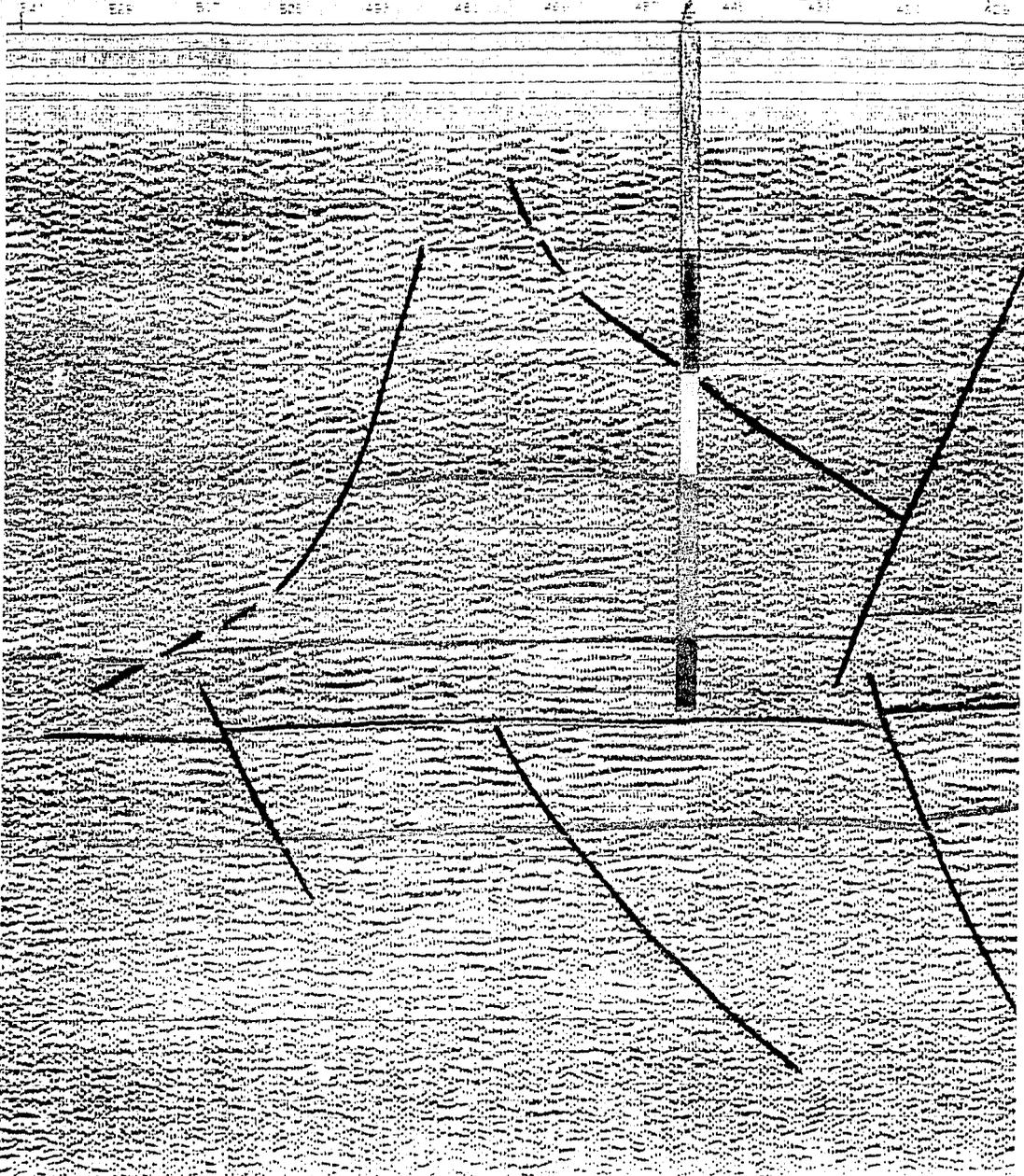


LINEA 4  
LEYENDA  
OLIGOCENO ■  
EOCENO ■  
CRETACICO ■

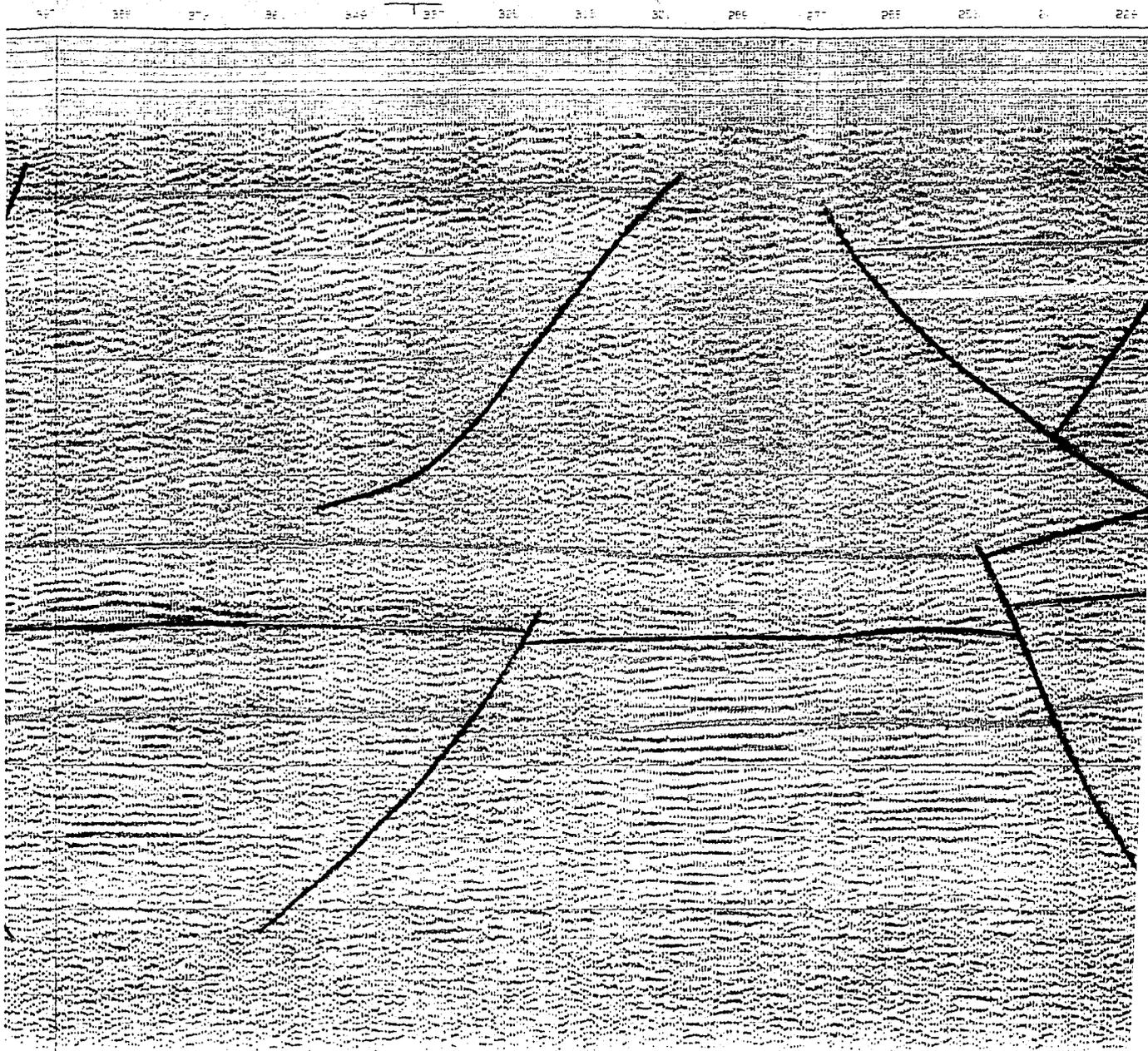
LINEA 1

LINEA 3

POZO ESPADANA-2



# LINEA 8



8

