

EXPLICACION

ESQUISTO TAXCO

- PTm Esquisto pelitico
- PTbm Alternancia de esquisto pelitico y esquisto verde
- PTb Esquisto verde

ROCAS INTRUSIVAS

- Dc Riolita
- Ad Andesita
- Rumbo e inclinación de esquistosidad
- Rumbo e inclinación de estratificación
- Veta (con sulfuros)
- Veta (cuarzo o calcita)
- Bocamina

Resultados de analisis quimico

No. de muestra	Aug(%)	Ag(%)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-44	0.02	7	<0.01	0.05	0.13	0.69

Fig.II-3-19 MAPA GEOLOGICO DE AREA BELEM

(18) Las Golondrinas

Es el área con indicios de mineralización que se ubica a lo largo del cerro que está entre el Río Cristo y Río Los Aguacates en donde se observa continuamente en el tramo de casi 500m numerosos pozos alineados con dirección NO-SE y restos de laboreo de galerías menores. Además, en el Río Cristo y sus afluentes se distribuyen los afloramientos de veta de cuarzo y restos de galerías antiguas. Al igual que el yacimiento Belem, el yacimiento se compone principalmente de vetas de cuarzo que llena de fractura que se produjeron en las proximidades del contacto entre las rocas metamórficas y rocas intrusivas riolíticas. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas elaboradas de los escombros, además de la pirita, esfalerita, galena y arsenopirita, se comprobaron trazas muy escasas de calcopirita y tetraedrita. Los resultados de los análisis de muestras extraídas son los siguientes y fuera de la plata indican valores bajos.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarks
F0-40	0.52	95	0.01	0.39	0.29	2.38	afloramiento
K0-36A	0.26	73	0.01	0.07	0.01	1.53	escombros
K0-36B	0.14	120	<0.01	0.05	<0.01	1.33	escombros
promedio	0.30	96	0.01	0.17	0.10	1.75	

Además del anterior, se realizaron los estudios en la parte norte de la zona por haberse reconocido indicios de mineralización similares.

El Naranja (denominación provisoria)

Se ubica en torno a la rivera derecha del Río El Naranja a aproximadamente 1km al norte del pueblo Momustre. Se distribuye a lo largo del río las riolitas de intrusión en el Esquisto Taxco y dentro de la riolita se reconoce la veta de cuarzo blanco de varios centímetros de ancho formando zonas con rumbo de alrededor de N60°0, pero se supone que la bonanza estuvo en la parte de contacto con las rocas metamórficas del norte, donde se observan reunidas las galerías antiguas. No es posible el acceso

a las galerías, pero en los escombros de los alrededores de la bocamina se observan minerales brechados (principalmente de cuarzo y escasas cantidades de pirita y esfalerita). Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de muestras de los escombros (FO-30), se reconocieron la pirita, arsenopirita y esfalerita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarka
FO-29	1.54	1292	0.03	0.57	0.32	4.94	escombro
FO-30	0.08	749	0.02	0.10	1.09	1.09	escombro
FO-31	0.02	120	<0.01	0.02	0.02	1.04	escombro
FO-44	0.02	7	<0.01	0.05	0.13	0.69	riolita
promedio	0.41	542	0.01	0.18	0.39	1.94	

7. Area de Arvallo(Fig.II-3-20 y PL.II-3-10)

En esta zona se incluyen las áreas con indicios de mineralización de (19) Abandonada, (20) Arvallo y (21) Salitre.

Esta zona se ubica en el centro este de la región de estudio de esta fase donde se distribuyen ampliamente el Esquisto Taxco, se observan las capas riolíticas que lo atraviesan y en el este de la zona se distribuyen los estratos de escoria basáltica de Cuaternario. En el centro de la zona atraviesa la ruta que une Tejupilco ~ Sultepec.

(19) Abandonada

Se reconocen las galerías antiguas en 3 lugares del Arroyo Ceibas Altas al este del Volcán La Tinaja. La bocamina se encuentra en el límite de la roca intrusiva y esquisto pelítico pero se desconocen los detalles debido a que no es posible el acceso. En los escombros que se ven en las proximidades de la bocamina se aprecian muchos minerales donde el cuarzo y la pirita llenan los espacios entre los fragmentos de riolita fracturada. El rumbo de la bocamina es del sistema N-S pero el rumbo de la veta se estima que es del sistema NO-SE al relacionarse con el área con indicios de mineralización que se explica más adelante. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas del escombro, se reconocen la pirita idiomorfa y pirrotita con trazas

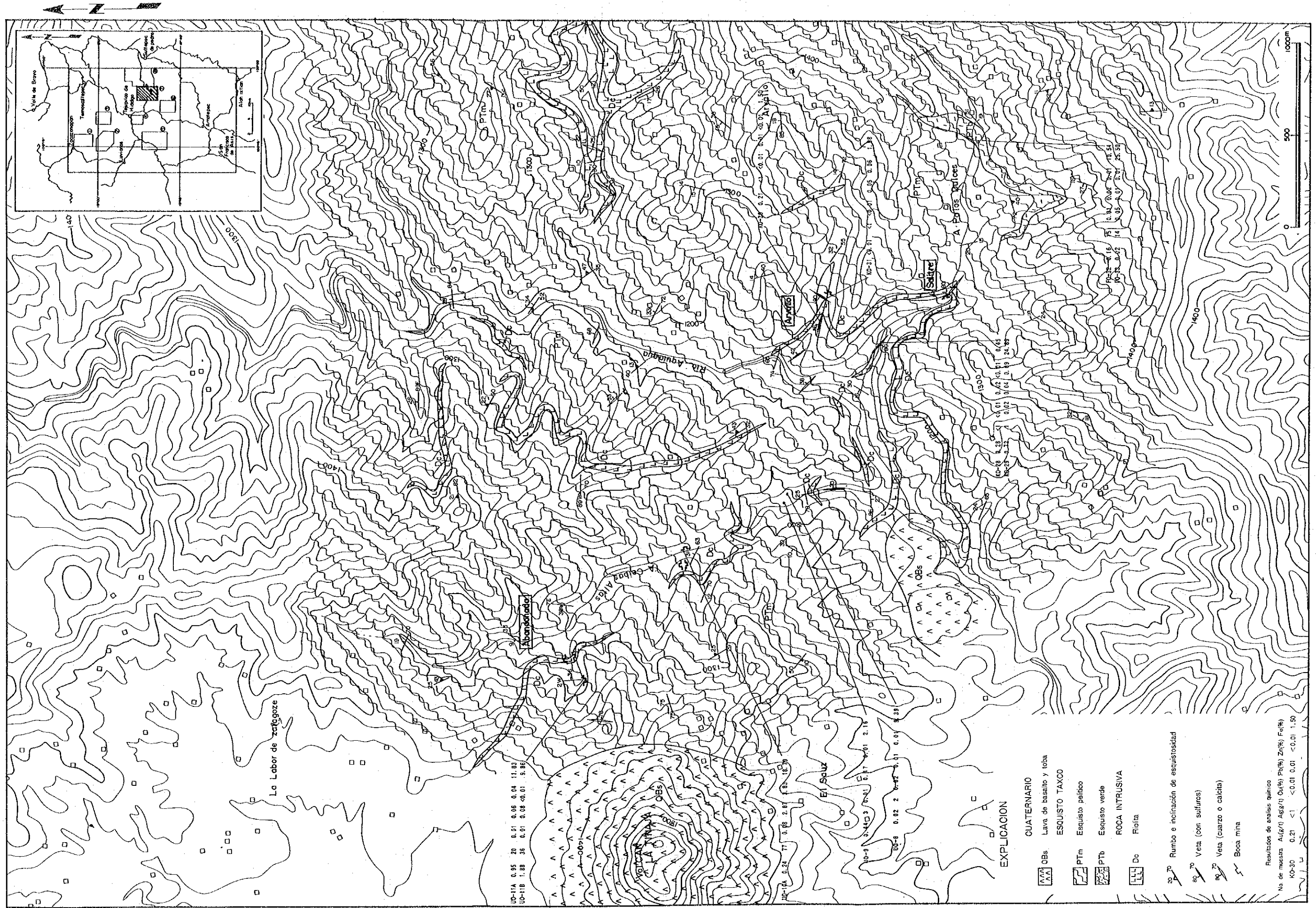


Fig. II-3-20 MAPA GEOLOGICO DE AREA ARVALLO

muy escasas de esfalerita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
UO-11A	0.95	20	0.01	0.06	0.04	11.83
UO-11B	1.88	36	0.01	0.08	<0.01	9.86

Asimismo, en el Arroyo Ceibas Altas a aproximadamente 1km al sur, se observan partes que parecen 2 pozos y rampa que quedaron sepultados y en los alrededores existen escombros de minerales que aparentan ser cuarzo, pirita y galena. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas se comprobaron la pirita, galena, esfalerita y arsenopirita con trazas muy escasas de calcopirita. Además mas abajo del arroyo ,se encuentran veta de cuarzo(UO-9) y disseminación de pirita(UO-8).

Los resultados de los análisis son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
UO-8	0.02	2	0.02	0.01	0.01	9.39
UO-9	0.44	3	0.01	0.17	0.01	2.16
UO-10A	0.24	77	0.08	2.87	3.83	18.79
UO-10B	0.14	10	0.01	0.22	0.20	8.73

(20) Arvallo

Se trata del área con indicios de mineralización que se ubica al lado del pequeño arroyo a aproximadamente 1.5km al OSO del pueblo Arvallo, en donde se realizaron exploraciones (2 bocaminas) de las vetas de cuarzo desarrolladas en las proximidades del límite entre la roca intrusiva riolítica y esquistos pelíticos. El rumbo de la veta de cuarzo tiene el sistema NO que incluye sistemas NE cuyo ancho es de varios centímetros. Además del cuarzo, en el veta se reconoce la adularia y trazas de pirita. Según las observaciones microscópicas, junto con la pirita y arsenopirita se observan trazas de esfalerita, galena y calcopirita y muy raramente se ven las inclusiones de bornita dentro de la arsenopirita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes pero

las leyes son bajas.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
KO-30	0.21	<1	<0.01	0.01	<0.01	1.50
KO-31	<0.01	<1	<0.01	0.05	0.06	1.98

(21) Salitre

El área con indicio de mineralización se ubica aguas abajo del Arroyo Palos Dulces y se compone de rocas intrusivas riolíticas y vetas de cuarzo desarrolladas en sus proximidades. La bocamina está debajo del salto del arroyo donde se distribuyen las riolitas a 1200m de altura. Se supone de que se ha explorado la zona (2m) de la veta de cuarzo (casi no se reconocen sulfuros) de varios centímetros de ancho desarrollado dentro de la riolita, pero no existen rastros de explotación por no observarse los escombros. A aproximadamente 400m aguas abajo de ese lugar, se reconocen vetas de cuarzo y de pirita de 3cm de ancho (rumbo N50 O). Según las observaciones microscópicas de la sección pulida de esta muestra, además de la arsenopirita y pirita se reconocieron trazas muy escasas de esfalerita, calcopirita (incluidos dentro de la arsenopirita). Los resultados de los análisis son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarks
KO-28	0.28	<1	<0.01	0.02	<0.01	0.45	afloramiento
KO-29	0.72	1	0.02	0.04	0.09	24.89	ídem

Asimismo, se aclaró que en el lecho del Arroyo Palos Dulces a aproximadamente 800m aguas arriba de la bocamina, existe los lentes de sulfuros a lo largo del plano de estratificación del Esquisto Taxco (Fig. II-3-21). Los sulfuros se reconocen en varias capas en la parte del límite de los estratos de esquisto pelítico y esquisto verde. El espesor es de varios mm ~ 2cm y continúa varias decenas de centímetros en forma lenticular. Los esquistos verdes sufrieron la decoloración y está sericitizado. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas se compone principalmente de compuestos de pirita y marcasita acompañado por

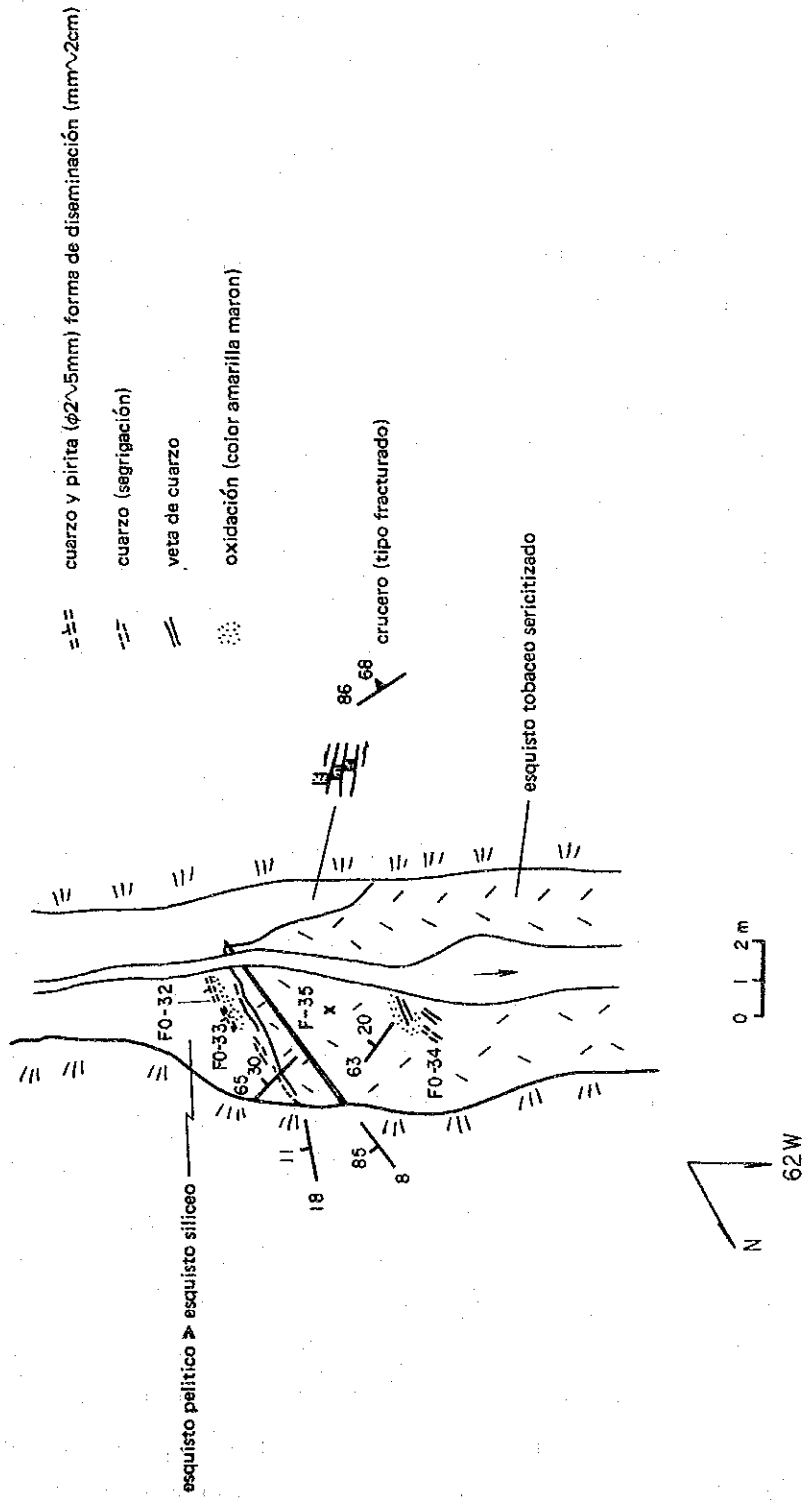


Fig. II-3-21 AFLORAMIENTO DE VETA EN ARROYO PALOS DULCES

calcopirita, esfalerita, óxidos férricos y arsenopirita. La arsenopirita está cambiando a pirita y compuestos de marcasita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-32	0.16	15	0.01	0.02	0.01	10.54
FO-33	0.02	14	0.05	0.01	0.01	25.50

8. Area de Pantoja(Fig.II-3-22 y PL.II-3-11)

En esta zona se incluyen las áreas con indicios de mineralización de (9) Ocotepec, (10) El Gallo, (11) Estlada, (22) Salitre II y (23) El Malacate.

