



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

**ESCUELA DE INGENIERIA
AREA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**RECONOCIMIENTO GRAVIMETRICO DEL AREA LA
SOLEDAD MUNICIPIO DE LAS MARGARITAS, CHIS.**

TRABAJO RECEPTACIONAL

GERARDO H. DUARTE CHAVEZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI S. L. P.

1982

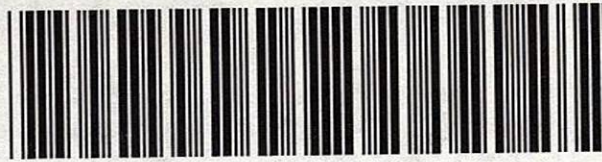


T

QE651

D8

C.1



1080073325

B.P. 378.566 1982 D9v



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

**ESCUELA DE INGENIERIA
AREA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**RECONOCIMIENTO GRAVIMETRICO DEL AREA LA
SOLEDAD MUNICIPIO DE LAS MARGARITAS, CHIS.**

**TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
GERARDO H. DUARTE CHAVEZ**

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.

1982

QE651
D8





DIRECCION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
ESCUELA DE INGENIERIA
DR. MANUEL NAVA S. TELEFONO 3-11-56
APARTADO POSTAL 978
SAN LUIS POTOSI, S. L. P., MEXICO

MARZO 29, 1982.

Al Pasante Sr. Gerardo H. Duarte Chávez.
P R E S E N T E .

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. JOSE ALCOCER UGALDE. Así como el Tema Propuesto para el mismo es:

"RECONOCIMIENTO GRAVIMETRICO DEL AREA LA SOLEDAD MUNICIPIO DE LAS MARGARITAS, CHIS."

T E M A R I O:

- I.- INTRODUCCION.
- II.- FISIOGRAFIA.
- III.- GEOLOGIA.
- IV.- GRAVIMETRIA.
- V.- RESULTADOS OBTENIDOS.
- VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.
- ANEXOS.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento -- con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

A T E N T A M E N T E .

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO".

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA.

ING. MAXIMINO TORRES SILVA

A mis padres,

Antonio y Consuelo

Por guiarme en el camino del bien
y como un ejemplo a seguir con todo-
mi cariño.

A mis hermanos:

Hector

Yolanda

Humberto

Juan

Con sinceridad.

A mis tíos, sobrinos y demás familiares.

A Martha:

 Mi esposa y compañera por su comprensión
y ayuda con todo mi amor.

A mi pequeña Berenice:

 Motivo de mi superación.

A la familia Dávalos Montoya:

 Por la amistad que nos une en especial a mi
compañero y amigo Ing. Javier Dávalos M.

A mi amiga y compañera de trabajo Lulú:

Con sincera amistad.

Al Ing. José Alcocer U. :

Por su valiosa y desinteresada dirección en la
elaboración del presente trabajo.

Al H. Jurado:

Y a todos los que de una forma u otra colaboraron
en la elaboración de este trabajo a todos ellos--

MIL GRACIAS.

I N D I C E .

Página.

I.- INTRODUCCION.

a).- Generalidades.	1
b).- Objeto de Trabajo.	1
c).- Localización y Vías de Comunicación.	3
d).- Clima y Vegetación	4
e).- Población y Cultura.	4

II.- FISIOGRAFIA.

a).- Geomorfología.	5
b).- Hidrografía.	7

III.- GEOLOGIA.

a).- Generalidades.	9
b).- Estratigrafía.	9
c).- Tectónica.	22
d).- Historia Geológica	28

IV.- GRAVIMETRIA.

a).- Antecedentes	31
b).- Fundamentos de la prospección gravimétrica	31
c).- Método de Trabajo.	45

V.- RESULTADOS OBTENIDOS.

a).- Separación de Anomalías.	58
b).- Técnicas para la Separación.	59
c).- Descripción de las Estructuras Gravimétricas . . .	63

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	66
--------------------------------------	----

VII.- BIBLIOGRAFIA.	68
---------------------	----

VIII.- ANEXOS.	70
----------------	----

I L U S T R A C I O N E S .

	Entre Pags.
Plano de Localización del Area Estudiada Mapa No. 1	3 y 4
Plano de Provincias Fisiográficas según E. Raisz (1959) Mapa No. 2.	5 y 6
Tabla de Correlación Estratigráfica del Area Estudiada. Tabla No. 1.	9 y 10
Representación de una Espira o "Loop". Figura No. 1. .	47
Gráficas de Líneas de Densidad, Métodos de Corre- lación y Gráfico de Sievert. Figuras 2a, 2b y 3. . .	53 y 54
Gráfica de Deriva. Figura No. 4.	54 y 55
Plano Geológico del Area La Soledad, Chis. Escala 1: 50,000. Plano No. 1	Al final del texto.
Plano de Anomalía de Bouguer sin corregir, del Area - La Soledad, Chis. Escala 1: 50,000. Plano No. 2.	Al final del texto.
Plano de Anomalía de Bouguer corregida, del Area La - Soledad, Chis. Escala 1:50,000. Plano No. 3	Al final del texto.
Plano de Anomalía Regional del Area La Soledad, Chis. Escala 1:50,000. Plano No. 4.	Al final del texto.
Plano de Anomalía Residual del Area La Soledad, Chis. Escala 1:50,000. Plano No. 5.	Al final del texto.

I INTRODUCCION.

a).- Generalidades.

El contenido del presente trabajo, se basa en la labor realizada durante la exploración gravimétrica geológica, cuya teoría fundamental se describe en la obra de NETTLETON (1940).

También se cuenta con datos en los boletines de la Sociedad de Geólogos Petroleros y, aunque muchas de las observaciones de campo fueron realizadas por los autores y discutidas en gabinete, los rasgos más importantes se obtuvieron mediante la operación gravimétrica y la observación geológica, ayudados por la recolección de muestras de roca para mejores informaciones y consulta.

b).- Objeto del Trabajo.

De todos es conocido que el petróleo es la fuente que abastece en gran parte la potencia del mundo actual que mueve sus transportes, su Industria y transforma, dándole mayor productividad a la Agricultura. Es clara por lo tanto la importancia que tiene la industria del petróleo en nuestra vida económica, pero indiscutiblemente el capítulo más importante dentro de esta industria está a cargo de la exploración en busca de nuevos campos que satisfagan las demandas siempre crecientes del petróleo y sus derivados.

La exploración con métodos geofísicos se ha popularizado en todo el mundo porque son más económicos, de mayor resolución y más rápido cubrimiento por unidad de área, además se convierten en valio-

sas herramientas de exploración geológica.

En los últimos años, la exploración geofísica en la República Mexicana, por Petróleos Mexicanos, ha tenido desarrollo inusitado, como consecuencia de amplios programas de exploración, establecidos para coadyuvar a la localización de nuevos mantos de hidrocarburos.

Los métodos que se emplean en la exploración Geofísica -- están basados en leyes fundamentales de la Física de tal manera que todas las técnicas, aparatos y procedimientos que se utilizan están basados en propiedades físicas de las rocas como son: densidad, -- susceptibilidad magnética, elasticidad y compresibilidad magnética.

Los valores de las propiedades físicas que se registran - deben variar en intensidad, dirección o sentido a medida que se - - alejan de la causa que las produce: en tal forma que exista un contraste entre el terreno o formación circundante y la causa perturbadora y por último las respuestas a las perturbaciones debe variar - en proporción directa en el volumen, la forma y el contraste de las propiedades físicas de la masa causante de anomalías.

Este trabajo forma parte mínima de esos programas y con - él se tratará de exponer, de manera más o menos general, los diferentes rasgos gravimétricos-geológicos que han afectado el área que nos ocupa.

El objetivo del estudio gravimétrico-geológico consiste en:

- 1.- Tratar de precisar relaciones geológicas estructurales.
- 2.- Obtener información que permita apoyar trabajos exploratorios futuros.

c).- Localización y Vías de Comunicación.

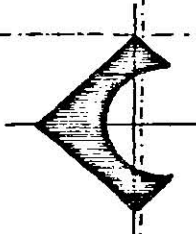
Localización del Area.

El área en cuestión se localiza dentro del Estado de Chiapas, aproximadamente a 180 km de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Capital del estado y a 90 km de la frontera con la República de Guatemala.

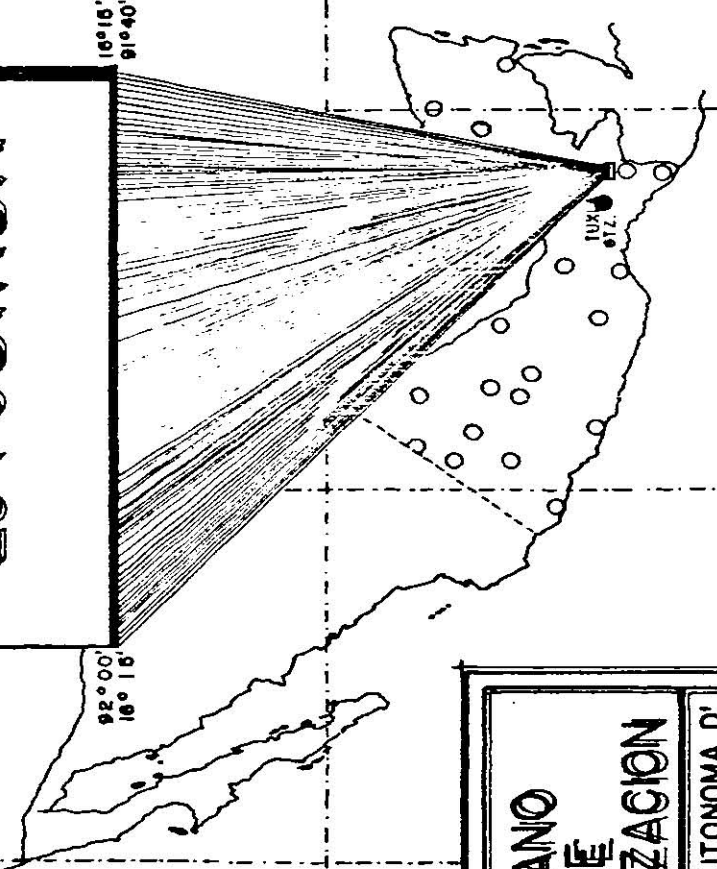
La zona en estudio se encuentra ubicada entre los meridianos $92^{\circ} 00'$ y $91^{\circ} 40'$ de longitud Oeste al Meridiano de Greenwich, y entre los paralelos $16^{\circ} 15'$ y $16^{\circ} 30'$ de latitud Norte.

Vías de Comunicación.

Podemos decir que la región está relativamente bien comunicada pues cuenta con carreteras pavimentadas, terracerías y veredas. La carretera principal es la panamericana que une la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez con la República de Guatemala. En la Ciudad de Comitán, Chis., existe una bifurcación que une al poblado de Villa Las Margaritas, Chis., por una carretera estatal, para posteriormente seguir por un camino de terracería transitable en cualquier época del año, que conduce al área en estudio.



**AREA
ESTUDIADA**

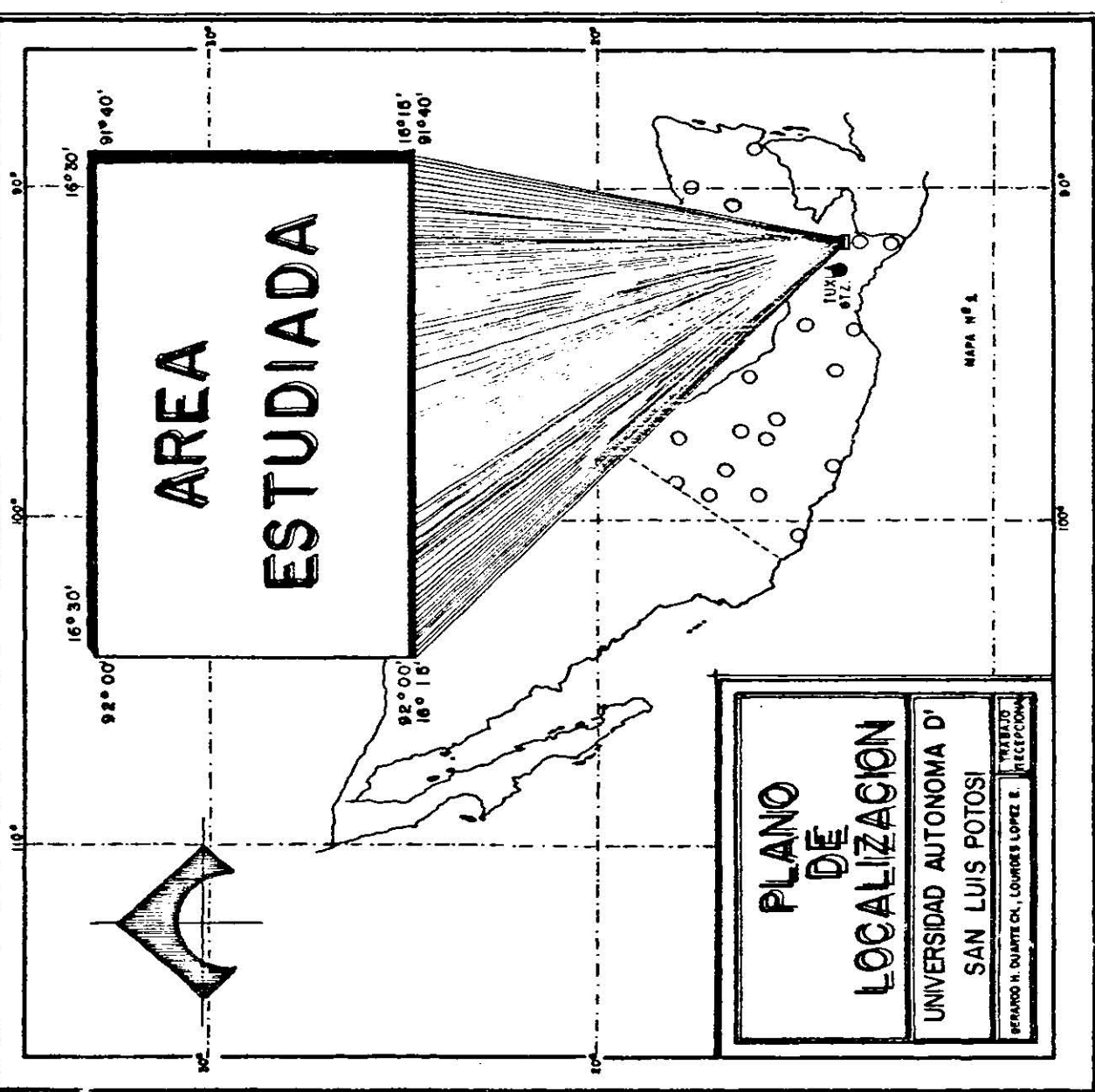


MAPA N° 4

**PLANO
DE
LOCALIZACION**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA D'
SAN LUIS POTOSI**

TRABAJO
RECEPCION
SERGIO H. DUARTE CH., LOURDES LOPEZ E.



d).- Clima y Vegetación.

El clima es predominantemente tropical lluvioso, con lluvias en verano, y templado en la misma estación. De acuerdo con la clasificación de Koeppen la vertiente meridional de la Sierra Madre de Chiapas posee un régimen de lluvias monzónicas, que semestralmente se alternan con los períodos de sequía.

El valle central en la parte norte es seco, mientras la parte sur es abundante en lluvias. En general la zona norte del estado es abundante en precipitaciones que alcanzan hasta 5,000 mm -- anuales. La temperatura es en término medio superior a los 20° C y nunca inferior a 4° C en el mes más frío del año.

La vegetación característica en esta región, es el bosque trópico, abundando los bosques de coníferas y los bosques de pino-encino, con tendencia marcada a la selvática.

e).- Población y Cultura.

El área se encuentra pobremente poblada, entre los núcleos más importantes de población, se localizan las colonias, La Soledad, Vicente Guerrero y La Floresta. El grado de cultura es mínimo ya que en la mayoría de las comunidades existe escuela pero no hay maestros, además existen varios grupos de indígenas lacandonnes que en su mayoría hablan dialéctos, como son: El Tzeltal y Tojolobal.

II FISIOGRAFIA.

