

REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

---

CONVENIO INGEMMET - CNDC

**ESTUDIO GEOLOGICO TECTONICO  
DEL AREA DE LIMA**



---

DIRECCION DE GEOLOGIA REGIONAL

OCTUBRE 1981

REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

---

CONVENIO INGEMMET - CNDC

**ESTUDIO GEOLOGICO TECTONICO  
DEL AREA DE LIMA**



---

DIRECCION DE GEOLOGIA REGIONAL

OCTUBRE 1981

## CONTENIDO

### INTRODUCCION

1. Ubicación
2. Objeto del Estudio
3. Método del Trabajo
4. Participantes
5. Agradecimientos

### RASGOS GEOMORFOLOGICOS

1. Estructuras de la Cordillera Occidental
2. Zona de Lomas y Montes Islas
3. Planicies Costeras (conos de deyección)
4. Valles
5. Borde litoral

### ESTRATIGRAFIA

1. SECUENCIA VOLCANICO-SEDIMENTARIA (Grupo Puente Piedra)
  - 1.1 Volcánico Santa Rosa
  - 1.2 Formación Puente Inga
  - 1.3 Formación C<sup>o</sup> Chillón
  - 1.4 Formación La Pampilla
  - 1.5 Volcánico Ancón
  - 1.6 Grupo Puente Piedra Indiviso
  - 1.7 Características deposicionales y Estratigráficas del Grupo Puente Piedra.
2. SECUENCIA CLASTICA (Grupo Morro Solar)
  - 2.1 Formación Salto del Fraile
  - 2.2 Formación La Herradura
  - 2.3 Formación Morro Solar
  - 2.4 Formación Marcavilca
  - 2.5 Características Depositionales y Estratigráficas del Grupo Morro Solar.

3. SECUENCIA ARCILLO CALCAREA
  - 3.1 Formación Pamplona
  - 3.2 Formación Atocongo
  - 3.3 Características Depositionales y Estratigráficas de la Secuencia Arcillo-Calcárea.
4. SECUENCIA VOLCANICO-CLASTICA (Grupo Casma)
  - 4.1 Volcánico La Molina
  - 4.2 Volcánico Huarangal
  - 4.3 Volcánico Quilmaná
  - 4.4 Características Depositionales y Estratigráficas

#### ROCAS INTRUSIVAS

1. ROCAS HIPABISALES
2. ROCAS PLUTONICAS (El Batolito Costanero)
  - 2.1 Superunidad Patap
  - 2.2 Superunidad Santa Rosa
  - 2.3 Granitos Adamelitas
  - 2.4 Intrusiones Tardías

#### TECTONICA

1. CUADRO TECTONICO REGIONAL
2. EVOLUCION ESTRUCTURAL
  - 2.1 Fase de Compresión Intra-Cretácea
  - 2.2 Fase de Compresión del Terciario inferior (Fase Incaica)
  - 2.3 Fase de Compresión del Terciario superior
3. ESTRUCTURAS PRINCIPALES
  - 3.1 PLEGAMIENTO
    - 3.1.1 Anticlinal de Lima
    - 3.1.2 Sinclinal de Huarangal
    - 3.1.3 Sinclinal de Pachacamac
    - 3.1.4 Anticlinal Lomas del Manzano
    - 3.1.5 Anticlinal de Atocongo

3.1.6 Anticlinal de Manchay

3.1.7 Otros Pliegues

3.2 FRACTURAMIENTO

3.2.1 Sistema de Fallas Longitudinales

A. Fallas Mayores

a) Falla Pueblo Viejo

b) Falla Zapallal

c) Falla José Gálvez

d) Fallas: El Manzano y San Fernando

B. Fallas Menores

a) Falla Guardia Republicana

b) Falla La Pampilla

c) Falla C° Chillón

d) Falla C° Grande

e) Falla Santa Rosa

f) Falla La Grama

g) Falla Hda. La Molina

h) Falla Collique

i) Falla C° La Milla

3.2.2 Sistema de Fallas Transversales al plegamiento

A. En la zona del Morro Solar

a) Falla Chorrillos

b) Falla Salto del Fraile

c) Falla El Túnel

d) Falla La Chira

e) Falla Cuello de Villa

B. En la zona Norte de Lima (Región de Puente Piedra)

3.2.3 Fallamiento en el Batolito de la Costa

3.2.4 Diaclasamiento

3.3 DEFLEXION DE PUENTE PIEDRA

#### 4. MICROTTECTONICA

4.1 Introducción

4.2 Métodos

4.3 Análisis de Datos Microtectónicos

A. La fase de compresión del Cretáceo

B. Fase de Compresión del Terciario inferior

C. Fase de Compresión del Terciario superior

4.4 Diagramas Estereográficas

OBSERVACIONES GEODINAMICAS

CONCLUSIONES

ANEXO 1 - ESTRATIGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

## RELACION DE ILUSTRACIONES

- Fig. 1 Mapa de Ubicación
- Fig. 2 Mapa Geomorfológico
- Fig. 3 Mapa Geológico Estructural
- Fig. 3a Columna Estratigráfica
- Fig. 4 Perfiles Estructurales
- Fig. 5 Correlación de columnas estratigráficas
- Esquemas de Interpretación Estratigráfica:
- Fig. 6a Grupo Puente Piedra - esquema longitudinal
- Fig. 6b Grupo Puente Piedra - esquema transversal (Alt. P. Piedra)
- Fig. 6c Grupo Puente Piedra - esquema transversal (Alt. Piedras - Gordas km. 30 Panamericana Norte).
- Fig. 6d Grupo Morro Solar - esquema Lima - Lurín
- Fig. 7 Mapa Tectónico
- Fig. 8 Evolución Estructural de la Falla José Gálvez
- Mapas de Trayectoria de deformación:
- Fig. 9a Fase Intracretácea
- Fig. 9b Fase Terciario inferior
- Fig. 9c Fase Terciario superior
- Fig. 10 Deflexión Puente Piedra
- Fotografías.

# ESTUDIO GEOLOGICO-TECTONICO DEL AREA DE LIMA

## CAPITULO I - INTRODUCCION

### 1. Ubicación

La región estudiada se encuentra ubicada en la Costa Central del Perú, comprendiendo a la ciudad de Lima y los distritos marginales que bordean los márgenes occidentales de los valles del Chillón, Rímac y Lurín (Fig. N° 1) enmarcada dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

Por el norte entre los paralelos  $11^{\circ}45'$  y  $12^{\circ}00'$  de Latitud Sur y entre los meridianos  $76^{\circ}59'$  a  $77^{\circ}11'$  de Longitud Oeste.

Por el sur entre los paralelos  $12^{\circ}00'$  y  $12^{\circ}14'$  de Latitud Sur y entre los meridianos  $76^{\circ}46'$  a  $77^{\circ}00'$  de Longitud Oeste.

El área así cubierta comprende una superficie de  $1,100 \text{ km}^2$  aproximadamente.

### 2. Contenido y Objeto del Estudio

El trabajo se circunscribe a las rocas aflorantes del basamento pre-cuaternario que bordean los conos aluviales de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, comprendiendo hasta la Hacienda Trapiche, Chaclacayo y Cieneguilla respectivamente.

El estudio consiste en la determinación de las características litológicas de las unidades litoestratigráficas y cuerpos ígneos, sus relaciones y estructuras tales como plegamiento, fallamientos y fracturamientos que cartografiados a la escala 1: 25,000 permita conocer el marco tectónico del área, de acuerdo al convenio suscrito entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Comité nacional de Defensa Civil (CNDC).