La mayor parte de esta zona se compone del Esquisto Taxco, en la parte norte y oeste se observan los estratos de filita calcárea y cubriendo a estos se distribuye la Riolita Tilzapotla en el extremo noroeste. A lo largo del Río Hacienda de Guadalupe que atraviesa el centro de la zona, se reconocen la lava basáltica del Cuaternario y en las proximidades de los indicios de mineralización de Ocotepec y Salitre II se reconocen con relativa amplitud las rocas intrusivas riolíticas.

(9) Ocotepec

Se ubica en las proximidades de 1,400m de altura del Arroyo San Gabriel al sudoeste del pueblo Zapote. Como se indica en la Fig.II-3-23, se reconocen las bocaminas en un tramo de 150m a lo largo del arroyo, pero la mayoría son restos de galerías de exploración (menos de 2 ~ 3m de profundidad) de escala pequeña. Todas las galerías fueron perforadas dentro de la riolita y se estima que aguas abajo en las proximidades del contacto con las rocas metamórficas existen yacimientos prominentes, pero es imposible el acceso a la galería debido a que está sumergido en el agua. A juzgar por las partes que actualmente pueden observarse, el rumbo del yacimiento es de alrededor de N60°O y N25°O y dentro de la zona fracturada de 50 ~ 70cm de ancho existen vetas de galena, esfalerita y pirita y la parte de la bonanza tiene un espesor de 1 ~ 20cm. En la riolita que es la roca encajonante, se reconoce una débil silicificación y la disseminación de pirita.

EXPLICACION

- CUATERNARIO**
- QBs Derrame de lava basáltica
 - Dc Riofita
- RIOLITA TILZAPOTLA**
- TRy Piroclásticos y toba riolítica
 - TBs Conglomerado
- GRUPO CALCAREO**
- MCz Filita calcárea
- ESQUISTO TAXCO**
- PTm Esquistos peltico
 - PTb Esquistos verde

Resultados de análisis químico
 No. de muestra: FO-35
 Au(g%) 0.82 Ag(g%) 966 Cu(g%) 0.08 Pb(g%) 1.10 Zn(g%) 11.74

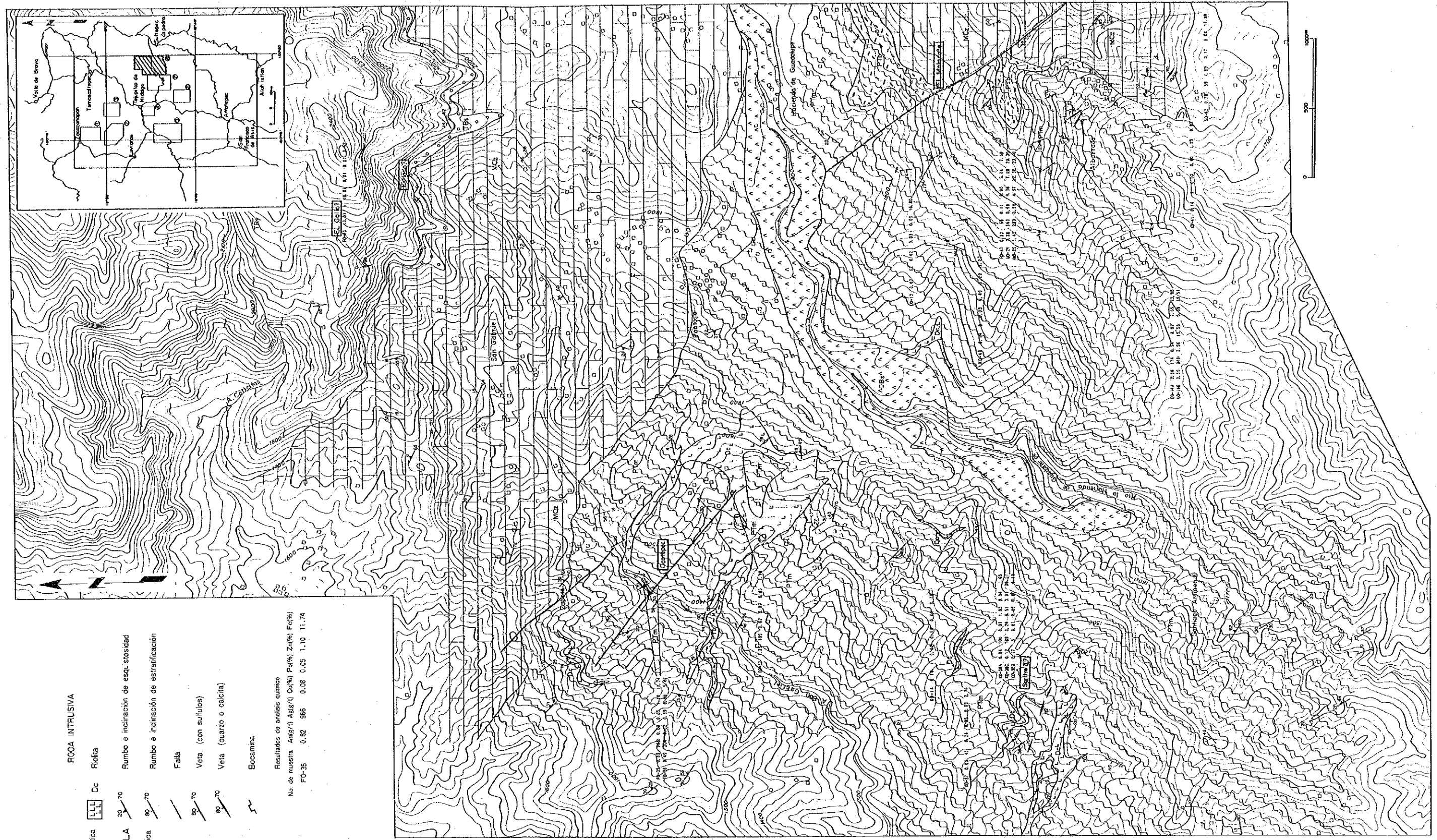


Fig. II-3-22 MAPA GEOLOGICO DE AREA PANTOJA

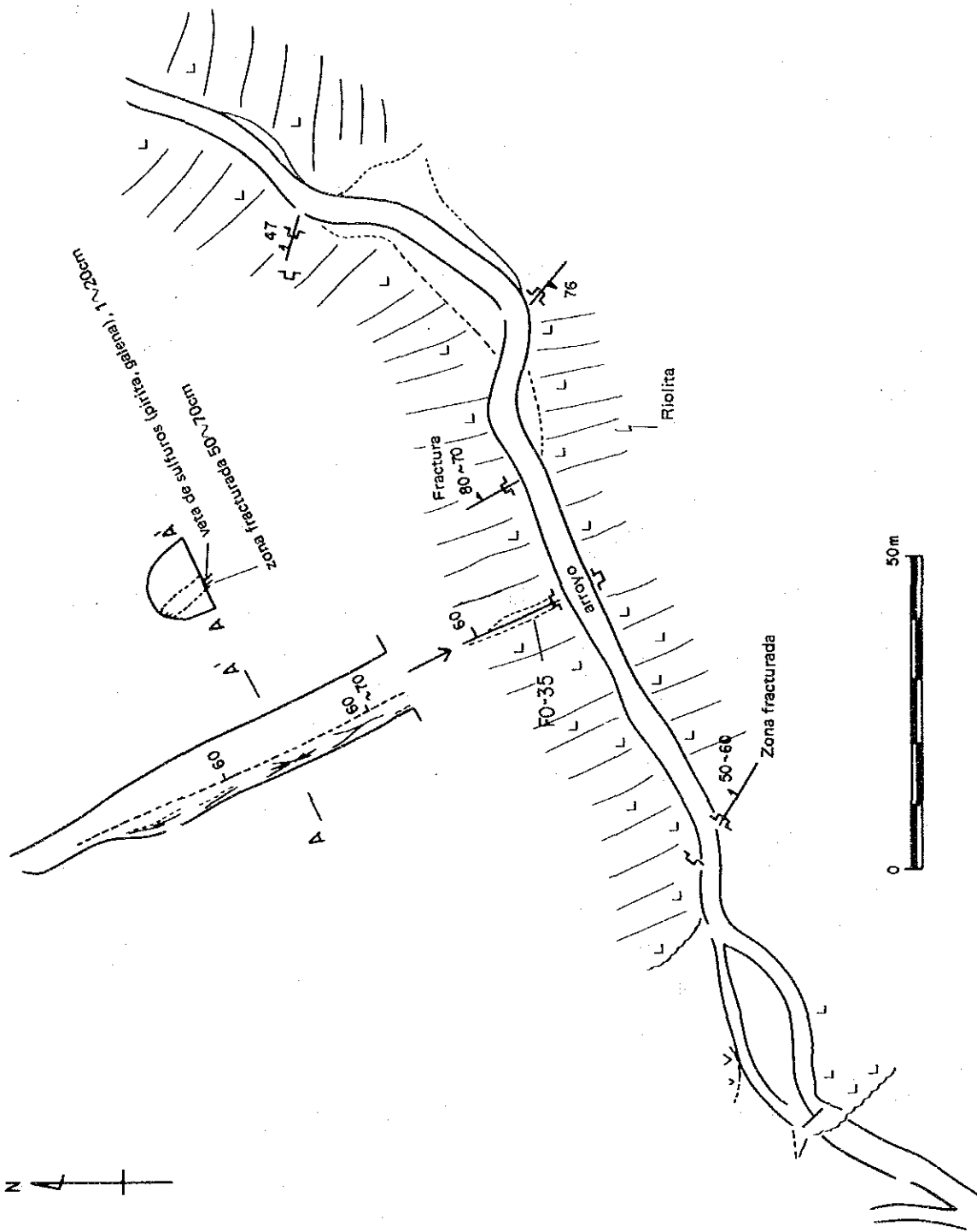


FIG. II-3-23 PLANO GEOLOGICO DE OCOTEPEC

Además, en el punto ubicado a aproximadamente 1km al sudoeste, existe un área con indicios de mineralización que se supone es la prolongación de esta manifestación de mineralización, donde se observan restos de galerías antiguas. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de muestras en las galerías y los escombros, se reconocieron la estibina, pirita, arsenopirita, esfalerita y goethita coloforme. Los resultados de los análisis son los siguientes y se trata de un mineral con ley de Ag relativamente alta.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarka
FO-26	0.49	200	0.02	0.09	0.69	5.47	socabon
FO-35	0.82	966	0.08	0.05	1.10	11.74	escombro
KO-32	1.25	189	0.02	0.09	0.03	7.18	escombro

(10) El Gallo

Se considera que estaba ubicado en la parte montañosa a aproximadamente 2000m de altura al este de poblado Ocoteppec pero en los estudios de esta oportunidad se comprobaron solamente las vetas de cuarzo en 2 lugares. En toda la zona próxima, se distribuyen ampliamente la toba compuesta de Riolita Tilzapotla formando una topografía abrupta de flujo piroclástico. Las vetas de cuarzo tienen rumbo N10°0 con buzamientos bruscos y el ancho es de varios mm ~ 3cm. No se reconocen alteraciones notables y al borde de los vetas sólo se reconocen partes con una débil argilización y oxidación. Sólo se extrajo 1 muestra y según las observaciones microscópicas de la sección pulida se comprobaron trazas muy escasas de pirita y calcopirita. El resultado del análisis es el siguiente.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-23	<0.01	6	<0.01	0.01	0.01	0.52

(11) Estlada

Se observan los restos de la bocamina en el punto ubicado a 1,910m de altura a aproximadamente 2km al norte del pueblo Pantoja. La galería está perforada con rumbo S80°0 a lo largo

del límite de la toba de la Riolita Tilzapotla y el conglomerado pero está tapada a unos 5m de profundidad. Según informaciones de personas del lugar afirman que tenía continuidad a mayores profundidades, pero al no observarse alteraciones ni escombros hace suponer de que no es una manifestación de mineralización prominente.

(22) Salitre II

El área con indicios de mineralización se ubica entre las montañas de las proximidades de 1400m de altura a aproximadamente 1.5km al noroeste del pueblo Santiago Arizmendi. La geología se compone de esquisto pelítico del Esquisto Taxco y rocas intrusivas riolíticas, pero el yacimiento consiste en la veta de cuarzo - sulfuro formada en la zona de fractura producida en la parte del límite de ambos. Se estima que la veta principal continúa más de 500m con rumbo N75°0 y más adelante de la prolongación se reconocen las vetas de cuarzo en distintos lugares. El ancho de la zona de fractura es de varias decenas de cm ~ máximo 2m, pero el macizo mineral se encuentra reticulado dentro de la zona de fractura y además del cuarzo, se reconocen ocularmente la pirita, galena, esfalerita y arsenopirita. Dentro de la zona de fractura, se observa la silicificación y la grafitización notable de la parte del esquisto pelítico. Según las observaciones microscópicas, además de los minerales citados, en algunos casos se reconoce la marcasita, calcopirita y trazas muy escasas de covelita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes y es relativamente rica en Pb y Zn.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarka
KO-37	0.05	<1	0.24	0.05	0.02	2.74	afloramiento
KO-38A	0.04	100	0.01	1.05	0.04	1.65	ídem
KO-38C	0.12	189	0.24	9.51	3.03	30.57	ídem
KO-38D	0.17	5	0.01	0.06	0.09	6.10	ídem
promedio	0.09	74	0.17	2.66	0.79	10.26	

Además al norte de Salitre II, se encuentra veta de cuarzo pirita en el contacto de esquisto pelítico y riolita. El

resultado del análisis químico de este muestra es siguiente.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
KO-14	0.16	1	0.02	0.14	0.01	3.79

(23) El Malacate

Las áreas con indicios de mineralización se observan con una extensión de aproximadamente 2.5km² en torno a la mina El Malacate. La mina El Malacate estuvo explotándose por el grupo de la Compañía Peñoles hasta dos años atrás, pero actualmente está clausurada. Las instalaciones de la mina se dejaron como está y el camino de la mina que comunica con el pueblo se está utilizando como parte del camino esencial. La geología se compone de esquisto pelítico y esquisto verde del Esquisto Taxco y la filita calcárea cubriendo los anteriores. Se piensa que se trata de una falla normal del sistema NO-SE. Se supone que el yacimiento principal se ha formado a lo largo de esta falla y la explotación principalmente a cielo abierto con rumbo N20° ~ 30° se ha realizado con una extensión de casi 1km. Como se indica en la Fig.II-3-24, las afloramientos del yacimiento se observan en el cerro del sur de las instalaciones mineras, se compone del cuarzo desarrollado dentro de la pizarra negra y vetas reticuladas de sulfuro y en el estrato inferior se reconoce la sericitización notable. Dentro del mineral se observa la pirita, esfalerita, galena y calcopirita. Según las observaciones microscópicas, además de los minerales citados se reconoció una escasa cantidad de covelita que reemplazó a la esfalerita. Los resultados de los análisis de muestras del yacimiento principal son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-47	0.33	55	0.11	0.90	5.44	7.69
KO-42	0.78	59	1.59	0.17	6.08	17.89
MO-21	3.36	363	0.58	9.76	7.98	20.30
MO-22	1.42	280	0.30	4.97	12.30	23.40