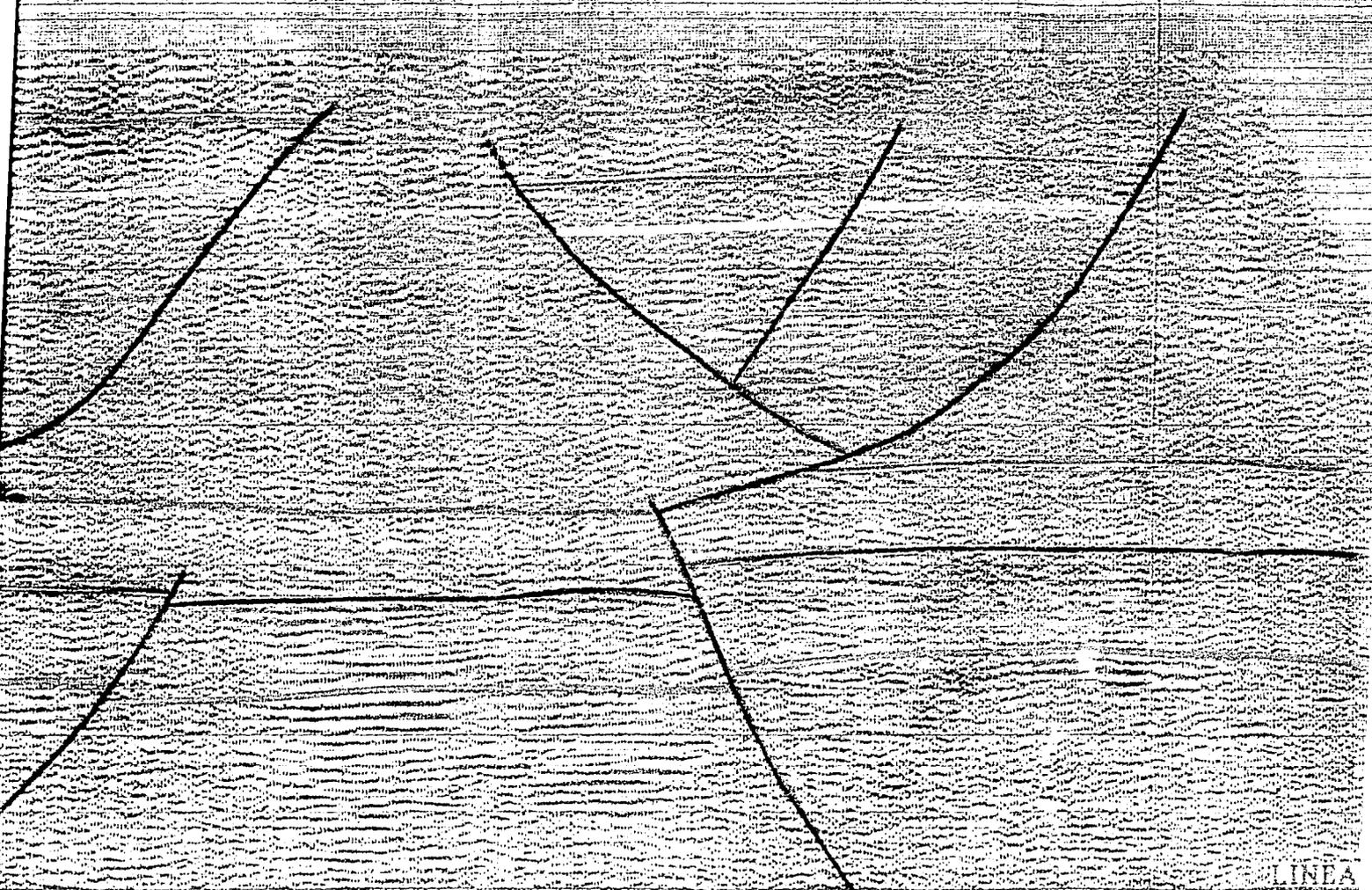
SECRET  
1950

LINEA 21

LINEA 23

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

ESTRUCTURA SABALO

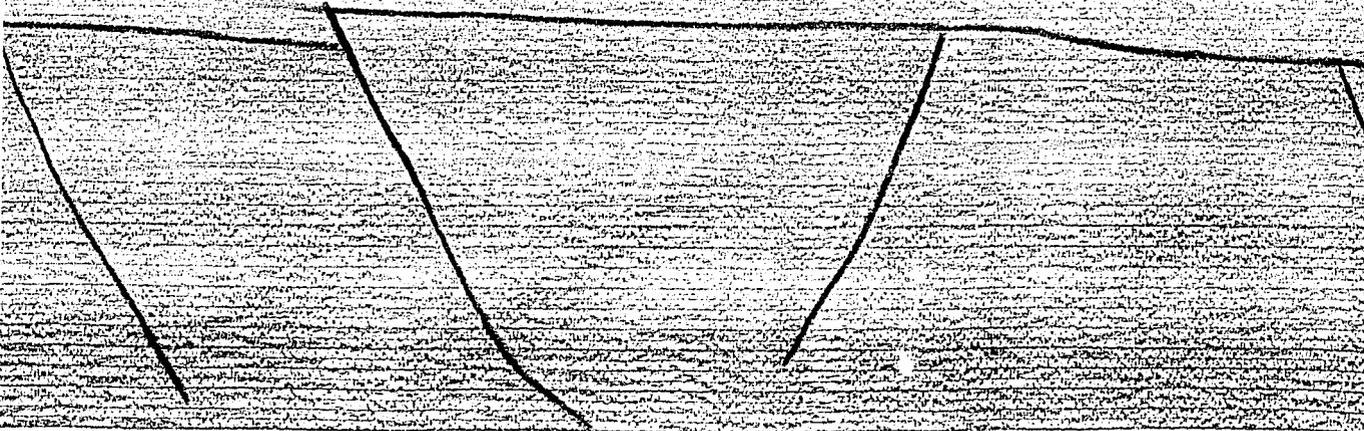
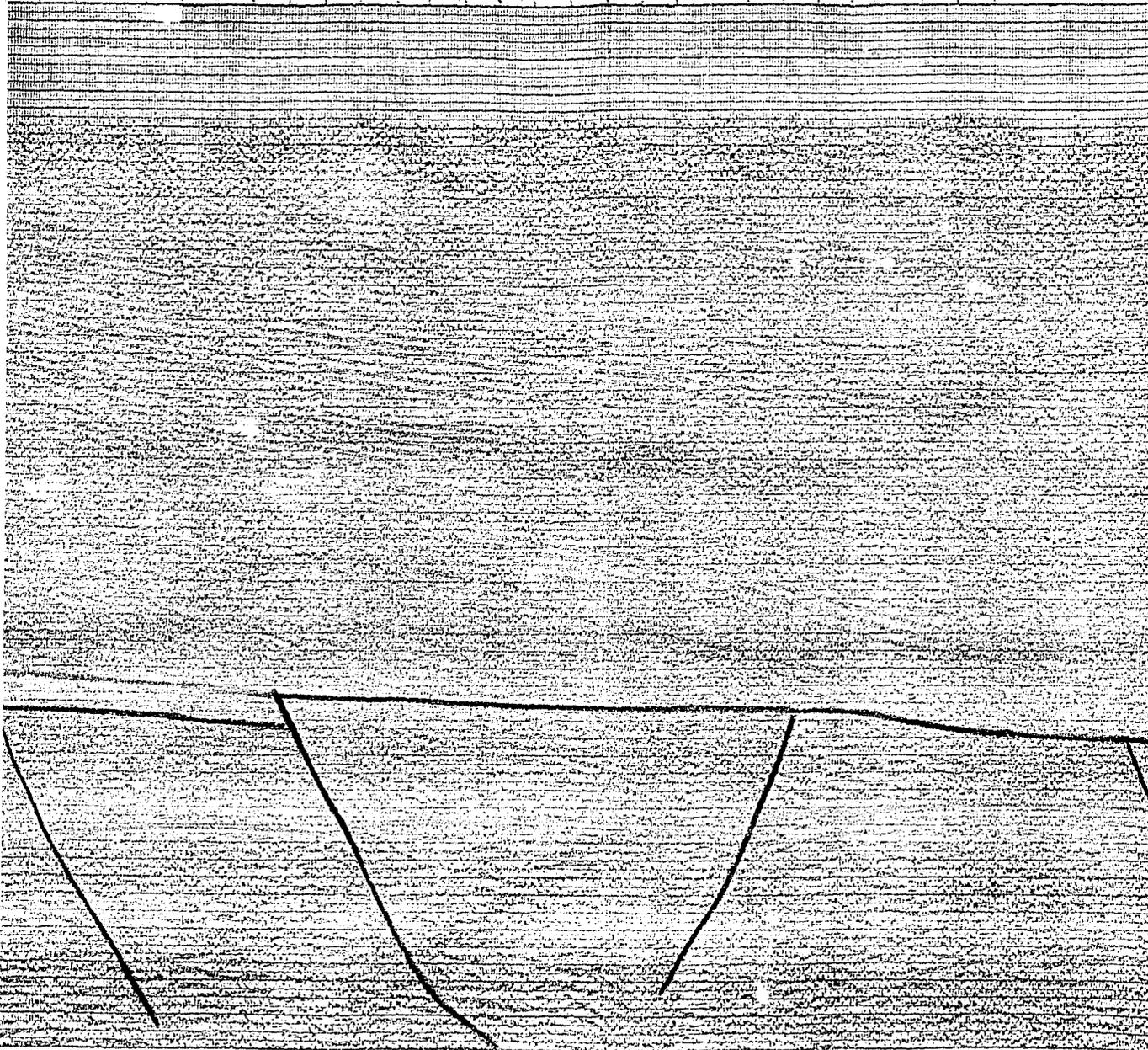