### 3. Método de Trabajo

Para cumplir los objetivos fijados, se ha efectuado el relevamiento geológico empleando fotografías aéreas a escala 1: 25,000; la información recogida ha sido ploteada en los planos fotogramétricos a escala 1: 50,000, cuya base ha sido proporcionada por la Oficina de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura.

Asimismo, se han efectuado observaciones microtectónicas en 27 estaciones, ubicadas en los afloramientos más favorables para este análisis.

Para el cartografiado y descripción de los cuerpos intrusivos se ha seguido el patrón y nomenclatura establecida por el profesor Wallace Pitcher y el Dr. John Cobbing durante las investigaciones del Batolito de la Costa.

Con la información recogida y procesada en gabinete, se ha logrado interpretar las relaciones estratigráficas y estructurales de las unidades geológicas.

#### 4. Participantes

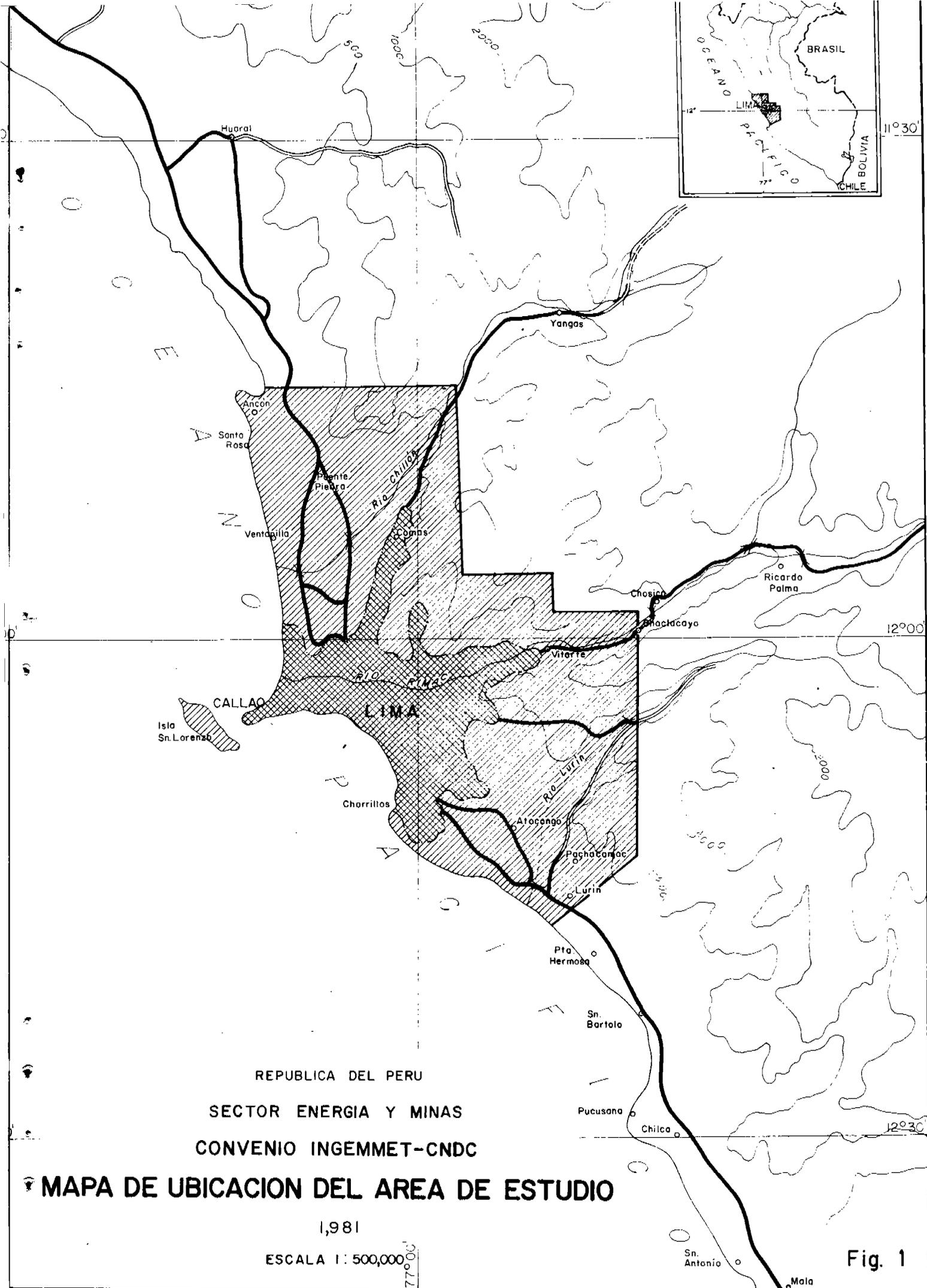
Este trabajo ha sido realizado con la participación de los siguientes profesionales:

Jefatura del Proyecto	:	Ing. Oscar Palacios M.
Supervisión	:	Ing. Julio Caldas V.
Mapa e Interpretación Tectónica	:	Ing. Manuel Montoya R.
Levantamiento Geológico Sector Norte	:	Ing. Manuel Montoya R. Ing. Anibal Lajo
Levantamiento Geológico Sector Sur	:	Ing. Oscar Palacios M. Ing. Guillermo Díaz H.
Redacción del Informe	:	Ings. Oscar Palacios y Manuel Montoya.

#### 5. Agradecimientos

Se deja constancia de nuestro reconocimiento al Ing. Gregorio Flores, Director General de Geología del INGEMMET y al Ing. Carlos Guevara, Director de Geología Regional, por la confianza depositada en el equipo de trabajo, así como por su apoyo al dictar las medidas necesarias para alcanzar los objetivos fijados.

Asimismo, nuestro agradecimiento al Sr. Edwin Casimiro Bravo, alumno del Programa Académico de Ingeniería Geológica de la U.N.M.S.M., por su colaboración en la elaboración de los diagramas microtectónicos y a los señores José Caveró L. y Fausto Liñán T. - egresados del mismo Programa, por su colaboración en el campo.



REPUBLICA DEL PERU  
 SECTOR ENERGIA Y MINAS  
 CONVENIO INGEMMET-CNDC

**MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

1,981

ESCALA 1: 500,000

**Fig. 1**

## CAPITULO II - RASGOS GEOMORFOLOGICOS

En el área estudiada se puede reconocer las siguientes unidades geomorfológicas (Fig. 2) :

1. Estribaciones de la Cordillera Occidental
2. Zona de lomas y montes islas
3. Planicies Costeras y Conos deyectivos
4. Valles
5. Borde litoral.

### 1. Estribaciones de la Cordillera Occidental

Corresponde a las partes más altas del área estudiada, las cuales están constituidas por las apófisis del Batolito de la Costa con su envolvente volcánico-clástico, formando una cadena de cumbres de relieve agrestes, disectada por una serie de quebradas secas.

### 2. Zona de lomas y montes islas

Contiguas a las estribaciones de la Cordillera Occidental, se encuentra la zona de Lomas que presenta un relieve más bajo, subordinando su topografía a la litología de las unidades geológicas y a los mantos de arena que las cubren, como es el caso del sector sur; desde Lurín, Pachacamac, Lomo de Corvina hasta los Pueblos Jóvenes y al Norte los cerros y lomas entre Ancón - Piedras Gordas - Ventanilla.