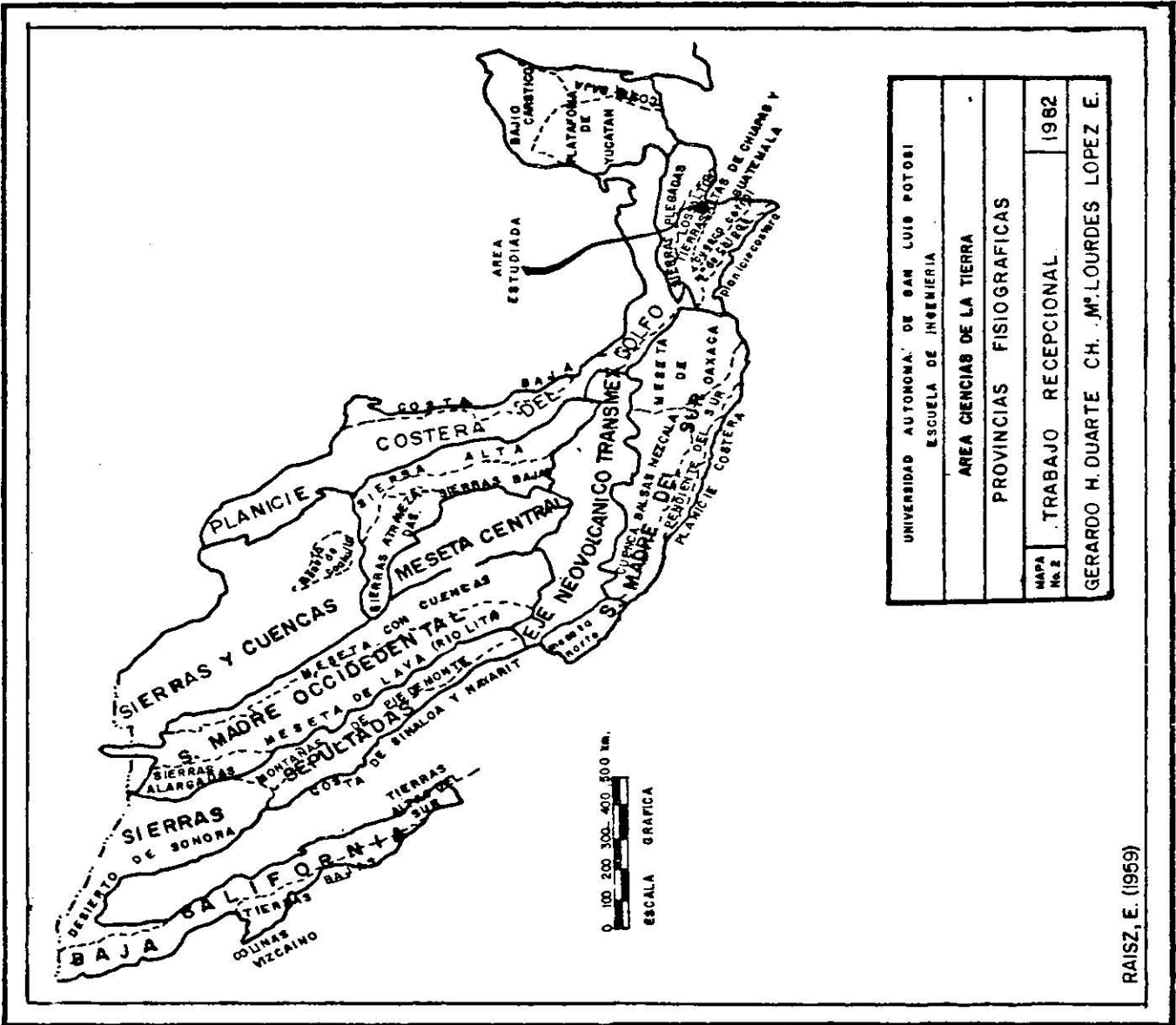
Según la clasificación de las provincias fisiográficas de la República Mexicana (Raisz 1959), el área estudiada se encuentra en la provincia de las Sierras Altas de Chiapas.

a).- GEOMORFOLOGIA.

Geomorfológicamente el área queda dividida de NW a SE a lo largo del eje del sinclinal La Libertad. La topografía es muy pronunciada al NE de este eje, siendo de carácter kárstico y calcárea con una gran cantidad de dolinas.

Se tienen dos tipos de rocas implicadas en el área: suaves (limos, arenas, lutitas y margas) y compactas (calizas, dolomías); la formación de montañas es del tipo de montañas plegadas y afalladas, de origen tectónico.

Todas las estructuras se presentan muy alargadas y angostas; como consecuencia de compresiones a las que estuvieron sometidas. En los flancos de estas estructuras se presentan cordilleras altas y angostas que están conformadas litológicamente en su mayoría por calizas compactas y algunas dolomías, hacia las partes bajas de estos flancos se presentan margas que vienen a suavizar un poco la pendiente tan abrupta originada por las calizas. Este fenómeno se presenta en muchas de las estructuras, sin embargo en la --



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE INGENIERIA	
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
PROVINCIAS FISIGRAFICAS	
MAPA No. 2	TRABAJO RECEPCIONAL 1962
GERARDO H. DUARTE CH. M. LOURDES LOPEZ E.	

RAISZ, E. (1959)

gran mayoría de los flancos están asociados a escarpes de falla, por los que se tienen acantilados con bastante pendiente. En estas partes casi siempre las calizas compactas cabalgan sobre los terrígenos más suaves, dando como consecuencia que el escarpe se marque mucho más.

Hacia el núcleo de las estructuras se presentan dolomías, que sin ser tan compactas como las calizas ni tan suaves como los terrígenos, pero las cuales asociadas al tiempo de intemperismo que se lleva a cabo en el área, nos da lugar a la formación de valles que se presentan en la gran mayoría de los anticlinales.

La misma diferencia de competencia entre la litología obliga a que las calizas siempre se encuentran cabalgando a los terrígenos, dándose casos en que el buzamiento de los planos de fallas es obstruido por tal diferencia.

El plegamiento ha dado origen a que algunos sinclinales se encuentren muy levantados, ayudando a que se conserven sedimentos clásticos suaves.

El área presenta dos provincias morfológicas muy características, una con estructuras muy largas y apretujadas con pendientes muy fuertes, y en la otra las estructuras se amplían más. Estas dos provincias están separadas por un frente de falla. Esta división morfológica coincide con divisiones climatológicas, topográficas

cas e hidrográficas y es consecuencia de la deformación estructural del área.

En conclusión, se tiene una zona de montañas plegadas y - afalladas, en las cuales los agentes erosivos y la litología han -- cooperado para tener un paisaje de juventud tardía.

b).- HIDROGRAFIA.

La red Hidrográfica es de tipo consecuente, corriendo - - paralelamente a las estructuras obligada principalmente por la topografía que se presenta.

Las corrientes se encuentran en un estado de juventud y - están desazolvando activamente el área. Se tiene patrón dendrítico.

Con respecto a la zona de los lagos de Montebello se considera que están originados por una serie de uvaes y poljes en los cuales la desintegración de las dolomías y las calizas ha ayudado - para que los residuos clásticos hayan formado una carpeta impermeable que no permite el escape de las aguas.

La red hidrográfica del área forma parte de dos grandes - provincias hidrográficas; una pertenece a la cuenca del Río Usuma--cinta, mientras que la otra, está incluida dentro de la cuenca En--dorréica de Comitán, la primera pertenece a la vertiente del Golfo--de México.

Entre los ríos principales que se tienen se encuentran: El Río Jataté que corre a lo largo del Valle de San Quintín; los ríos de La Soledad y La Providencia que corren entre las sierras de La Floresta, El Momón y El Suspiro. Todos estos ríos se unen al Río Santo Domingo, el cual desemboca en el Río Lacantún y éste en el Usamacinta.

La zona de los lagos de Montebello queda ubicada dentro de la cuenca Endorréica de Comitán, entre los principales lagos se tiene: Lago Tziscaco, Pojojó, Yachaloc, etc.

El drenaje es en su mayor parte subterráneo y los cauces son de carácter intermitente.

El factor que gobierna la dirección de las corrientes es la estructura presente, lo que da lugar a un drenaje dendrítico pobremente desarrollado hacia la porción central del área solamente en los grandes valles de los Ríos Tzaconejá y Colorado, en arenisca roja al NE del área, se observa un drenaje orientado de NW a SE desembocando ambos en el Río Jataté, que mantienen la misma dirección.

III GEOLOGIA.

a).- Generalidades.

El área en estudio se encuentra dentro del cinturón plegado del Estado de Chiapas, el cual ha sido llamado por algunos autores como Anticlinorio de la Sierra de Chiapas.

Dicho cinturón está formado por una serie de pliegues paralelos, teniendo una orientación general NW-SE, reflejándose en la morfología como sierras alargadas de igual orientación.

Estratigráficamente, solo afloran sedimentos del Cretácico Medio (miembro Caliza Cantelá), Cretácico Superior (miembro Caliza - Jolpabuchil), Serie Paleoceno (lutitas), Eoceno (Formación El Bosque), Eoceno indiferenciado Superior y Cuaternario.

El Cuaternario consiste de suelos residuales formados por materiales piroclásticos, lateritas, travertinos y el Cuaternario lacustre que a su vez consiste en limos y arcillas.

b).- Estratigrafía.

El trabajo de campo llevado a cabo, permitió reconocer la existencia de una columna sedimentaria.

Estos sedimentos incluyen rocas carbonatadas y terrígenos, los cuales se presentan en facies continentales, de plataforma y de

TABLA ESTRATIGRAFICA Sn. CRISTOBAL - TUXTLA Gtz.

		SIERRA DE Sn. CRISTOBAL BACHAJON		AREA LA SOLEDAD-COMITAN (AREA EN ESTUDIO)		SIERRAS DE TUXTLA GUTIERREZ	
SIST.	SERIE	FORMACION		FORMACION		FORMACION	
CUATERNARIO	RECIENTE	ALUVION		ALUVION		ALUVION	
	PLEISTOCENO	ALUVIAL Y SUELOS RESIDUALES		SUELO RESIDUAL Y SUELO LACUSTRE		PIROCLASTICOS	
	PLIOCENO	PIROCLASTICOS				I X T A P A	CONGLOMERADO CRISTALINO
TERTIARIO	MIOCENO						
	OLIGOCENO	LUTITAS					
		UNIDAD CALIZA					
	EOCENO	INDIFERENCIADO		INDIFERENCIADO			
		EL BOSQUE S/N		EL BOSQUE		EL BOSQUE	
PALEOCENO	LUTITA S/N		LUTITA S/N		LUTITA S/N		
CRETACICO	SUPERIOR	CALIZA	JOLPABUCHIL	CALIZA	JOLPABUCHIL	CALIZA	JOLPABUCHIL
		SIERRA		SIERRA		SIERRA	
	MEDIO	MADRE	CANTELA	MADRE	CANTELA	MADRE	CANTELA
INFERIOR							

AUSENTE

NO AFLORA

TABLA No. 1

mares abiertos, pudiéndose reconocer en algunos lugares la presencia de biostromas y algunos biohermas.

Es evidente que en la región existen problemas estratigráficos; el principal es el representado por la dolomitización.

En el área de estudio están expuestos sedimentos de edad - Cretácica Media y Superior, Paleoceno, Eoceno y depósitos del Cuaternario. No tomando en cuenta el espesor variable de los depósitos -- Cuaternarios, el total de los sedimentos expuestos forman una columna de 1900 m. Las unidades formacionales se correlacionaron con los de otras áreas adyacentes, (ver Tabla Estratigráfica anexa).

A continuación se hace una descripción de cada una de las unidades estratigráficas expuestas en el área.

Mesozoico

Cretácico

Formación.- Calizas Sierra Madre.

1.- Definición.- Esta unidad constituye la cresta de toda la parte norte de la Sierra Madre de Chiapas, ocupando una franja -- con rumbo NW-SE, que atraviesa Chiapas y Guatemala. Su espesor - -- varía de 2500 a 3500 m sin llegar a su base. Habiéndose podido dividir en dos miembros: uno inferior dolomítico llamado Cantelá y otro superior calcáreo fosilífero denominado Jolpabuchil, los cuales - --

corresponden al Cretácico Medio (Albiano - Cenomaniano) y Cretácico Superior (Turoniano - Maestrichtiano), respectivamente.

CONTACTOS.

El contacto inferior con el Cretácico Inferior, no está expuesto en la presente área, por lo tanto se desconoce esa parte de la columna; sin embargo, en áreas vecinas, el contacto mencionado es perfectamente normal entre calizas. El contacto superior con el miembro Jolpabuchil, es también concordante entre calizas dolomíticas. Pero normalmente se aprecia un cambio gradual de dolomitas a calizas dolomíticas y calizas criptocristalinas fosilíferas en el contacto entre ambas series.

CRETACICO MEDIO.

MIEMBRO CALIZA CANTELA (Albiano - Cenomaniano).

Distribución.- Su localidad tipo se encuentra al NW de Vajalón, Chis., sobre el cañón del Río Cantelá. En el área (Comitán - La Soledad), aflora únicamente en los altos estructurales de los ejes de los anticlinales.

Litología y Espesor.

En general, el Cretácico Medio se caracteriza por su intensa dolomitización y poblada por frecuentes dolinas. Las calizas dolomíticas son de color gris acero claro, lustrosas, sacaroides, con delgados cuerpos fosilíferos. El grado de fracturamiento es muy marcado y las vetillas resultantes están rellenas de calcita.

Las dolomitas despiden olor fétido al golpe del martillo. La estratificación es mala y generalmente se presenta en capas gruesas y masivas.

EDAD.- Se le ha incluido dentro del Cretácico Medio debido al contenido fosilífero de los géneros siguientes:

<u>Dicyclina</u>	sp	<u>Nommoloculina</u>	sp	<u>Periloculina</u>	sp
<u>Valvulamina</u>	sp	<u>Fabularia</u>	sp	<u>Alveolina</u>	sp
<u>Rabanitina</u>	sp	<u>Rotalia</u>	sp		

Así como abundantes miliólidos y radiolítidos. Además su posición estratigráfica indica que se trata de los sedimentos más -- antiguos del área.

Sedimentología.- La presencia de calizas calcíticas dentro de las dolomitas, nos hace pensar que éstas últimas se derivaron de las primeras, ya sea por fenómenos tectónicos o por reemplazamiento-metasomático, por medio de la percolación de aguas descendentes, -- ricas en carbonatos de calcio y magnesio a través de poros; cavernas o grietas de las calizas originales, rellenando y sustituyendo parte de dichas rocas en forma masiva.

Respecto al medio ambiente de depósito, tomando en cuenta la fauna se señala un medio marino nerítico y excepcionalmente bentónico.

El fondo de la cuenca, debió sufrir un lento, pero apreciable hundimiento, el cual permitió el depósito de aproximadamente -- 1,900 m de potencia que presenta esta unidad.

CRETACICO SUPERIOR.

MIEMBRO CALIZA JOLPABUCHIL (Turoniano - Maestrichtiano).

Distribución.- Su localidad tipo se encuentra sobre el -- arroyo Jolpabuchil al SW de Yajalón, Chis., en el área Comitán - La -- Soledad, todos los flancos de los anticlinales están formados por -- esta caliza, mostrando aquí muy buena estratificación.

Litología y Espesor.- La parte inferior y media está consti-- tuída de calizas que varían de tonalidades desde el café grisáceo al -- blanco cremoso, compactas, sacaroides, poco porosas, ligeramente dolg -- mitizadas, de textura cristalina fina a microcristalina, bien estrati -- ficadas en capas de espesores variables desde 0.20 a 1.00 m, con -- abundante microfauna que en partes graduan a calizas biógenas. Pre-- sentan fracturas rellenadas o selladas con calcita color blanco lecho -- so o translúcido, y esporádicas intercalaciones de dolomitas, de -- color café grisáceo a crema compactas sacaroides, poco porosas, cris -- talinas, bien estratificadas en capas de 0.25 a 0.75 m. Además de -- calizas dolomíticas café claro a crema, compactas, cristalinas, bien -- estratificadas en capas de 0.75 a 1.50 m, con escasa fauna.

La parte superior está formada de calizas de color crema a blanco cremoso, compactas, de fractura irregular, poco porosas, ligeramente sacaroides, cristalinas finas a criptocristalinas, bien --estratificadas en bancos de espesores muy variables, con abundancia de microfósiles. Desprenden olor fétido al romper la roca. Hacia --la cima de este cuerpo se presentan intercalaciones de microcoquinas color crema a blanco cremoso, compactas, de textura cristalina, bien estratificadas en capas de 0.30 a 1.00 m y calizas gris claro, arcillosas, muy intemperizadas, bien estratificadas, con restos de peder~~g~~nal café claro translúcido.

El espesor del Cretácico Superior Medio en el anticlinal --Honduras entre La Soledad y La Colonia Gabriel Leyva es de 1050 m y --sobre el anticlinal Jalisco entre La Colonia Zaragoza y La Soledad --se midió un espesor máximo de 1200 m.

EDAD..- Se ha incluido dentro del Cretácico Superior debido al contenido faunístico de los géneros siguientes:

<u>Borelis</u>	<u>spp</u>	<u>Alveolina</u>	<u>sp</u>	<u>Fabularia</u>	<u>sp</u>
<u>Smoufina</u>	<u>sp</u>	<u>Avolaina</u>	<u>sp</u>	<u>Subalusolina</u>	<u>sp</u>

Sedimentología..- De la textura de las rocas que constitu--yen este miembro, se puede decir un medio ambiente infranerítico con firmado por el complejo fosilífero indefinido. Sin embargo la parte de calizas litográficas negras y compactas, debió depositarse en un-

medio ambiente batial.

CENOZOICO.

Los sedimentos terciarios que afloran en el área de Comitán La Soledad son de carácter marino y continental, los que yacen concordantemente sobre los sedimentos marinos del Cretácico. Solamente en dos localidades cerca de las Colonias Jalisco y Mexquitic se ha podido observar una zona de transición entre las calizas del Cretácico Superior y los sedimentos continentales del Eoceno del Bosque. Esta zona está constituida de lutitas arenosas.