Paralelamente a este yacimiento principal, a aproximadamente

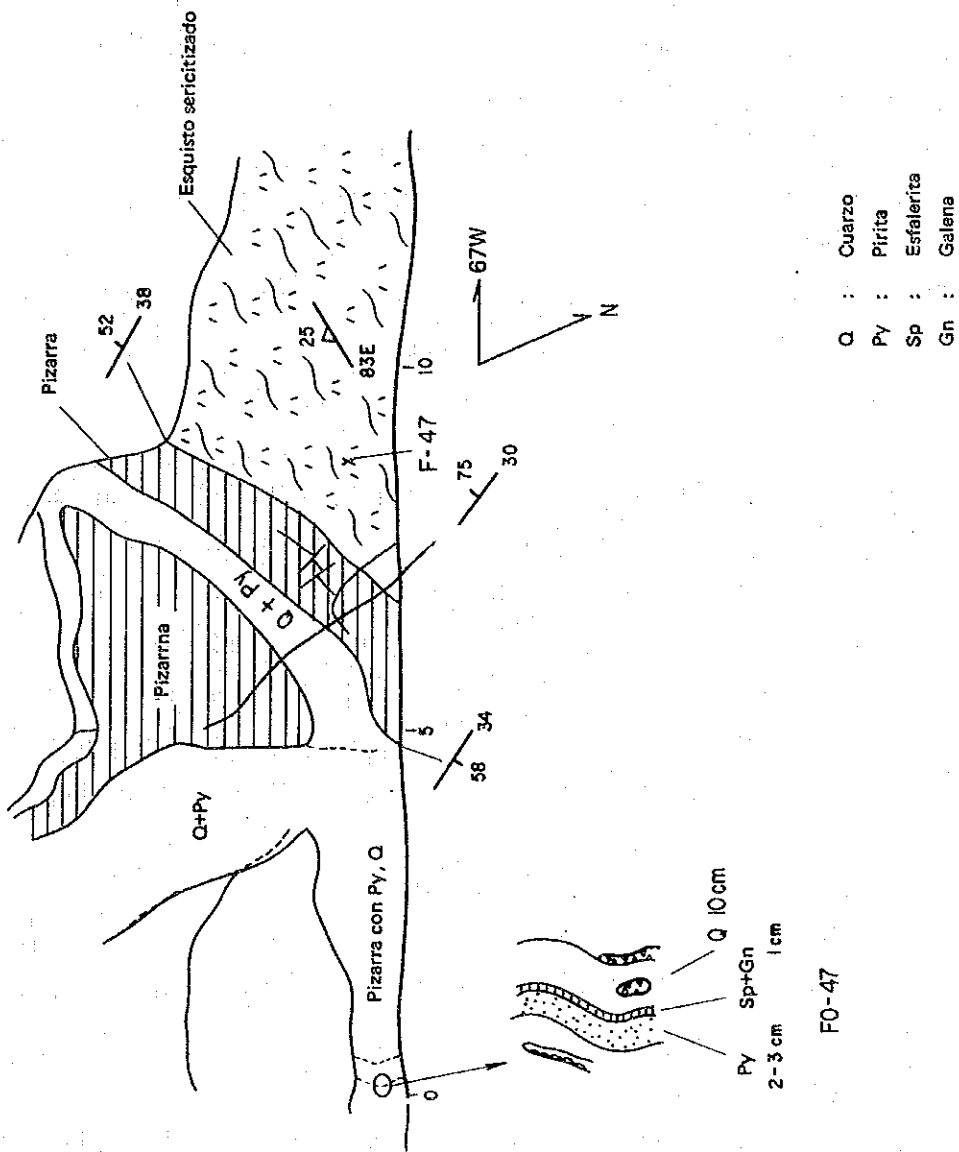


Fig. II-3-24 AFLORAMIENTO DE VETA EN MINA EL MALACATE

800m al sudoeste se distribuyen continuamente las áreas con indicios de mineralización del sistema NO-SE. Como principales partes, existen 3 lugares que corresponden al oeste de las instalaciones de la mina, al noroeste y sur del pueblo Albarada. Especialmente en el arroyo del noroeste del pueblo Albarada se reconocen vetas de cuarzo de buzamiento brusco que contiene pirita, calcopirita y galena. Se observan restos de bocaminas pero muchos están sepultados. Los minerales que se reconocen dentro de los escombros remanentes son similares a los del yacimiento principal. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas, además de los minerales reconocidos en el yacimiento principal se comprobó la existencia de trazas muy escasas de tetraedrita. Los resultados de los análisis de muestras son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarka
KO-40	0.14	9	0.03	0.40	1.29	9.07	escombro
KO-41	0.31	272	0.20	12.57	0.11	18.01	
UO-13	0.07	62	0.02	0.03	0.03	16.80	
UO-14A	0.36	174	0.54	3.92	2.05	23.85	escombro
UO-14B	0.55	949	3.56	15.56	5.59	13.51	escombro
promedio	0.74	224	0.70	4.82	5.37	17.66	9 muestras

9. Otras áreas con indicios de mineralización

Se describirá resumidamente sobre los 5 lugares con indicios de mineralización reconocidos además de las 8 zonas tratadas anteriormente.

(1) Oeste de barreno MJMT-1

Es el área con indicios de mineralización compuesto de afloramiento de vetas de cuarzo y sulfuro que se observa a lo largo del camino del este del punto de sondaje. En las proximidades se distribuyen las pizarras que pertenecen al Grupo Calcáreo y capas finas de roca verde volcánica y rocas intrusivas riolíticas. Las manifestaciones de mineralización se componen del grupo de vetas de cuarzo (que contiene trazas de pirita) y la

parte compuesta principalmente de pirita silícea que se observa en su extremo, los cuales se distribuyen extendiéndose más de 30m dentro de la pizarra. Muchas de las vetas de cuarzo señalan el rumbo del sistema ENE. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas de la segunda, sólo se reconoció la pirita. Los resultados de los análisis de muestras extraídas de las afloramientos son los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Remarka
FO-1	<0.01	3	<0.01	0.02	0.06	0.62	cuarzo
MO-10	0.42	4	<0.01	0.01	0.01	4.65	silícea

(2) Mina Guitarra

Esta mina se ubica a aproximadamente 4km al ONO de Temascaltepec. Según A. A. Contreras (1981), se afirma que el descubrimiento de esta mina data de 1539. Sin embargo, con posterioridad se vino desarrollando desde el este hacia el oeste los yacimientos San Francisco, La Cruz, El Garambullo, Ángeles, etc., se vino repitiendo la clausura y explotación y se estima que hasta ahora se han extraído aproximadamente 500,000t de mineral. Desde agosto de 1991 se reiniciaron las actividades y actualmente se está operando con aproximadamente 30 operarios mineros.

La geología de las proximidades se compone del granodiorita de Temascaltepec, Riolita Tilzapotla, pero en la roca encajonante de este yacimiento se incluye además la pizarra. El yacimiento tiene un ancho de 6 ~ 20m (promedio de 10m) y continúa más de 2km con rumbo NO-SE sufriendo ensanchamientos y adelgazamientos. Según las observaciones microscópicas de secciones pulidas, se observan la pirita, calcopirita, esfalerita, galena y traza de electram, estefanita, polivasita. El mineral corresponde a las vetas de cuarzo auroargentífero y los resultados de los análisis de muestras los siguientes.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
GU-1	0.05	108	0.06	0.23	7.38	2.40
GU-2	2.58	802	0.10	0.19	0.21	2.10

(3) 2km al sur de Temascaltepec

Es un área con indicios de mineralización compuesto por vetas de cuarzo que se observa a lo largo del camino. Sobre la prolongación hacia el noroeste se ubica la mina Guitarra. Las vetas se encuentran dentro de la filita calcárea, existen los que tienen rumbo de $N60^{\circ}0$ y buzamiento de $85^{\circ}E$ y los que tienen rumbo $E-0$ con buzamiento de $85^{\circ}N$. Se observan varias vetas con ancho de 10cm y tiene una zona silicificada de un máximo de 1.5m.

(4) 1km al norte de El Cirión

Se compone de 2 afloramientos que se observan a lo largo del camino. Debido a que ambos se suponen de que son productos de la silicificación general de los esquistos verdes que se ubican en la parte superior del Esquisto Taxco, tiene la diseminación de pirita. Sobre el nivel superior del mismo se distribuyen las filita calcáreas del Grupo Calcáreo. El nivel del estrato es el mismo que del yacimiento Santa Rosa y por ser diferente de la alteración del tipo veta, es posible que corresponda a la zona de silicificación del estrato inferior del yacimiento de sulfuro masivo. Según la observación microscópica, se reconoce la pirita indiomorfica y traza de esfalerita. El resultado del análisis de muestra es el siguiente.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-22	<0.01	18	0.01	0.01	0.01	5.01

(5) 1km al ONO de Santa Ana

Se compone de grupo de vetas de cuarzo (alrededor de 10cm de ancho) desarrollado dentro de la filita calcárea del Grupo Calcáreo y morfológicamente se asemeja a las manifestaciones de mineralización que se observó en el punto del sondaje MJMT-1. El rumbo de la veta es $N70^{\circ}0$ y el buzamiento de $58^{\circ}N$. El yacimiento se compone la mayor parte de cuarzo, pero según la observación microscópica además de la pirita se reconocen trazas de esfalerita. El resultado de análisis de muestra es el siguiente. La ley de Ag es relativamente buena y es alta la posibilidad de que

sea del mismo tipo que el yacimiento de la zona de Belem que se ubica al oeste.

Muestra	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
FO-48	0.15	272	0.01	0.03	0.03	1.46

3-3 Consideraciones

Como se ha venido explicando anteriormente, en la región de Tejupilco se distribuyen los yacimientos de sulfuro masivo del tipo limitado al estrato, yacimientos de veta y áreas con indicio de mineralización que se suponen tengan una estrecha relación con las estructuras geológicas específicas. En consecuencia, en este párrafo se explicará principalmente sobre la relación entre las características estructurales geológicas que tiene la región de Tejupilco con la mineralización.

1. Yacimientos de sulfuro masivo

En la región de estudio son conocidos como depósitos de sulfuro masivo los yacimientos Tizapa y Santa Rosa y además los yacimientos Campo Morado y Rey de Plata en el Estado de Guerrero, en la prolongación sur de la región de estudio. Sin embargo, sobre las relaciones mutuas entre estos, no se ha aclarado nada salvo el hecho de que se encuentra en la misma zona de distribución de estratos similares a las rocas metamórficas de la zona (Esquisto Taxco y Grupo Calcáreo). En el presente estudio, por lo menos pudo aclararse que los yacimientos Tizapa y Santa Rosa se ubican casi en el mismo horizonte. Además, este horizonte continúa hacia el SSE y SE fuera de la región dividiéndose en dos franjas por el anticlinal de Tejupilco.

Desde el punto de vista del ambiente sedimentario, el Esquisto Taxco que corresponden al estrato inferior, se componen de sedimentos que se originan en sedimentos limosos y rocas volcánicas donde casi no se observan los sedimentos calcáreos, pero el estrato superior se compone principalmente de sedimentos calcáreos con estratos que forman sedimentos gruesos que contienen lava almohadilla en los cuales varía notablemente el ambiente de sedimentación

desde el límite de las proximidades de los yacimientos. Es decir, se estima que en esta zona, se produjeron cambios (levantamiento de la roca basal, variación de pH dentro del agua del mar o aumento de suministro de sustancias calcáreas) como el estado de sobresaturación de CaCO_3 dentro del agua del mar después de depositarse los sulfuros.

Luego, visto desde el aspecto de las actividades ígneas, al reconocerse los esquistos verdes y esquistos ácidos que se suponen tienen origen en las rocas volcánicas del estrato inferior de los yacimientos Tizapa y Santa Rosa, se supone de que los yacimientos se formaron en el período inferior de esas actividades. Como características comunes de las actividades ígneas relacionadas con los yacimientos del tipo Kuroko, se supone de que sea bimodal, aunque la prominencia entre lo ácido y básico depende de la zona. En las zonas de Kuroko de Japón se observan gran cantidad de rocas volcánicas ácidas. Con respecto a las rocas volcánicas que se suponen tienen relación con los yacimientos Tizapa y Santa Rosa, no es posible estimar exactamente la roca de origen debido a que se ha transformado en rocas metamórficas por alteración por la mineralización y el posterior metamorfismo, pero se supone que los esquistos verdes tengan origen en las rocas volcánicas intermedias ~ básicas y los esquistos ácidos tengan origen en las rocas volcánicas riolíticas. Comparado con las zonas de Kuroko de Japón, difiere en el aspecto de que son prominentes los esquistos verdes y es reducida la cantidad de la roca volcánica propiamente dicha.

2. Yacimiento de veta

Dentro de la región de estudio se reconocen numerosas vetas de cuarzo estériles y vetas de cuarzo con contenido de Ag-Pb-Zn pero estos yacen dentro de las fallas y fracturas que cortan el Esquisto Taxco ~ Riolita Tilzapotla. El rumbo de los vetas observados en los afloramientos es como se detalla en la Fig.II-3-25 y se concentran en el sistema NO-SE e indica que se han formado casi en el mismo período. Además, en las proximidades de los vetas se han observado fallas conjugadas del sistema NO del mismo

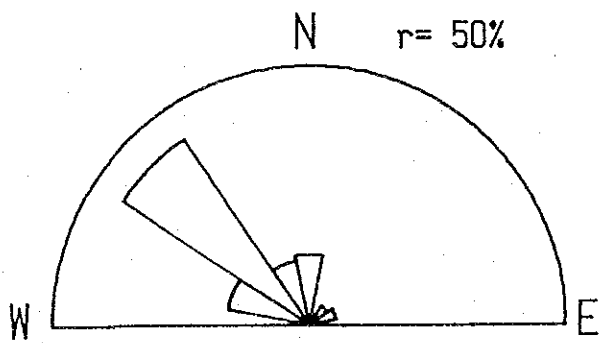
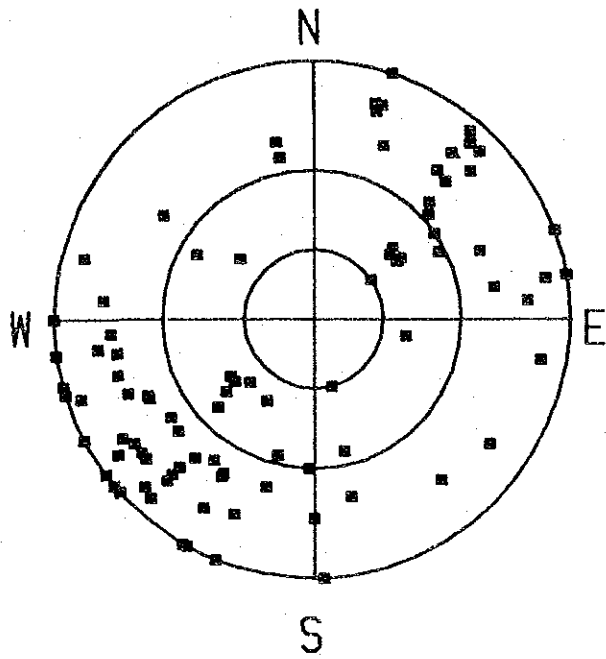


Fig.II-3-25 DIAGRAMAS DE PROYECCIONES SETEREOGRAFICA Y ROSA DE VETA

sistema.