Las lomas labradas sobre las calizas y cuarcitas cretáceas presentan un relieve abrupto, las que se encuentran sobre arcillas y limolitas dan lugar a lomas redondeadas y las que están en rocas volcánicas (derrames y piroclásticos) presentan rasgos topográficos característicos con pendientes suaves o empinadas, según sea la resistencia al intemperismo. Asimismo, la coloración contrasta de gris blanquecino en suelos calcáreos, gris verdoso en los volcánicos, a gris cuando están cubiertos de arena y verdes por el desarrollo de algunos líquenes que cubren estas lomas durante el invierno, secándose en el verano, cambiando el color del suelo a gris oscuro por el humus.

También se ha considerado dentro de esta unidad los cerros como El Agustino, El Pino, La Regla, etc. que han quedado a manera de Islas dentro de una Llanura como testigos de haber resistido la labor erosiva.

### 3. Planicies Costeras y Conos Deyectivos

Constituyen amplias superficies y pampas cubiertas por material detrítico como arenas y gravas, provenientes mayormente del acarreo de los ríos (Chillón, Rímac y Lurín) y quebradas aledañas. Así tenemos, las pampas de Ancón, Del Canario y Piedras Gordas; la llanura aluvial del río Chillón (que se extiende desde la localidad Progreso hasta el borde litoral) donde se asienta el cono norte de Lima Metropolitana; la llanura aluvial del río Rímac (desde Vitarte hasta el Callao, La Punta y Chorrillos) donde se asienta la ciudad de Lima; y la llanura aluvial del río Lurín (desde Manchay hasta las playas de Conchán y San Pedro) donde se asienta las zonas de cultivo de Pachacamac y Lurín.

Estas tres llanuras aluviales forman una amplia planicie con depósitos interdigitados. Tanto al sur (Lurín) como al norte (Ancón), presentan dunas como productos del acarreo de arenas desde las playas por deflación en aquellas zonas con vientos predominantes de mar a tierra.

### 4. Valles

Esta unidad comprende los valles de los ríos Chillón, Rímac y Lurín a partir del vértice de sus conos deyectivos aguas arriba, donde se estrechan. Asimismo, se ha considerado dentro de esta unidad las quebradas Huarangal, Canto Grande, Jicamarca, Manchay, etc. conformantes de las cuencas de estos ríos, las mismas que presentan un clima árido, con un suelo tapizado con depósitos coluviales y materiales de poco transporte provenientes de las estribaciones de la Cordillera Occidental.

### 5. Borde Litoral

La configuración del borde litoral muestra puntas, bahías y ensenadas donde se han formado playas por acumulación de arenas acarreadas por estrechas corrientes litorales o por deriva litoral.

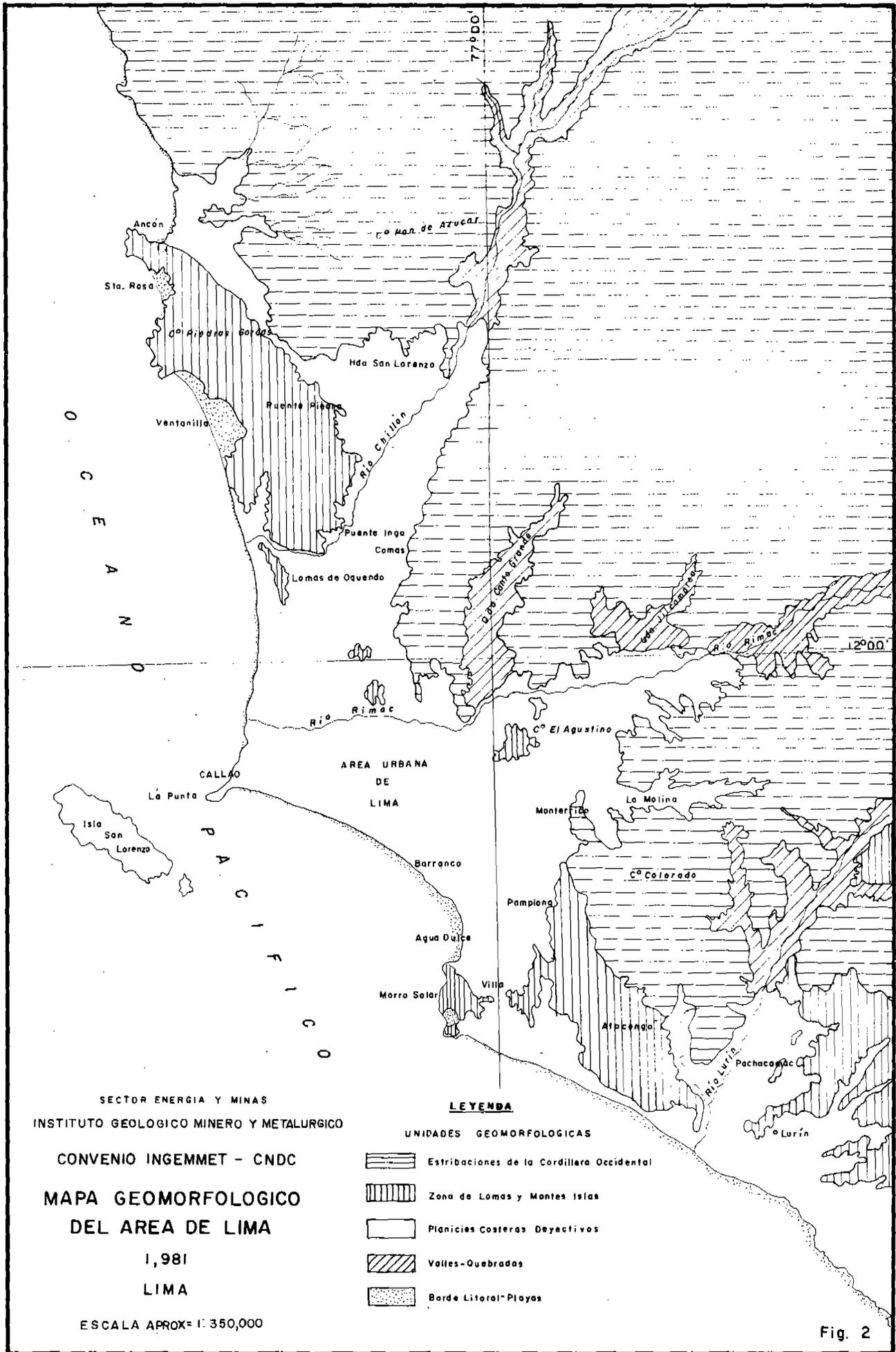
Donde las rocas ofrecen mayor resistencia, la configuración se hace mas irregular conformando acantilados como se puede observar en el sector de Piedras Gordas en el norte, y en el Paso de la Araña entre las playas Herradura y La Chira.

Entre La Punta y el Morro Solar se ha formado una terraza, que va tomando mayor altura de norte a sur, adquiriendo un mayor desarrollo en Miraflores donde estaría situada la parte central del cono deyectivo del río Rímac.

Las principales playas formadas en pequeñas bahías y ensenadas son Ancón, Santa Rosa, Ventanilla, La Punta, la Costa Verde (Barranquito, Agua Dulce, La Herradura) y la Chira. Al sur de esta última, la playa es baja y abierta configurando una línea casi recta hasta San Bartolo.

La morfología del borde litoral tiene un control estructural y litológico dado por la erosión marina diferencial.

\*\*\*\*\*



### CAPITULO III - ESTRATIGRAFIA

Del estudio estratigráfico y sedimentológico del área de Lima - se puede separar cuatro ciclos sedimentarios, con secuencias litológicas definidas dentro de los que se pueden diferenciar varias unidades litostratigráficas, que han podido ser cartografiadas con la categoría de Formaciones (Fig. 3).