LINEA  
 LEYENDA  
 MIDC. SUP  
 MIDC. MED  
 MIDC. INF.  
 OLILOCEN  
 EOCENO  
 CRETACIO

LINE 1

LINE 1

15 585 571 559 547 535 523 511 499 487 475 463 451 439 427 415 403



LINIA 15

LINIA 17

LINIA 3

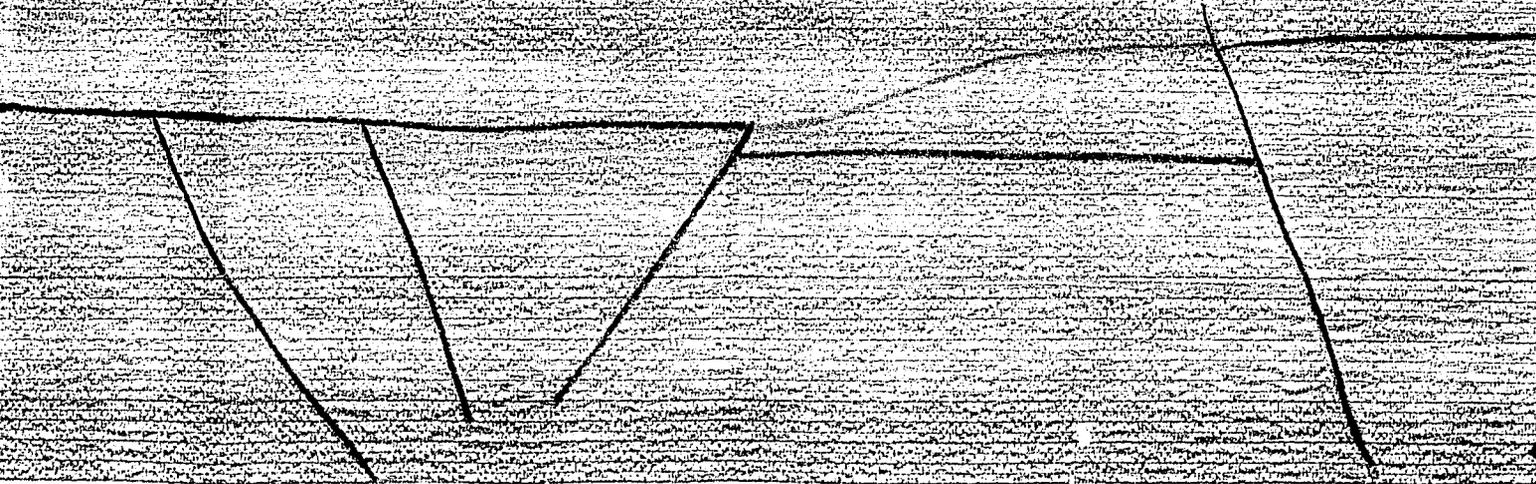
LINIA 19

LINIA 7

447 440 25 276 247 355 243 331 2

347 245 15 27 254 240 231 271 211

ESTRUCTURA TABANO



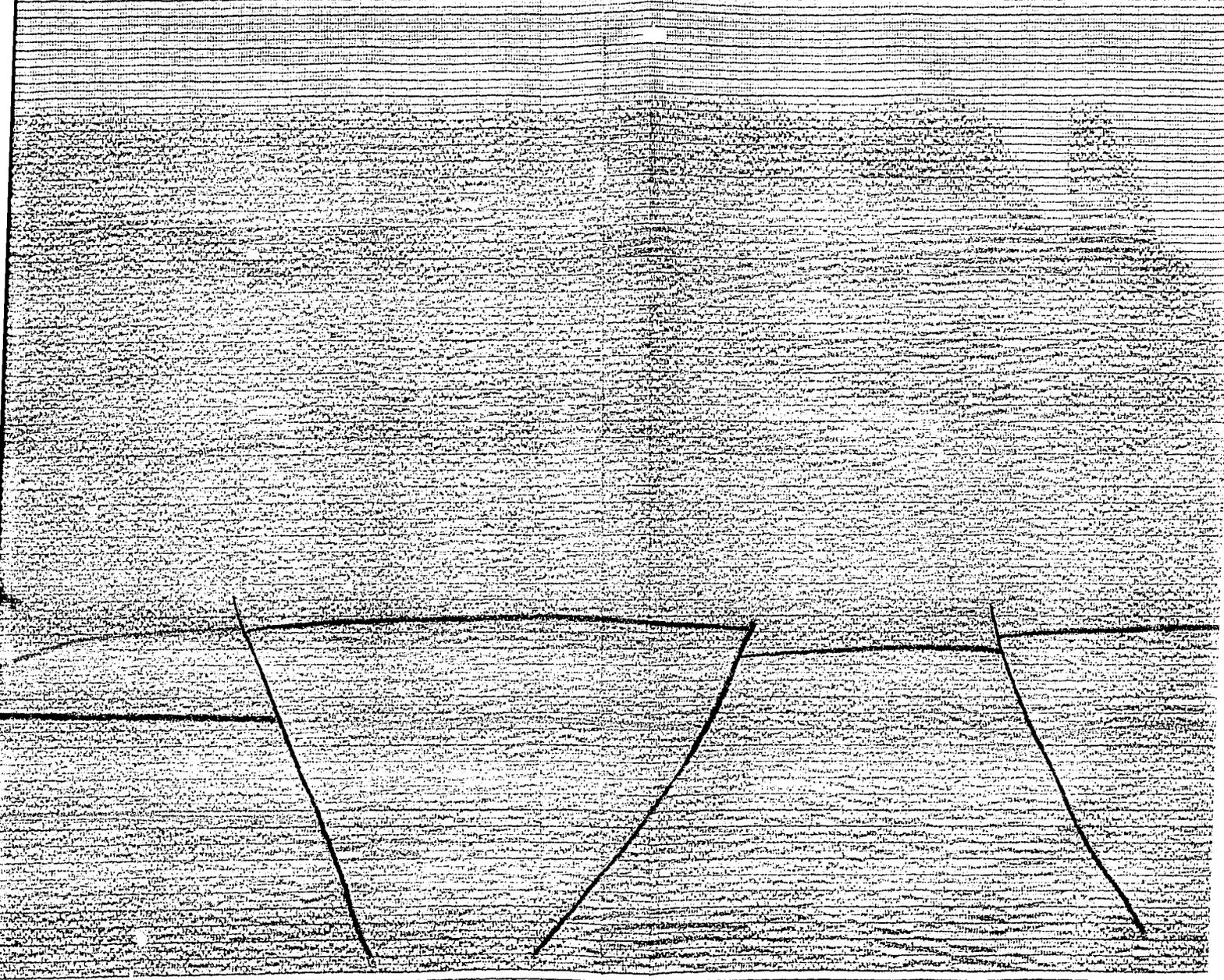
NE

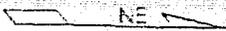
LINEA 19

LINEA 7

LINEA 21 LINEA 28

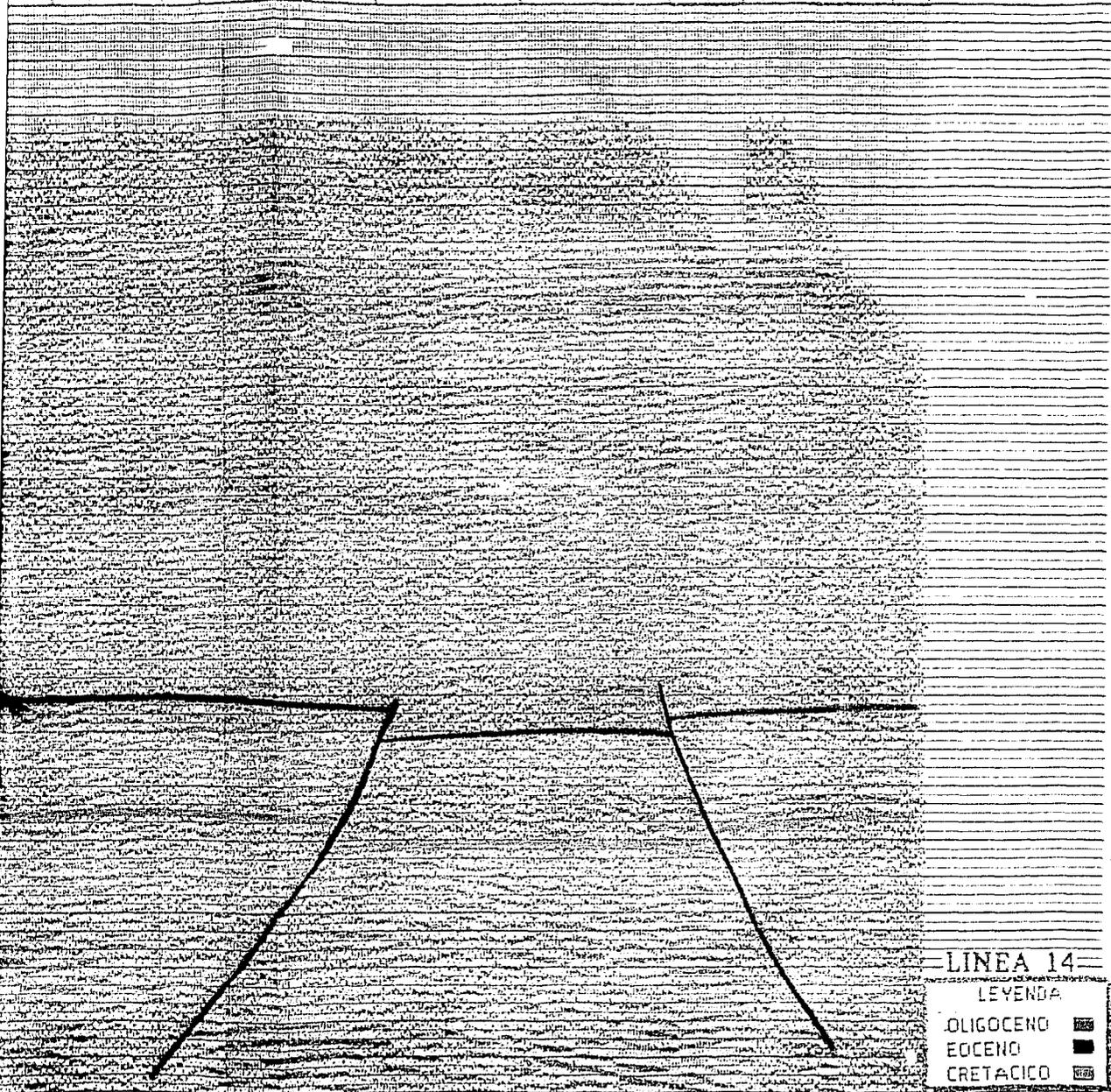
14 27 54 74 93 113 133 153 173 193 213 233 253 273 293 313 333 353 373 393 413 433 453 473 493 513 533 553 573 593 613 633 653 673 693 713 733 753 773 793 813 833 853 873 893 913 933 953 973 993