Se observa la tendencia de que muchas de las vetas de cuarzo con Ag-Pb-Zn se concentran en la zona este-oeste de la parte central de la zona y prácticamente no se reconocen en los alrededores de los depósitos de sulfuro masivo debido a la distribución del basalto cuaternario.

Con respecto al yacimiento El Río se vino considerando que es fuerte la posibilidad de que sea yacimiento de sulfuro masivo. Sin embargo, según los resultados de este estudio, sería más lógico suponer que pertenece al tipo de veta debido a que se ubica a un nivel inferior con respecto al horizonte de los yacimientos Tizapa y Santa Rosa, se reconocen texturas moteadas dentro del mineral y no es posible pensar que haya recibido los efectos del metamorfismo.

Las rocas encajonantes donde yacen los yacimientos de vetas son variadas y están formadas por rocas metamórficas, rocas piroclásticas riolíticas ~ dacíticas, rocas intrusivas riolíticas, etc., pero tiende a que los yacimientos de gran magnitud abundan más en las rocas sedimentarias si se comparan con las rocas volcánicas y se supone que refleja las características físicas de la roca encajonante.

En la región de estudio y sus alrededores se distribuyen ampliamente la Riolita Tilzapotla cuyo origen de erupción son desconocidos e indica la existencia de violentas actividades ígneas. Asimismo, las rocas intrusivas riolíticas cuya composición química es semejante y se supone que corresponde a las actividades de casi la misma época, se reconocen como gran cantidad de capas especialmente en las zonas de Belem, Pantoja y Arvallo y está acompañado por numerosos yacimientos de vetas. Sin embargo, debido a que los yacimientos no están formados en la franja de fractura de la riolita, las actividades de la solución mineral se piensa que es posterior a la solidificación de la riolita, pero es alta la posibilidad de que los yacimientos de vetas se hayan formado a continuación de las actividades ígneas riolíticas.

3. Potencial de las tierras con indicios de minerales

La existencia de tierras con indicios de minerales ha sido confirmada en 28 sitios, como resultado de los estudios de la geología y de las tierras con dichos indicios. Dichas tierras han sido clasificadas en las categorías A a E según su potencial (Tab.II-3-6). La evaluación ha sido hecha basándose en las cantidades de la reserva de mineral, las leyes, los márgenes de prospección, etc. Sin embargo, los factores externos, tales como las concesiones, los propietarios, etc., no han sido tomados en consideración. La categoría A se compone de los casos donde han sido confirmados la existencia de una cantidad suficientemente grande de minerales, leyes suficientemente altas y tierras suficientemente promisoras con márgenes de prospección. Sólo Tizapa y Esmeralda pertenecen a la categoría A. La categoría B se compone de los casos donde han sido confirmados la existencia de una cierta cantidad de minerales, leyes relativamente altas y tierras con márgenes de prospección. Santa Rosa pertenece a la categoría B. Aunque Guitarra esté siendo explotada actualmente, su historia se compone de períodos alternados de explotación y cierre, y por eso ha sido clasificada en la categoría B. La categoría C se compone de casos que no han sido prospectados de manera suficientemente detallada, y que tienen por consiguiente márgenes de prospección. En una posición intermedia entre B y C están situadas Santa Rosalia y Belem, que se caracterizan por la existencia de minerales de leyes especialmente altas, y El Malacate, que se caracteriza por la existencia de tierras de gran envergadura con indicios de minerales. En cuanto a las categorías D y E, se piensa que apenas no valga a pena hacer la prospección.

CAPITULO 4 EXPLORACION GEOFISICA

4-1 Método de Estudio

4-1-1 Método de Medición

1) Medición de gravedad

La medición de gravedad se realizó según el siguiente procedimiento. Todas las mañanas se realizó la medición de gravedad y la altura del aparato en el punto de origen ubicado dentro de la oficina de Tejupilco y luego se trasladó hasta las proximidades siguiente punto de medición previsto según el plan de ejecución de mediciones del día para elegir la posición de medición. En el punto de medición se realizó la marcación del punto de medición, medición de gravedad y la medición de altura del aparato. Además, se dibujó la posición del punto de medición y el corte topográfico dentro de los 20m del punto de medición para la corrección topográfica de los alrededores, trasladándose luego al siguiente punto de medición. Al final de las mediciones del día, se volvió a medir la gravedad regresando al punto de origen, concluyendo las mediciones de cierre del día.

2) Equipos de medición

Las especificaciones y características de los gravímetros utilizados para este estudio son las siguientes.

Modelo	:	La Coste modelo G
Nro. de fabricación	:	G-150, G-635
Fabricante	:	La Coste & Romberg (EE.UU.)
Dimensiones	:	17cm x 15cm x 22cm
Peso total	:	9.1kg
Fecha de fabricación	:	Junio de 1967, febrero de 1982
Gama de medición	:	0~7,396.78mgal, 0~7,133.00mgal
Precisión de lectura	:	0.01mgal
Temperatura del tanque de temperatura constante	:	50.9°C, 49.5°C

3) Valor gravimétrico de referencia

El valor gravimétrico del punto de origen se determinó utilizan-

do el punto de referencia de gravedad J7919 del Laboratorio Geofísico de la Universidad de México donde está establecido el valor gravimétrico por Nakagawa et al. (1983) y efectuando la medición de cierre de los mismos.

El punto de origen se estableció dentro de la oficina de Tejupilco.

Como valor gravimétrico del punto de origen, se adoptó el promedio de los valores obtenidos mediante la medición de cierre de las 2 unidades de gravímetros. El valor gravimétrico del punto de referencia de gravedad y punto de origen de gravedad son los siguientes.

Punto de referencia por gravedad

nombre : conexión del internacional gravedad
a lo largo de circun-Pacífico
sitio : Laboratorio Geofísico
de la Universidad de México
latitud, longitud : 19° 19.6'N, 99°10.5'W
altitud : 2,266m
valor de gravedad : 977,927.465mgal

Punto de gravedad

número de estación: No.1000
sitio : recinto de oficina Tejupilco
latitud, longitud : 18° 53.961'N, 100° 09.025'W
altitud : 1,313.231m
valor de gravedad : 978,145.649mgal

4) Punto de medición

En el presente estudio se realizaron las mediciones de gravedad en 900 puntos dentro de la zona de estudio. En la figura II -4-1 se indican las posiciones de los puntos de medición.

5) Levantamiento

El levantamiento de los respectivos puntos de medición de grave-

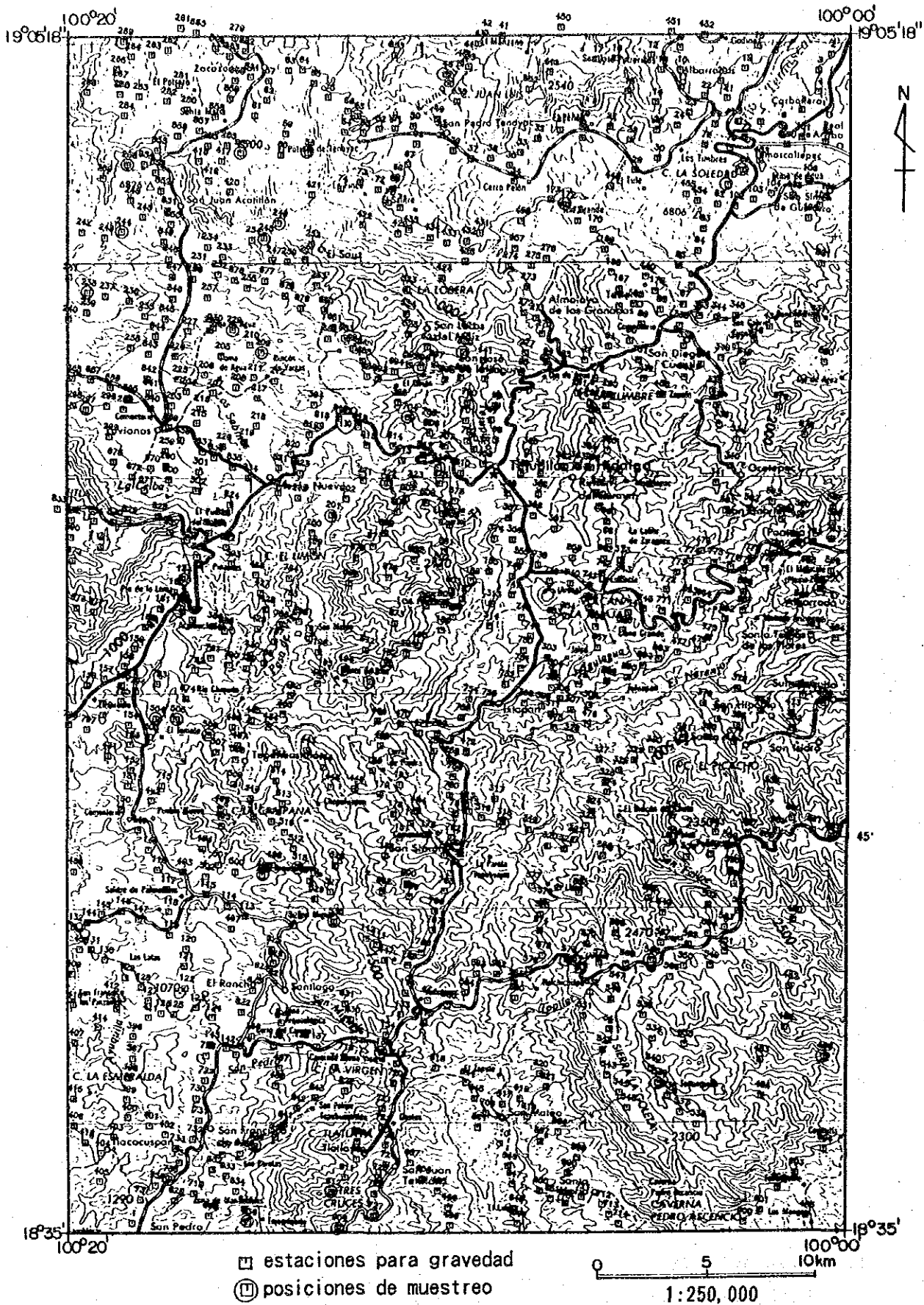


Fig.II-4-1 PUNTOS DE RECONOCIMIENTO TOPOGRAFICO Y POSICIONES DE MUESTREO.

dad, se realizó mediante la medición de posición relativa por levantamiento estacionario según método GPS. Por este método, mediante la observación simultánea de alturas en el punto de origen y los respectivos puntos de medición, las alturas de los respectivos puntos de medición se obtienen como altura relativa con respecto al punto de origen GPS. El punto de origen GPS se fijó sobre la azotea de la oficina de Tejupilco y la altura del punto de origen GPS se determinó con arreglo a punto de nivel de ZARCO.

Los equipos utilizados fueron 3 unidades de medidores GPS 4000ST de la firma Trimble.

Punto de nivel

sitio : EL ZARCO, D.F.
latitud, longitud : 19° 17.7' N, 99° 21.3' W
altitud : 3,119.210m

Punto de origen

sitio : recinto de oficina de Tejupilco
latitud, longitud : 18° 53.961' N, 100° 09.025' W
altitud : 1,313.231m

6) Extracción de muestras de roca

Se realizaron mediciones de densidad sobre 58 muestras de rocas representativas de la zona de estudio y se tomaron como referencia para la corrección Bouguer. Asimismo, se realizaron las mediciones de densidad de 21 núcleos obtenidos en 3 sondajes realizados en esta oportunidad y se tomaron como referencia para el análisis de perfil.

7) Procesamiento de los datos de gravedad

El procesamiento de los datos se divide en los siguientes dos procesos.

- (i) A partir del valor de lectura del dial del gravímetro hasta el cálculo del valor gravimétrico.
- (ii) A partir del valor gravimétrico (Cálculo de corrección de gravedad) hasta calcular el valor de anomalía Bouguer.

Cálculo del valor gravimétrico

En el proceso del cálculo del valor gravimétrico se incluyen los cálculos de "conversión a miligalios" que consiste en convertir el valor de lectura del dial del gravímetro a la unidad de gravedad (mgal), "corrección mareal" para corregir los efectos de la atracción de la luna y el sol, la "corrección por altura del aparato" relativa a la posición de medición del gravímetro y la "corrección de desviación" que corrige el error de cierre del punto de origen. Los cálculos fueron procesados totalmente con calculadoras electrónicas.

(1) Conversión a miligalios

En el caso de que el valor de lectura del dial fuera 3,219.879, la conversión a miligalios se realiza con la siguiente fórmula.

$$Vrk = K_{3200} + (3,219.879 - 3200) \times k_{3200}$$

En donde, Vrk : Valor de medición de gravedad

K_{3200} : Constante indicada para 3200 del valor de lectura del dial

k_{3200} : Constante de escala indicada para 3200 del valor de lectura del dial

(2) Corrección de la marea

La corrección de la marea es la corrección para eliminar los efectos sobre el valor gravimétrico que ejerce la atracción (fuerza generadora de marea) de los cuerpos celestes como la luna y el sol y la deformación de la tierra (movimiento periódico de la corteza terrestre por la fuerza de atracción del sol y la luna) que se produce por la misma razón. La fuerza generadora de marea de los cuerpos celestes se calcula con la siguiente fórmula.

$$U = \frac{3}{2} GM \frac{a}{r^3} \left(3 \left(\sin^2 \delta - \frac{1}{3} \right) \cdot \left(\sin^2 \phi - \frac{1}{3} \right) + \sin 2 \phi \cdot \cos \theta \cdot \sin 2 \delta + \cos^2 \delta \cdot \cos^2 \phi \cdot \cos 2 \theta \right)$$

Donde, U : Fuerza generadora de marea de los cuerpos celestes

G : Constante de gravitación universal

M : Masa del cuerpo celeste

a : Distancia desde el centro de la tierra hasta el punto de medición

γ : Distancia entre el cuerpo celeste y la tierra

ϕ : Latitud del punto de medición

δ : Declinación del cuerpo celeste(ángulo medido al norte y sur desde el ecuador)

θ : Ángulo de hora del cuerpo celeste (ángulo entre el plano meridiano del cuerpo celeste y el plano meridiano del punto de medición)

La variación de gravedad por el movimiento periódico de la corteza terrestre debido a la fuerzas de atracción del sol y la luna se ejerce en el mismo sentido que la fuerza generadora de marea y la magnitud es de alrededor del 20% de la fuerza generadora de marea común. En consecuencia, la corrección de la marea normal se realiza multiplicando la fuerza generadora de marea del cuerpo celeste por 1.20(este valor se denomina constante de la marea).

(3) Corrección por altura del aparato

La corrección se realizó con la siguiente fórmula utilizando el promedio de pendiente vertical de gravedad 0.3086mgal/m en las proximidades de la superficie terrestre (estrictamente la superficie del elipsoide giratorio)

$$V_{hi} = 0.3086hi$$

Donde, V_{hi} : Valor de corrección por altura del aparato

hi : Altura desde el punto de medición de nivelación hasta la cara superior del gravímetro

(4) Desviación

La corrección se realizó para los respectivos puntos de medición distribuyendo proporcionalmente al tiempo las

diferencias de valor (error de cierre) después de realizar la corrección de la marea y corrección por altura del aparato sobre los valores de las dos mediciones de gravedad realizados en el punto de origen.