Estos ciclos que en los tiempos geológicos van desde el Jurásico superior hasta el Cretáceo medio y superior son:

- 1) Secuencia volcánico-sedimentaria (Grupo Puente Piedra) que agrupa a las formaciones: Santa Rosa, Puente Inga, Cerro Chillón y La Pampilla.
- 2) Secuencia clástica (Grupo Morro Solar) que agrupa a las formaciones: Salto del Fraile, Herradura, Morro Solar y Marcavilca.
- 3) Secuencia arcillo-calcárea, dentro de la que diferenciamos las formaciones: Pamplona y Atocongo.
- 4) Secuencia volcánico-clástica (Grupo Casma) que incluye a los volcánicos La Molina, Huarangal y Quilmana.

#### 1. SECUENCIA VOLCANICO-SEDIMENTARIA: GRUPO PUENTE PIEDRA

Corresponde al ciclo sedimentario acompañado de actividad volcánica que ocurre entre el Jurásico superior y el Cretácico inferior. - Se le encuentra muy bien desarrollado en el sector norte de Lima, comprendiendo sus afloramientos continuos desde el Aeropuerto Internacional hasta Ancón y de oeste a este desde el borde litoral hasta las estribaciones de la Cordillera Occidental bordeando el valle del Chillón.

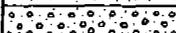
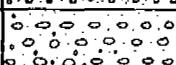
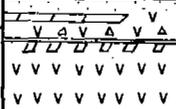
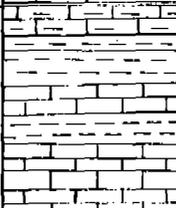
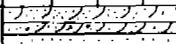
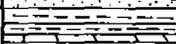
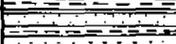
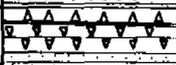
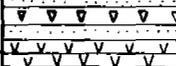
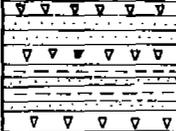
Como se puede objetivisar en el esquema N° 6a, b, c su mayor grosor lo alcanza entre la Playa Santa Rosa, Ventanilla, Puente Piedra y Carabaylo.

Su litología en detalle se describe en el Apéndice Estratigráfico. Comprende de base a techo las siguientes unidades:

##### 1.1 Volcánico Santa Rosa

Es la unidad mesozoica más antigua que aflora en el área estudiada, constituyendo la base de toda la columna geológica de Lima.

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL AREA DE LIMA

EDAD		UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION	GROSOR APROX.m.			
<b>M E S O Z O I C O</b>	<b>CENOZOICO</b>	<b>CUATERNARIO</b>	Dep. eólico		Arenas			
			Dep. playa		Conglomerado y arenas			
			Dep. aluviales		Conglomerados, arenas y arcillas			
	<b>M E S O Z O I C O</b>	<b>CRETACICO</b>	<b>Grupo Casma</b>	Volc. Quilmana		Metavol. oscuros Lavas andesíticas a dacíticas aveces porfiroides de color gris verdoso a oscuro en estructura masiva.	500	
				Volc. Huarangal		Piroclásticos andesíticos Piroclásticos y areniscas piroclásticas Calizas; grauvacas y chert.	500	
				Volc. La Molina		Aglomerados, volcánico brechoide andesítico, Lavas andesíticas gris verdosas.	300	
			<b>Serie Arcilla Calcareo</b>	Fm. Atocongo		Calizas en bancos gruesos, gris azulinas Calizas gris verdosas, en la base oscura Limonitas gris oscuras y bancos de chert.	350 a 400	
				Fm. Pamplona		Margas grises con disyunción pizarrosa. Lutitas rojo amarillentos, ferruginosas Calizas margosas Lutitas limosas abigarradas. Calizas gris oscura intercaladas con lutitas limosas.	600 a 700	
				<b>Gpo. Morro - Solar</b>	Fm. Marcavilca		Cuarcita gris blanquesino cemento silíceo ferrug. interc. con areniscas cuarzos y lutitas rojas	400 a
					Fm. Morro Solar		Lutitas gris verdosa y negras carbonosas en la base. Cuarcitas con lutitas limosas gris verdosas.	500
					Fm. Herradura			
					Fm. Salto del Fraile			
				<b>Grupo Puente Piedra</b>	Fm. La Pampilla		Piroclásticos en bancos gruesos y chert. Areniscas piroclásticas, de grano fino	150
Fm. C° Chillón		Piroclásticos, areniscas, piroclást. chert. y ocasionalmente Lavas andesíticas.	200					
Fm. Puente Inga		Piroclásticos intercalados con niveles de lutitas y areniscas tobáceas gris a blanquesino.	500					
Volc. Sta. Rosa		Piroclásticos ocasionalmente limonitas y bancos de chert. Brechas piroclásticas Lavas andesíticas text. porfiroides.	400 a 500					

Escala vertical aprox. 1: 25,000

Su nombre deviene de la exposición típica que aflora en la Urbanización Santa Rosa al pie del cerro Señal Vela.

Litológicamente está constituida por rocas volcánicas como de rames andesíticos porfiroides en la base, seguido de brechas piroclásticas, piroclastos andesíticos, ocasionalmente limolitas y niveles de chert con areniscas en la parte alta.

Aflora a lo largo de la carretera Panamericana Norte desde el desvío de Ventanilla hasta Naranjal, constituyendo el núcleo del - Anticlinal de Lima. Se encuentra afectada por la falla Guardia Republicana y por la inflexión de Puente Piedra variando el rumbo - de sus capas de norte - sur a norte  $30^\circ$  y  $40^\circ$  al oeste, justamente en la localidad de Puente Piedra (ver mapa geológico Fig. 3).

Su grosor total se estima entre 350 a 500 m. (ver Apéndice Estratigráfico).

### 1.2 Formación Puente Inga

Descansa concordante sobre el volcánico Santa Rosa y está constituida por rocas arcillo-tobáceas, destacando lutitas y areniscas tobáceas con niveles piroclásticos de composición andesítica, los que se van adelgazando hasta perderse lenticularmente. En la parte superior destaca una secuencia de areniscas piroclásticas en estratificación delgada, la misma que se muestra replegada por efectos del plegamiento regional (ver Foto N° 1).

Su mayor exposición se encuentra en la localidad homónima, al pie del río Chillón de donde se extiende al norte, sufriendo también inflexión al noroeste en Puente Piedra, para pasar lateralmente al Volcánico Ancón en la localidad de Piedras Gordas (ver mapa geológico - Fig. 3). Se encuentra afectada por la falla inversa Cerro Chillón.

Su grosor se estima en 500 m. aproximadamente (ver Apéndice Estratigráfico).

### 1.3 Formación Cerro Chillón

Concordante sobre la Formación Puente Inga y extendiéndose - paralelamente se tiene a la Formación Cerro Chillón, la que alcanza su mayor desarrollo en la parte alta del cerro del mismo nombre. Tenemos otras exposiciones que se les puede encontrar en los cerros Islas como cerro Candela, cerro La Regla, cerro Mullería y Cerro La Milla.

Contiene rocas volcánicas piroclásticas, areniscas piroclásticas, chert y ocasionalmente rocas lávicas andesítico-basálticas, presentándose toda esta secuencia con una estratificación de mediana a gruesa y que por intemperismo pasa a una coloración gris verdoso a oscuro. Esta formación es afectada por la falla Cerro Chillón y la falla Cerro La Milla.

Su grosor se ha estimado en 150 m. (ver Apéndice Estratigráfico).