LINEA 21 LINEA 28

175 140 105 120 127 115 103 75



0.0  
0.10  
0.20  
0.30  
0.40  
0.50  
0.60  
0.70  
0.80  
0.90  
1.00  
1.10  
1.20  
1.30  
1.40  
1.50  
1.60  
1.70  
1.80  
1.90  
2.00  
2.10  
2.20  
2.30  
2.40  
2.50  
2.60  
2.70  
2.80  
2.90  
3.00  
3.10  
3.20  
3.30  
3.40  
3.50  
3.60  
3.70  
3.80  
3.90  
4.00  
4.10  
4.20  
4.30  
4.40  
4.50  
4.60  
4.70  
4.80  
4.90  
5.00  
5.10  
5.20  
5.30  
5.40  
5.50  
5.60  
5.70  
5.80  
5.90  
6.00

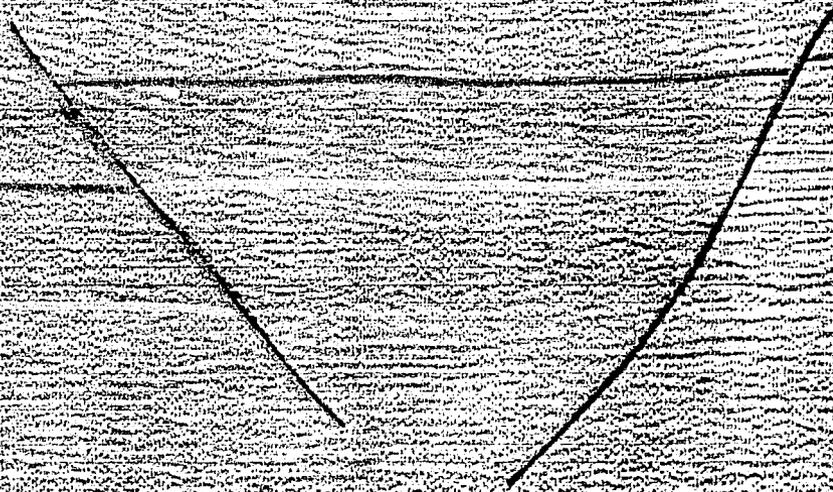
LINEA 14

LEYENDA

- OLIGOCENO 
- EOCENO 
- CRETACICO 

6.00

LINEA 3 LINEA 14