(5) Cálculo del valor gravimétrico

Realizando las respectivas correcciones citadas anteriormente con respecto al valor de medición de gravedad V_{rk} , se obtiene el valor de medición de gravedad corregido V_c con la siguiente fórmula.

$$V_c = V_{rk} + V_{et} + V_{hi} + V_d$$

Donde, V_c : Valor de medición de gravedad corregido

V_{rk} : Valor de medición de gravedad

V_{et} : Valor de corrección de la marea

V_{hi} : Valor de corrección por altura del aparato

V_d : Corrección de desviación

Con respecto al valor de medición de gravedad del punto de origen, se obtiene el valor de medición de gravedad corregido mediante la corrección de la marea y corrección por altura de aparato. Si esto se denomina V_g , el valor gravimétrico g de los respectivos puntos de medición se calcula con la siguiente fórmula.

$$g = g_B + (V_c - V_g)$$

Donde, g : valor gravimétrico del punto de medición

g_B : valor gravimétrico del punto de origen

El valor gravimétrico del punto de origen g_B puede obtenerse por el mismo método de cálculo indicado arriba realizando la medición de cierre entre el punto de referencia de gravedad cuyo valor gravimétrico es conocido.

Corrección de gravedad

La corrección de gravedad se divide en la corrección de latitud, corrección topográfica, corrección atmosférica, corrección Bouguer y corrección por altura.

(1) Corrección de latitud

En los estudios de gravedad, la fórmula de gravedad normal se utiliza desarrollando la siguiente expresión aproximada (fórmula práctica) para que resulte práctico

$$\gamma = 978031.85(1 + 0.005278895 \sin^2 \phi + 0.000023462 \sin^4 \phi)$$

Donde, γ : Gravedad normal

ϕ : Latitud de estación

(2) Corrección topográfica

La corrección topográfica es la corrección de los efectos que los accidentes topográficos de los alrededores del punto de medición ejercen sobre el gravímetro. El grado de corrección es 0 cuando la topografía es plana pero cuando la topografía es accidentada puede llegar a varias decenas de miligalios. La corrección es de valor positivo tanto para la corrección por las partes montañosas más altas que el punto de medición como la corrección por los valles que son más bajos que el punto de medición (es proporcional al cuadrado de la diferencia de altura).

Para determinar el valor de corrección topográfica, se dividió el mapa topográfico con la malla de líneas equidistantes, se tomaron lectura de las alturas de las intersecciones y se calculó aproximándola a una determinada forma de altibajos relativos con respecto al punto de medición.

Debido a que los efectos de la topografía son mayores cuanto más próximo esté al punto de medición y disminuye casi en forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia medida que se vaya alejando, es necesario que la lectura de alturas se realice con mayor densidad cuando esté más próximo al punto de medición. Por lo tanto, como se indica en la figura, el sector a corregirse (60km de radio desde el punto de medición) se dividió en 7 sectores de corrección. Dentro del sector, se tomaron lectura de las alturas en forma pareja, pero por unidad de sector se efectuaron las lecturas con mayor densidad cuanto más se aproxime

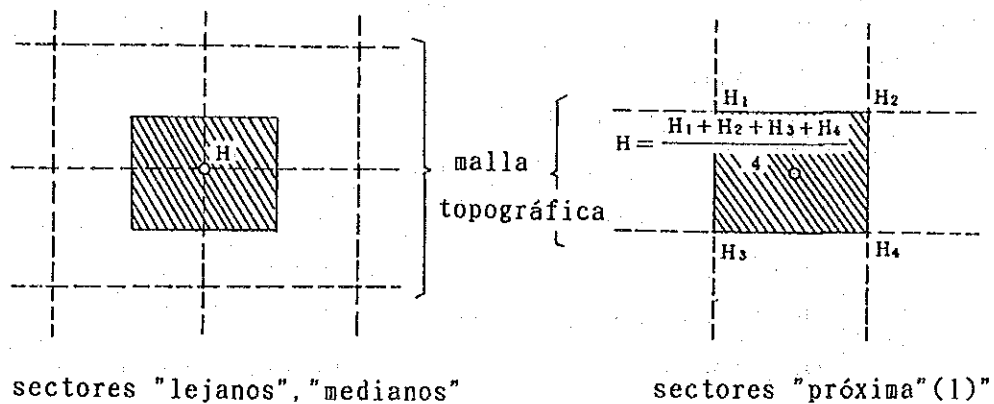
al punto de medición. La división de sectores que se indica en la figura II-4-2, se basó en el "Programa unificado de corrección topográfica" elaborado en torno al Laboratorio de Estudio Geológico.

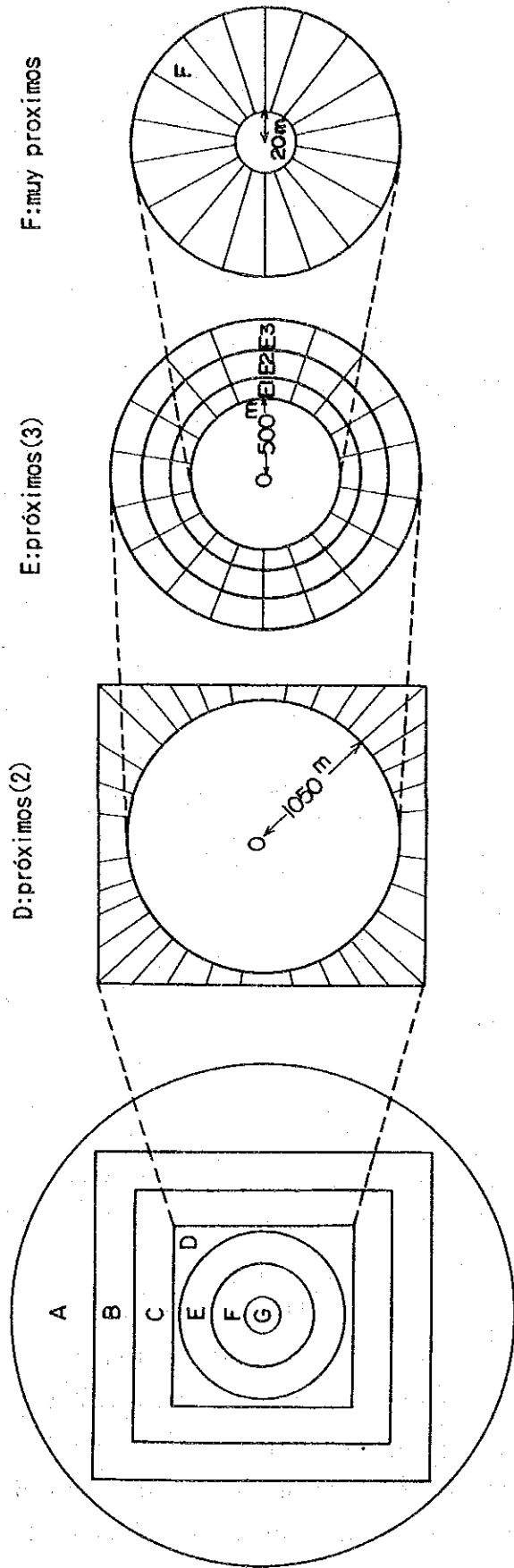
De las respectivas correcciones, con respecto a los sectores "lejanos", "medianos", "próximos (1), (2), (3)" y "muy próximos", se realizó el procesamiento de cálculo con calculadoras electrónicas después de tomar lectura las alturas del mapa topográfico de escala 1:250,000 editado en México.

Además, en cuanto al sector de "alrededores", se calcularon los valores de corrección con calculadora electrónica de mesa basado en los dibujos de cortes topográficos que pasan por el punto de medición.

A continuación se describirá el método de cálculo de las respectivas correcciones.

- (i) Correcciones de sectores "lejanos", "medianos" y "próximos(1)"
 Las correcciones de sectores "lejanos", "medianos" y "próximos(1)" se efectuaron obteniendo la altura media del sector corrección utilizando la altura de los puntos reticulares de las respectivas mallas topográficas. Sin embargo, según se indica en la siguiente figura, para los sectores "lejanos" y "medianos", la misma altura del punto reticular de malla topográfica se considera altura media del sector de corrección y para los sectores "próximos (1)" el valor de altura media de los 4 puntos reticulares de la malla se considera altura media del sector de corrección.





D: próximos (2)

E: próximos (3)

F: muy próximos

nombre	dominio	método de aproximado	dominio de aproximado	distancia de rejilla
lejanos	A	columna	círculo de 60km	3'x2'
medianos	B	prisma	21' x 16'	45" x 30"
próximos(1)	C	"	5'15" x 4'	11.25" x 7.5"
" (2)	D	pentaedro	véase la gráfico	véase la gráfico
" (3)	E	columna	círculo de 1.050m	"
muy próximo	F	pentaedro	" 500m	"
alrededores	G	sección de dos dimensiones	" 20m	"

	dominio de aproximado	nombre de división
próximos (3)	E1	500~650m
	E2	650~850m
	E3	850~1,050m
muy próximo	F	20~500m

FIG. II-4-2 PLANO GENERICA DE CORRECCION

El valor de corrección topográfica de cada sector de corrección se calculó sustituyendo por el sector de la misma superficie existente entre los dos círculos indicados en la siguiente figura.

$$\delta g_T = \frac{2 G \rho A^2 (R_2 - R_1 + (R_1^2 + H^2)^{1/2} - (R_2^2 + H^2)^{1/2})}{R_2^2 - R_1^2}$$

Donde, δg_T : Valor de corrección topográfica

G : Constante de gravitación universal

ρ : Densidad

A : Superficie del sector de corrección

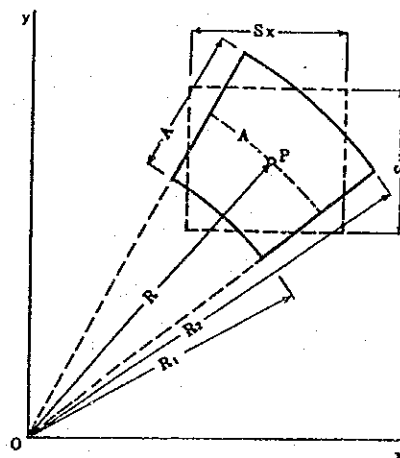
H : Diferencia de altura entre la altura media del sector de corrección y altura de medición

S_x, S_y : Separación de malla

$A : (S_x \cdot S_y)^{1/2}$

$R_1 : R - A/2$

$R_2 : R + A/2$

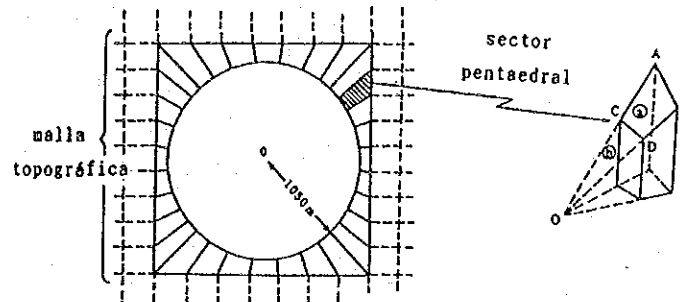


(ii) Corrección de sectores "próximos (2)"

La corrección de sectores "próximos (2)" es la corrección entre el círculo de 1,050m de radio que tiene como centro el punto de medición y el sector formado por los sectores "próximos (1)", 7 en dirección este-oeste y 9 en dirección norte-sur que incluye en su interior el círculo antes citado según se detalla en la siguiente figura. El área se dividió a su vez en 32 sectores y se realizó la corrección utilizando el punto de medición y las alturas de puntos reticulares de malla topográfica mediante el método de

aproximación pentaedral.

Además, con respecto al A y B se utilizó la altura de los puntos reticulares, pero con respecto al C y D se utilizó la altura interpolada en proporción a la distancia desde A y B y la altura del punto de medición (0).



El borde exterior del área de corrección del sector "próximo (2)", varía según la posición de medición y la posición relativa de la malla topográfica de las proximidades estando dentro de los siguientes límites.

$$2,100\text{m} \leq \text{Longitud este-oeste} < 2,100\text{m} + 22.5''$$

$$2,100\text{m} \leq \text{Longitud norte-sur} < 2,100\text{m} + 15''$$

(iii) Corrección del sector "próximo (3)" y "muy próximo"

Para la corrección del sector "próximo(3)" y "muy próximo", el área de 20m-1,050m desde el punto de medición se dividió en columnas redondas concéntricas con aspecto de disco según se indica en la siguiente figura y se realizó la corrección utilizando el método de Hammer(1939) con respecto a un total de 54 y 18 sectores respectivamente.

$$\delta g_{\tau} = \frac{2 \pi G \rho}{n} (R_2 - R_1 + (R_1^2 + H^2)^{1/2} - (R_2^2 + H^2)^{1/2})$$

Donde, δg_{τ} : Valor de corrección topográfica

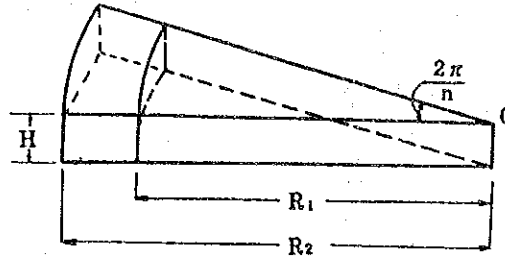
G : Constante de gravedad

ρ : Densidad

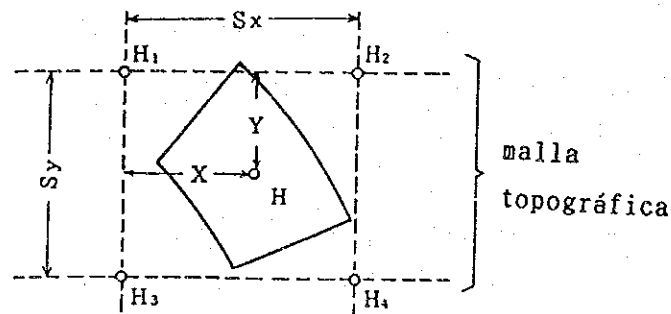
R_1 : Distancia hasta el diámetro interior de la columna circular concéntrica

R_2 : Distancia hasta el diámetro exterior de la columna circular concéntrica

H : Diferencia de altura entre el sector de corrección y el punto de medición
 n : Divisiones equivalentes del sector de corrección



La altura media de los respectivos sectores de corrección de los sectores "próximos (3)" fue calculado con la siguiente fórmula utilizando la altura de 4 mallas topográficas de los alrededores.



$$H = H_1 + (H_2 - H_1) \frac{X}{S_x} + (H_3 - H_1) \frac{Y}{S_y} + (H_1 + H_4 - H_2 - H_3) \frac{X \cdot Y}{S_x \cdot S_y}$$

En cuanto al total de 18 sectores "muy próximos", se efectuó el cálculo utilizando la fórmula de Hammer(1939) antes citada, por aproximación pentaedral aprovechando los valores de lectura del mapa topográfico de escala 1:50,000.