#### 1.4 Formación La Pampilla

Esta formación que descansa concordante sobre la unidad anterior, aflora en la parte mas occidental, entre playa Márquez y playa Ventanilla, alcanzando su mayor exposición en el sector de La Pampilla.

La secuencia litológica presenta en la base areniscas de grano fino en estratificación delgada, rítmicamente bandeadas, conteniendo abundante pirita; hacia la parte superior una secuencia más gruesa constituida por rocas chérticas de color blanquecino y de aspecto bandeado, piroclásticos en bancos gruesos, los que hacia el oeste se van adelgazando, asimismo areniscas de grano grueso, con matriz tobácea que presentan una coloración amarillenta. Hacia el techo: se hace conspicua una secuencia piroclástica gruesa con elementos que llegan hasta el tamaño de bloques. Se encuentra afectada a lo largo de su rumbo (norte-sur) por la falla La Pampilla.

Su grosor se estima entre 180 a 200 m. (ver Apéndice Estratigráfico).

#### 1.5 Volcánico Ancón

Hemos denominado como Volcánico Ancón a la parte media y superior del grupo Puente Piedra que se expone ampliamente en el sector noroccidental del área estudiada (C° La Cruz en Ancón, C° Piedras Gordas, Balneario Santa Rosa, C° Orara, C° Loma Larya) constituido por rocas volcánicas (ver mapa geológico Fig. 3). Dentro de la estratigrafía de Lima esta unidad ha sido conocida como Formación Piedras Gordas, sin embargo en el presente trabajo se ha preferido llamar como "Volcánico Ancón" por estar mayormente constituido de rocas volcánicas y ser la localidad de Ancón donde presenta su exposición mas completa.

La secuencia litológica de la base consiste de areniscas piroclásticas seguidas arriba de derrames andesíticos porfiroides gris

verdosos, bien estratificados y con disyunción prismática; le sigue hacia la parte media de la columna areniscas y brechas piroclásticas finas con elementos líticos de 3 a 10 mm., estratificados, en lechos delgados, variando el tamaño de los elementos a más grandes hacia la parte superior; siguen brechas piroclásticas gruesas conteniendo elementos angulosos de hasta 0.20 m., andesitas micro porfiroides, alternando con bancos masivos de derrames andesíticos amigdaloides.

Sus afloramientos se encuentran cubiertos por un manto cuaternario eólico que impide observar sus relaciones dentro del Grupo Puente Piedra; sin embargo afloramientos de este grupo en Ventanilla y Hda. Gallinazos permite interpretar los cambios de facies laterales como por ejemplo el Volcánico Ancón que mas al sur pasa a ser el equivalente lateral de la Formación Puente Inga.

El Volcánico Ancón está afectado por la falla Cerro Grande y así en el lado sur oriental del Cerro Orara las capas sufren un replegamiento por efecto de arrastre de esta falla. Su grosor total se estima en algo más de 900 m. y su edad al igual que la Formación Puente Inga debe estar entre el Titoniano a Berriasano esto es Jurásico-Cretácico inferior.

#### 1.6 Grupo Puente Piedra Indiviso

Se ha considerado como indiviso a la secuencia que pertenece al grupo Puente Piedra y que aflora en el sector este del valle del Chillon; en la que todas las unidades del sector occidental se confunden en una sola. Allí las rocas están constituidas por areniscas piroclásticas, intercaladas con limolitas y lutitas tobáceas, blanco violáceas y amarillentas las que hacia la parte media de la columna se hacen muy conspicuas (ver esquema fig. 6 b). A la parte superior le sigue secuencias pelíticas como arcillas y areniscas arcillosas gris rojizas a violáceas (ver Foto N° 2).

Asimismo al sur en el valle de Lurín se tiene una secuencia de rocas volcánicas piroclásticas de color gris verdoso claro de grano grueso a veces brechoides, de composición andesítico a dacítico, mostrando cuarzo y plagioclasas como minerales esenciales. Hacia la parte superior, se intercalan limolitas tobáceas gris clara a verdosa en capita delgada y que por interemperismo ofrece coloraciones violáceas, dando un suelo blanquecino cenizo en partes por descomposición de los minerales carbonatados que pueden contener. Su afloramiento constituye el núcleo del anticlinal de Los Manzanos afectado por dos fallas inversas descritas en el capítulo de Tectónica. (Fallas El Manzano y San Fernando).

Durante el levantamiento geológico del cuadrángulo de Lurín O. Palacios (1972) encontró algunos ejemplares como *Leptoceras s.p.* e *Inoceramus* que indican la presencia del Berriasiano.

El grosor total del grupo Puente Piedra varía entre 200 y 500 m. hasta cerca de 1000 m. o más cuando se encuentra toda la secuencia completa.

### 1.7 Características Depositionales y Estratigráficas del Grupo Puente Piedra.

Este ciclo deposicional se caracteriza por una intensa actividad volcánica de tipo piroclástica en un medio submarino con un fondo limoso y pelágico que dá lugar a finas arcillas, las que luego son endurecidas'.

De las observaciones e interpretación en las columnas litológicas del grupo Puente Piedra en diversos lugares del sector norte de Lima, se puede concluir que las variaciones laterales se dan tanto de oeste a este como de norte a sur, tal como se puede observar en los esquemas N.º 6a, 6b y 6c. De su análisis, podemos inferir la presencia de un foco volcánico al norte entre Ancón, Piedras Gordas y Santa Rosa; cuyos materiales efusivos constituídos por derrames y piroclásticos como brechas y cenizas se van haciendo más delgadas hacia el sur y hacia el este, para interdigitarse con facies arcillosas y areniscosas, producto de una sedimentación habida durante intervalos de inactividad volcánica en un medio marino de relativa profundidad y quietud.

Otro foco volcánico lo tendríamos al sur del río Chillón, cuyas manifestaciones constituídas igualmente por derrames piroclásticos se exponen en los cerros Milla y Mullería. Estos depósitos - que también se asentaban como capas en un medio marino, lateralmente se adelgazan para interdigitarse con los sedimentos arcillosos que se ha reconocido como Puente Inga y La Pampilla.

Debido a estos cambios de facies laterales es, que teniendo en la columna estratigráfica del grupo Puente Piedra cuatro formaciones a saber de abajo arriba: Santa Rosa, Puente Inga, Cerro Chillón y La Pampilla, estas tres últimas pasan al norte a constituir el Volcánico Ancón (conocido en trabajos anteriores como volcánicos Piedras Gordas), el mismo que sobreyace concordante a rocas volcánicas de Santa Rosa equivalente lateral de la secuencia descrita en su localidad típica.

Estos cambios que se dan longitudinalmente (ver esquema 6a) se dan asimismo transversales (esquema 6b y c) y entonces las facies volcánicas y de areniscas gruesas de la margen occidental - pasan a secuencias pelíticas hacia el este.

## 2. SECUENCIA CLASTICA (GRUPO MORRO SOLAR)

Corresponde al segundo ciclo sedimentario, el mismo que siguió al sedimentario-volcánico descrito anteriormente, con sedimentos de facies neríticas litorales y hasta probablemente deltaicas, predominando las areniscas que pueden ser blanco amarillentas rojizas, violáceas, verdosas y grises, con grano que varía de tamaño mediano a fino a veces grueso y de composición mayormente cuarzosa, llegando a cuarcitas típicas con bordes traslucidos y a veces feldespáticas.