A pesar del cuidado que se puso para hallar más lutitas en el contacto entre el Cretácico y el Terciario, no se pudo, seguramente debido al máximo paroxismo de una Orogenia del primer orden que afectó toda la faja plegada de la sierra, erosionando gran parte de los sedimentos depositados y originando después estratificación cruzada y acuñamientos laterales debido al rápido transporte y depósito de los sedimentos. Por lo tanto al contacto entre el Mesozoico y el Terciario en el área estudiada es aparentemente discordante y el corto cambio transicional observado en las escasas lutitas encontradas marcan el cambio de sedimentación netamente marino al de depósito continental de la Formación Eoceno el Bosque.

PALEOCENO.

Definición.- Las rocas arcillo-arenosas de origen sedimentario que descansan sobre la unidad calcárea del Cretácico Superior, se

les conoce como lutitas de la serie paleoceno. Ya que se trata de una unidad litoestratigráfica perfectamente cartografiable en no menos de 10,000 km². El problema consiste en encontrar una localidad tipo suficientemente clara y accesible, de acuerdo con las indicaciones del código estratigráfico

En la presente área su exposición es reducida, reportándose únicamente en pequeñas franjas en los flancos NE de los anticlinales Honduras y Jalisco, la escasez y obtención de estas rocas, hizo pensar en la ausencia por no depósito y se le puso el nombre de Lutita sin nombre.

Litología y Espesor.- Consiste en un cuerpo reducido de lutitas de color gris claro, calcáreas. Semi-duras, aparentemente masivas cuando presentan carácter nodular y con buena estratificación cuando son laminares y en delgadas capas de 0.01 a 0.15 m, presentan intercalaciones de calizas arcillosas del mismo color y ocasionalmente areniscas de grano fino.

El espesor considerado es de 40 m, pero dado el caso de escasez de afloramientos, puede ser mayor al estar representado por rocas de diferente tipo, es decir, calizas que pueden estar incluidas dentro del Cretácico Superior.

CONTACTOS.

En el campo es fácil marcar sus contactos, ya que se trata

de una formación de fácil identificación megascópica, además las rocas que las cubren y subyacen son totalmente distintas en cuanto a su composición litológica; así en el contacto inferior quedan lutitas con calizas y en el superior lutitas con areniscas rojas.

Debido al carácter continental de la Formación El Bosque, que la cubre y el carácter marino del Paleoceno se deduce una fuerte discordancia no siempre angular entre dichas secuencias, con erosión probable de parte del Paleoceno.

EDAD.- Desde el punto de vista paleontológico se ha incluido dentro del Paleoceno y por el contenido faunal se determinó para los pisos inferiores Daniano y Montiano.

La fauna observada es la siguiente:

<u>Valvulinidas</u>	sp	<u>Katina</u>	sp	<u>Sulcooperculina</u>	sp
<u>Globorotalia</u>	spp	<u>Palmula</u>	sp	<u>Rotalia</u>	sp

Sedimentología.- El tipo de fauna encontrado y cambio del tipo de roca de calcáreo a arcilla-arenoso, nos indica un depósito de bajos fondos marinos, en aguas someras cálidas. Que a su vez nos señalan una subsidencia y medio ambiente profundo superior al nerítico. En condiciones normales esta roca se le ha considerado el sello tipo en Trampas estructurales.

EOCENO.

En la presente área, el Eoceno se compone de dos unidades: La Inferior, representada por la Formación Areniscas Rojas El Bosque y la Superior, que para fines de descripción se le ha llamado Eoceno indiferenciado Superior.

EOCENO MEDIO INFERIOR.

FORMACION ARENISCAS ROJAS EL BOSQUE.

Definición.- Su localidad tipo se encuentra a 6.5 km al E de la población El Bosque, en el arroyo Tzitzin. Su distribución es amplia en la parte NE del área estudiada donde los grandes valles de los sinclinales están cubiertos por areniscas rojas y amarillo ocre.

Litología y Espesor.- La forman areniscas amarillo ocre de grano grueso a medio, subarredondeadas, angulosas, con partículas -- angulosas de cuarzo blanco lechoso, cementadas en matriz arcillo cal cárea ferruginosa que es la que le da el color característico. Contiene abundante mica blanca (muscovita), encontrándose estratificada en capas de 0.10 a 0.60 m.

Alternan lentes de gravilla, grava y conglomerados, formados de cantos rodados de cuarzo, pedernal y glauconita distribuidos irregularmente. También se presentan abundantes capas de margas rojillo ocre, azul violado, blanco cremoso y verde oscuro. La estratificación es más bien irregular y cruzada, aunque en partes es normal.

CONTACTOS.

Debido a su carácter continental sus dos contactos son discordantes ya que los sedimentos que la cubren y a los que la subyace se consideran marinos.

El contacto entre El Eoceno El Bosque y El Cuaternario es bastante difícil de determinarse, pero cuando las areniscas rojas son muy micacíferas y presentan colores verdes y morados, en los afloramientos de poca intemperización, es posible determinar con precisión el contacto entre los estratos y rocas que forman la serie y el sistema respectivos.

EDAD.- Debido a la carencia absoluta de fauna; su edad se ha fijado tentativamente por su posición estratigráfica dentro del Eoceno Medio Inferior, ya que las rocas que la cubren y subyacen así lo indican.

Sedimentología.- Dentro de las características litológicas de esta unidad, se tiene que el contenido detrítico predomina sobre el material organógeno. Dichas areniscas están contenidas de partículas angulosas de cuarzo mal clasificado y abundante mica blanca, así como de fuerte contenido de óxido de fierro. Lo anterior indica un medio ambiente de depósito, en que la erosión, transportación y depósito fueron tan rápidas que no se llevó a cabo una completa descomposición química de los materiales, ni siquiera un arredondamiento parcial de los mismos.

Otra de las características de esta formación, es que sus capas están dispuestas en forma de lentes con abundantes acuña- mientos laterales, estratificación cruzada y secciones en "V", llegando a formar en algunos lugares, estructuras continentales deltaicas, - lo cual desde luego también da idea de su rápido depósito.

Todas las características mencionadas, dan por evidencia- que durante el depósito de esta formación, debió ocurrir una Orogé- nia de primer orden que afectó toda la faja plegada de la Sierra de Chiapas. Dicha Orogénia debió presentar una fase previa al máximo- paroxismo (Lutitas del Paleoceno y margas del Eoceno), y otra pos- -terior de conglomerados, bloques grandes y sedimentos continentales en general.

EOCENO INDIFERENCIADO SUPERIOR.

Descripción.- Se trata de una alternancia de lutitas, gra- villas, areniscas arcillosas y calizas delgadas. Las lutitas son - de color gris verdoso y café amarillento, fosilíferas, con algunos- horizontes de Ostreas y de fragmentos de moluscos. Las gravillas - son de cuarzo de color blanco generalmente diseminadas dentro de -- las areniscas. Las areniscas son de grano fino, mal cementadas en- arcilla y raramente en carbonato de calcio. Las calizas son de ti- po biógeno con texturas de calciruditas y biocalcarenitas con espe- sores no mayores de 40 a 50 cm alternando con lutitas.

CONTACTOS.

Su contacto inferior con el Eoceno El Bosque, es discordante por tratarse de una formación continental y otra de carácter marino. El contacto superior con el Oligoceno suele quedar en la base de una caliza.

EDAD.

Se le ha fijado dentro del Eoceno Superior debido a su contenido faunal de los siguientes géneros:

<u>Polyleptis</u>	sp	<u>Pollatispirella</u>	spp
<u>Amphineura</u>	sp	<u>Dicyelina</u>	sp

Sedimentología.- El carácter faunal de esta formación con respecto a continental de la formación que subyace, nos indica un cambio en las condiciones de depósito; es decir, una nueva subsidencia de la cuenca original.

CUATERNARIO.

Además de la descomposición por intemperización, alteración y transporte que han sufrido los sedimentos anteriormente descritos que dan lugar a la formación de suelos residuales, se encuentran grandes extensiones de sedimentos lacustres al E de Comitán. Estos están representados por gravas, arenas, arcillas, caliche y travertino. Yacen completamente horizontales formando grandes planas en lo que fueron enormes lagos anteriormente.

El Cuaternario Lacustre está formado de arcilla gris claro, amarillo ocre y café rojizo, poco plástica con esporádicas intercalaciones de caliche blanco cremoso de arena gris claro a blanco, de grano fino a medio, cuarcífera y bancos de grava cuarcífera, de grano medio a grueso, subangulosa, arredondeada y mal seleccionada. Se caracteriza por la falta de desniveles topográficos.

El Cuaternario Residual presenta dificultades para diferenciarlo del Eoceno El Bosque, pues en parte aquél al ser transportado, arrastra consigo mismo materiales calcáreos y de cuarzo, y de esta manera se forma un suelo residual, el cual en un 90% consiste de sedimentos del Eoceno El Bosque y sólo en un 10% de suelo residual propiamente dicho.

c).- Tectónica.

a).- Tectónica Regional.- La zona estudiada se localiza en la parte SW de los plegamientos frontales de la Sierra de Chiapas. Se caracteriza por estar formada por una serie de pliegues alargados, paralelos y con una orientación de NW a SE, formando Trends estructurales interrumpidos por fallas transversales. Todos estos pliegues y fallas se originaron durante la Revolución Laramide, la cual se desarrolló con movimientos verticales del Macizo Granítico de Chiapas retransmitiendo horizontalmente hacia el NE, por las capas competentes del Cretácico. Así es que la cuenca sedimentaria recibió esfuerzos de SW a NE lo cual parece quedar comprobado en el área por las pendientes

más pronunciadas de los flancos NE de los anticlinales, mientras que el buzamiento de los flancos SW es generalmente más suave.

Respecto a los sistemas de fallas puede decirse que existen 2 patrones principales: El primero formado por fallas paralelas a los pliegues, debió originarse por esfuerzos compresionales desarrollados perpendicularmente a los ejes de las estructuras, dando origen a fallas de salto vertical y con caída normal. El segundo sistema es el de las fallas de reacomodo posterior, siendo éstas transversales a las estructuras.

Ambas son de caída normal, ya que no existen evidencias de fallas inversas porque la intensidad del empuje no lo permitió. De lo contrario existirían pliegues recumbentes, más al sur del área estudiada se ha interpretado pliegues de este tipo que sugieren una tectónica diferente, concepto fortalecido por el cambio de dirección de los ejes estructurales.

En general se puede afirmar que las compresiones perpendiculares a los ejes estructurales, las cuales a su vez fueron originadas por el levantamiento del macizo granítico de Chiapas y retrasmittidos horizontalmente hacia el NE, dieron lugar a ciertos pliegues sin grandes fallas singenéticas, debido a que los sedimentos afectados fueron competentes. Por lo tanto hay pocas fallas paralelas a las estructuras, pero sí fue trascendental tectónicamente el reacomodo

do posterior de dichos sedimentos al terminar el plegamiento. Probablemente la compresión del SW no fue constante, dando lugar a varias tensiones intermedias durante las cuales se originaron las fallas -- normales y perpendiculares a los pliegues.

b).- Descripción de las Estructuras.- A continuación se -- hace una descripción somera de cada una de las estructuras geológi-- cas del área estudiada, aparecen en el plano geológico adjunto.

1.- Anticlinales.

Anticlinal Las Margaritas.

Entre esta estructura y el anticlinal Comitán, existen sedimentos lacustres de espesores variables, que no permiten fijar el eje de un sinclinal entre ambos anticlinales. El extremo NW del anticlinal Las Margaritas cierra por buzamiento cerca de dicho poblado, mientras que su extremo SE se pierde bajo sedimentos lacustres, los cuales no permiten observar la continuación de dicho eje en esta dirección.

El anticlinal Margaritas ya empieza a presentar el fenómeno de que su plano NE sea más pronunciado que el SW; a este fenómeno se debe que se hayan conservado sedimentos del Cretácico Superior al NE del anticlinal, mientras que la parte SW al igual que su eje, -- aflora en sedimentos del Cretácico Medio. Se trata de una estructura poco pronunciada de carácter local de sólo 15 km de largo, -- aunque posiblemente su eje se prolongue más hacia sus extremos. De-

la escasa información obtenida en las dolomías sumamente kársticas, cubiertas por una espesa capa de vegetación, no fue posible observar en forma definida algún plano, ya que los echados raramente son mayores de 70 y solo en la parte SE del Anticlinal Las Margaritas se infiere su presencia por pocos datos estructurales. Un detalle exhaustivo para definir sus características no sería recomendable - dada la poca amplitud de sus planos.

Anticlinal Jalisco.

Se trata de una estructura paralela al Sinclinal La Libertad cuya orientación es de NW al SE, demostrando una mayor pronunciación que el Anticlinal Las Margaritas.

Los empujes tectónicos irregulares del SW al NE originaron los plegamientos asimétricos y una variedad de fallas transversales que afectan a este anticlinal.

Topográficamente, el anticlinal Jalisco es una sierra que se eleva más o menos 900 m sobre los ejes de los sinclinales. Su flanco NE presenta buzamiento hasta de 50° como promedio, mientras que el SW varía de 10° a 40°. La zona axial de este anticlinal mide hasta 4 km de ancho y la pendiente de su flanco NE dá lugar a fracturas y resbalamientos de gruesos bancos de caliza. En sus flancos están expuestas calizas del Cretácico Superior fosilíferas y en su zona axial es posible que el Cretácico Medio esté cercano a

la superficie.

Con una longitud parcial de 35 km en el área estudiada, - este anticlinal se prolonga todavía mucho más al SE formando una -- sierra muy marcada con hasta más de 1000 m de desnivel. Hacia el - NW esta estructura es cada vez menos marcada, desapareciendo finalmente por buzamiento en sedimentos del Cretácico Superior.

Dos grandes fallas transversales perpendiculares a su eje desplazan a éste en saltos horizontales.

Anticlinal Honduras.

Al igual que el Anticlinal Jalisco es una estructura asimétrica, con sus flancos NE más pronunciados y más suaves sus flancos SW.

Se extiende desde la gran falla del Río Tzaconejá en su - extremo NW a través de casi 50 km en el área de estudio y se prolonga al SE fuera de ésta. Pero en su extremo SE se encuentra más plegado, dando lugar a las estructuras de la Piedad y Patihuitz.

En los flancos del Anticlinal Honduras afloran rocas del Cretácico Superior y en el máximo alto estructural el eje del Anticlinal se manifiesta en calizas dolomíticas del Cretácico Medio.

Paralela al camino de La Soledad a Leyva, el transcurso - del eje se ve dislocado, pero horizontalmente, dando lugar a un pequeño anticlinorium ya que la zona axial del eje se amplía notable-

mente, originando así las subestructuras La Piedad y Patihuitz.

2.- Sinclinales.

Sinclinal La Libertad.

En el eje del sinclinal afloran calizas del Cretácico Superior formando un pequeño alto del cual han sido erosionados los sedimentos del Eoceno El Bosque, que cubren el eje de dicho sinclinal en los grandes valles. Hacia el extremo SE del sinclinal estudiado aflora nuevamente en sedimentos de Eoceno Medio Inferior, ya que en dicha localidad la topografía actual fue favorable a la --transportación de los sedimentos arcillosos del Eoceno El Bosque.

El flanco SW del sinclinal La Libertad es muy pronunciado mientras que su flanco NE es sumamente ancho y de poca inclinación.

Al NW del área estudiada se encuentra una falla W-E que es aprovechada por el cauce encañonado del Río Tzaconejá, a la vez este tramo forma parte del sinclinal La Soledad. Esta falla provoca un desplazamiento del eje de 100 m horizontales y que a su vez --originan un desplazamiento vertical.

Sinclinal La Soledad.

Este sinclinal sumamente pronunciado topográficamente separa a los anticlinales Jalisco y Honduras, hacia el SE continúa --fuera del área estudiada y hacia su extremo NW se cierra por buza--miento de sus capas.

En todo el sinclinal afloran las arcillas y areniscas del Eoceno El Bosque.

Sinclinal Leyva.

El eje de este sinclinal aflora en su totalidad en Eoceno El Bosque. Su extremo NW está formado por el efecto de una falla - en el Río Tzaconejá, mientras que al SE se prolonga.

Su eje se encuentra dislocado horizontalmente por una falla perpendicular.

d).- Historia Geológica.

La Historia Geológica del área estudiada sólo se puede explicar teniendo en cuenta las áreas vecinas, para así tener un criterio regional que nos permita explicar la secuencia de los eventos geológicos que tuvieron lugar.

Durante el Cretácico Inferior y Medio, la zona estaba ocupada por una amplia plataforma en donde se depositaron dolomías y - evaporitas, predominando éstas últimas. A fines del Cretácico Medio hubo movimientos de bloques originados por el desplazamiento -- Polochic Motagua, ocasionando una posible discordancia a este nivel. En el Cretácico Superior la sedimentación de plataforma continuó, - pero es posible que el movimiento de los bloques también continuará, ya que en la parte final del Cretácico Superior este movimiento - - ocasionó marcados cambios de facies en la sedimentación.

Parece ser que durante el Paleoceno se desarrolló en todo el frente del macizo granítico una depresión en la que se azolvieron sedimentos de tipo Flysch, sin embargo en esta época también funcionaron los bloques, esta cuña Flysch se empezó a depositar en Guatemala, durante el Cretácico Superior y alcanzó la parte del macizo - hasta el Paleoceno; sin embargo, esta sedimentación puede considerarse que terminó en la parte norte del área, ya que de aquí hacia el norte la influencia de la plataforma de Yucatán se dejó sentir. - En el norte del área se tienen facies de plataforma con influencia de mares abiertos.