(iv) Corrección de los "alrededores"

Para la corrección de los "alrededores", los accidentes es

topográficos dentro del límite de 20m desde el punto de medición, se indicaron en el corte de dos direcciones desde el punto de medición y se calculó utilizando el método de corrección topográfica de los alrededores atribuidos a Hiroshima (1978).

$$\delta g_T = 2 G \rho \int_D^R \left[\tanh^{-1} \left(\frac{(R^2 + X^2)}{(R^2 + H_0^2)} \right)^{1/2} - \tanh^{-1} \left(\frac{(R^2 + X^2)}{(R^2 + (X \tan \beta + H - H_0 D \tan \beta))} \right)^{1/2} \right] dx$$

Donde, δg_T : Valor de corrección topográfica

G : Constante de gravedad

ρ : Densidad

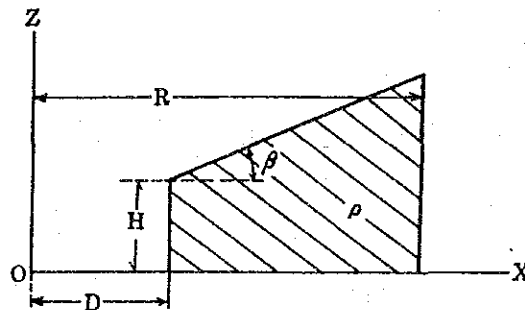
D : Distancia desde el punto de medición hasta el despeñadero

H : Altura del despeñadero

β : Ángulo de inclinación del despeñadero

R : Alcance de corrección

H_0 : Altura de la pesa del gravímetro (0.15m)



(3) Corrección atmosférica

Sin embargo, debido a que la variación de la corrección con respecto a alturas de menos de 3km puede aproximarse casi a la función lineal, se realizó la corrección con la siguiente fórmula.

$$\delta g_A = 0.87 - 0.0965 \times 10^{-3} H$$

Donde, δg_A : Valor de corrección topográfica

H : Altura del punto de medición

(4) Corrección Bouguer

La corrección se realizó con la siguiente fórmula suponi-

endo que el espacio entre el plano geoidal y el plano paralelo al plano de referencia que pasa por el punto de medición sea una placa infinita.

$$\delta g_B = -2\pi G\rho H \approx -0.0419\rho H$$

Donde, δg_B : Valor de corrección Bouguer

G : Constante gravitación universal

ρ : Densidad corregida

H : Altura del punto de medición

ρ se denomina densidad de Bouguer y normalmente se adopta la densidad media de la roca entre la superficie de la tierra y el plano geoidal.

(5) Corrección por altura

La corrección por altura es para corregir la diferencia de gravedad causada por la diferencia de altura, la cual se realizó con la siguiente fórmula utilizando la pendiente vertical 0.3086mgal de la gravedad media de las proximidades de la superficie terrestre.

$$\delta g_F \approx \frac{2\gamma}{R} H \approx 0.3086H$$

Donde, δg_F : Valor de corrección por altura

γ : Gravedad normal

R : Distancia desde el punto de medición hasta el centro de la tierra

H : Altura del punto de medición

(6) Valor de anomalía Bouguer

Al efectuarse la corrección de latitud, corrección topográfica, corrección atmosférica, corrección Bouguer y corrección por altura con respecto al valor gravimétrico, se obtiene el valor de anomalía Bouguer con la siguiente fórmula.

$$\Delta g_B = g - \gamma + \delta g_T + \delta g_A + \delta g_B + \delta g_F$$

Donde, Δg_B : Valor de anomalía Bouguer

4-1-2 Método de Análisis

El principal objeto del estudio de gravedad de esta oportunidad consistió en aclarar la relación entre la anomalía gravimétrica y la geología y estructura geológica y mineralización. Para ello, considerando que la estructura geológica que predomina en la región del presente estudio presenta una estructura de estratos horizontales, se realizó el análisis cualitativo y cuantitativo según el procedimiento detallado en la figura.

1) Suposición de densidad

Para estimar la estructura subterránea de la zona del estudio, es necesario elaborar el mapa isogálico realizando la corrección topográfica y la corrección Bouguer. Como método para obtener la densidad, se recurrió a tres métodos que consisten en la medición de la densidad de las muestras de roca, elaboración del diagrama de relación $G - H$ y la observación de la correlación entre la anomalía gravimétrica y topografía sobre el mapa isogálico.

2) Análisis del plano de tendencia y anomalía residual de gravedad

Se realizó la aplicación del plano de tendencia polinomial con el objeto de determinar la tendencia general de la distribución de la anomalía Bouguer (línea isogálica) de la zona del presente estudio y al mismo tiempo separar las tendencias regionales partiendo de la anomalía Bouguer. Asimismo, sobre la base de la distribución de la anomalía Bouguer y la diferencia del plano de tendencia obtenida, se elaboró el plano de anomalía residual de gravedad para que sirva para los análisis posteriores. Con respecto al método de obtención del plano de tendencia, se explicará a continuación.

3) Análisis de espectros y tratamiento del filtro

(1) Análisis de espectros de energía

Suponiendo que la estructura subterránea se compone de la distribución de densidades cercanas a la estratificación, para estimar la profundidad media de estas estructuras estratificadas se realizó

el análisis de espectros de energía por progresión Furrier.

(2) Tratamiento del filtro

Al suponer de que es posible lograr la aproximación a través de la estructura compuesta por altibajos formados por diversas clases de longitud de onda de estructuras subterráneas, puede también considerarse que la anomalía Bouguer que refleje este tipo de estructura subterránea esté compuesta por diversas clases de longitud de onda. Por lo tanto, extrayendo los componentes anormales de una longitud de onda arbitraria dentro de la anomalía de Bouguer, podría obtenerse la información relacionada con la estructura subterránea que refleje la anomalía gravitacional que corresponde a la longitud de onda. Basado en este criterio, se aplicaron 3 clases de filtros pasabanda con respecto a las anomalías de Bouguer y se analizó el diagrama de anomalías de Bouguer para cada longitud de onda obtenida. Los filtros pasabanda utilizados se basaron en el método Hagiwara (1978) que es el método de promedio variable de Seya (1959) modificado. La fórmula de cálculo se indica a continuación.

$$G_{\alpha, \beta} (X_j, Y_k) = \frac{1}{(2\alpha+1)^2} \cdot \sum_{j=i-\alpha}^{i+\alpha} \sum_{k=i-\alpha}^{i+\alpha} \cdot G(X_j, Y_k) - \frac{1}{(2\beta+1)^2} \cdot \sum_{j=i-\beta}^{i+\beta} \sum_{k=i-\beta}^{i+\beta} \cdot G(X_j, Y_k).$$

$G_{\alpha, \beta} (X_j, Y_k)$: gravedad excedente

α, β : ondas corta $\alpha=0, \beta=1$
 ondas media $\alpha=1, \beta=3$
 ondas larga $\alpha=3, \beta=7$

4) Análisis del corte

Contra el diagrama de anomalía residual de gravedad, se realizó el análisis del corte bidimensional por el método Talwani (1959). En este método, por diálogo con la pantalla de la computadora

personal se obtiene el modelo de estructura de densidad más próximo al valor de medición comparando el valor de medición con el valor de cálculo basado en el modelo de densidad.

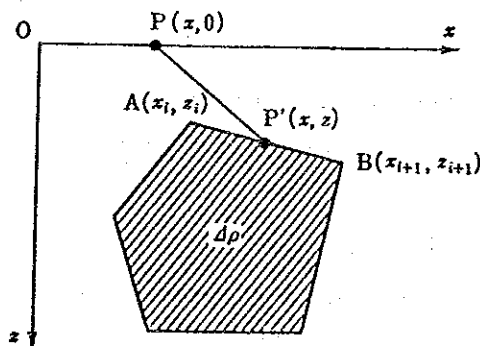
Se realizó el cálculo utilizando la siguiente fórmula básica suponiendo la diferencia de densidad con respecto al modelo de roca poligonal.

$$\Delta g = 2G\Delta\rho \sum_{i=1}^n Z_i$$

Donde, $\Delta\rho$: Diferencia de densidad entre el polígono y las rocas de los alrededores

G : Constante de gravedad

$$Z_i = \frac{(X_{i+1} - X_i) \{ Z_i (X - X_{i+1}) - Z_{i+1} (X - X_i) \}}{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Z_{i+1} - Z_i)^2} \\ \times \left(\tan^{-1} \frac{Z_i}{X_i - X} - \tan^{-1} \frac{Z_{i+1}}{X_{i+1} - X} + \frac{1}{2} \frac{Z_{i+1} - Z_i}{X_{i+1} - X_i} \right) \\ \times \log \frac{(X_{i+1} - X)^2 + Z_{i+1}^2}{(X_i - X)^2 + Z_i^2} \Bigg]$$



4-2 Resultados del Estudio y Análisis

4-2-1 Resultados del Estudio

1) Resultados de la medición de densidad de muestras de rocas

Como referencia para determinar la densidad media de la roca que se adopte para la corrección Bouguer y la corrección topográfica, se extrajeron 58 piezas de roca de los afloramientos de la zona de estudio y se realizaron las mediciones de densidad (Ver la tabla del apéndice). Además, como puntos de control de la hipó-

tesis de densidad para el análisis del perfil, se realizó la misma medición de densidad de las 21 piezas obtenidas por muestreo de núcleos de cada 50m de los 3 sondajes realizados en esta oportunidad (Ver tabla del apéndice). A continuación se detallan las densidades medias obtenidas de los resultados de estas mediciones clasificadas por estrato y por litofacie. Según estos resultados pueden señalarse los siguientes puntos.

- ① La densidad media de las muestras de afloraciones es 2.60 g/cm³.
- ② La densidad media del sistema terciario es 2.49g/cm³.
- ③ La densidad media de la roca perteneciente al grupo calcáreo es 2.64g/cm³.
- ④ La densidad media de la roca perteneciente a los esquistos Taxco es 2.59g/cm³.
- ⑤ La densidad media de las rocas intrusivas es 2.53g/cm³.
- ⑥ Dentro de las muestras de núcleos obtenidas de la perforación MJMT-1, el grupo calcáreo de 0 ~ 250m indica un valor bajo de 2.40g/cm³.
- ⑦ La densidad media del esquisto Taxco de la perforación MJM T-2 es 2.79g/cm³.
- ⑧ La densidad media del esquisto Taxco entre 70.0 ~ 350.0m de la perforación MJMT-3 es 2.74g/cm³.

2) Hipótesis de la densidad óptima

Como datos de referencia para determinar la densidad óptima para la corrección Bouguer y corrección topográfica, se lograron los siguientes resultados.

- Densidad media obtenida del plano G-H(Fig.II-4-3): 1.79g/cm³
- Densidad media de la muestra de roca : 2.60g/cm³

Dentro de estos, el valor obtenido del plano G-H es notorio que resulta excesivamente bajo comparado con los resultados de la medición de muestras y el mapa de anomalía Bouguer elaborado con este valor indica una correlación positiva clara (Fig. II-4-7). Por otra parte, al considerar que se tratan de muestras de

Tab.II-4-2 LISTA DE DENSIDAD MEDIDA POR ESTRATO (1)

Edad	Nombre de Estrato	Densidad (g/cm ³)	Numero, Desviacion Tipo
CUVATERNARIO		2.69	n=1
TERCIARIO	RIOLITA TILZAPOTLA FORMACION BALSAS	2.50 2.47	n=6, $\sigma=0.06$ n=2, $\sigma=0.06$
MESUZOICA	GURUPO CALCAREO ROCA VERDE	2.60 2.69	n=18, $\sigma=0.10$ n=12, $\sigma=0.13$
PALEOZOICA	ESQUISTO TAXCO	2.59	n=14, $\sigma=0.12$
ROCAS INTRUSIVAS		2.53	n=5, $\sigma=0.10$
	Medio	2.60	n=58, $\sigma=0.12$

Tab.II-4-2 LISTA DE DENSIDAD MEDIDA POR ESTRATO (2)

Nombre de Sondeo	Edad	Nombre de Estrato	Profundidad (m)	Densidad (g/cm ³)	Desviacion Tipo, Numero
MJMT-1	PALEOZOICO MESOZOICO	GURUPO CALCAREO	0-299.2	2.45	n=5 $\sigma=0.14$
MJMT-2	CVATERNARI PALEOZOICO MESOZOICO	ESQUISTO TAXCO	0-100.5 201.0- 350.0	2.35 2.79	n=4 $\sigma=0.33$ n=4 $\sigma=0.05$
MJMT-3	PALEOZOICO MESOZOISO	ESQUISTO TAXCO	70.0- 350.0	2.74	n=7 $\sigma=0.03$