Se desarrolla en tiempos tempranos del Cretáceo inferior (Piso Valanginiano) su exposición más conspicua se encuentra en el Cerro Morro Solar en Chorrillos, donde se puede diferenciar las formaciones Salto del Fraile, La Herradura, Morro Solar y Marcavilca.

Sus afloramientos se les encuentra desde el sector noreste de Puente Piedra y a ambas márgenes del valle del Chillón, hasta el valle de Lurín en el sur (ver mapa geológico) aunque en muchas de sus exposiciones no está toda la serie completa.

Se describe cada una de las formaciones mencionadas habiéndose adoptado la terminología ~~empleada~~ en el trabajo de J. Fernández Concha: "Geología del Morro Solar" (1958), teniendo en cuenta que el mismo está publicado y conocido, evitando en el presente trabajo cambios en las denominaciones que podrían ser justificables, pero que dados los fines que se persiguen en este estudio podrían dar lugar a confusión.

Sin embargo, es necesario dejar constancia que el nombre de Formación o Miembro Morro Solar no son compatibles de acuerdo al código estratigráfico. De igual modo sucede con la denominación de Miembro La Herradura y el de Formación La Herradura, por lo que en trabajos especializados futuros es justificable tal cambio en la terminología empleada para este grupo.

### 2.1 Formación Salto del Fraile

Está constituida principalmente por cuarcitas recristalizadas, areniscas cuarzosas que denotan una sedimentación en un medio litoral poco profundo, evidenciado por la estratificación cruzada

que destaca en sus bancos, los mismos que son competentes. Se intercalan niveles lutáceos gris azulados a verdoso que muestran estructuras de sobrecarga debido al peso de las capas superiores.

Sus afloramientos se destacan en el flanco norte del Cerro Morro Solar, formando los acantilados entre las playas de Agua Dulce y La Herradura, constituyendo la base de la secuencia clástica que allí se levanta (Foto N° 3).

Hacia el norte aflora en la margen occidental del Cerro Paredes y en cambio hacia el sur no aflora por lo que podría inferirse su desaparición lenticular, lo que no está comprobado.

Su grosor se estima aproximadamente en 100 m.

## 2.2. Formación La Herradura

Representa un corto período de transgresión debido a que cambian las condiciones de la cuenca sedimentaria a una mayor profundidad como lo atestiguan las lutitas finamente estratificadas que caracteriza a esta formación.

Esta unidad está constituida por clásticos finos oscuros carbonosos de ambiente reductor, siendo más arcillo-carbonoso en la parte inferior.

La formación La Herradura es la unidad incompetente de la serie y esto se ve favorecido por su contenido de sales como yeso y cloruro de sodio, probablemente producto de procesos diagenéticos en un medio salino.

J. Fernández Concha (1958) reconoció en esta formación dos miembros cuya litología se describe sintéticamente.

Miembro La Virgen. - Con lutitas gris oscuras y negras en estratificación fina, laminados, fisibles y carbonosos con contenido de pirita y nódulos calcáreos achatados. Se intercalan areniscas gris oscuras a veces amarillentas de composición cuarzosa, conteniendo sales. En total se ha calculado de 50 a 60 m. y sus exposiciones se encuentran en la falda NW del Morro Solar, debajo de la estatua de La Virgen.

Miembro Herradura. - En contacto gradacional sobre el miembro La Virgen y parcialmente cubierto se tiene areniscas cuarzosa verdosa a amarillentas laminadas en estratificación delgada en la parte inferior y gruesa en la parte superior, siguiéndoles lutitas gris

a negras, intemperizando a marrón rojizo, en partes nodulosas y en la parte alta calizas gris oscuras en estructura pizarrosa, que marcan el límite con la formación Morro Solar.

Su grosor se estima entre 60 a 70 m.

### 2.3 Formación Morro Solar

Esta unidad se caracteriza por un cambio gradual de la facie arcillosa (formación La Herradura) a una facie areniscosa, reconocida por J. Fernández Concha (1958) como miembro Morro Solar dentro de la Formación Marcavilca. Aquí lo elevamos a la categoría de Formación porque regionalmente mantiene características litológicas propias de ser areno arcillosa, a diferencia de la Formación Marcavilca que es más areniscoso-cuarcítico.

Su litología presenta intercalaciones de areniscas en bancos delgados con niveles lutáceos pasando de color oscuro en la parte inferior a coloración rojiza en la parte superior, areniscas abigarradas con tubos de anélidos, y hacia el techo areniscas cuarzosas pasando a cuarcitas interestratificadas con niveles limolíticos gris verdoso.

Su grosor se estima en 65 m.

### 2.4 Formación Marcavilca

Esta formación está constituida por las rocas más competentes, duras y compactas de toda la serie clástica, incluye a los miembros Marcavilca y La Chira de J. Fernández Concha (1958). Su litología corresponde a facies litorales y de aguas agitadas por corrientes como lo demuestra la clasificación del grano en las cuarcitas y la estratificación cruzada conspicua.

La roca predominante es la cuarcita, gris blanquecina con cemento silíceo variando en algunos horizontes a rosado violáceo, de grano medio a grueso y hasta microconglomerádico. En menor proporción lutitas con marcado color ocre por las oxidaciones ferruginosas (presencia de limonita). Hacia la parte superior, las areniscas de La Chira son cuarcíticas, blancas, sacaroideas, con estratificación cruzada bien marcada. Presentan óxidos de fierro en forma de motitas de limonita que le da un color chocolate y da lugar a que se disgreguen fácilmente.

Esta formación forma el techo de la terminación periclinal del anticlinal de Lima entre el Morro Solar, Villa y La Campiña.

Su espesor total se ha estimado en 150 m.

## 2.5 Características deposicionales y estratigráficas del grupo Morro Solar.

Se caracteriza por cambios litológicos verticales: así de secuencias de mares neríticos en la parte inferior (Formación Salto del Fraile) se pasa a facies de aguas más profundas (Formación Herradura Foto N° 4) para regresar a secuencias neríticas, casi de playa en la parte superior (Formaciones Morro Solar y Marcavilca). Esto nos atestigua que hubo movimientos oscilatorios verticales - que bajaban y subían el piso de la cuenca; dando lugar a cambios litológicos en lo vertical, sin embargo lateralmente mantiene cierta uniformidad y si se dan cambios estos no son abruptos.

En el cerro Morro Solar las exposiciones de las formaciones - que conatituyen este grupo nos muestran a la Formación Salto del Fraile en la base de la secuencia; fuera de este lugar su afloramiento sólo es atestiguado con cierta similitud litológica en el flanco occidental del Cerro Paredes. Hacia el sur, como se ha dicho antes podría desaparecer lenticularmente o pudiera ser que cambie de facies; en todo caso no se ha comprobado su afloramiento (Ver Esquema N° 6d).

La formación La Herradura si denota ligeros cambios laterales y así por ejemplo hacia el sureste de Lurín, pasa de una secuencia lutácea a areniscas finas negras y limolitas oscuras que se desarrollan en el valle de Lurín entre Cerro Tomina y Las Lomas de los Manzanos.

La formación que mantiene una mayor uniformidad litológica lateral, evidenciada a través de sus exposiciones son las formaciones Morro Solar y Marcavilca cuyas rocas nos atestiguan una deposición nerítica primero, con areniscas y lutitas, para posteriormente hacerse mas litoral con deposición de cuarcitas y areniscas que indican un proceso regresivo (Foto N° 8).