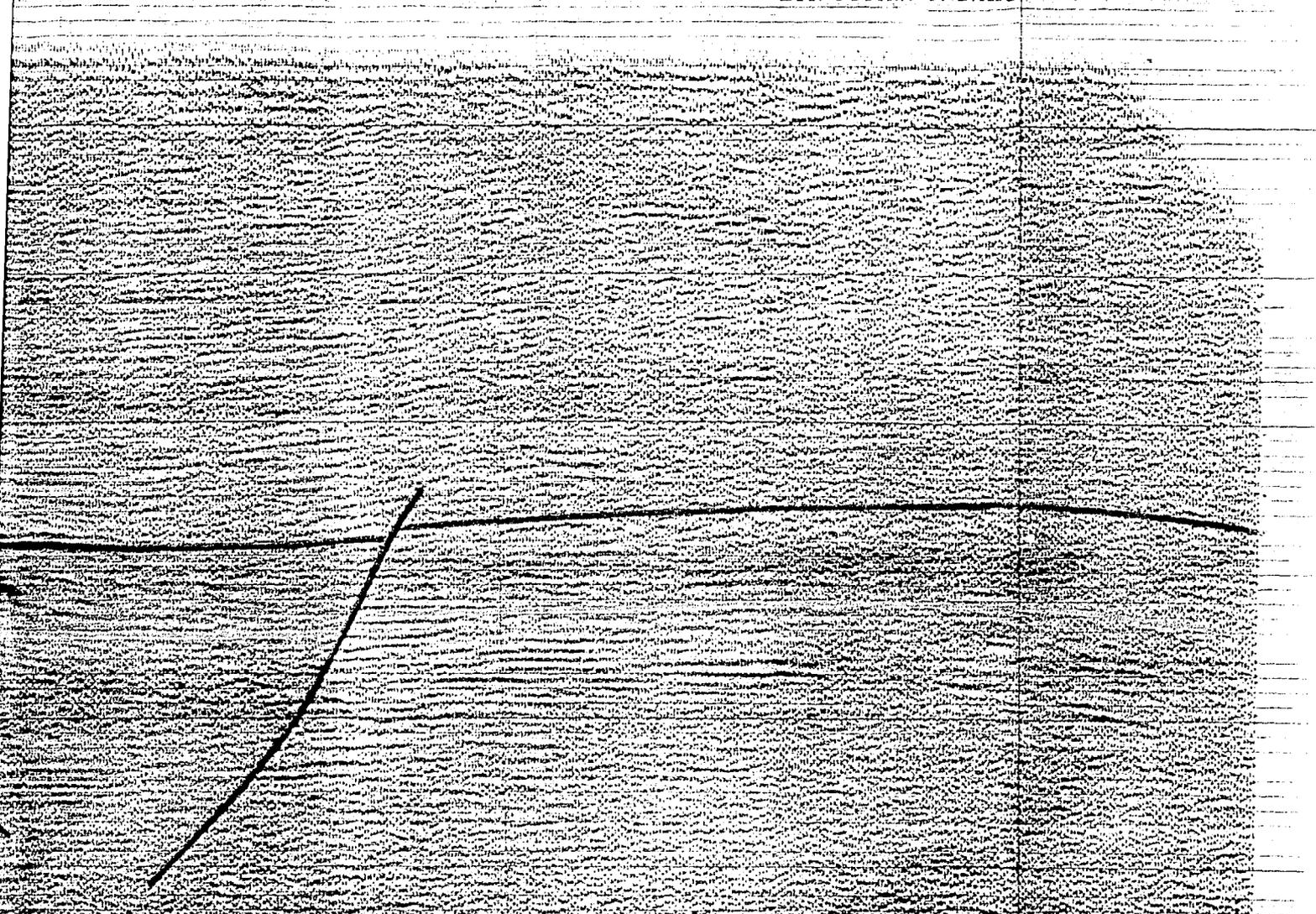


# LINEA 17

LINEA 3 LINEA 14

LINEA 1

ESTRUCTURA TABANO



LINEA 17

LEYENDA  
EOCENO  
CRETACICO

VICTORIA 101 VICTORIA 1

# LINEA 19

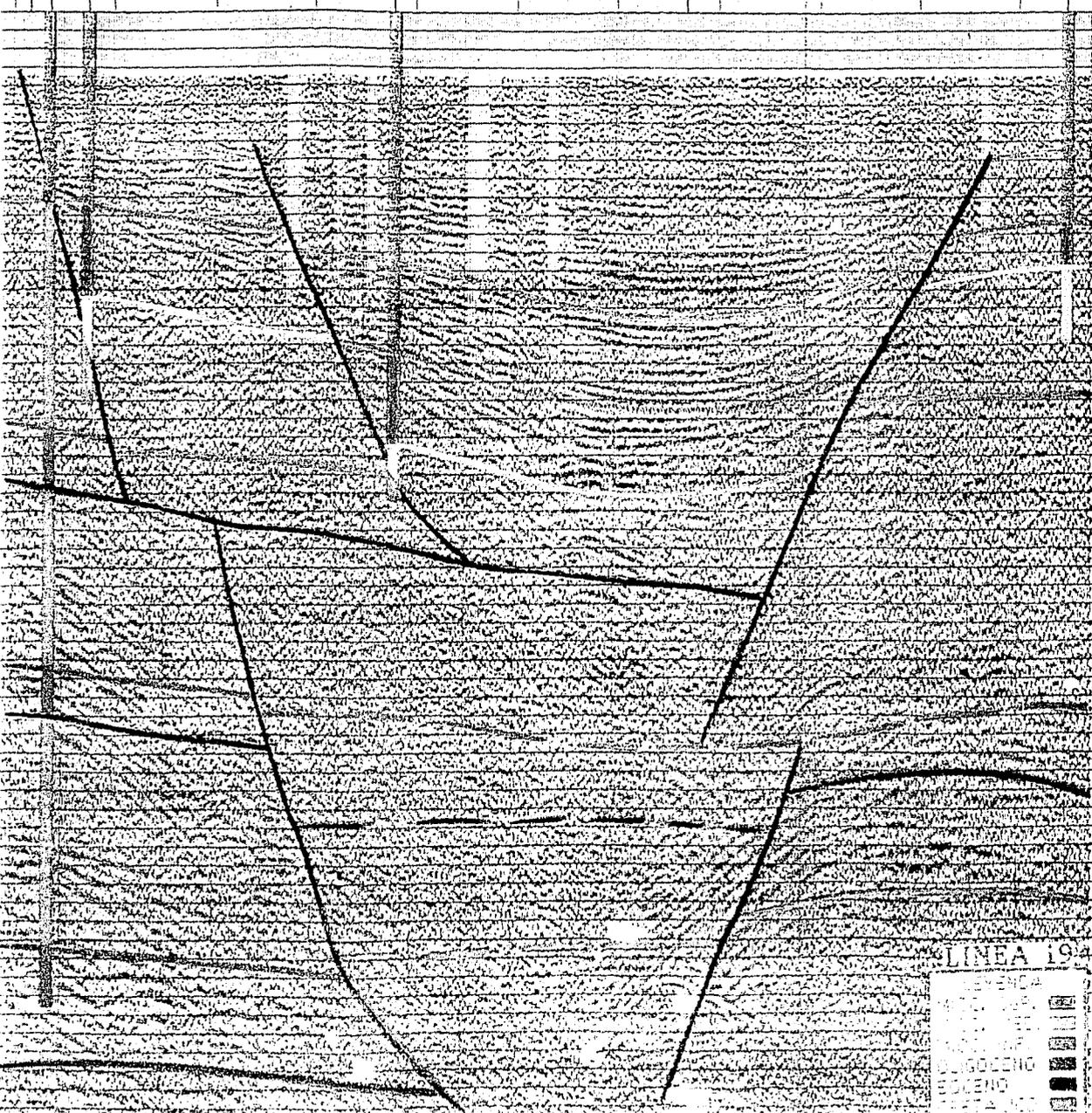
LINEA 21

VICTORIA 2

LINEA 14

ESPADANA

LINEA 22



LINEA 19a

EVENCIA	[Symbol]
GOCENG	[Symbol]
EDKENG	[Symbol]
MATA	[Symbol]

NE

LINEA 19

LINEA 20

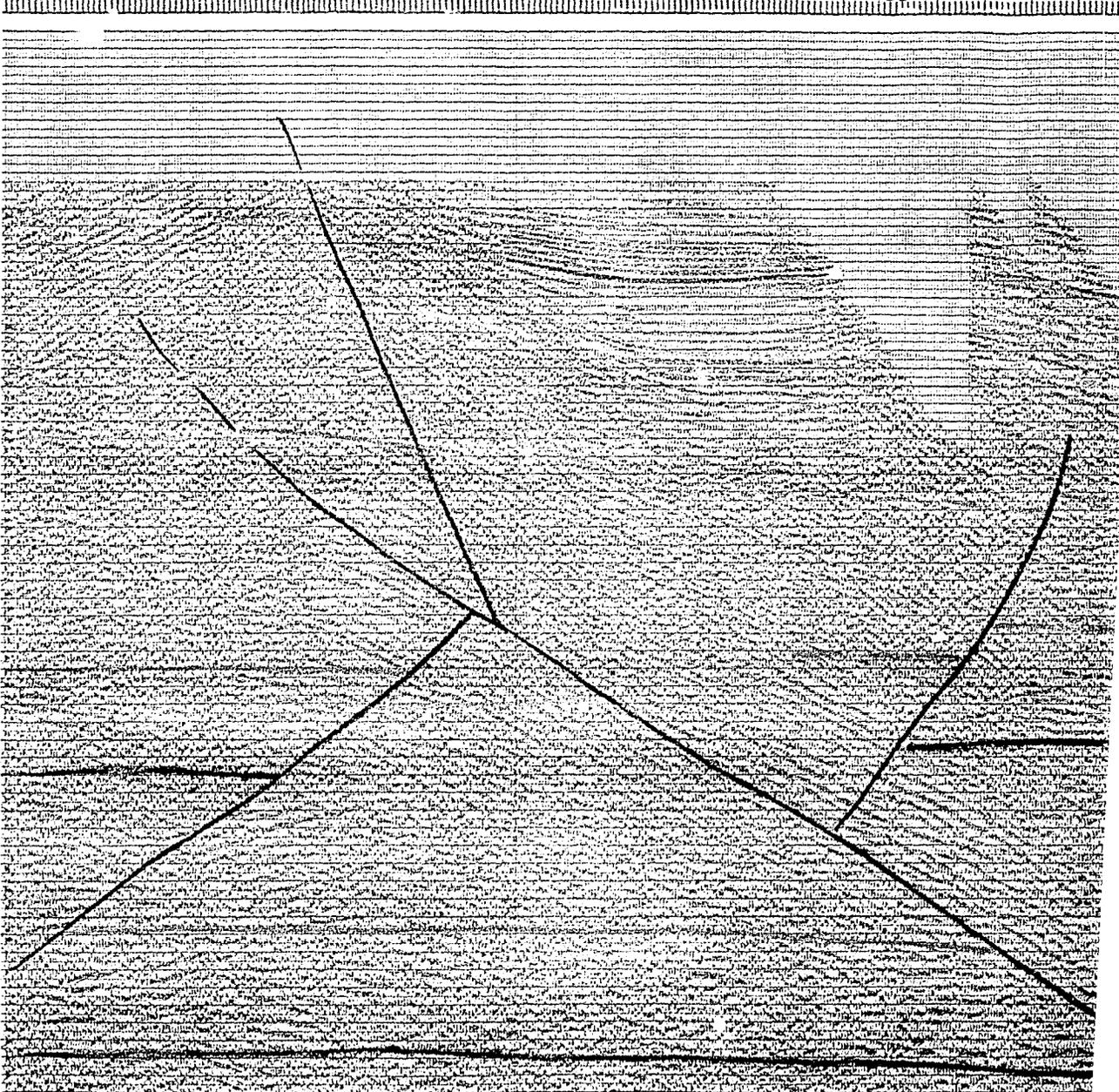
665

585

525

485

4



# LINEA 21

485

445

405

LINEA 20

LINEA 19

365

325

285

LINEA



LINIA 14

LINIA 20

LINIA 8

365

325

285

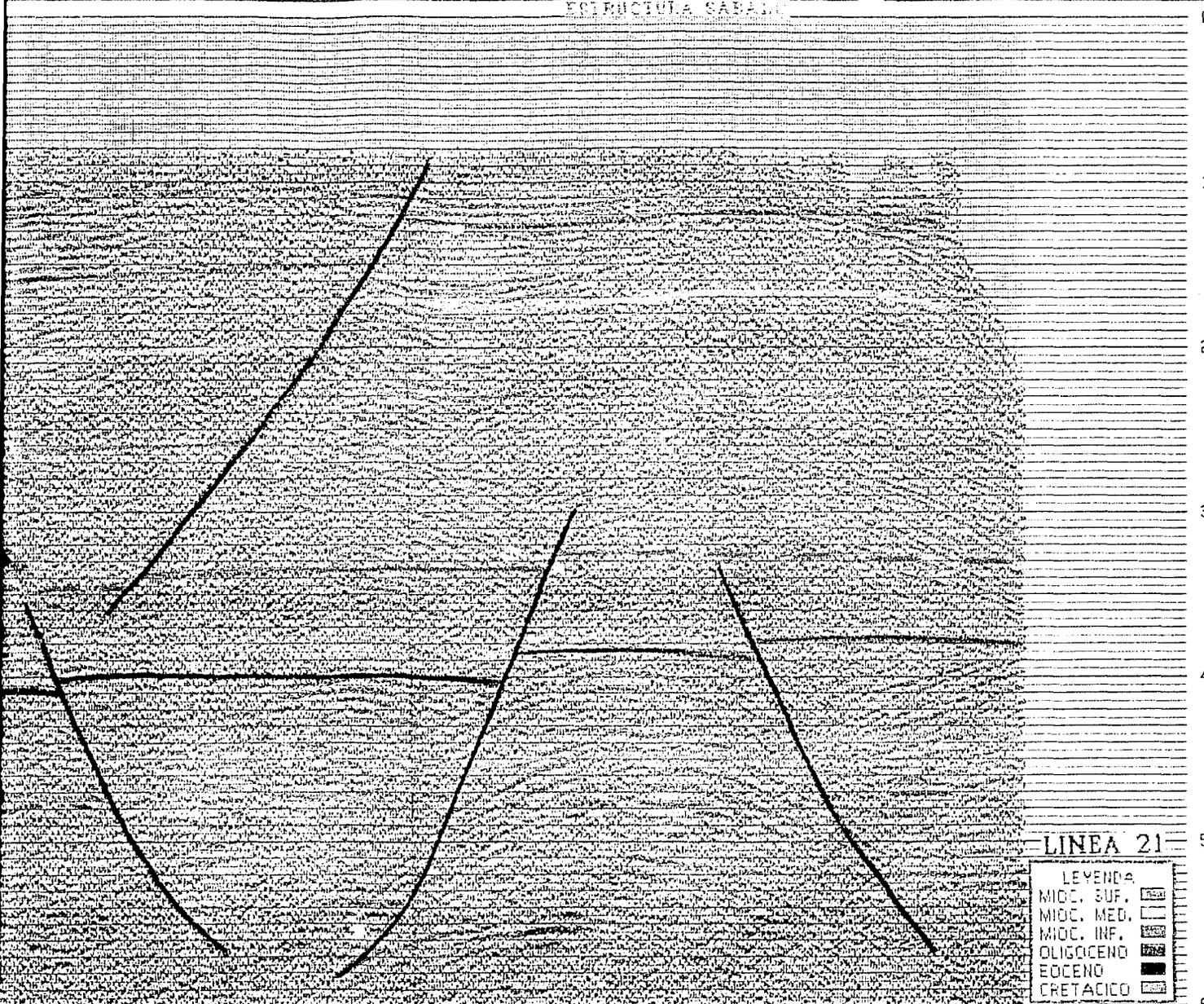
245

205

NE

P.T.