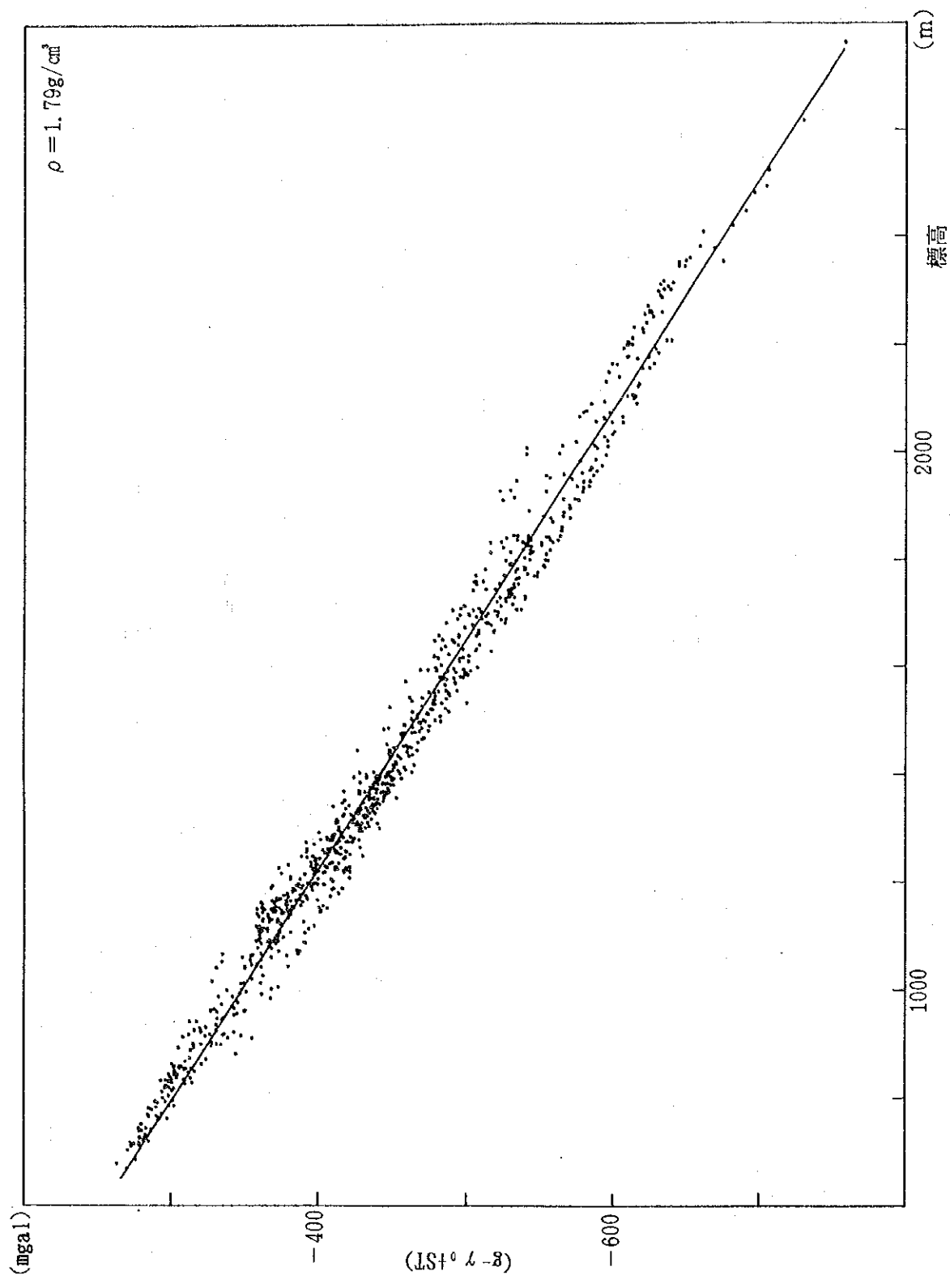


Fig. II-4-3 PLANO CORRELATIVO DE G-H

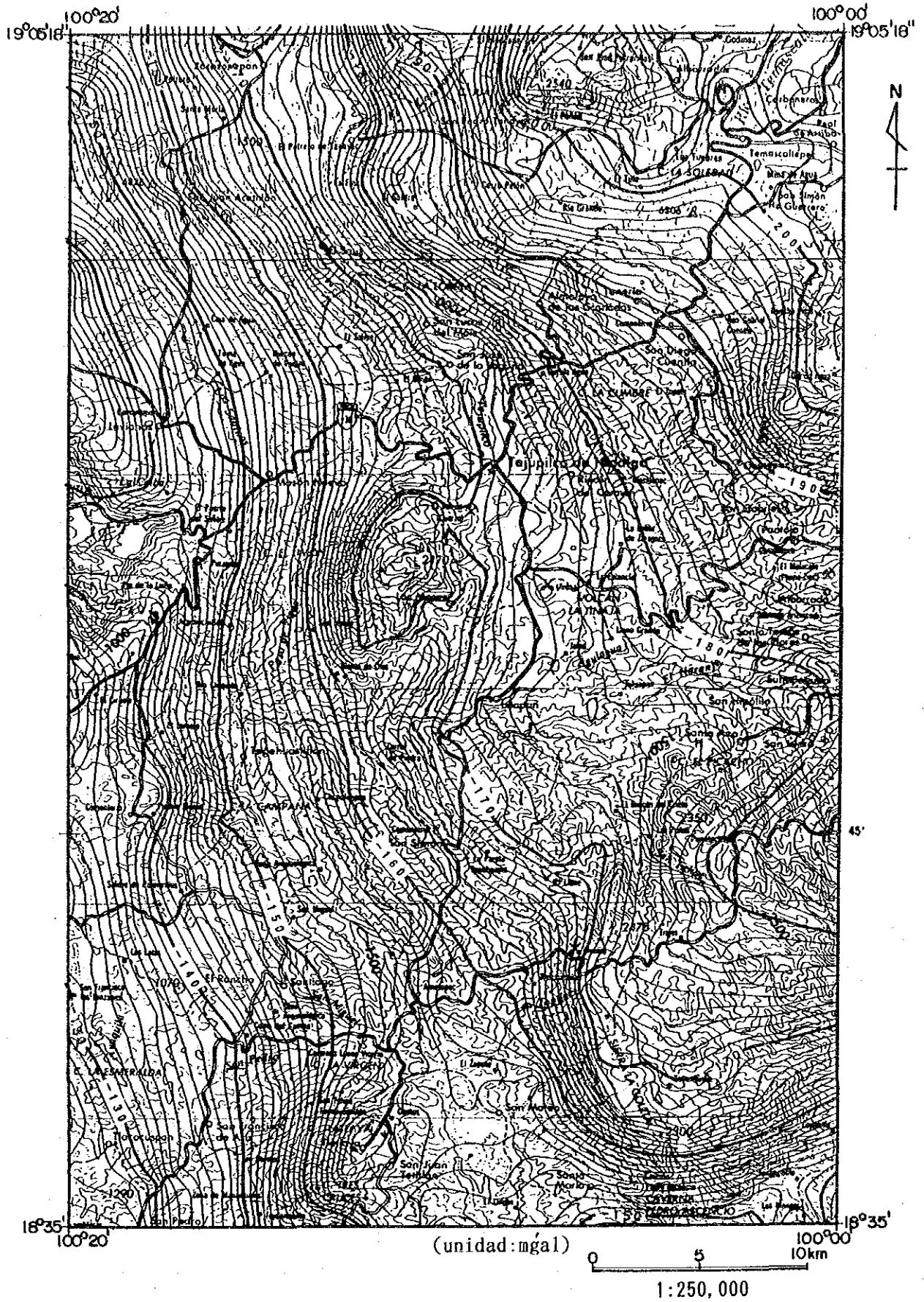


Fig.II-4-4 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA: 2.75 g/cm^3)

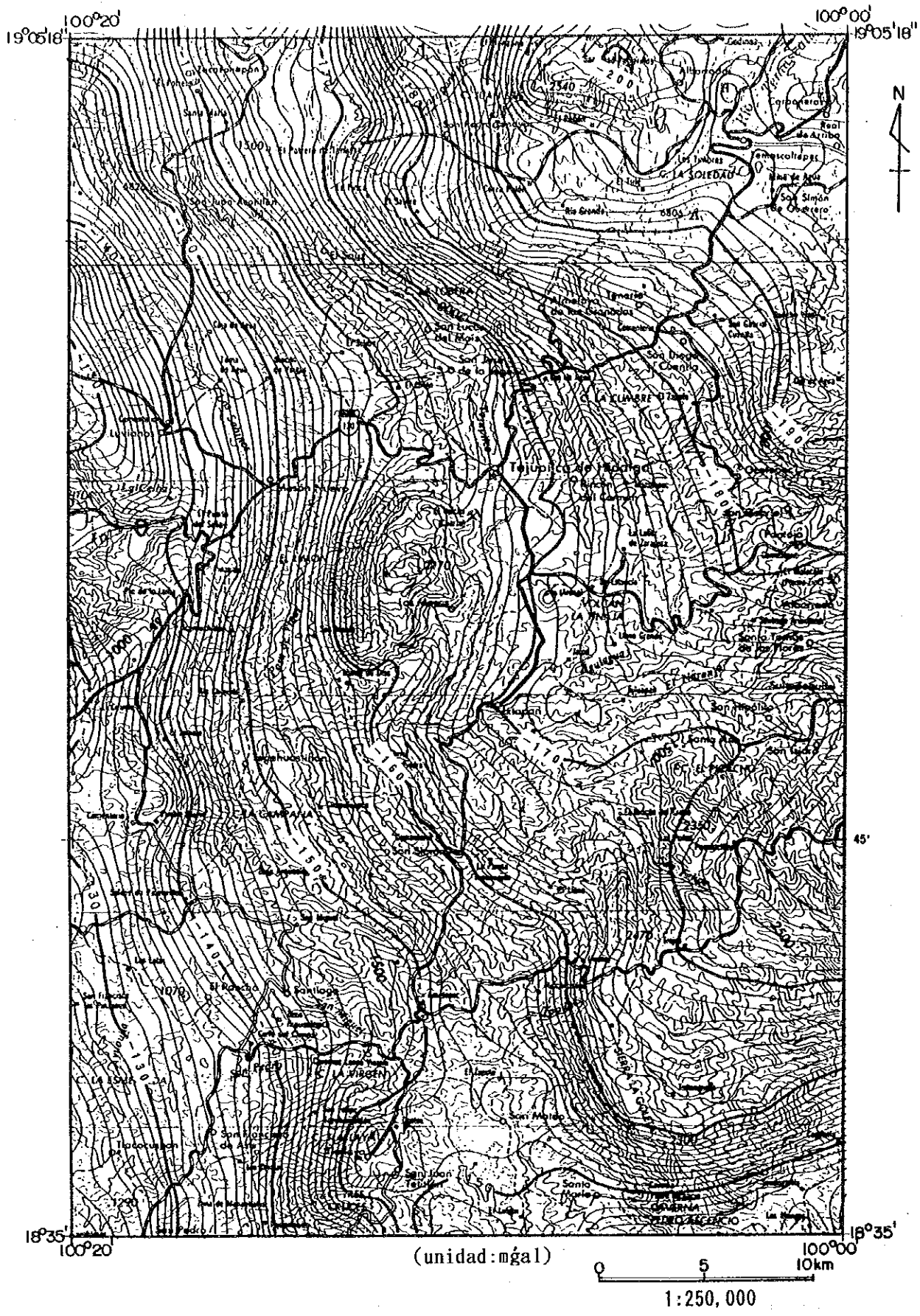


Fig.II-4-5 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:2.67 g/cm³)

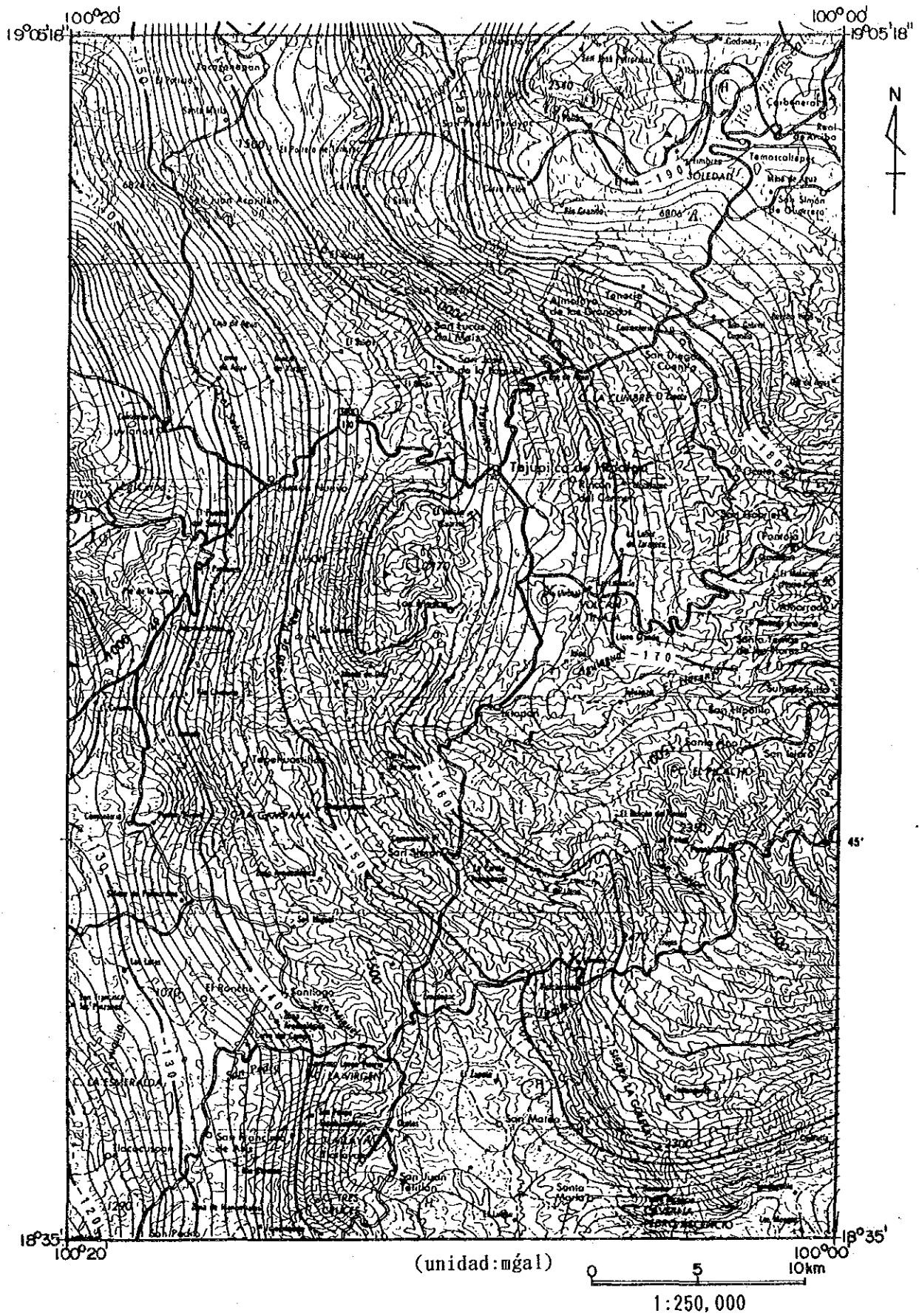


Fig.II-4-6 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA: 2.60 g/cm³)

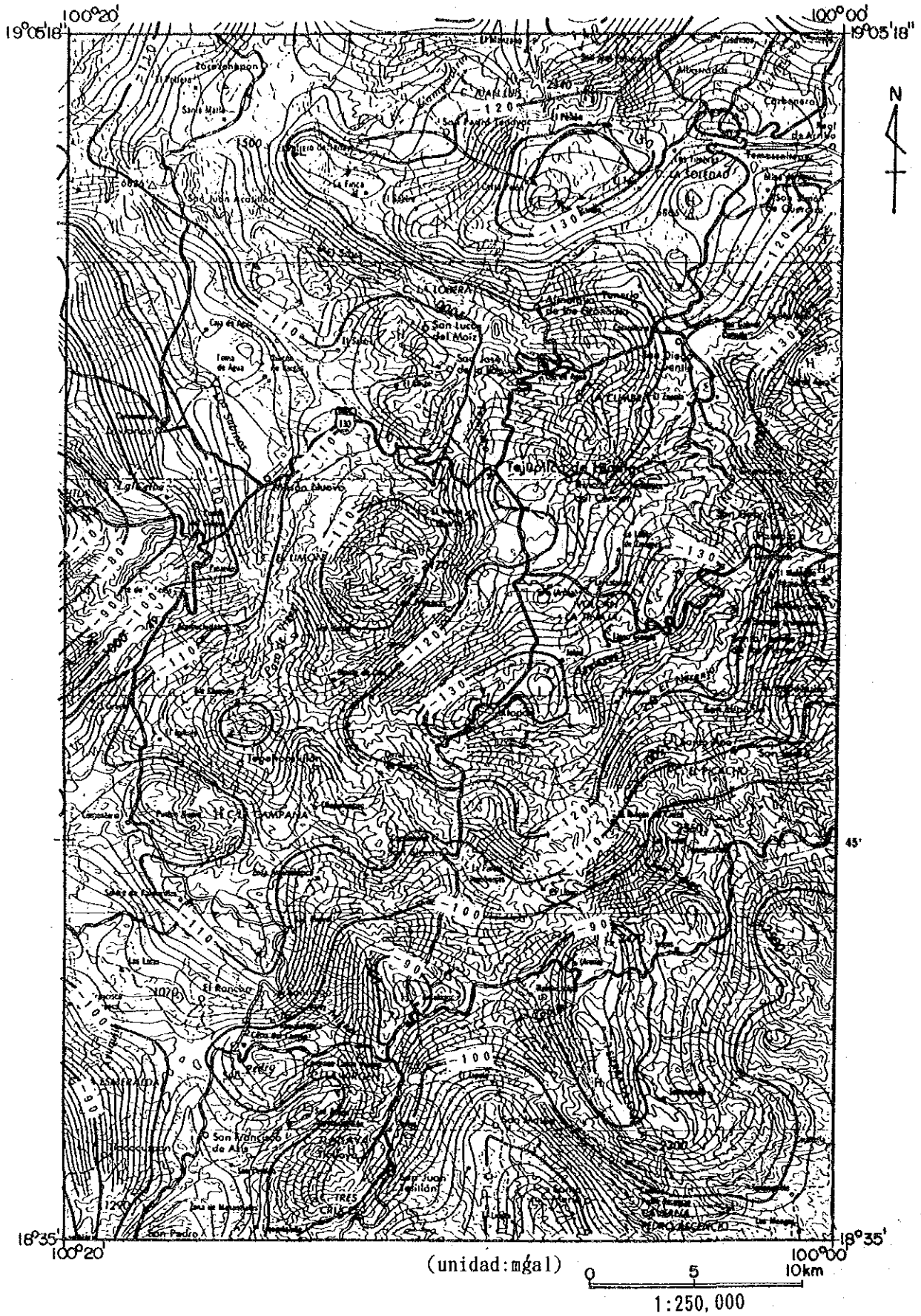


Fig.II-4-7 PLANO ANOMALIA DE BOUGUER (DENSIDAD SUPUESTA:1.79 g/cm³)

la superficie, los resultados de la medición de muestras son próximas a la densidad media de 2.67 de la corteza terrestre y en el mapa de anomalía Bouguer elaborado con este valor es baja la correlación con la topografía (Fig. II-4-6). Considerando los aspectos citados, como resultado de las investigaciones de la correlación entre el mapa de anomalía Bouguer y los altibajos topográficos con densidades medias de 2.75 y 2.67, para los siguientes análisis se decidió adoptar finalmente el valor 2.67 cuya correlación es la más baja (Fig. II-4-4, 5). Además, el valor de densidad media de 2.67 es también concordante con la hipótesis de densidad del mapa gravimétrico de todo el territorio de México compilado por Mena et al. (1992) y es conveniente para la comparación de ambos mapas gravimétricos.