En Rinconada de Lurín, detrás del Cerro Papa, sobre la secuencia cuarcítica de Marcavilca se presentan sedimentos rojizos como areniscas, que varían de grano fino a microconglomerádico y mostrando una sedimentación laminar fina, en la que se aprecia estratificación cruzada microlaminar. Esto nos estaría indicando ya un nuevo cambio en las condiciones deposicionales siendo probablemente estas secuencias rojizas con abundante fierro el paso gradacional a la Formación Pamplona.

### 3. SECUENCIA ARCILLO-CALCAREA

Concordante sobre la secuencia descrita se deposita la serie - arcillo-calcárea marcando una transgresión que se inicia con la formación Pamplona y que alcanza su pleno desarrollo con la formación Atocongo. El espesor total de toda esta secuencia es considerable y se le puede observar en el flanco oriental del anticlinal de Lima, distribuyéndose sus exposiciones desde Repartición, Caudivilca, Cerro El Agustino, Cerro Pino, Cerro Cascajal (Monterrico) donde tiene su mayor espesor y extendiéndose al sur por San Juan, la Tablada de Lurín, Atocongo, Pachacamac hasta el valle de Lurín.

#### 3.1 Formación Pamplona

Su reconocimiento se hace característico por su litología eminentemente arcillo-calcárea constituida en la base por calizas gris oscuras en bancos delgados intercalando con limolitas arcillosas - de coloraciones abigarradas (rojizo, ocre pasando a amarillo y en partes verde azulado). Se continúan margas que presentan una disyunción pizarrosa y también niveles arcillo-limosos de predominante color rojo amarillento, por el contenido limonítico (Foto N° 8). Hacia la parte superior se repiten calizas gris oscuras en bancos delgados, limolitas y algunos niveles de arcillas tobáceas de color blanquecino en parte rojizo).

Esta formación se comporta como una unidad muy plástica, mostrando estructuras sedimentarias interesantes tal como pliegues - "chevron" formados en las lutitas y calizas que se observan detrás del grifo Conchán a la altura del km. 29 de la Panamericana Sur - (Foto N° 10). Allí mismo se observa estructuras de sobrecarga - (Foto N° 11). Más al sur y al este de Lurín, detrás del cerro Papa muy cerca al contacto Marcavilca - Pamplona se observa estructuras de "mud ball" originadas por el endurecimiento de lodos calcáreos y hundidos en los sedimentos aún inconsolidados.

De otro lado la tectónica de macroplegamiento y fallamiento que afecta el área de Lima ha ocasionado en estas rocas micropliegues, pliegues de arrastre y microfallas que son descritas en el capítulo de Tectónica.

Su mayor grosor calculado en el Cerro Cascajal entre las Casuarinas y Pamplona Alta es de aproximadamente 700 m.

#### 3.2 Formación Atocongo

Esta formación es eminentemente calcárea, siendo así que las

formaciones Pamplona y Atocongo forman un ciclo sedimentario - ininterrumpido, el contacto entre ambas es gradacional, notándose desde los estratos superiores de Pamplona la presencia de chert, - interestratificada con calizas, el mismo que en la secuencia inferior de Atocongo se muestra en capas regularmente gruesas que - desaparecen lateralmente, .

La secuencia litológica de la formación Atocongo que se observa en el C.º San Francisco (Monterrico), es de limolitas gris oscuras en capas delgadas formando paquetes que se intercalan con calizas gris verdosas a gris oscuras, margosas, alterando las limolitas a color rojizo por la presencia de minerales ferruginosos que se oxidan. Litología parecida se observa en Puente Machay donde se ha considerado como miembro inferior de Atocongo a una secuencia - de aproximadamente 300 m. de calizas oscuras y limolitas con la presencia de capas de chert.

La parte superior de la formación Atocongo presenta calizas en bancos masivos siendo la roca de color gris azulino oscuro, intercalada con otra gris clara y verdosa y textura de grano fino casi - afanítica.

En la localidad de Atocongo, su contacto con la formación Pamplona es fallado, estando además intruída por cuerpos granitoides del Batolito, lo cual impide observar la secuencia completa.

Su grosor total debe alcanzar de 250 a 300 m.

### 3.3 Características deposicionales y estratigráficas de la secuencia arcillo-calcárea.

Este ciclo marca el inicio de una nueva transgresión y a medida que pasa el tiempo va alcanzando mayor desarrollo a la vez que la cuenca va profundizándose paulatinamente.

Del estudio litoestratigráfico en las secciones descritas de la - formación Pamplona tanto al norte como al sur se puede observar que sus espesores varían probablemente debido a cambios en los paleorelieves de la cuenca.

Su facies inferior constituída por caliza gris oscura, limolitas laminadas de colores rojizo amarillento por su contenido de fierro y margas, marca el inicio de otro período de transgresión. Esta facies se mantiene casi constante por el norte hasta Puente Piedra y Carabayllo y por el sur hasta Lurín; más allá (fuera del área estudiada) su litología muestra una mayor influencia volcánica, -

proveniente del sector de Chilca donde se podría ubicar otro foco volcánico, el que probablemente se mantuvo latente durante el Neocomiano.

Los cambios de espesores que se muestran en algunos casos obedecen también a fallas tal como ocurre en el Cerro Paredes (al norte de Puente Piedra).

Los sedimentos de la formación Pamplona constituídos principalmente por calizas a veces órgano-detríticas, arcillas finas y abundante yeso singenético nos sugiere un mar nerítico salino de poca profundidad y relativamente tranquilo, el mismo que profundizó posteriormente durante la deposición de las calizas Atocongo. Asimismo precipitaciones silíceas a manera de geles, caracteriza sus ambientes.

La presencia de abundante material chértico, así como la uniformidad y naturaleza rítmica de la estratificación en los bancos de chert, las brechas intraformacionales producidas por asentamiento y la ausencia de pruebas de reemplazamiento nos lleva a la hipótesis de un origen singenético para ellos, contemporáneo con la sedimentación y la prelitificación.

#### 4. SECUENCIA VOLCANICO-CLASTICA (GRUPO CASMA)

Esta secuencia reconocida regionalmente a lo largo de la costa central y norte del Perú agrupa a una serie de formaciones con nomenclaturas locales que obedecen a características propias de cada zona.

Ciñéndonos dentro del marco cronoestratigráfico establecido para el grupo Casma, en el área de Lima tenemos unidades volcánico-sedimentarias post formación Atocongo que las podemos ubicar dentro de este grupo; así tenemos:

##### 4.1 Volcánico La Molina

Su denominación corresponde a una secuencia volcánica entre la Hda. La Molina y la quebrada Huarangal, donde en contacto normal sobre la formación Atocongo se presenta aproximadamente - unos 150 m. de andesitas lávicas gris verdosas en las que destacan fenocristales de plagioclasas y amígdalas de calcita, seguido de gruesos aglomerados de andesitas.

##### 4.2 Volcánico Huarangal

Tiene su mejor exposición en la margen derecha del río Chillón

desde Huarangal hasta la Hda. Trapiche, por la margen izquierda desde la quebrada Torre Blanca, siguiendo por las localidades de Progreso, Caballero, etc.

Se trata de volcánicos mayormente piroclásticos de composición andesítica intemperizando en nódulos que se forman por una disyunción en escamas y en interposición casi rítmica con calizas margosas, areniscas calcáreas, grauvacas y chert, bien estratificados, que pueden alcanzar un grosor de aproximadamente 600 m. en los flancos del Río Chillón (Foto N° 12) tendiendo a adelgazar hacia el sector de Independencia.

#### 4.3 Volcánico Quilmaná

Se reconoce con este nombre a la secuencia volcánica mesozoica que estratigráficamente se encuentra más alta en los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná (H. Salazar, inédito) y que pasan en continuidad a los cuadrángulos de Lurín, Chosica y Chancay.