ESCHICOLA SABANA



LINIA 21

LEGENDA

MIOC. SUP.	[Stippled pattern]
MIOC. MED.	[Horizontal line pattern]
MIOC. INF.	[Vertical line pattern]
OLIGOCENO	[Dotted pattern]
EOCENO	[Solid black]
CRETACICO	[Cross-hatched pattern]

1.  
2.  
3.  
4.  
5.  
6.

# LINEA 22

LINEA 19

LINEA 21

← VICTORIA-1

EE 48 45 37 31 25 17 13 : 896 896 896 877 877 861 851 847 841 811 803

LEYENDA

MIOC. SUP.	
MIOC. MED.	
MIOC. INF.	
OLIGOCENO	
EOCENO	
CRETACICO	

LINEA 2

ENCUENTRO

ENCUENTRO

LÍNEA 20

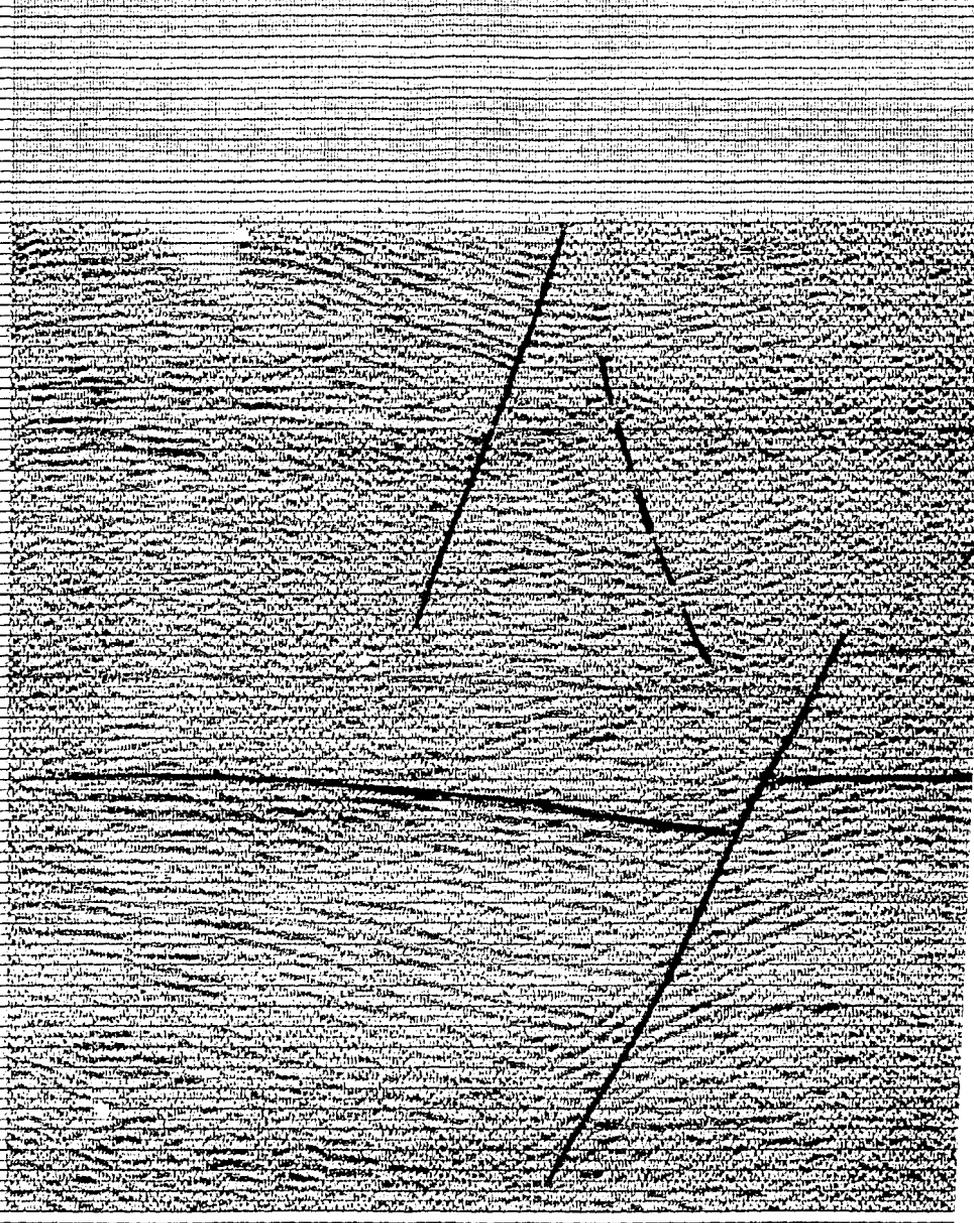
LÍNEA 21

485 477 469 461 453 445 437 429 421 413 405 397 389 381 373 365 357

0.00  
 0.100  
 0.200  
 0.300  
 0.400  
 0.500  
 0.600  
 0.700  
 0.800  
 0.900  
 1.00  
 1.100  
 1.200  
 1.300  
 1.400  
 1.500  
 1.600  
 1.700  
 1.800  
 1.900  
 2.00  
 2.100  
 2.200  
 2.300  
 2.400  
 2.500  
 2.600  
 2.700  
 2.800  
 2.900  
 3.00  
 3.100  
 3.200  
 3.300  
 3.400  
 3.500  
 3.600  
 3.700  
 3.800  
 3.900  
 4.00  
 4.100  
 4.200  
 4.300  
 4.400  
 4.500  
 4.600  
 4.700  
 4.800  
 4.900  
 5.00  
 5.100  
 5.200  
 5.300  
 5.400  
 5.500  
 5.600  
 5.700  
 5.800  
 5.900  
 6.00

ESTRUCTURA BOBULPON

ESTRUC



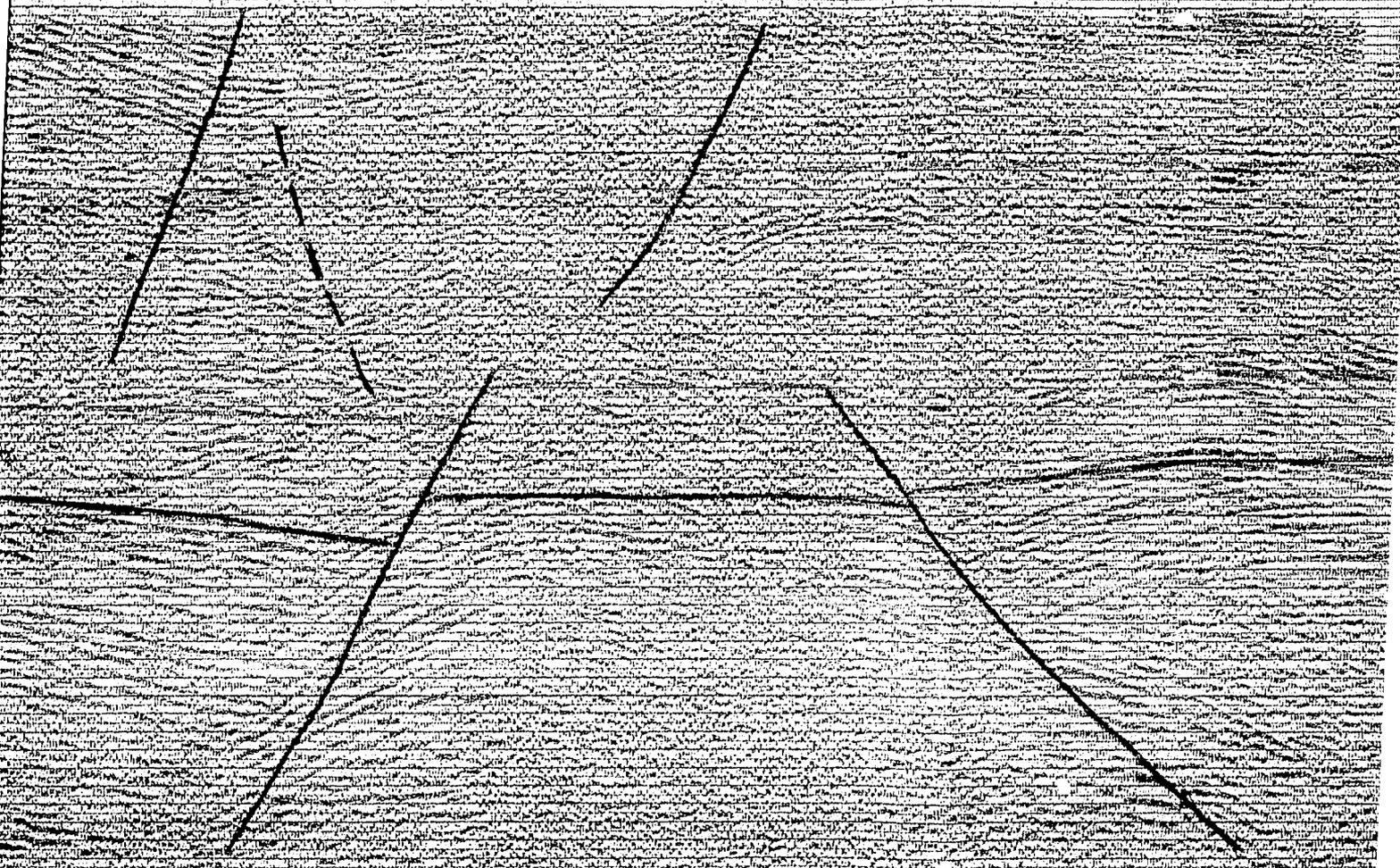
# LINEA 23

LINEA 21

LINEA 8

445 437 429 421 413 405 397 389 381 373 365 357 349 341 333 325 317 309 301 293 285 277 269 261 253 245 237 229