3) Anormalidad Bouguer

En la Fig. II-4-5 se detalla el mapa de anomalía Bouguer correspondiente a la densidad media de 2.67 que se adoptó para el estudio de esta oportunidad. Según este mapa, como características de la anomalía Bouguer de la zona del presente estudio, pueden citarse los siguientes puntos.

- El valor de anomalía Bouguer es $-130 \sim -200$ mgal y se destaca la anomalía negativa.
- Como tendencia de la anomalía Bouguer, es notable la tendencia de ser elevada en la parte sudoeste y baja en la parte noreste cuya diferencia llega a aproximadamente 80mgal.
- En los alrededores de Temascaltepec existe una parte de anomalía baja de -200mgal.
- También al sudoeste de Tejupilco existe una anomalía baja aunque de pequeña escala.
- En las proximidades de Tejupilco, entre Amatepec \sim Sultepequito y en el extremo sur de la zona de estudio existen extensiones con forma de cerros paralelos a la tendencia del rumbo SW-NE antes citada.
- Entre estas extensiones con forma de cerro, existen 3 franjas de baja gravedad con forma de valle.

4-2-2 Resultados de los Análisis

1) Análisis de tendencias y anomalía residual de gravedad

En la Fig. II-4-8~10 se detallan los respectivos mapas de tendencia primaria, secundaria y terciaria de la anomalía Bouguer. Según estos mapas, como tendencia de anomalía Bouguer de esta zona indican una notable tendencia alta en el lado sudoeste y baja en el lado noeste. Dentro de estos mapas de tendencias, en la Fig. II-4-11 se detalla el mapa de anomalía residual entre el mapa de tendencia primaria que indica la tendencia más amplia y la anomalía Bouguer y en la Fig. II-4-12, 13 se detalla el mapa residual entre los planos de tendencias secundaria y terciaria. De estos mapas, pueden señalarse los siguientes puntos como características de anomalía residual de esta zona.

- En el mapa de anomalía residual primaria, existe una anomalía gravitacional negativa de gran magnitud en el norte y centro. Además, en el sur se reconoce una anomalía negativa de pequeña magnitud. Estas anomalías de baja gravedad, están formando la franja de una notable baja gravedad con orientación general norte-sur en la parte central de la zona de estudio. En 3 lugares de la parte oeste, parte este y parte sudeste de la zona de estudio, existen anomalías altas de longitud de onda larga. Estas anomalías altas indican la tendencia de continuar aún más fuera de la zona de estudio.
- El mapa de anomalía residual secundaria, indica la tendencia de continuar hacia el sudeste la anomalía baja del norte y centro y aparece la anomalía baja con longitud de onda larga en el sudeste. Además, en las proximidades de Tejupilco se reconoce una franja de anomalía alta con orientación este-oeste.
- En el mapa de anomalía residual terciaria, se desarrollan las anomalías bajas con orientación este-oeste desde San Juan Acatitlán a Temascaltepec. Por otra parte, desde las proximidades de Amatepec se reconoce la franja de



Fig.II-4-9 PLANO DE TENDENCIA SECUNDARIA

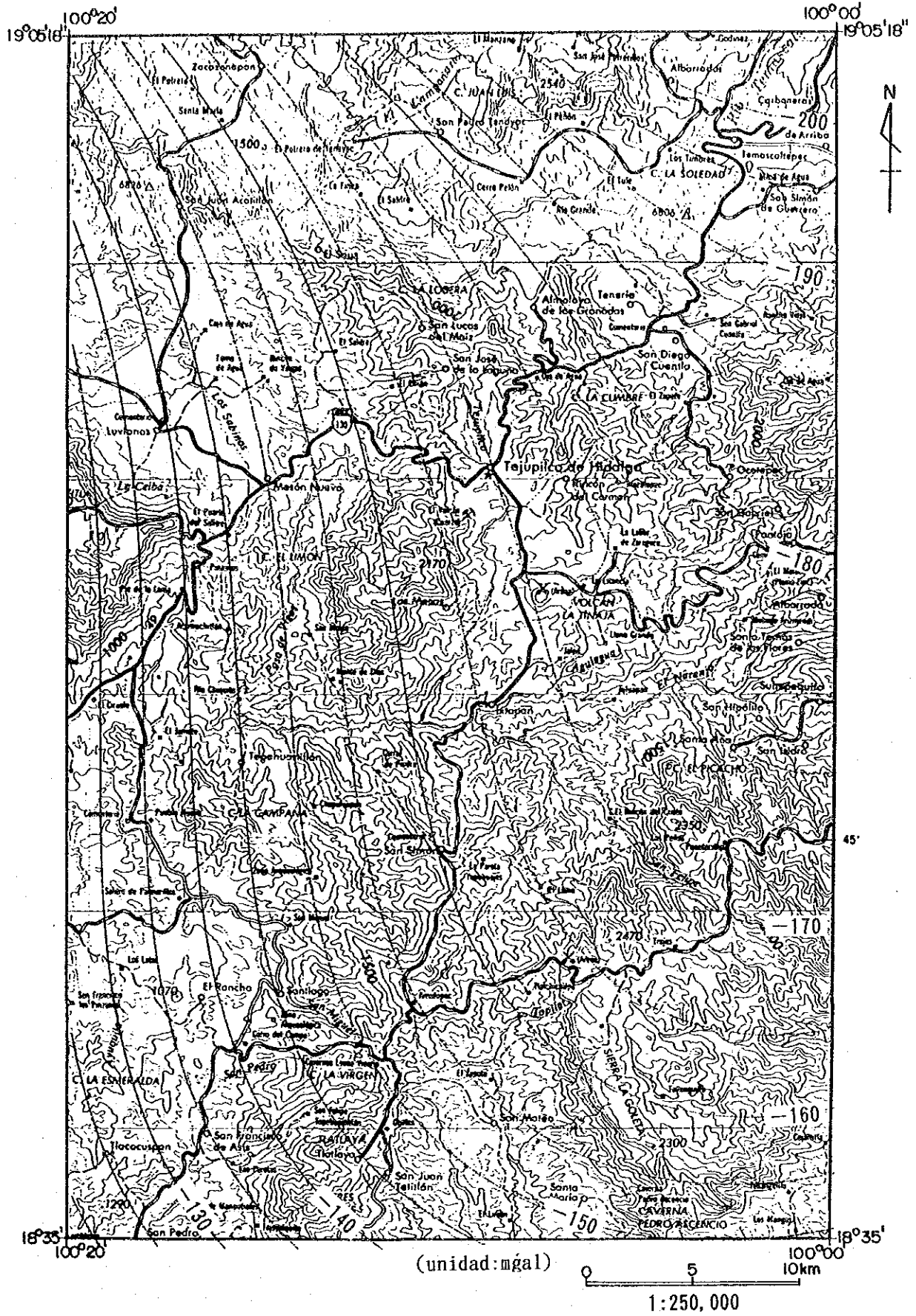
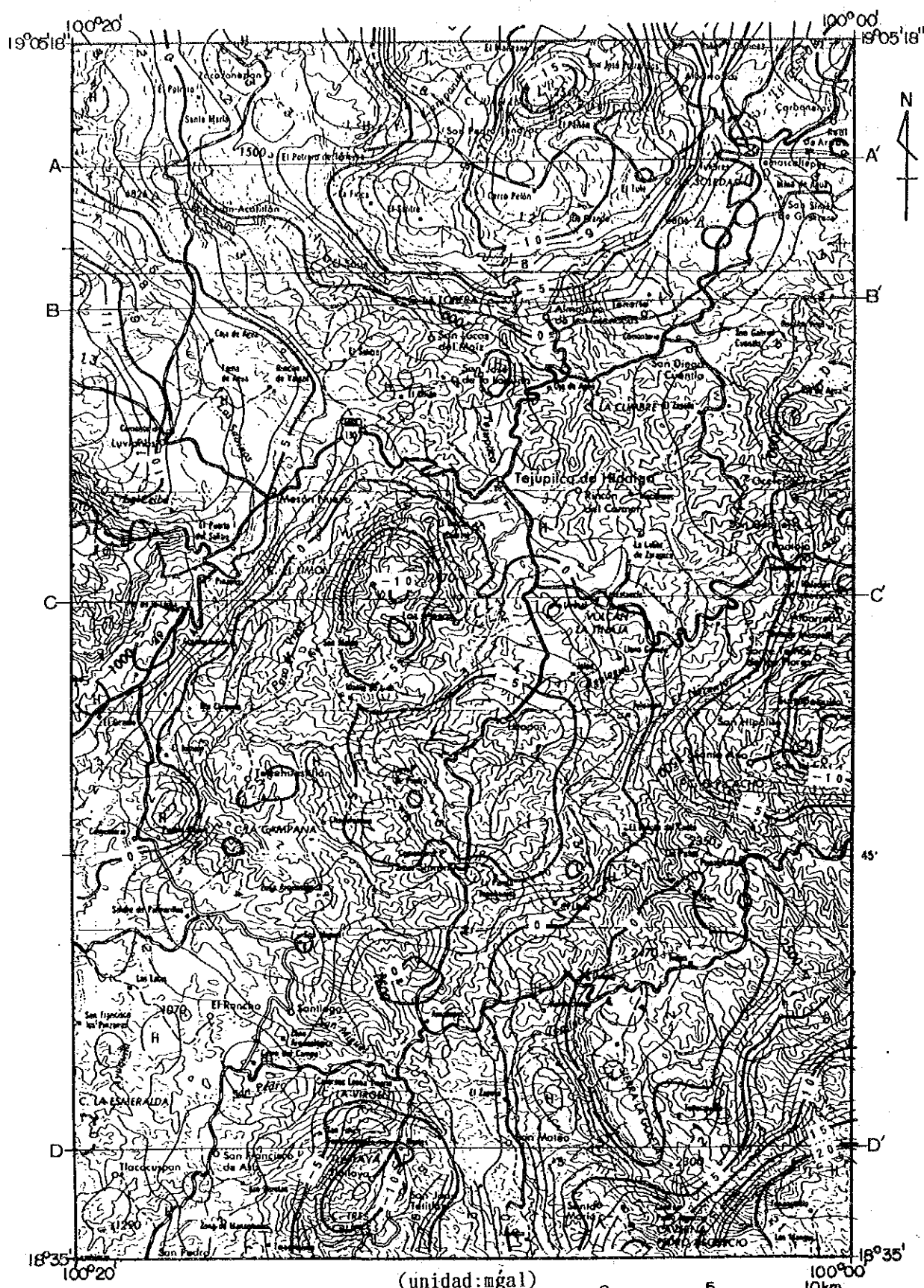


Fig.II-4-10 PLANO DE TENDENCIA TERCIARIA



(unidad:mgal) 0 5 10km

A-A' ~ D-D' : PERFIL DE ANALISIS

1:250,000

Fig.II-4-11 PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE PRIMARIA

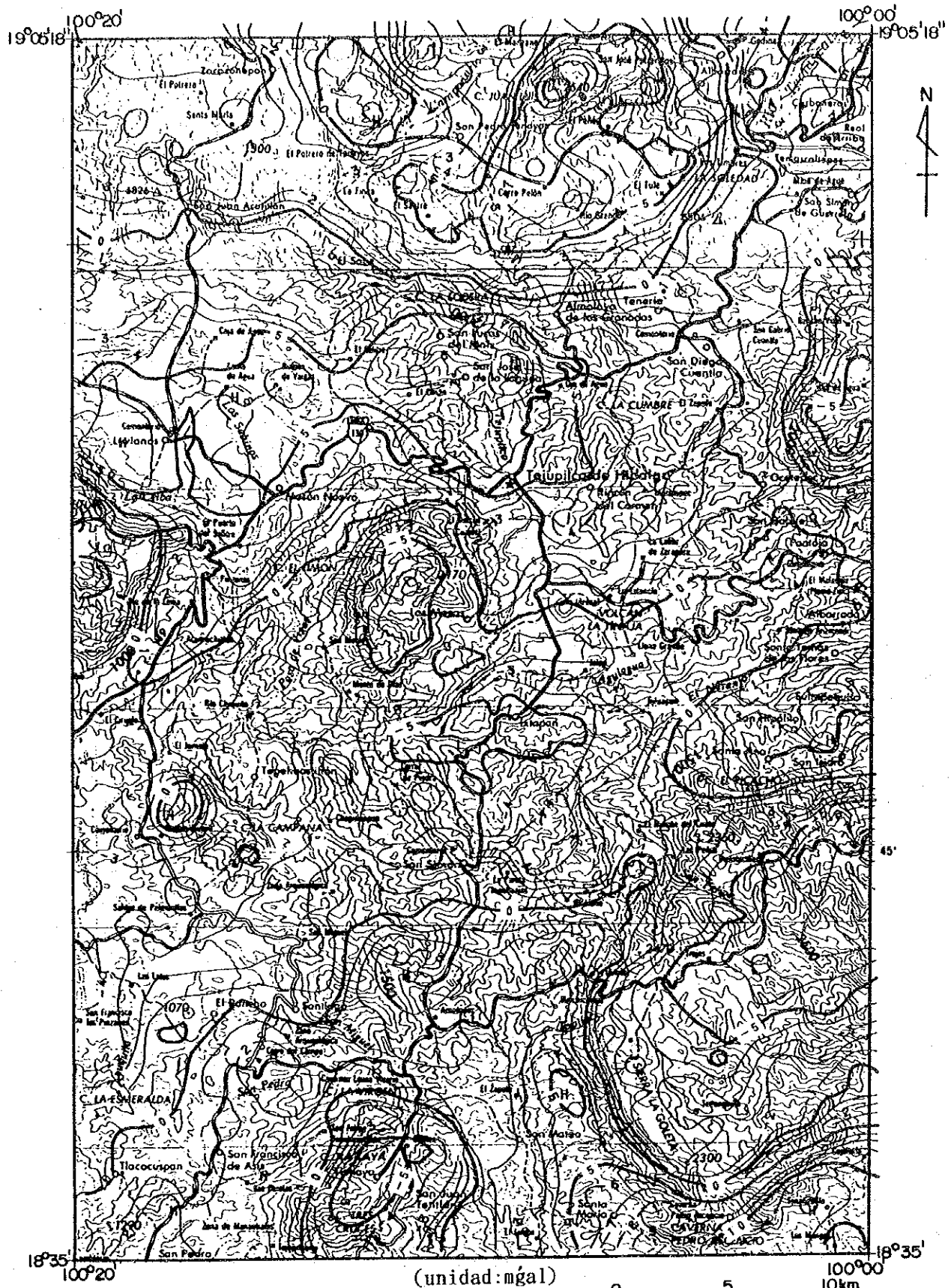


Fig.II-4-12 PLANO DE DIFERENCIA RESTANTE SECUNDARIA