Según lo observado el Paleoceno descansa discordantemente en algunas partes del área, mientras que en otras es concordante y transicional; esto parece ser consecuencia del movimiento de bloques, los que ocasionaron discordancias, mientras que en otras partes la sedimentación fue continua.

Durante el Paleoceno Tardío y Eoceno Temprano se dejó sentir un levantamiento de la parte sur del área (macizo granítico) -- que empezó a aportar detritos, originando una cuña de clásticos de tipo Molasse, la cual descansa en algunas partes discordante y en otras concordante. Esta cuña también inició su sedimentación en el sur y continuó su avance hacia el norte azolvando toda la región -- con una red de pantanos, deltas y abanicos.

En el sur, el depósito de las facies Molasse se inicia en el Eoceno Inferior; mientras que esta misma sedimentación se deja sentir al norte hasta el Eoceno Medio.

Para el resto del registro geológico, en el área se - - - tienen evidencias de que hubo influencia marina y continental; sin embargo no se cuenta con suficientes datos para definir su desarrollo histórico.

Durante el Mioceno Medio se tienen evidencias para definir un movimiento de tipo orogénico, que vino a darle la configuración actual a la sierra.

IV GRAVIMETRIA.

a).- Antecedentes.

Sobre el área estudiada, no se sabe de la existencia de trabajos gravimétricos previos al presente. Desde años anteriores, Petróleos Mexicanos ha hecho estudios geológicos-gravimétricos regionales, de los cuales forma parte la presente área, pero tanto los objetivos como los resultados son inéditos y el detalle de todos esos trabajos forma parte de sus archivos particulares. Los autores trabajaron en el levantamiento correspondiente del área que comprende este trabajo y de ahí se deriva el conocimiento operacional y de la gravimetría.

b).- Fundamentos de la Prospección Gravimétrica.

1.- Principios físicos de la gravedad.

Básicamente el método gravimétrico descubre y mide las variaciones laterales de la atracción gravitatoria del suelo, que están asociadas a cambios de la densidad próximos a la superficie.

La teoría de la prospección gravimétrica se ha desarrollado directamente de la Ley de Newton, que expresa la atracción mutua entre dos partículas en función de sus masas y de su separación. Es decir la masa de la tierra atrae todos los cuerpos en razón inversa al cuadrado de sus distancias.

Expresada matemáticamente, la fuerza F de mutua atracción ejercida entre la masa de la tierra M_1 y la de un cuerpo cualquiera

M_2 , situado en su superficie o en el espacio a una distancia de su centro de masa sería:

$$F = \gamma \frac{M_1 \times M_2}{r^2}$$

En donde γ es la constante de la gravitación universal y -- depende del sistema de medidas empleadas.

En el sistema CGS (centímetro-gramo-segundo) el valor de γ es 6.67×10^{-8} .

2.- Constante Gravitacional.

La constante gravitacional es un valor dado por la fuerza de atracción que ejerce entre sí dos partículas de masa unitaria con una separación también unitaria. Como ya se mencionó anteriormente el valor de la constante depende del sistema de unidades empleadas en la fórmula. Si la fuerza se expresa en dinas la masa en gramos y la distancia en centímetros, se obtiene un valor de 6.67×10^{-8} .

3.- Densidad de la Tierra.

Si queremos obtener un valor aproximado de la densidad media de la tierra veamos la ecuación.

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Considerando que F es igual a la fuerza de la atracción --

ejercida por la masa de la tierra m_1 sobre la masa unitaria m_2 situada en la superficie y separada de ella por una distancia igual al radio de la tierra, ya que puede considerarse que la masa está concentrada en su centro geométrico, en esas condiciones se tiene:

$$g = \gamma \frac{m_1}{m_2} = \gamma \frac{V \delta}{R^2}$$

En donde $m_1 = m_2$ siendo V el volumen de la tierra y δ la densidad media, despejándola de esta ecuación se tiene:

$$\delta = \frac{g \cdot r^2}{\gamma \cdot V}$$

Sabemos que: $V = 4/3 \pi r^3$ es el volumen de una esfera, por lo que sustituyendo este valor tendrá:

$$\delta = \frac{g \cdot r^2}{4/3 \pi r^3}$$

Conocida la densidad se puede obtener la masa de la tierra mediante la fórmula:

$$M_1 = v \cdot \delta$$

4.- La Gravedad Terrestre.

La variación regular de la gravedad terrestre con la lati-

tud se debe a dos factores: la rotación de la tierra y su desviación de la verdadera esfericidad los efectos de la rotación se pueden determinar fácilmente acudiendo a las reglas sencillas que rigen la aceleración centrífuga de un cuerpo que gira. La forma de la tierra interviene, puesto que sobre una tierra no esférica la atracción es menor en los puntos más alejados del centro (en el que se puede considerar que está concentrada toda la masa), que en los puntos más cercanos a él.

En una tierra achatada en los polos la atracción gravitatoria debe ser mayor en las regiones polares que en el Ecuador, además, la componente de la fuerza centrífuga que se opone a la gravedad es mayor en las proximidades del Ecuador que en los polos. Ambos efectos sumados dan lugar a una atracción gravitatoria, en el Ecuador aproximadamente 10,000 miligales menor que en una latitud 90°. Aproximadamente la mitad de esta diferencia se contrarresta por la disminución de la atracción de el Ecuador hacia el polo, debido a que existe una mayor cantidad de masa entre el centro y el Ecuador abombado que entre el centro y las áreas polares achatadas, la diferencia actual entre el polo y el Ecuador es, aproximadamente de 5,300 miligales.

5.- El Geoide.

Al hacer referencia al esferoide o al elipsoide en los trabajos geodésicos, se debe relacionar la superficie matemática

con alguna superficie física de la tierra. Sobre los océanos esta superficie es la media del nivel del mar. En la tierra firme también podemos relacionar la superficie matemática con el nivel del mar, que en este caso se considera como una superficie imaginaria que tiene el mismo potencial gravitatorio que la superficie media de los océanos. Esta superficie se denomina geode y Bowie la define así: bajo las áreas continentales la superficie del geode coincidiría con la superficie del agua en canales estrechos al nivel del mar que se extenderían tierra adentro a través de los continentes. El geode no se define necesariamente por una relación geométrica definida. Por definición es horizontal en todas partes.

6.- Gravedad Absoluta y Relativa.

La gravedad en cualquier punto sobre la superficie de la tierra es la suma de todas las fuerzas gravitacionales que actúan sobre ese punto, su determinación se hace utilizando un aparato pendular con el cual se mide el intervalo de tiempo que tarda en efectuar una oscilación completa. Para hacer estas medidas pendulares se emplean varias horas en cada observación y el equipo es complejo y su manejo complicado, a esto se debe que las mediciones de gravedad absoluta se hagan en un número relativamente pequeño de "Estaciones base de gravedad absoluta", estas estaciones existen en todos los países entre los cuales se encuentra México, todas estas estaciones están referidas a la base gravimétrica en Postdam, Alemania.

La diferencia del valor de la gravedad que hay entre dos puntos cualquiera de la superficie terrestre es lo que se conoce -- como gravedad relativa. Esta gravedad se obtiene directamente de -- las lecturas efectuadas por el gravímetro, por lo que habrá que re-- ferir dichas lecturas a estaciones base de gravedad absoluta previamente establecidas, para obtener valores absolutos en un levantamiento gravimétrico.

7.- Unidades Empleadas en Gravimetría.

En la prospección gravimétrica la unidad empleada para medir la gravedad es el gal, denominado así en honor del científico -- Italiano Galileo Galilei que fue uno de los primeros en estudiar la-- gravedad.

El gal es numéricamente pero no físicamente igual a la acceleración de 1 cm/seg^2 producida a un gramo masa. En la superficie de nuestro planeta la fuerza gravitacional varía de 978 cm/seg^2 en -- el Ecuador, a 983 cm/seg^2 en los polos, o sea su valor medio de 980-- gales.

En la prospección gravimétrica variaciones de una diez mi-- llonésima parte del valor total del campo gravitatorio tienen impor-- tancia científica por lo que la unidad prácticamente empleada es el miligal, o sea 10^{-3} gales ($.001 \text{ cm/seg}^2$) y también se emplea la décima parte del miligal ($.0001 \text{ cm/seg}^2$) denominada unidad gravimétrica--

representada por las siglas U.G.

B.- Instrumentos Utilizados en Gravimetría.

Las mediciones de la magnitud de la aceleración gravitacional terrestre se han efectuado desde los tiempos de Newton aún esas primeras mediciones fueron lo bastante exactas para mostrar que la gravedad varía con la latitud y con la elevación, sin embargo la prospección geofísica demanda que las mediciones sean de una precisión mayor por varias órdenes de magnitud que cualquiera de esas mediciones primitivas, la gravedad debe ser medida con exactitud de diezmillonésimas.

Desde principios del siglo fue ideada con fines geodésicos la balanza de torsión, posteriormente se utilizó el péndulo para la exploración petrolera que tuvo un uso limitado.

La primera medición de la gravedad fue hecha con un péndulo, por el Frances Pierre Bouguer en el período de 1735 a 1743 para conocer la longitud del arco de un grado en un meridiano terrestre, a la vez en Perú (ahora Ecuador) y Laponia.

Las mediciones de gravedad efectuadas con aparatos pendulares se basan en la teoría del péndulo físico, el cual consta de una barra rígida que oscila libremente apoyada en su punto situado en uno de sus extremos. El valor de la gravedad puede conocerse determinando los parámetros involucrados tales como el período de oscilación y-

la longitud del brazo de la palanca.

El péndulo fue utilizado ampliamente para el establecimiento de estaciones de gravedad absoluta, referidas al sistema gravimétrico mundial adoptado para el trabajo de carácter geodésico y para exploración petrolera, en el período de 1930 a 1935 fecha en que fueron reemplazados por los gravímetros.

A.- EL GRAVIMETRO.

El gravímetro por su mayor rapidez de operación desplazó al péndulo y a la balanza de torsión, el gravímetro o medidor de la gravedad mide directamente pequeñas variaciones en la componente vertical de la gravedad. La precisión de este instrumento puede determinar diferencias del orden de 0.1 miligales y aún menores. Se ha requerido de una gran ingeniosidad en su construcción para poder lograr esta sensibilidad y poder utilizarlo en la prospección.

Existen muchas variaciones en la construcción de los diferentes gravímetros pero en general los podemos agrupar en dos tipos:

- 1.- Los gravímetros de tipo estable.
- 2.- Los gravímetros de tipo inestable.

El gravímetro estable tiene un elemento de respuesta, una especie de muelle que tiene un desplazamiento de su posición del equilibrio que es proporcional al cambio en el valor de la gravedad

de equilibrio, debido a que estos desplazamientos son siempre extremadamente pequeños deben amplificarse por medios ópticos, mecánicos o eléctricos. Los gravímetros del tipo inestable se construyen de tal manera que cualquier cambio en la gravedad desde su valor de equilibrio desencadena la actuación de otras fuerzas que aumentan el desplazamiento que causaría solamente el cambio de gravedad.

B.- GRAVIMETRO ESTABLE.

Todos los gravímetros estables tienen un solo elemento para contrarrestar la fuerza de la gravedad, con otra fuerza medible mediante un desplazamiento lineal, angular o eléctrico, que puede amplificarse y leerse directamente cualquier cambio en la gravedad de acusar por el cambio correspondiente en este desplazamiento. Si se trata de un simple muelle, el cambio se refleja en la modificación de su longitud. La fórmula usual de la fuerza de recuperación de un muelle en tensión es:

$$F = - K (x - x_0) = mg$$

En la X es la longitud del muelle, X_0 su longitud original antes que se suspendiera de el un peso, y K es la constante del muelle puesto que la masa m es constante, cualquier cambio en que debe originar un cambio proporcionado en su elongación.

Entre los gravímetros de tipo estable tenemos el gravímetro de Hartley el diseñado por la Gulf, el Askania y otros.

GRAVIMETROS INESTABLES.

En este tipo de gravímetros llamados también labilizados o estáticos, la fuerza de gravedad se mantiene en equilibrio inestable con la fuerza que se le opone, la inestabilidad se produce por ins--
trucción de una tercera fuerza que intensifica el efecto de cual- --
quier cambio de la fuerza de la gravedad de su valor de equilibrio.

A este tipo pertenecen los gravímetros de Thyssan, Humble, Mott-Smith y otros, el más usado por su exactitud rapidez de opera--
ción y fácil transporte es el gravímetro de Worden que alcanza una -
precisión de 0.01 miligales.

GRAVIMETRO WORDEN.

Debido a sus características el gravímetro Worden es el de los más utilizados en la prospección gravimétrica. Este gravímetro--
tiene aproximadamente 12 cm. de diámetro y 30 cm de alto, y peso de--
3 kg, el sistema móvil tiene 7 cm de alto y es muy ligero ya que el--
elemento de masa pesa tan solo 5 miligramos. Todo el sistema, excep--
to un pequeño compensador de temperatura, está hecho de cuarzo fundi--
do y está montado en el interior de un frasco de Dewar (Thermo) se--
llado en un vacío parcial. En la figura se ilustra el principio de--
este gravímetro.

Cualquier cambio de atracción gravitacional sobre la masa--
M da lugar a rotación de la barra encoznada moviendo el indicador de
su posición cero también se altera la longitud del resorte principal

pudiendo regresarse el indicador a su posición cero mediante el ajuste de la tensión del resorte fino, el acoplamiento entre el resorte principal y el resorte fino se efectúa por medio de una muelle no lineal que está formada de dos elementos con diferentes constantes de expansión térmica, para proporcionar una composición por temperatura.

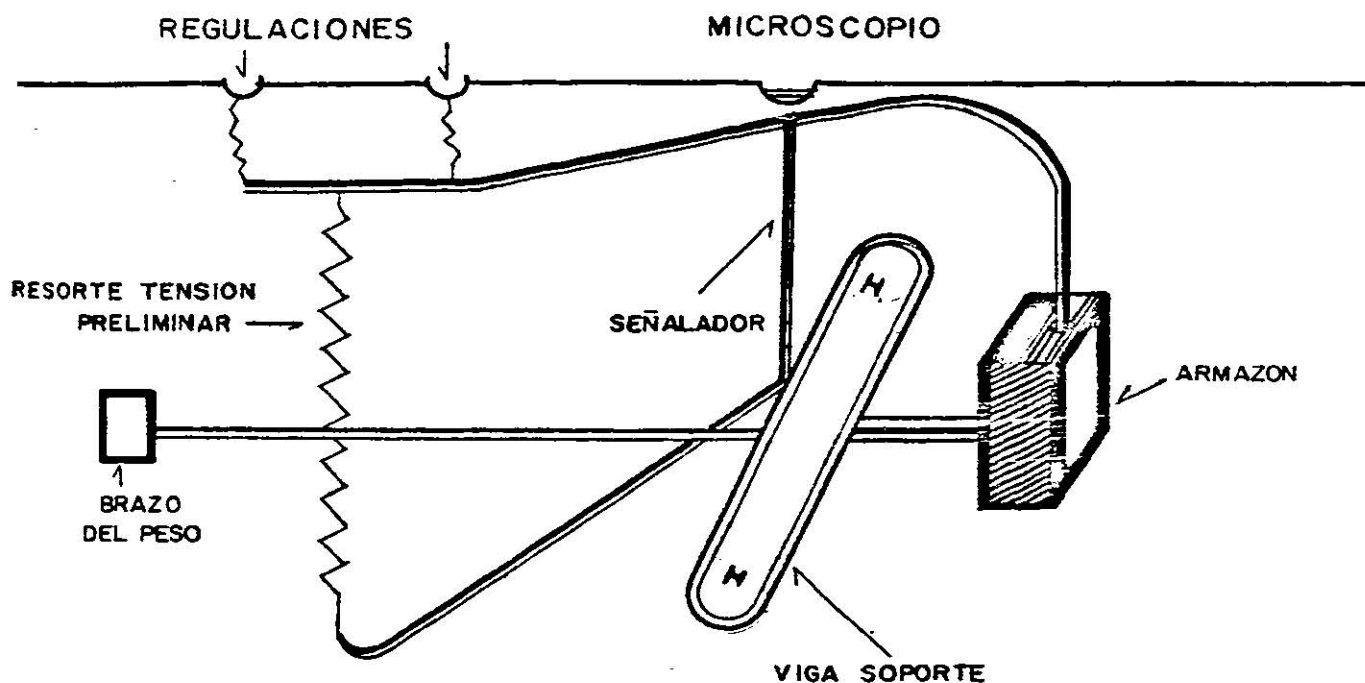
El resorte principal es un resorte de longitud cero.

Es posible hacer girar la armazón a un ángulo pequeño, modificándose con ello la inclinación del resorte principal, dando esto lugar a una modificación de las condiciones de estabilidad. En otros aspectos, el funcionamiento de este sistema es similar al mostrado en la figura.

Las observaciones hechas con éste y otros gravímetros dan por resultado datos en las divisiones de las escalas, las cuales deben ser convertidas a miligales o a unidades gravimétricas multiplicando la lectura por la constante del aparato.