ESTRUCTURA SAFATON



# LINEA 23

LINEA 8

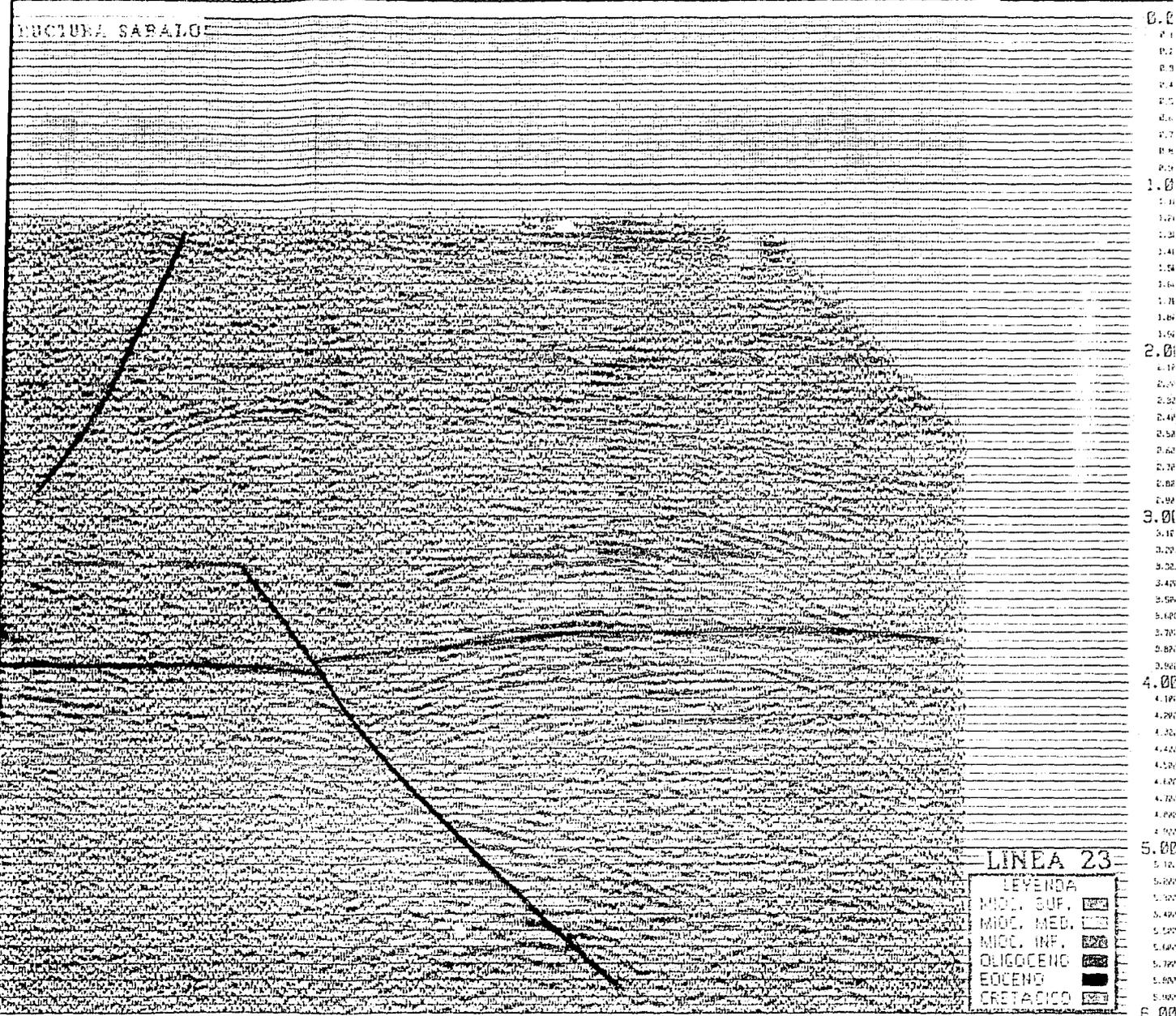
LINEA 4

SE

P. 11

317 349 341 336 325 317 309 301 293 285 277 269 261 253 245 237 229 221 213

DUCTUNA SARAILO



LINEA 23

LEYENDA	
MIO. SUP.	[Pattern]
MIO. MED.	[Pattern]
MIO. INF.	[Pattern]
OLIGOCENO	[Pattern]
EOCENO	[Pattern]
CRETADICO	[Pattern]

0.0  
0.1  
0.2  
0.3  
0.4  
0.5  
0.6  
0.7  
0.8  
0.9  
1.0  
1.1  
1.2  
1.3  
1.4  
1.5  
1.6  
1.7  
1.8  
1.9  
2.0  
2.1  
2.2  
2.3  
2.4  
2.5  
2.6  
2.7  
2.8  
2.9  
3.0  
3.1  
3.2  
3.3  
3.4  
3.5  
3.6  
3.7  
3.8  
3.9  
4.0  
4.1  
4.2  
4.3  
4.4  
4.5  
4.6  
4.7  
4.8  
4.9  
5.0  
5.1  
5.2  
5.3  
5.4  
5.5  
5.6  
5.7  
5.8  
5.9  
6.00

# LINEA 28

LINEA 28

30  
20  
10  
0  
-10

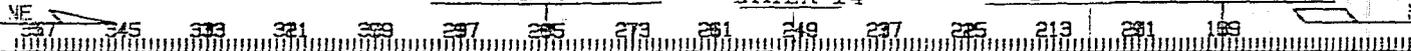
30  
20  
10  
0  
-10

LINEA 28

LINEA 21

LINEA 14

LINEA 23



0.00  
0.100  
0.200  
0.300  
0.400  
0.500  
0.600  
0.700  
0.800  
0.900  
1.00  
1.100  
1.200  
1.300  
1.400  
1.500  
1.600  
1.700  
1.800  
1.900  
2.00  
2.100  
2.200  
2.300  
2.400  
2.500  
2.600  
2.700  
2.800  
2.900  
3.00  
3.100  
3.200  
3.300  
3.400  
3.500  
3.600  
3.700  
3.800  
3.900  
4.00  
4.100  
4.200  
4.300  
4.400  
4.500  
4.600  
4.700  
4.800  
4.900  
5.00  
5.100  
5.200  
5.300  
5.400  
5.500  
5.600  
5.700  
5.800  
5.900  
6.00

ESTRUCTURA BOQUERON



LINEA 28

SEVERA	
MOD. SUB.	
MOD. REC.	
MOD. NE.	
BUCCICENS	
COCCINO	
PREST.	

## APENDICE C.

### PROCESADO DE METODOS POTENCIALES.

Los métodos gravimétrico y magnético son parecidos, pues aunque miden diferentes propiedades, sus bases teóricas son comunes, se construyen mapas similares y se emplean en su interpretación técnicas muy parecidas.

Antes de proceder a interpretar los datos, es necesaria la aplicación de una serie de procesos, los cuales, por sus características, se hacen mediante el auxilio de un equipo de cómputo.

Actualmente, las computadoras personales se presentan como un recurso para la aplicación de estos procesos, proporcionando un medio rápido y económico en la obtención de información para su interpretación.

## C.1. GRAVIMETRIA.

### CONVOLUCION BIDIMENSIONAL.

La información gravimétrica y magnetométrica es una composición de efectos de cuerpos presentes en el subsuelo; para su interpretación es necesario separar esta en sus partes componentes.

Existen varios métodos para la separación de estas componentes; uno de ellos es la aplicación de filtros digitales mediante el proceso de convolución, el cual resulta ser un promedio ponderado del mapa de la anomalía original. Para su aplicación es necesario tener los datos a intervalos regulares definiendo una malla de valores de anomalía.

Este proceso puede ser aplicado mediante el programa GRAVFIL2, cuyos requerimientos de entrada son:

- 1). Número de vértices de la malla en dirección D-E.
- 2). Número de vértices de la malla en dirección N-S.
- 3). Nombre prefijado del archivo de datos (máx. 6 caract.).
- 4). Definición de la anomalía.
- 5). Valores de la anomalía.
- 6). Filtro a aplicar.