La determinación exacta del factor de conversión, llamado factor de calibración es muy importante. Puede calcularse teóricamente para algunos instrumentos a partir de sus dimensiones físicas, pero en la práctica esto no ha sido satisfactorio. El resultado más satisfactorio, se ha obtenido efectuando lecturas en lugares de gravedad conocidas generalmente dadas por estaciones de péndulo y comparando estas lecturas con los valores absolutos de la gravedad.

— GRAVIMETRO WORDEN —



El sistema está mantenido en equilibrio inestable sobre el eje HH. Cualquier aumento en la atracción de la gravedad sobre la masa colocada en el extremo del brazo cargado da lugar a una ligera rotación en sentido contrario al de las manecillas del reloj, que disminuyendo el ángulo entre el resorte pretensado y el brazo inclinado fijo en su base.

La disminución del ángulo aminora el momento opuesto en el sentido del reloj del resorte y proporciona la inestabilidad necesaria.

En el instrumento pueden hacerse lecturas de 0.1 U.G.

CORRECCIONES GRAVIMETRICAS.

Para reducir el GEODE los valores de la gravedad es necesario hacer tres correcciones cada una de ellas corresponden a las que se hacen en las reducciones de prospección gravimétrica.

Corrección por aire libre.- La estación representada a una altura "h" sobre el nivel del mar, está a una distancia "s" más alejada del centro de la tierra que otra estación que estaría al nivel del mar. Puesto que la masa de la tierra se puede considerar como concentrada en su centro, la ley de los cuadrados inversos nos dice que la atracción de la tierra a una altura h será:

$$\frac{R^2}{(R + h)^2} g_0$$

DONDE g_0 es valor de la gravedad al nivel del mar, y R el radio de la tierra.

LA DIFERENCIA DE GRAVEDAD ENTRE DOS ELEVACIONES ES:

$$g_0 - \frac{R^2}{(R + h)^2} g_0 = g_0 \left[1 - \frac{R^2}{(R + h)^2} \right]$$

$$\frac{2 g_0 h R}{(R + h)^2} = \frac{2 g_0 h}{R}$$

$$g_0 = 980 \text{ Miligales}$$

$$R = 6378 \text{ km}$$

$$g_0 = \frac{2 g h}{R}$$

Llegamos a la corrección de 0.308 miligales metro, aplicando los valores anteriores $g_0 = 0.308$ miligal/metro.

Este efecto de variación de la gravedad debido a la elevación se le llama efecto de aire libre, ya que se calcula como si el punto de observación estuviera suspendido en el aire, sin considerar los efectos de atracción de la materia situada entre el punto de observación y el nivel de referencia.

En la prospección gravimétrica, es necesario efectuar las correcciones por elevación antes de configurar los mapas de gravedad, ya que de otro modo el mapa o plano estará afectado por las diferencias de elevación entre los diferentes puntos de elevación.

Corrección de BOUGUER.

Esta corrección tiene en cuenta la atracción del material rocoso situado entre el nivel del mar y la estación situada a la altura "h" se basa en la hipótesis de que la superficie de la tierra es horizontal en todas partes a una distancia "h" por encima del nivel del mar, esta corrección se sustrae porque estamos eliminando el material situado entre el nivel del mar y el nivel de la estación.

Puesto que en la prospección gravimétrica es necesario que las mediciones estén referidas a un mismo nivel, deberán efectuarse correcciones por el efecto de Bouguer.

Las correcciones debidas a los efectos de Bouguer y aire libre son de signos contrarios y como ambos dependen de la elevación, generalmente se combinan en un solo factor.

Correcciones Topográficas.

Esta corrección tiene en cuenta la atracción de las masas situadas por encima de la estación y corrige también las depresiones situadas debajo del nivel de la estación, que haciendo incorrecta la hipótesis de Bouguer, la corrección se suma siempre --trátese de una montaña o un valle.

El efecto topográfico se calcula dividiendo el área situada alrededor de la estación en compartimientos limitados por --circulos concéntricos y radios trazados a intervalos angulares ϕ apropiados.

En cada compartimiento se determina la elevación media - (z) sin tomarse en cuenta el signo, es decir se da el mismo tratamiento a una colina que a un valle considerando a ambos con diferencias de elevación positivas respecto al nivel de referencia.

c).- Método de Trabajo.

Tomando en consideración la extensión y características topográficas del área en estudio, el levantamiento gravimétrico se llevó a cabo a partir de la subdivisión previa en polígonos regionales con plancheta y nivel.

La Planimetría está apoyada por vértices de satélite, - - puntos de apoyo horizontal y puntos en el terreno perfectamente - - identificables.

Para poder tener correlación gravimétrica en el área se - procedió al enlace de la gravedad observada, con la estación base - del Servicio Geodésico Interamericano, establecida en el aeropuerto de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Por medio de planos topográficos se localizaron los polígonos para su levantamiento topográfico y una vez terminado éste, - se procedió al levantamiento gravimétrico; teniendo en cuenta el -- carácter regional, se hizo el espaciamiento de las estaciones a - - cada 500 m.

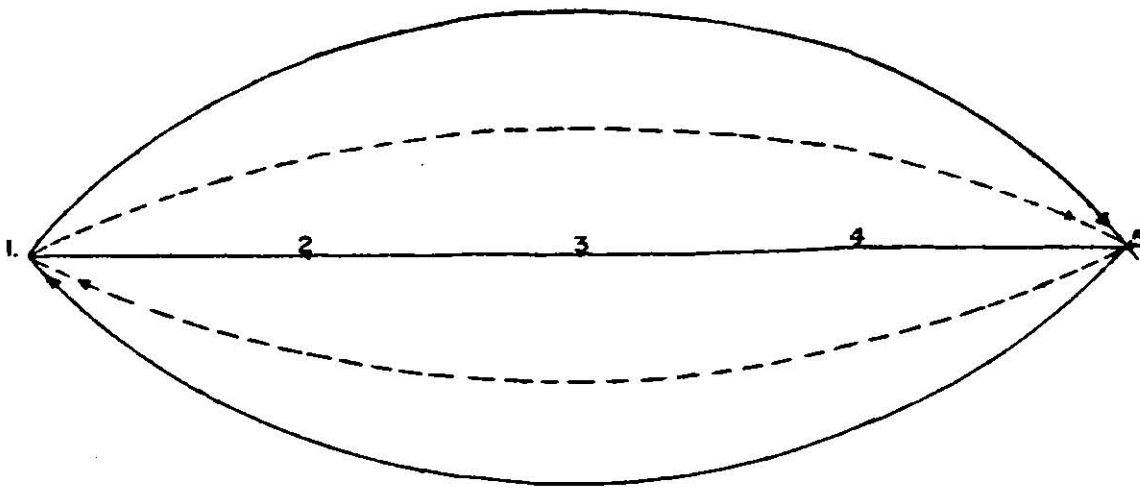
En este trabajo se utilizó un gravímetro Worden Prospec-- tor 834, tomándose varias lecturas de intensidad gravimétrica en -- cada espira.

El término espira se aplica dentro de la técnica de levan tamiento gravimétrico, con la finalidad de clasificar las diferen-- tes lecturas que se tomaron en determinado número de estaciones y - el cual deberá realizarse dentro de un lapso de 2 horas.

Cada espira consta de una base inicial, seguida de esta-- ciones intermedias y un cierre, como la muestra la figura 1.

E S P I R A

Figura No. 1



1er. Recorrido —————>

2do. Recorrido - - - - ->

En el punto 1 la estación se ha tomado como base, las -
estaciones 2, 3 y 4 han sido leídas como intermedias y por último
en la estación 5 se vuelve hacer base, posteriormente se regresa
al punto 1, nuevamente a leer y se cierra el enlace en el punto -
5. Esto es lo que se conoce como "Loop" o enlace.

Todas las lecturas que se hacen durante un día se calculan en un diagrama en función del tiempo. Es decir, unidades gravimétricas (ug) y tiempo en horas. La recta que representa estos valores -- para una sola estación leída a diferentes horas se llama gráfica de deriva, la cual deberá estar dentro de tolerancia que para la deriva máxima es de 2.0 ug y cuya divergencia no debe exceder de 0.8 ug.

Para aislar el defecto de las desigualdades de densidad -- subsuperficiales, que es el objeto de la prospección, es necesario -- corregir los factores restantes que hacen variar la gravedad.

El geoide es necesariamente descriptivo de la forma geométrica de la tierra y por definición, en cualquier lugar es un plano de referencia al nivel del mar.

Para reducir al geoide los valores de la gravedad es necesario hacer tres correcciones: cada una de ellas corresponde a las -- que hacen en las reducciones de prospección gravimétrica, como son: -- latitud, altitud y relieve topográfico.

La utilidad de los métodos gravimétricos depende de la -- existencia de diferencias de densidad, determinables entre un cuerpo profundo y medio que lo rodea.

En todas las fórmulas para corrección gravimétrica interviene la densidad, la principal fuente de error se debe a la elección de la densidad correcta para el área en estudio.

Por lo tanto, se debe hacer alguna clase de estimación en las densidades del nivel de referencia a la superficie.

Cuando se trata de un área pequeña, la densidad de los materiales se obtienen de preferencia por mediciones tomadas en muestras de esa región, aunque con este método es necesario gran cantidad de muestras.

El procedimiento consiste en pesar la muestra en el aire y sumergida en el agua.

El promedio de las densidades obtenidas se toma como la densidad del material.

NETTLETON ha descrito un método indirecto para determinar las densidades, que en muchos casos es más efectivo que los métodos directos empleados en los laboratorios: levantando una línea gravimétrica a través de un perfil topográfico, ya que los valles frecuentemente se encuentran cubiertos por materiales detríticos cuya intensidad es variable y diferente de la roca de la cual proviene.

El cálculo consiste en trazar el perfil del terreno con las elevaciones de las estaciones y a continuación el perfil gravimétrico con los datos obtenidos, a los cuales se le han hecho co-

correcciones por latitud, deriva aire libre, y dando para la corrección de Bouguer diversas densidades, con lo que se obtiene una serie de perfiles diferentes. La selección definitiva de la densidad se hace observando los perfiles: la densidad que más se acerque a la verdadera tendrá un perfil que se asemeje a una línea recta.

El valor absoluto de la gravedad puede calcularse por la duración de las oscilaciones de un péndulo de longitud conocida. Pero por lo general, los observadores se ajustan a mediciones relativas, referidas a una estación base. Después de eliminar la influencia del medio circundante y de reducir todos los cálculos al nivel del mar, se expresan los valores por medio de configuraciones isoanómalas de anomalía de Bouguer, que es el resultado final de las correcciones calculadas.

Las correcciones para el cálculo de anomalía de Bouguer tuvieron como referencia el nivel del mar y un valor fijo para la constante "K" de 2.0 I.G./m que corresponde a una densidad de 2.56 g/cm³.

El trabajo de gabinete se dividió en varias fases, se procedió al cálculo de gráficas de deriva, compensaciones, líneas de densidad, gravedad teórica y cálculo de anomalía de Bouguer. A continuación se describen brevemente cada una de ellas.

GRAFICAS DE DERIVA.

Estas se construyen utilizando los valores obtenidos por el gravímetro en el campo en cada una de las estaciones base y la hora en que fueron efectuadas dichas lecturas. En la Fig. 4, se muestra un registro de campo y su gráfica.

Los valores que resultan de la gráfica son diferencias de una estación base a otra, dadas en unidades gravimétricas (U.G.), con estas diferencias encontradas se puede conocer el valor de la gravedad en cada punto, sumando algebraicamente estas a un valor ya conocido, ver figura 4.

COMPENSACIONES.

Después de llevar a cabo los levantamientos de campo en sus tres partes, (planimetría, altimetría y gravimetría) y comprobar que el error obtenido era menor a la tolerancia estipulada, se procedió a compensar para las distintas fases del trabajo, los valores de las estaciones en cada una de las líneas.

LINEAS DE DENSIDAD.

El cálculo de línea de densidad se hizo aplicando los métodos de correlación (NETTLETON MODIFICADO) y gráfico de SIEGERT, ver figuras 2a, 2b y 3.

Para poder seguir los métodos anteriores hay que aplicar las siguientes fórmulas:

Para obtener K (constante)

$$K = \frac{-n \sum (\Delta g \times \Delta h) + \sum \Delta g \times \sum \Delta h}{n (\sum \Delta h^2) - (\sum \Delta h)^2}$$

n = número de estaciones.

Δg = incremento en la gravedad.

Δh = incremento en la altura.

A partir del valor K (que no debe de ser mayor de 2 ug.), se va a obtener la densidad de la roca mediante la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{3.086 - K}{0.4185}$$

Al obtener los distintos valores ya enumerados se tiene que comprobar que el error quede dentro de tolerancia, mediante la siguiente fórmula:

$$\epsilon = 0.67 \sqrt{\frac{1}{N} \left(\frac{\sum \Delta g^2}{\sum \Delta h} - K^2 \right)}$$

LINEA DE DENSIDAD.

EST.	Δg	Δh	$\Delta g \times \Delta h$	Δg^2	Δh^2
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	- 2.8	11.224	-31.43	7.84	125.98
3	- 2.1	9.969	-20.93	4.41	99.38
4	-18.7	19.020	-355.67	349.69	361.76
5	-21.5	23.327	-501.53	462.25	544.15
6	-27.5	25.374	-697.79	456.25	643.84
7	-32.0	29.184	-933.89	1024.00	851.71
8	-54.2	32.681	-1771.31	2937.64	1068.05
9	-61.4	38.228	-2347.20	3769.96	1461.38
10	-57.0	33.583	-1914.23	3249.00	1127.82
Suma	-277.2	222.59	-8573.98	12561.04	6284.07

$K = 1.808 \text{ ug/m}$

$\rho = 2.54 \text{ gr/cm}^3$

$E = 0.239$

Ver gráficas anexas 2a, 2b y 3.

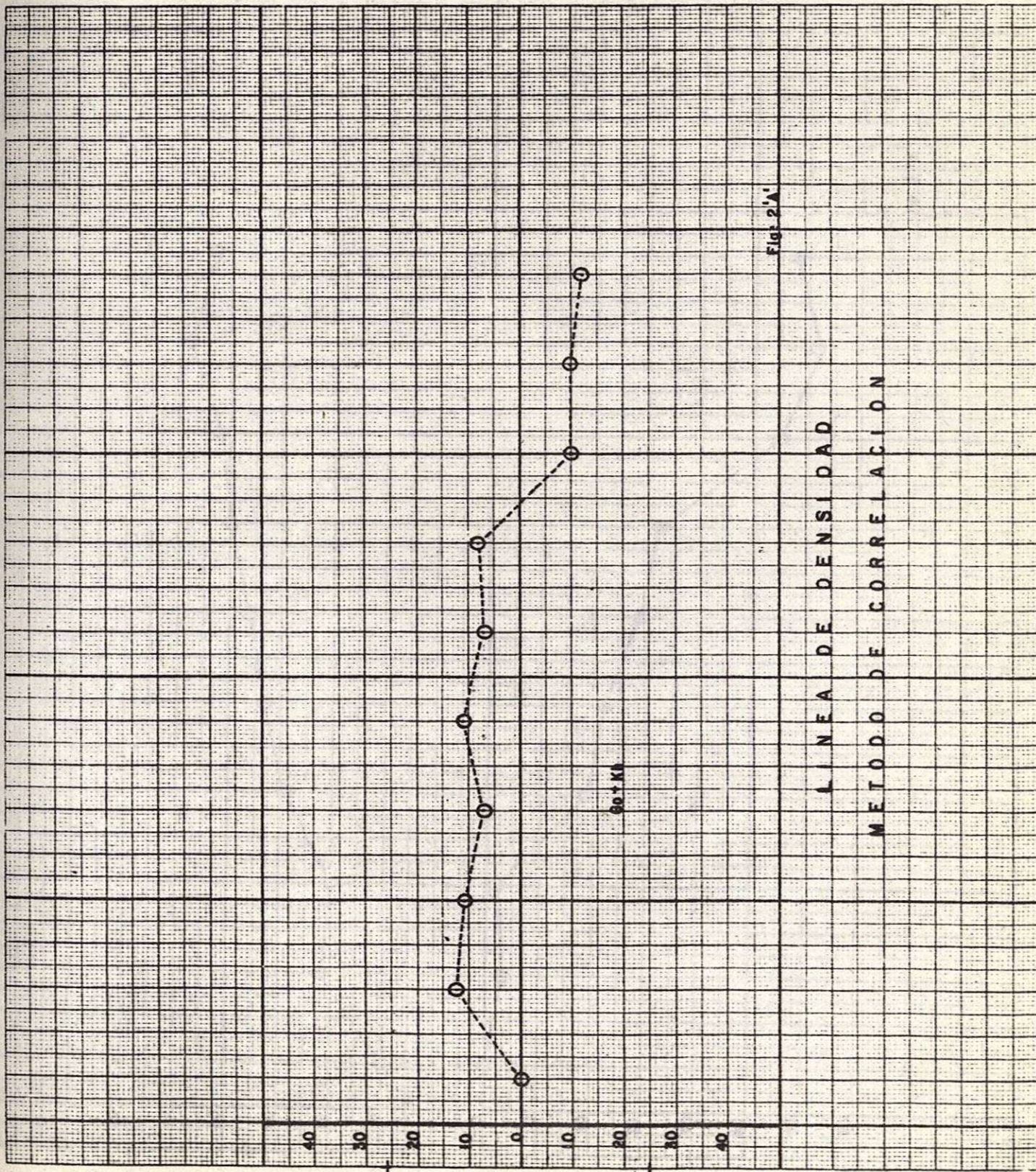


Fig. 2'A'