Se generan cinco archivos, los cuales por facilidad son registrados en un disco flexible y cuyos nombres se componen de:

- a). A:NOMBRE PREFIJADO + G2.DAT  
Datos generales de proceso.
- b). A:NOMBRE PREFIJADO + AB.DAT  
Datos de anomalía.
- c). A:NOMBRE PREFIJADO + C2.DAT  
Resultado de la convolución.
- d). A:NOMBRE PREFIJADO + R2.DAT  
Arreglo residual.
- e). A:NOMBRE PREFIJADO + BM.DAT  
Anomalía de entrada.

Los dos primeros archivos corresponden a los datos de entrada y los tres últimos a arreglos para ser graficados.

Como las características de los filtros son diferentes y algunos son enfatizadores de residuales, el programa incorpora la salida adecuada para cada uno de ellos.

Los valores de anomalía de entrada deben ser proporcionados partiendo del extremo noroeste hacia el este (por renglones). Las columnas estarán definidas por la dirección norte-sur de la cuadrícula. Para efectos de graficación el programa posiciona los datos en sus respectivas coordenadas.

Los filtros son leídos de un archivo creado previamente, en este caso en el disco rígido. Para este trabajo se incorporaron los diferentes filtros utilizados por el Departamento de Nuevas Técnicas de la Coordinación de Exploración de Petróleos Mexicanos.

Por lo general, en la digitalización de la anomalía se suele incurrir en errores de lectura; el programa incorpora una rutina de modificación de los datos y estos únicamente deben ser introducidos en la primera corrida del proceso ya que en las posteriores sólo se requiere establecer el nombre del archivo. Lo anterior permite probar varios filtros con una sola entrada de los valores de la anomalía.

El problema de los valores extremos de la cuadrícula resultante del proceso es eliminado al desecharse un número de renglones y columnas igual a la mitad del orden de la matriz del filtro, menos uno en los límites del arreglo.

EFFECTO GRAVIMETRICO DE ESTRUCTURAS BIDIMENSIONALES DE FORMA ARBITRARIA (TALWANI).

En la interpretación de los datos gravimétricos es común el

uso de la comparación de un perfil gravimétrico observado con el que resultaría de un cuerpo que tenga alguna forma geométrica sencilla que pueda ser descrita analíticamente.

El proceso de modelado gravimétrico puede hacerse mediante el programa MODEGRAV, cuyos requerimientos de entrada son:

1. Nombre prefijado de archivo (máximo 6 caracteres).
2. Nombre del perfil.
3. Número de estaciones de gravedad observada.
4. Nivel de referencia.
5. Número de cuerpos.
6. Densidad base.
7. Número de puntos y densidad de cada cuerpo.
8. Coordenadas x,z de cada vértice que modela el cuerpo.
9. Posición de la primera estación.
10. Distancia entre estaciones.
11. Anomalía observada en cada estación.
12. Constante gravitacional.
13. Estación y valor de anomalía en ese punto (p/graficar).

En base al nombre prefijado se generan cinco archivos de tipo secuencial, cada uno con la extensión requerida para su graficación.

a). A:NOMBRE PREFIJADO + DG.DAT

Datos generales.

b). A:NOMBRE PREFIJADO + VD.DAT

Número de puntos y densidades.

c). A:NOMBRE PREFIJADO + CV.PRN

Coordenadas de vértices.

d). A:NOMBRE PREFIJADO + GO.DAT

Gravedad observada.

e). A:NOMBRE PREFIJADO + GC.PRN

Gravedad calculada.

Los archivos .PRN contienen extensiones para ser graficados utilizando el paquete LOTUS 1-2-3; los demás son arreglos que servirán para posteriores corridas del modelo.

La entrada de los vértices de cada modelo deberá hacerse conforme al movimiento de las manecillas del reloj y tomando en consideración extensiones laterales en los extremos del modelo para evitar efectos de truncamiento. La capacidad del programa está limitada a 20 cuerpos de 80 vértices de 150 estaciones de perfil gravimétrico.

## C.II. MAGNETOMETRIA.

### REDUCCION AL POLO.

El programa mediante el cual puede ser aplicado este proceso se presenta como REDPOLSF y está basado en la aplicación del método de Bhattacharyya (1965), el cual primeramente expresa la intensidad total del campo magnético terrestre como una doble Serie de Fourier en una rejilla rectangular. El algoritmo utilizado es el de la rápida Serie de Fourier propuesto por C. Patrik Ervin (1976).

Para la utilización del programa deben tomarse dos consideraciones principales:

1. Digitalizar la anomalía mediante una malla rectangular.
2. El número de vértices en ambas direcciones deberá ser un múltiplo de 4.

Los requerimientos de entrada son los siguientes:

1. Número de vértices en la dirección sur-norte.
2. Número de vértices en la dirección oeste-este.

3. Nombre del área de trabajo.
4. Nombre prefijado del archivo (máximo 6 caracteres).
5. Espaciamiento de la rejilla (en centímetros).
6. Campo magnético terrestre (en gammas).
7. Inclinação del campo magnético (en grados).
8. Declinación del campo magnético (en grados).
9. Anomalia magnética de cada vértice.

Los datos de anomalia magnética deberán ser proporcionados principiando por el vértice extremo suroeste y continuando hacia el norte (entrada de datos por columnas), tomando la dirección sur-norte como columnas y la oeste-este como renglones. Se generan tres archivos cuyos nombres para fácil identificación llevan los 6 caracteres del nombre prefijado y como extensión las requeridas para ser utilizadas en un configurador. Estos serán:

- a). A:NOMBRE PREFIJADO + GP  
Datos de entrada
- b). A:NOMBRE PREFIJADO + AM.DAT  
Anomalia magnética (Graf.).
- c). A:NOMBRE PREFIJADO + RP.DAT  
Reducción al polo (Graf.).

El primero contendrá los datos de entrada y será del tipo aleatorio; el segundo corresponderá a un arreglo reordenado X, Y,

Z, donde Z indica el valor de la anomalía y el tercero almacenará la malla de salida (anomalía reducida al polo) en sus respectivas coordenadas X,Y.

El programa incorpora un rutina de modificación de datos de entrada, necesitándose únicamente proporcionar el nombre prefijado del archivo. Con esto, solamente será necesario dar los datos de la anomalía en la primera corrida del proceso, pudiéndose tener almacenada la información del área de trabajo en disco flexible.

La anomalía reducida al polo puede ser equiparable al efecto vertical de cuerpos del subsuelo, por lo tanto, las tendencias regional y residual de la anomalía podrán ser comparadas con los mismos efectos de una anomalía gravimétrica. Para ello, la malla de salida de este proceso será la entrada al programa GRAVFIL2, requiriéndose únicamente el cambio de archivos.

#### EFFECTO MAGNETICO DE ESTRUCTURAS BIDIMENSIONALES DE FORMA ARBITRARIA (TALWANI).

De igual forma que en la interpretación gravimétrica, la aportación hecha por Talwani ha sido muy significativa, ya que permite conocer el efecto magnético producido por una sección

geológica en base a su posición y a las susceptibilidades magnéticas de los cuerpos que lo forman. Este proceso es efectuado por el programa MODEMAG, el cual requiere de los siguientes datos de entrada:

1. Nombre del perfil.
2. Nombre prefijado de archivo (máximo 6 caracteres).
3. Número de cuerpos del modelo.
4. Número de estaciones de anomalía magnética.
5. Posición de la primera estación.
6. Distancia entre estaciones.
7. Número de la estación de referencia.
8. Valor de la anomalía de la estación de referencia.
9. Intensidad del campo magnético terrestre.
10. Inclinación del campo magnético terrestre.
11. Declinación del campo magnético terrestre.
12. Azimut (ángulo entre las líneas de vuelo y el norte geográfico).
13. Coordenadas x,z de los vértices de cuerpos.
14. Anomalía magnética de cada estación.

Se generan tres archivos los cuales son:

a). A:NOMBRE PREFIJADO + DM

Datos de entrada.

b). A:NOMBRE PREFIJADO + CV.PRN

Coordenadas de vertices.

c). A:NOMBRE PREFIJADO + AM.PRN

Anomalia observada y calculada.

Los archivos "b" y "c" podrán ser utilizados como entrada al paquete de graficación, mientras que el "a" será de uso para corridas subsecuentes del modelo. Las coordenadas de los vértices deberán ser proporcionadas siguiendo el movimiento de las manecillas del reloj.

Como en el caso del modelado gravimétrico, la salida del programa proporciona una gráfica comparativa entre las anomalías calculada y la observada y puede ser obtenida tantas veces como se requiera, modificando únicamente los datos de entrada grabados en el archivo.

NOTA: EL CONTENIDO DE ESTE APENDICE HA SIDO RESUMIDO DEL ARTICULO " GEOPROCESOS PARA METODOS POTENCIALES APLICADOS EN COMPUTADORAS PERSONALES IBM O COMPATIBLES" CUYO AUTOR, ASI COMO DE LOS PROGRAMAS MENCIONADOS ES EL ING. ARTURO PEREZ ALDANA. LA REFERENCIA COMPLETA APARECE EN LA BIBLIOGRAFIA.