LINEA DE DENSIDAD
 METODO DE CORRELACION

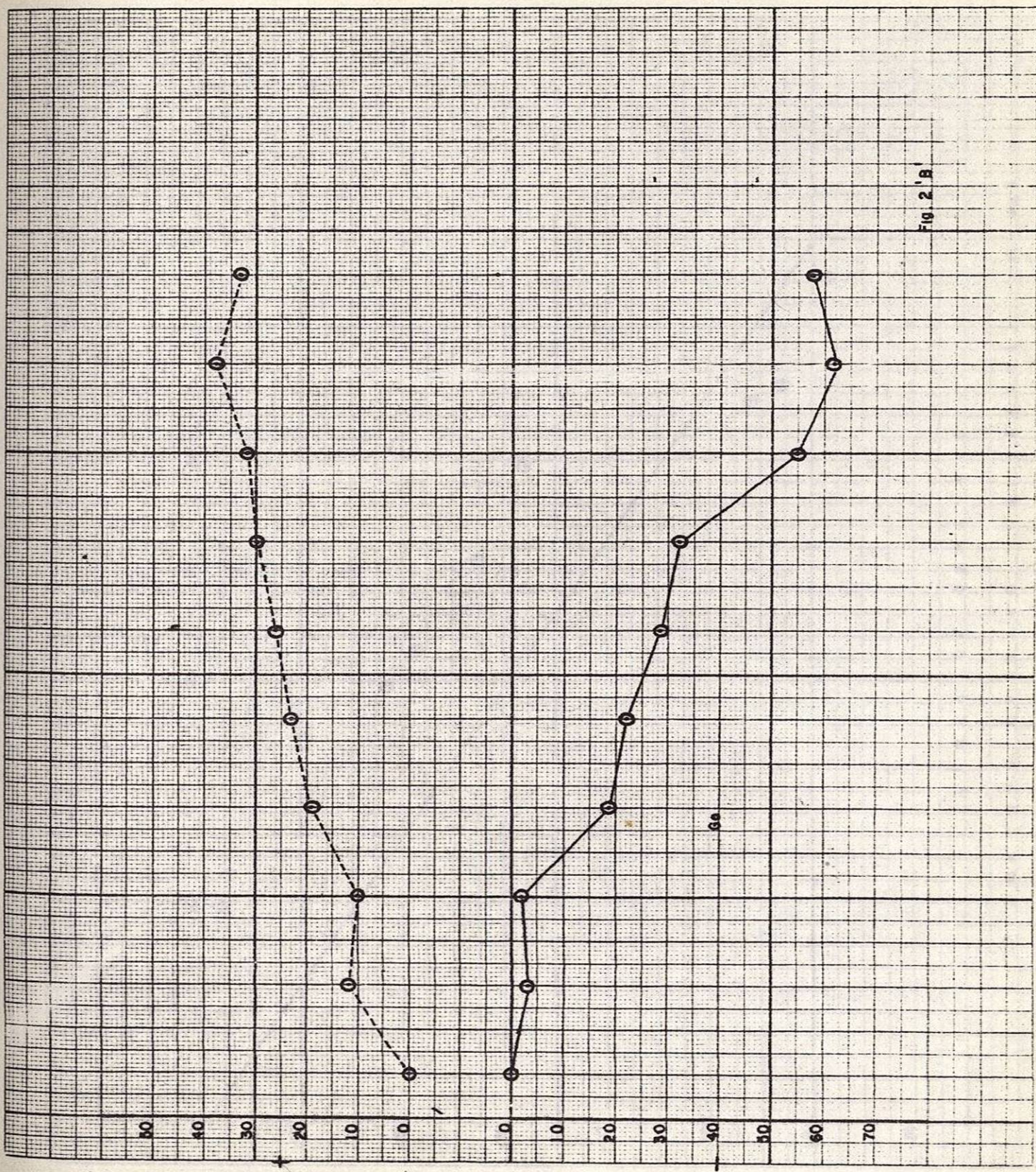
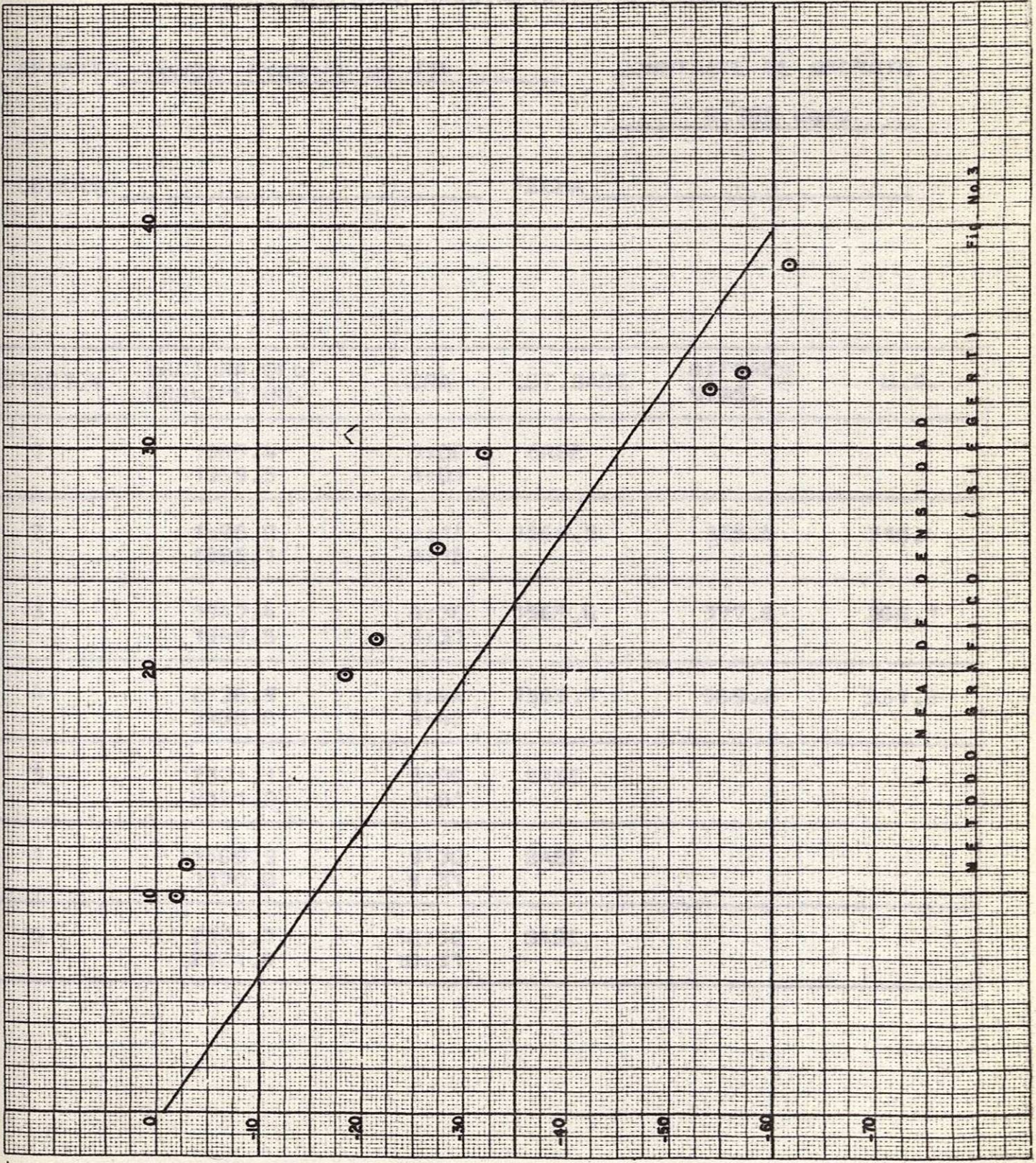


FIG. 2 'B'



L I N E A D E D E N S I D A D

M E T O D O G R A F I C O (S I F E R T) F I G N O 3

REGISTRO GRAVIMETRICO DE CAMPO.

APARATO Worden Prospector 834

CONSTANTE DE APARATO

0.969 ug/d

OBSERVO _____

FECHA _____

ESTACION	LECTURA DEL GRAVIMETRO.	HORA	EST.BASE	DIFERENCIAS.	U.G.
1	1569.4 1569.5	8:00 8:01	BASE		
2	1895.0 1895.1	8:14 8:15	1569.5	325.5	315.4
3	1947.4 1947.5	8:30 8:31	1569.6	377.8	366.1
4	2138.9 2138.8	8:44 8:45	1569.7	569.2	551.8
5	2321.1 2321.2	9:00 9:01	BASE		
1	1569.9 1570.0	9:30 9:31	BASE		
5	2321.7 2321.8	10:30 10:31	BASE.		

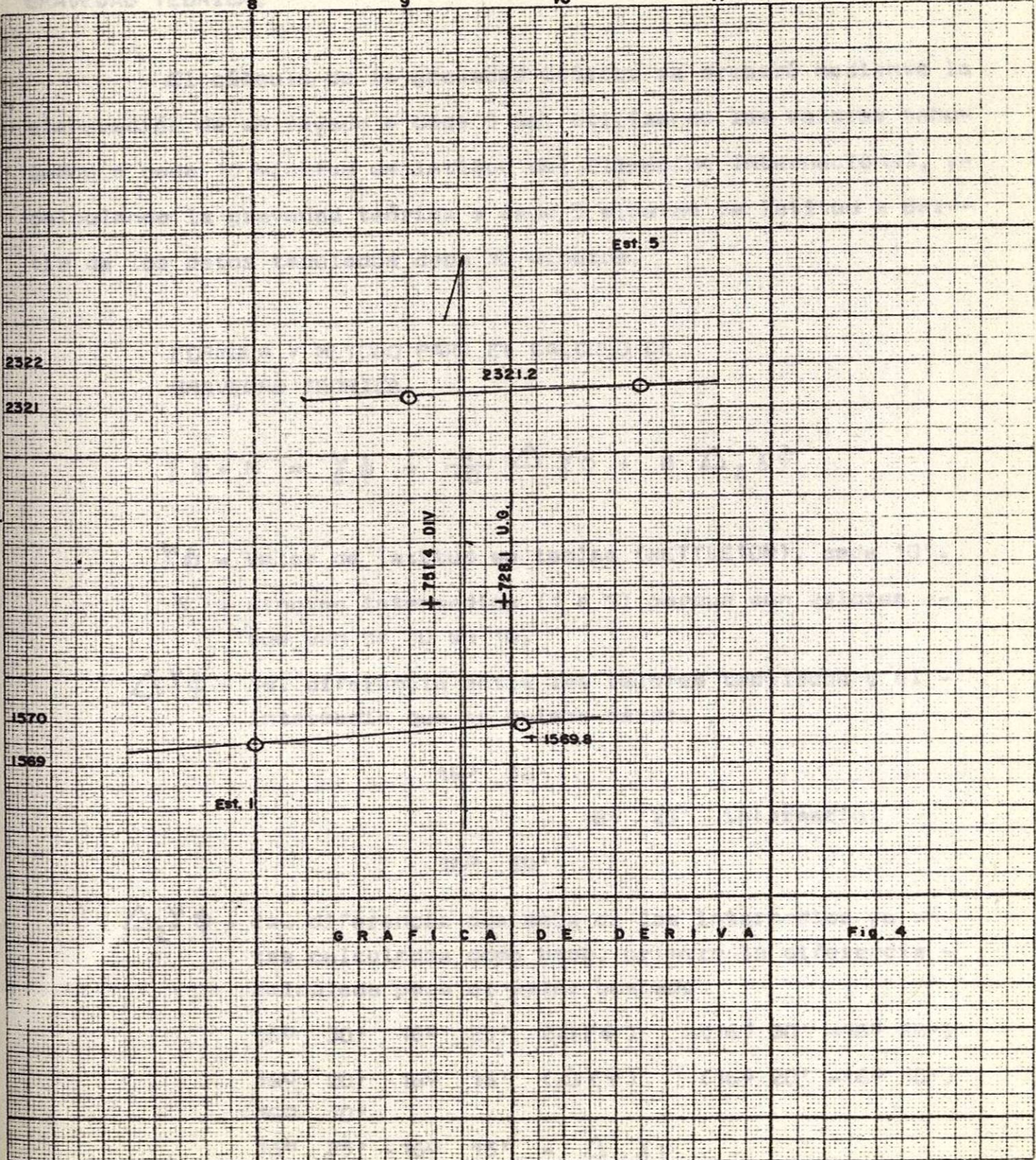
HORAS

8

9

10

11



Est. 5

2322

2321

2321.2

+ 751.4 DIV

+ 728.1 U.G.

1570

1569

+ 1569.8

Est. 1

GRAFICA DE DERIVA

Fig. 4

GRAVEDAD TEORICA.

El cálculo de la gravedad teórica se preparó mediante la elaboración de un rayado a cada 5 ug, utilizando los valores tabulados a cada 10 minutos de latitud del Elipsoide Internacional, y calculando la gravedad teórica a cada 5 minutos de latitud a partir de los datos tabulados cada 10 minutos.

FORMULA Y METODO PARA EL CALCULO DE GRAVEDAD TEORICA.

$$\gamma\phi + N = \gamma\phi + \frac{N}{10} \Delta \gamma\phi + \kappa \Delta_2 \gamma\phi$$

$\gamma\phi$ = valor de latitud en tablas (NETTLETON), cada 10'.

N = minutos intermedios (1 a 9) porque son valores -- que van de 10 en 10.

$\Delta \gamma\phi$ = 1a. diferencia entre los valores tabulados y el intermedio que se quiera sacar.

16° 30'

16° 25' intermedio.

16° 20'

$\Delta_2 \gamma\phi$ = 2a. diferencia que sale de los intermedios ya antes calculados como base, primero la diferencia calculada para el valor buscado.

16° 30' 16° 25' ($\Delta \gamma\phi$) (16° 30' - 16° 20')

16° 20' 16° 15' ($\Delta \gamma\phi$) (16° 20' - 16° 10')

16° 10'

16° 25' - 16° 15' = $\Delta_2 \gamma\phi$

K = valor constante tabulado para el número de minutos a calcular.

K	1	---	9
1	=	-	0.045
2	=	-	0.080
3	=	-	0.105
4	=	-	0.120
5	=	-	0.125
6	=	-	0.120
7	=	-	0.105
8	=	-	0.080
9	=	-	0.045

Para gráficar se traza una diagonal partiendo de la latitud.

Se resta la latitud superior de la inferior y lo que resulte se divide en escala 1: 200 000.

V RESULTADOS OBTENIDOS.

Después de aplicar las correcciones por latitud, aire libre, Bouguer y por relieve topográfico, se obtiene la anomalía de Bouguer y al trazar las líneas de igual valor, resulta el mapa de Bouguer.

Este es el mapa que ordinariamente se denomina gravimétrico observado y que representa los resultados primarios de la exploración por el método gravimétrico.

La naturaleza y apariencia de un mapa de Bouguer dependen grandemente de las estaciones, de la calidad del trabajo de campo y de la geología local.

La fuente de error más importante proviene de errores en la elevación. Los mapas basados en trabajos de campo de alta calidad y en áreas de relieve pequeño, son bastante suaves y las diferencias de estación son regulares.

Ocasionalmente existen perturbaciones geológicas superficiales, tales como cavernas de disolución que producen anomalías -- gravimétricas someras y pueden dar lugar a un mapa con irregularidades bruscas, a pesar de que el trabajo de campo sea de la mayor calidad.

Los mapas gravimétricos elaborados en regiones con relieve topográfico importante, rara vez son regulares y lisos, aún cuando las elevaciones sean exactas. Ello es debido a imperfecciones en las correcciones por terreno e inhomogeneidad locales no consideradas en la densidad empleada al calcular la corrección de Bouguer.

a).- Separación de Anomalías.

Un mapa gravimétrico casi nunca es representativo de un rasgo geológico aislado, sino de la combinación de anomalías intensas y de corta extensión, que deben tener origen somero; de otras anomalías con dimensiones intermedias y que deben ser las más probablemente indicativas de rasgos geológicos interesantes y finalmente, de anomalías muy extensas, de naturaleza regional y que tienen su origen muy por debajo de la sección geológica en que reside el interés. Por consiguiente, la interpretación gravimétrica empieza con algún procedimiento que separe las anomalías de interés de las perturbaciones superficiales y de los efectos regionales profundos.

Los procedimientos para la separación de anomalías puede consistir en la extracción de un plano regional suave por cualquiera de dos métodos: por un gráfico o intuitivo, o por uno analítico que involucra un procedimiento numérico que se aplica a un arreglo de valores, generalmente dispuestos en una cuadrícula.

El proceso analítico es básicamente uno de filtro, elaborado con el propósito de destacar determinadas componentes del campo

gravitacional, y de suprimir otras.

b).- Técnicas para la Separación de las Anomalías.

El mapa de anomalías de Bouguer, para poder ser interpretadas, requiere ser analizado mediante técnicas adecuadas, debido a que los contornos gravimétricos no son equivalentes a contornos estructurales.

Es importante señalar que la interpretación no es un proceso claro y directo que dé una solución única, sino que está sujeta a numerosas restricciones, las que pueden disminuir, dependiendo de la cuantía de la información que se tenga a través de otras fuentes.

En muchas regiones, existen rasgos estructurales profundos que provocan variaciones en el campo gravitacional, originando anomalías cuya extensión superficial es mucho mayor que la de las estructuras que son generalmente el objeto de las exploraciones. -- Esas anomalías extensas, con frecuencia obscurecen o deforman los efectos de las estructuras locales.

Por esta razón, se acostumbra substraer la anomalía regional para aislar más claramente la manifestación gravitacional de las estructuras que son de interés primordial.

Existen varios métodos para extraer la gravedad regional y dejar las residuales, que es el nombre que se les da. Y así se puede escribir.

Anomalías de Bouguer = Anomalías regional más anomalía residual más ruido.

El ruido es las anomalías menores debido a efectos superficiales e imperfecciones en las correcciones.

Hay dos métodos básicos para hacer la separación:

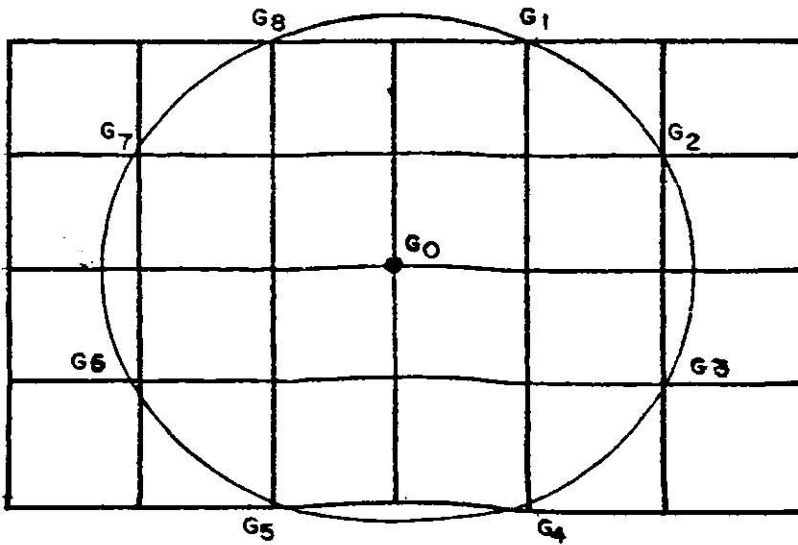
- 1.- Método de los contornos suavizados.
- 2.- Método Analítico.

El método 1 consiste en trazar contornos generalizados sobre el mapa de Bouguer; es básicamente empírico y fundado en el juicio y la experiencia del intérprete. El método 2 es analítico y -- mecánico.

Independientemente del método que se aplica para evaluar y eliminar los cambios regionales de la gravedad, es importante reconocer que los criterios básicos son el área cubierta. Por la Anomalía regional y su magnitud.

El método analítico para la separación de anomalías utiliza los valores de Bouguer interpolados en una cuadrícula, haciendo operaciones aritméticas sobre ellos que equivalen a la acción de un filtro numérico y que dan como resultado anomalías regionales y residuales. Así el regional se obtiene por la aplicación de un filtro que elimina las anomalías pequeñas y solo deja pasar las grandes, y el residual por la aplicación de un filtro que elimina las anomalías grandes y deja pasar las anomalías pequeñas.

A continuación se muestran dos plantillas adecuadas para realizar este tipo de cálculo.



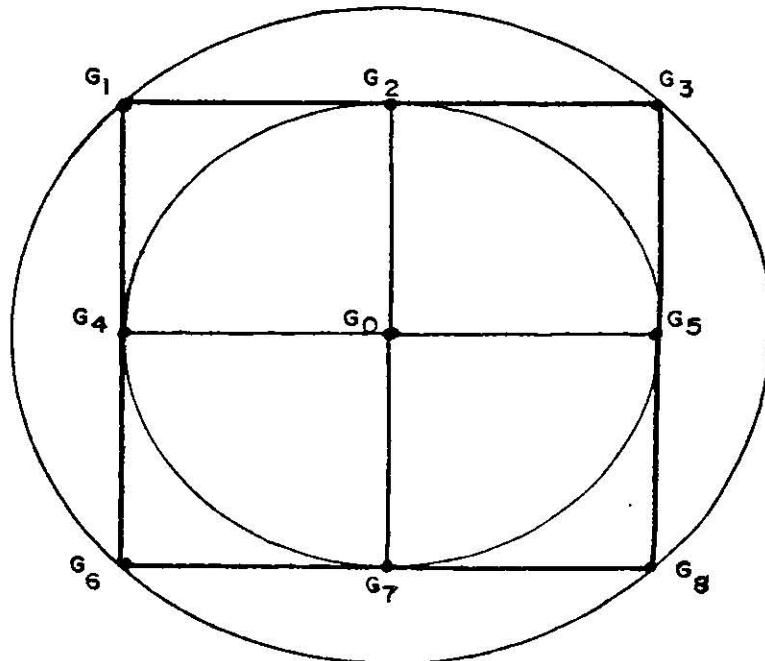
$$\text{Regional} = \frac{1}{8} \sum_{\lambda=1}^8 g_{\lambda}$$

$$\text{Residual} = g_0 - \frac{1}{8} \sum_{\lambda=1}^8 g_{\lambda}$$

Generalmente se elige $s = 1.25, 1.50$ ó 2.0 km.

Esta técnica se denomina del " Punto Central y un Anillo ", eligiéndose el diámetro del anillo igual aproximadamente al ancho de las anomalías locales que se desean destacar.

Otra técnica es la del " Residual de 9 Puntos ", cuya planilla es:



$$\text{Regional} = \frac{1}{9} \left(\sum_{\lambda=1}^8 g_{\lambda} + g_8 \right)$$

$$\text{Residual} = g_0 - \frac{1}{9} \left(\sum_{\lambda=1}^8 g_{\lambda} + g_0 \right)$$

c).- Descripción de las Estructuras Gravimétricas.

Los resultados del cálculo de anomalía de Bouguer, anomalía regional y anomalía residual muestran una configuración muy congruente con la Geología del área. Esto pone de manifiesto que la información gravimétrica obtenida es de buena calidad.

El área estudiada se caracteriza por contener una serie - de máximos y mínimos gravimétricos bien definidos, con una orienta-ción general NW-SE que comprenden a una secuencia de rocas cretáci-cas y del Terciario Inferior, las que están afectadas por una técni-ca regional que se refleja en un patrón estructural bien definido - de pliegues anticlinales y sinclinales afectados por fallas longitu-dinales a los ejes y transversales a ellos.

A continuación se describen algunos de los máximos y míni-mos gravimétricos:

MAXIMO LAS MARGARITAS.

El área que ocupa este máximo es alargado de orientación - NW-SE con una extensión de 5 km en su parte mejor definida con flan-cos de pendientes suaves está formado en rocas del Cretácico y para-lelo al anticlinal Las Margaritas.

MINIMO GABINO VAZQUEZ.

El rumbo que presenta este mínimo es de igual orientación - al que presenta el área NW-SE presenta pendientes suaves con unos 4 - km de longitud.

Se localiza en afloramientos de rocas cuaternarias, cretácicas y del Eoceno Formación El Bosque, coincidiendo con el sinclinal levantado por geología llamado La Libertad.

MAXIMO SUSPIRO.

El Máximo Suspiro tiene un eje alargado de orientación -- NW-SE bien alineado con curvas de poca magnitud de 20 a 40 U.G., se ubica en afloramientos de rocas del Cretácico Superior.

Esta anomalía coincide casi en su totalidad con las estructuras que definen los plegamientos de las rocas descritas como en -- este caso El Anticlinal Jalisco.

MINIMO LA SOLEDAD.

Esta estructura es una de las anomalías de mayor magnitud que se obtuvo en el presente trabajo tanto en lo que respecta a vaio res de curvas cerradas como a longitud de la anomalía.

El mínimo de La Soledad cruza la porción central del área con una longitud aproximada de 30 km. Está flanqueado por el máximo El Suspiro y es de pendientes muy fuertes de 110 U.G. tiene un rumbo general NW-SE.

El mínimo se desarrolla a lo largo de un tren de afloramientos del Eoceno de la Formación El Bosque.

Esta anomalía coincide también con las estructuras que definen los plegamientos de estas rocas; en este caso con el sinclinal La Soledad obtenida por geología.

MAXIMO LEYVA.

El Máximo Leyva está formado por tres anomalías cerradas - de poca magnitud (20 U.G.) con rumbo NW-SE.

El desarrollo de este máximo es de unos 20 km en un trend de afloramientos de rocas de Cretácico Superior, al igual que el mínimo de La Soledad concuerda con las estructuras que definen los plegamientos de las rocas antes mencionadas, particularmente con el anticlinal Honduras.

MINIMO EL ROSARIO.

Estas anomalías se localizan en la porción N-NE del área - estudiada, se caracterizan por ser ejes que hasta en cierta forma -- rompen con el patrón estructural NW-SE que se venía preservando para los máximos y mínimos antes descritos.

Este mínimo es alargado y de pendientes fuertes, se desarrolla a lo largo de afloramientos de rocas terciarias generalmente - paleocenas y eocenas, los cambios de rumbo pueden ser ocasionados -- por fallamientos transversales a su orientación.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Del área estudiada se puede concluir lo siguiente:

- 1.- Dentro del área estudiada solo afloran rocas del Mesozoico, del Cretácico Medio y Superior, en facies calcáreas y dolomíticas, y del Terciario, constituido primordialmente por rocas terrígenas, algunas tal vez de carácter continental o litoral.
- 2.- En el área se pueden encontrar trampas estructurales y posiblemente estratigráficas.
- 3.- Dada la Geología Regional es probable que se tenga acumulación de hidrocarburos en el Jurásico y Cretácico Inferior.
- 4.- Todas las estructuras tienen una orientación NW-SE correspondiente posiblemente a la tectónica del área.
- 5.- Los máximos y mínimos gravimétricos también presentan el mismo rumbo de las estructuras geológicas.
- 6.- La calidad de la información gravimétrica obtenida es buena ya que se corroboraron las estructuras del tipo anticlinal y sinclinal con los máximos y mínimos gravimétricos respectivamente.

Se recomienda hacer un estudio gravimétrico hacia los alrededores del área estudiada, con el fin de obtener, delimitar y -- conocer la expresión regional y local de las anomalías de Bouguer y residuales de la gravedad, con objeto de comprobar la existencia y comportamiento de la sal, así como definir las fallas de tipo regional que pudieran existir y que tuvieran expresión en las anomalías configuradas.

También se recomienda efectuar estudios y análisis de modelos gravimétricos - geológicos que modifiquen o ratifiquen las -- ideas aquí expuestas, ya que el presente trabajo es puramente descriptivo cualitativo.

VII BIBLIGRAFIA.

ALCOGER UGALDE J.

Métodos Geofísicos de Exploración.
Escuela de Ingeniería, UASLP.
Inédito 1975.

BILLINGS MARLAND P.

Geología Estructural.
Editorial Universitaria de
Buenos Aires.
Argentina 1974.

DOBRIN M.B.

Introducción a la Prospección
Geofísica.
Editorial Omega.
Barcelona 1975.

DUMBAR CARL O.

Principios de Estratigrafía.
Editorial CECSA.
México 1977.

HUANG WALTER T.

Petrología.
Unión Tipográfica Editorial
Hispano - Americana, S.A. de
C.V.
México 1968.

LONGWELL CHESTER R.
FLINT RICHARD F.

Geología Física.
Editorial Limusa Willey, S.A.
México 1971.

NETTLETON L.L.

Gravity and Magnetics in oil
Prospecting.
Mc. Graw Hill Book Company 1976.

PEMEX.

Informes varios de Geología.
Archivo de Petróleos Mexicanos.
Inéditos.

PETTIJOHN F.J.

Rocas Sedimentarias.
Editorial Universitaria de
Buenos Aires.
Argentina 1976.

VIII ANEXOS .

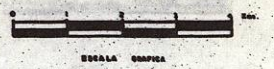
LEYENDA

SIMBOLOS GEOLOGICOS

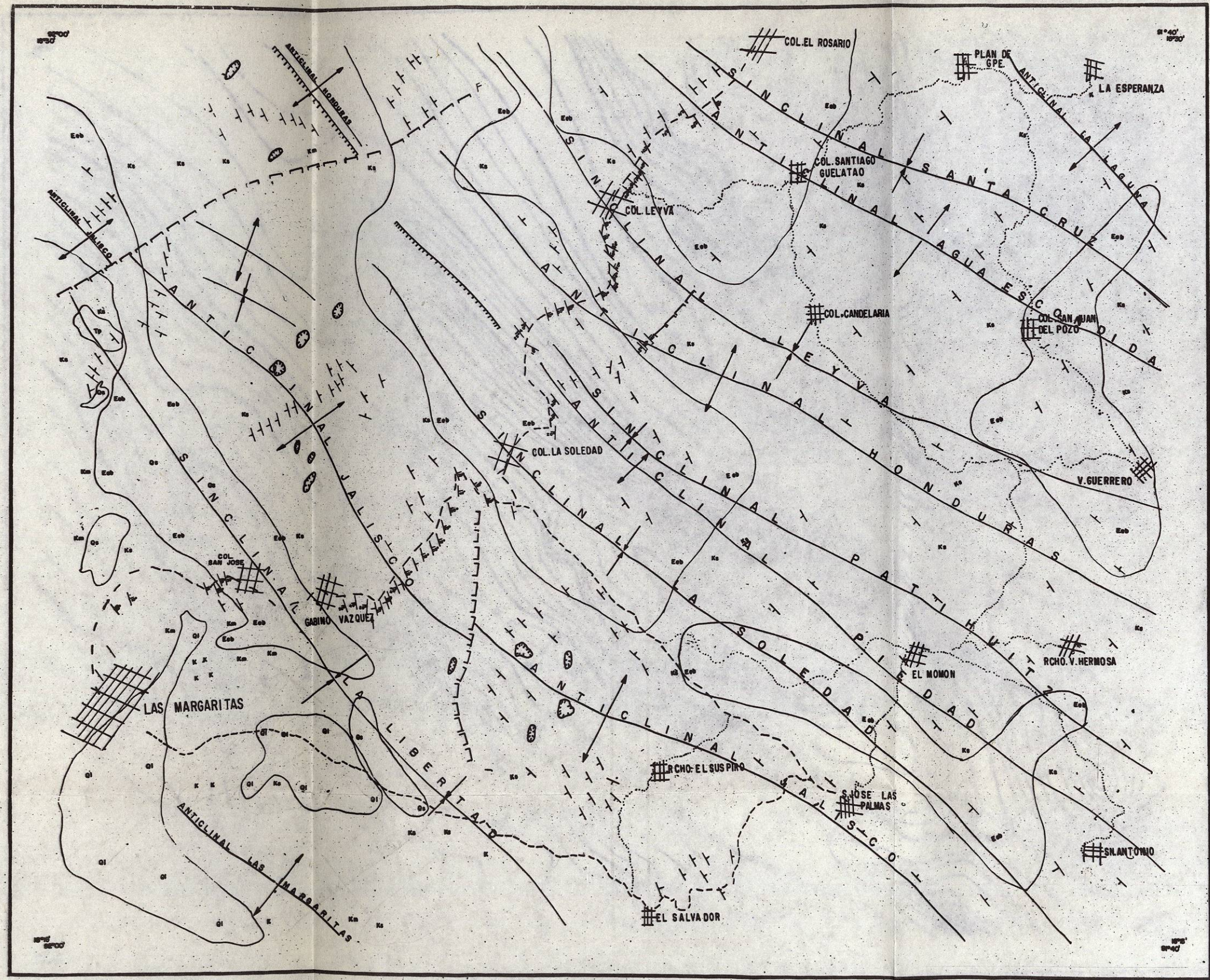
- ANTICLINAL
- SINCLINAL
- CONTACTO
- FALLA
- RUMBO Y ECHADO
- ECHADO FOTOGEOLOGICO
- CUATERNARIO LACUSTRE
- CUATERNARIO SUELO RESIDUAL
- EOCENO EL BOSQUE
- PALEOCENO
- CRETACICO SUPERIOR
- CRETACICO MEDIO

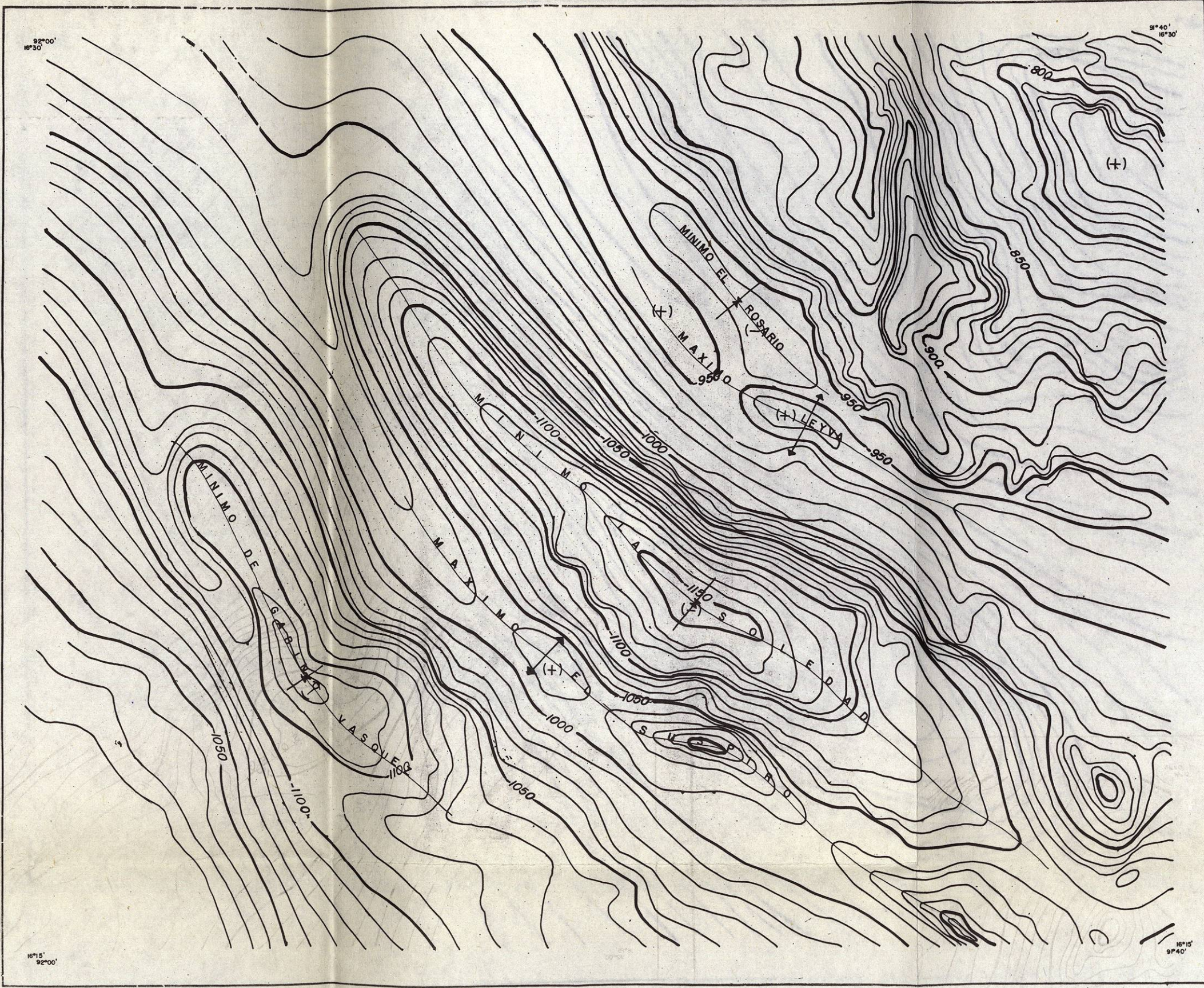
SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- PUEBLO
- RANCHERIA
- CAMINO DE TERRACERIA
- VEREDA
- ESCARPE
- BOLINA




UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI		
ESCUELA DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
PLANO GEOLOGICO DEL AREA LA SOLEDAD CHIS.		
ESCALA: 1:50 000	TRABAJO RECEPTORIAL	PLANO No. 1
BERARDO R. DUARTE		EL M. LOURDES LOPEZ E.
		1962





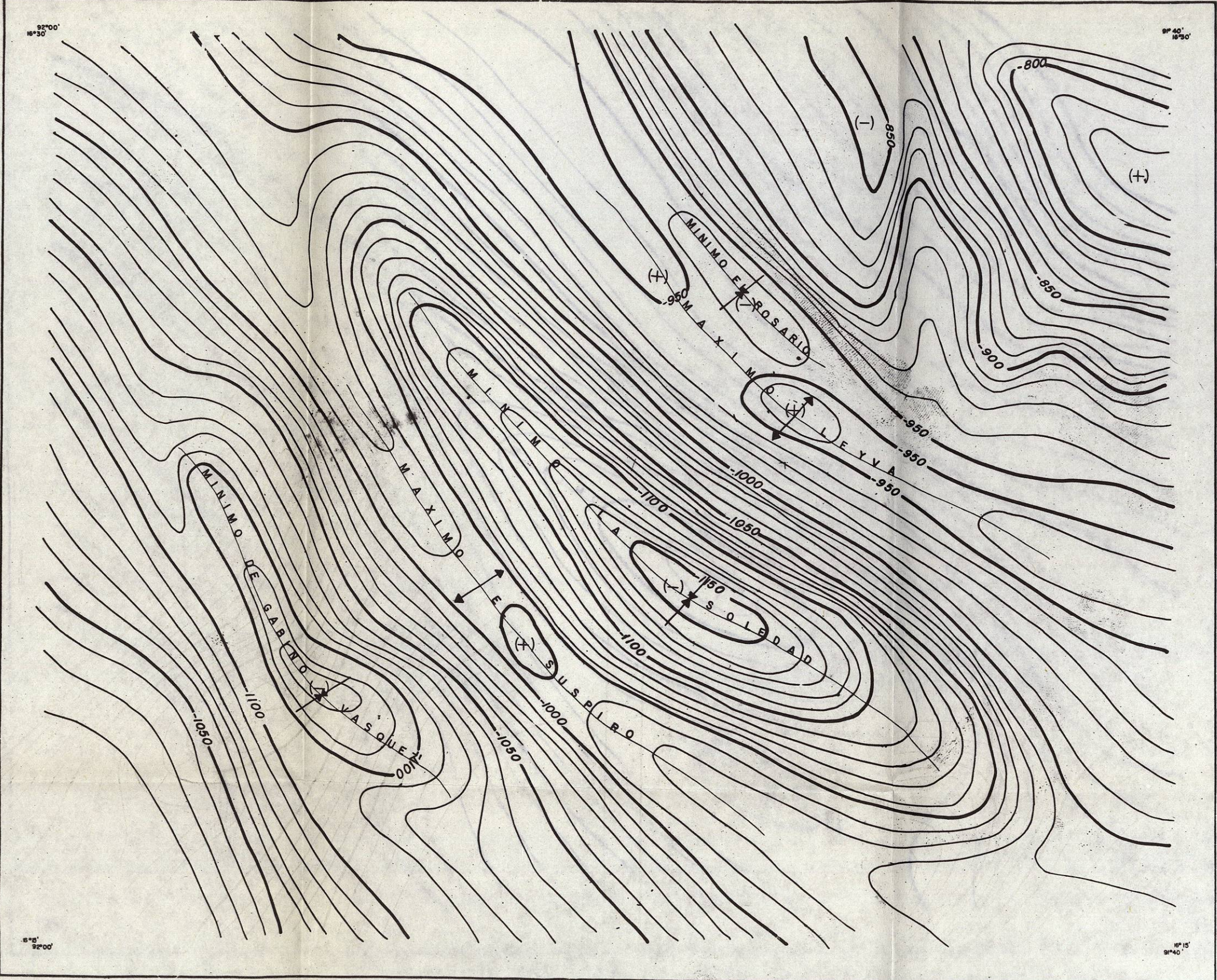
SIMBÓLOGIA

- (+) † MAXIMO
- (-) † MINIMO


 CURVAS ISOANOMALAS A CADA 10 U.G.
 NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR
 DENSIDAD: 2.56 g/cm³




UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI		
ESCUELA DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
ANOMALIA DE BOUGUER SIN CORREGIR POR RELIEVE TOPOGRAFICO DEL AREA LA SOLEDAD CHIS.		
ESCALA 1:50 000	TRABAJO RECCIONAL	PLANC No. 7
GERARDO H. DUARTE CH. M. LOURDES LOPEZ E.		19 82



SIMBOLOGIA

- (+) ∇ MAXIMO
- (-) ∇ MINIMO

 CURVAS ISOANOMALAS A CADA 10 U.G.
 NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR
 DENSIDAD: 2.56 g/cm³



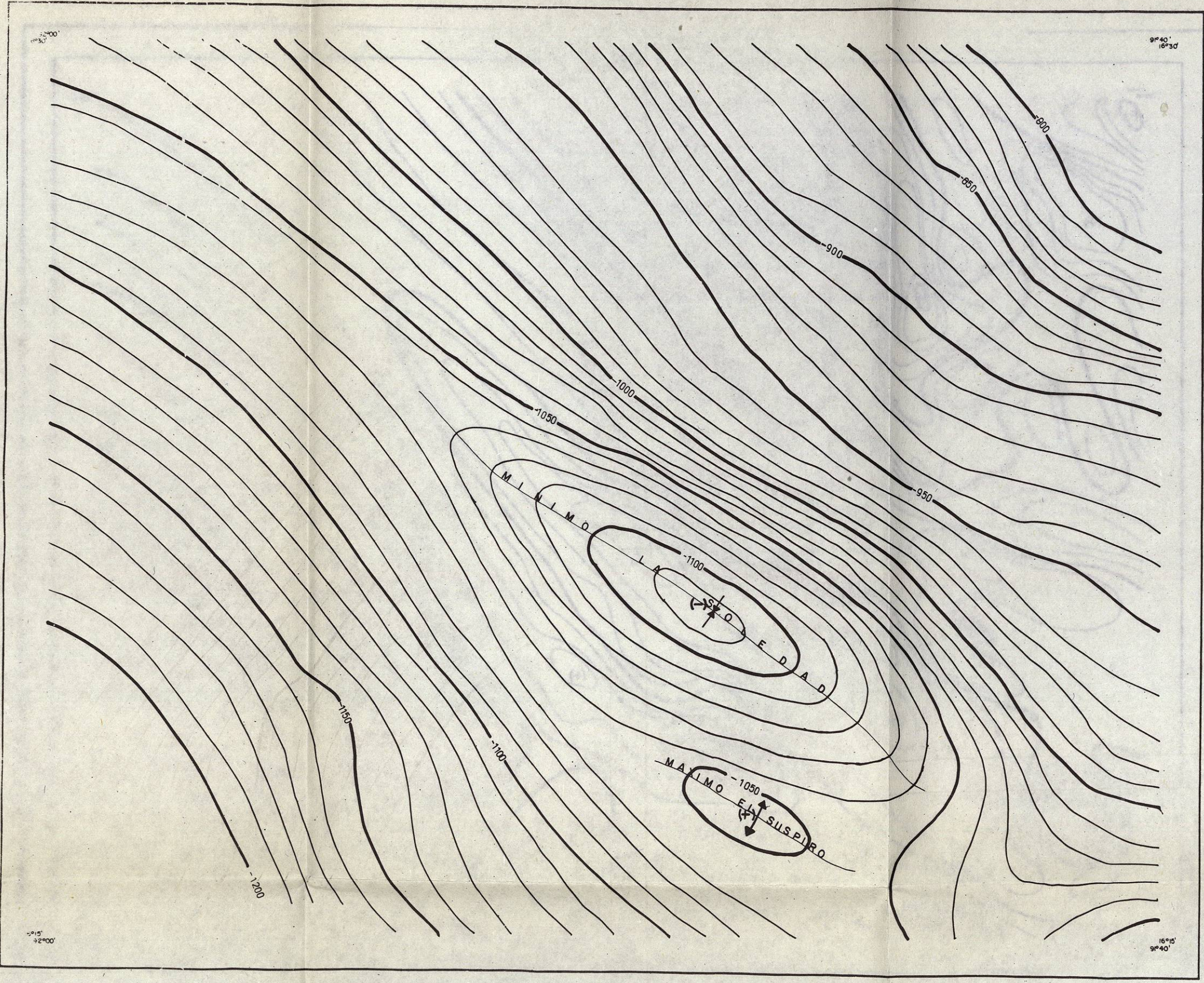
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	
ESCUELA DE INGENIERIA	
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA	
ANOMALIA DE BOUGUER CORREGIDA POR RELIEVE TOPOGRAFICO DEL APEZ LA SOLEDAD CHIS	
ESCALA 1:5000	TRABAJO RECEPTACIONAL
GERARDO M. DUARTE CH. M. LOURDES LOPEZ S. 1982	

92°00'
16°30'

92°40'
16°30'

92°00'
16°30'


92°40'
16°30'



SIMBOLOGIA

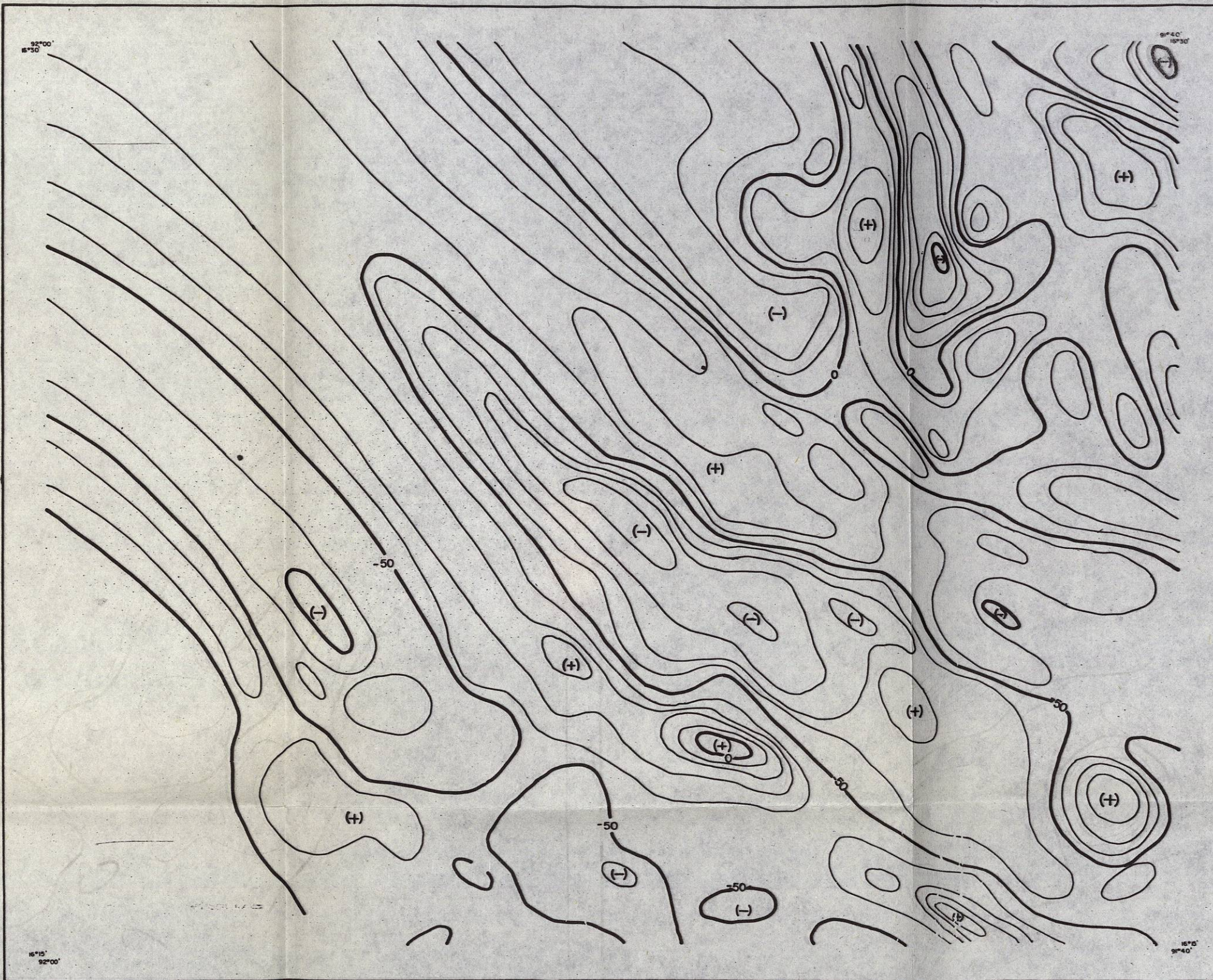
(+) ⊕ MAXIMO

(-) ⊕ MINIMO


 CURVAS ISOANOMALAS A CADA 10 U.G.
 NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR
 DENSIDAD: 2.56 g/cm³



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI		
ESCUELA DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
PLANO DE ANOMALIA REGIONAL DEL AREA LA SOLEDAD CHIS.		
ESCALA 1:50 000	TRABAJO RECEPTACIONAL	PLANO No. 4
GERARDO H. DUARTE CH. M. LOURDES LOPEZ E.		1982



SIMBOLOGIA

(+) # MAXIMO

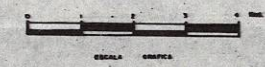
(-) # MINIMO



CURVAS ISOANOMALAS A CADA 10 U.G.

NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR

DENSIDAD: 2.56 g/cm³



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI		
ESCUELA DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
PLANO DE ANOMALIA RESIDUAL DEL AREA LA SOLEDAD CHIS		
ESCALA 1:50 000	TRABAJO RECEPTACIONAL	PLANO No 5
GERARDO H. DURANTE CH.-M. LOURDES LOPEZ E.		1982



FRANCISCO ZARCO 136
COL. ALAMITOS
SAN LUIS POTOSI, S. L. P.
TEL. 2-1781