Esta secuencia reconocida en el valle de Lurín sobre las calizas Atocongo, se presenta en las partes altas de Cieneguilla como techos colgantes sobre el batolito; en la carretera central (localidad de Santa Clara) y más al norte en el valle del Chillón (parte alta de los cerros Santa Ana y Zorro entre quebrada Campana y quebrada Carmelito) donde descansa en aparente discordancia deposicional sobre el volcánico Huarangal (Foto N° 12).

Litológicamente, se compone de derrames andesíticos masivos de textura porfirítica a veces afanítica, de color gris verdoso a oscuro, presentando una estructura masiva poco estratificada y alcanzando grosores variables que van de 100 a 200 m. en el valle Chillón y más de 600 m. al sur entre Lurín y Chilca.

La edad del grupo Casma ha sido definida como Albiano en su base, pero sin precisar edad para su techo.

En el área que se ha estudiado se ha encontrado un amonite en caliza que se ubican en la parte basal del volcánico Huarangal, el mismo que ha sido determinado en el Departamento de Paleontología del INGEMMET como Oxitropidoceras p. De otro lado el Dr. Churchill Vela en el levantamiento geológico del cuadrángulo de Chancay encontró Montelliceras sp.; lo que estaría indicando una edad Albiano superior-Cenomaniano inferior.

#### 4.4 Características deposicionales y estratigráficas del grupo Casma.

Regionalmente, tanto al norte como al sur del área estudiada la secuencia volcánico clástica correspondiente al grupo Casma nos muestra una sedimentación de ambiente marino en las formaciones inferiores. En Lima ello está verificado por la presencia de calizas con macro-fauna dentro de la unidad que hemos denominado - volcánicos Huarangal, así como por la presencia de andesitas en almohadillas, estructuras estas que se forman en volcánicos subacuáticos.

Parece que los episodios eruptivos del grupo Casma Ocurren en diferentes etapas entre el Albiano y el Cenomaniano a lo largo de toda la costa y a medida que las fases tectónicas actuaban, se levantaba la cuenca para dar lugar al retiro de los mares dando lugar entonces a derrames subaéreos que caracterizan a las formaciones superiores como los Volcánicos Quilmaná, los que adquieren una mayor potencia hacia el sur. Así mientras al norte alcanzan máximo unos 150 a 200 m., en Lurín y más al sur en el sector de Chilca pueden pasar de los 600 m. debido probablemente a la cercanía a uno de los focos volcánicos que caracterizaban esta región.

Una de las características, sobre todo en las unidades volcánico-sedimentarias inferiores (volcánicos La Molina y Huarangal) son los cambios laterales dados por la interdigitación de sedimentos clásticos con los materiales volcánicos.

\*\*\*\*\*

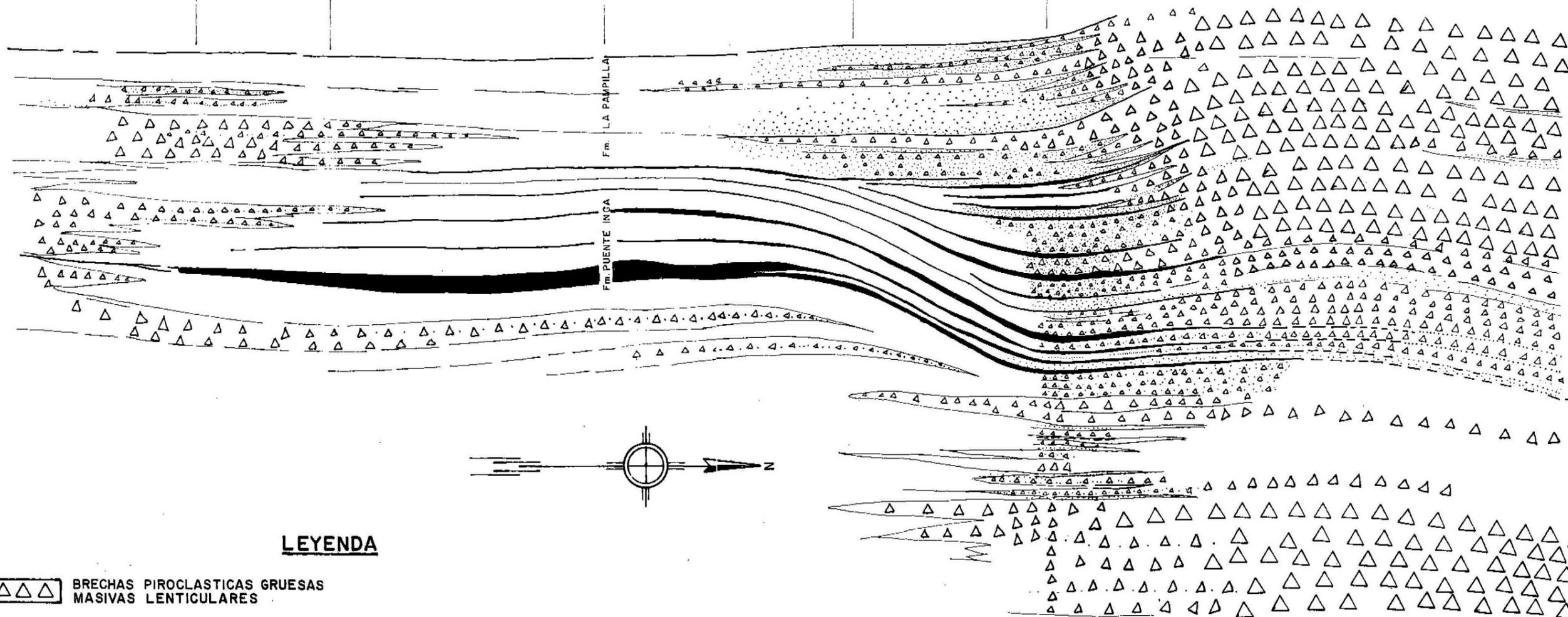
Seccion C° La Milla Seccion C° Muleria

Seccion Hda. Pro Pte. INGA  
C° Oquendo

Seccion Hda. Gallinazos  
C° Chillon, C° Blanco, C° El Perro

Seccion Pte. Piedra Sta. Rosa  
Ventanilla, Playa de Ventanilla

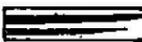
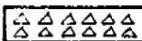
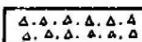
Seccion Km. 32 P.N. C° Orara



VOLC. ANCON

VOLC. SANTA ROSA

### LEYENDA

-  BRECHAS PIROCLASTICAS GRUESAS  
MASIVAS LENTICULARES
-  LIMOLITAS Y LUTITAS TOBACEAS, BLANCO, VIOLACEAS Y AMARILLENTAS  
ALTERNADAS CON ALGUNOS NIVELES DE ARENISCAS PIROCLASTICAS GRIS AMARILLENTAS
-  MICRO BRECHAS PIROCLASTICAS  
MASIVAS LENTICULARES
-  PIROCLASTICOS ESTRATIFICADOS DE GRANO MEDIO A GRUESO, BANDEADOS TABULARES  
LATERALMENTE PASA A ARENISCAS PIROCLASTICAS.
-  ARENISCAS PIROCLASTICAS GRISAS A GRIS CLARO  
CHERT GRIS, GRIS CLARO Y GRIS VERDOSO.

REPUBLICA DEL PERU  
SECTOR ENERGIA Y MINAS  
CONVENIO INGEMMET — C. N. D. C.

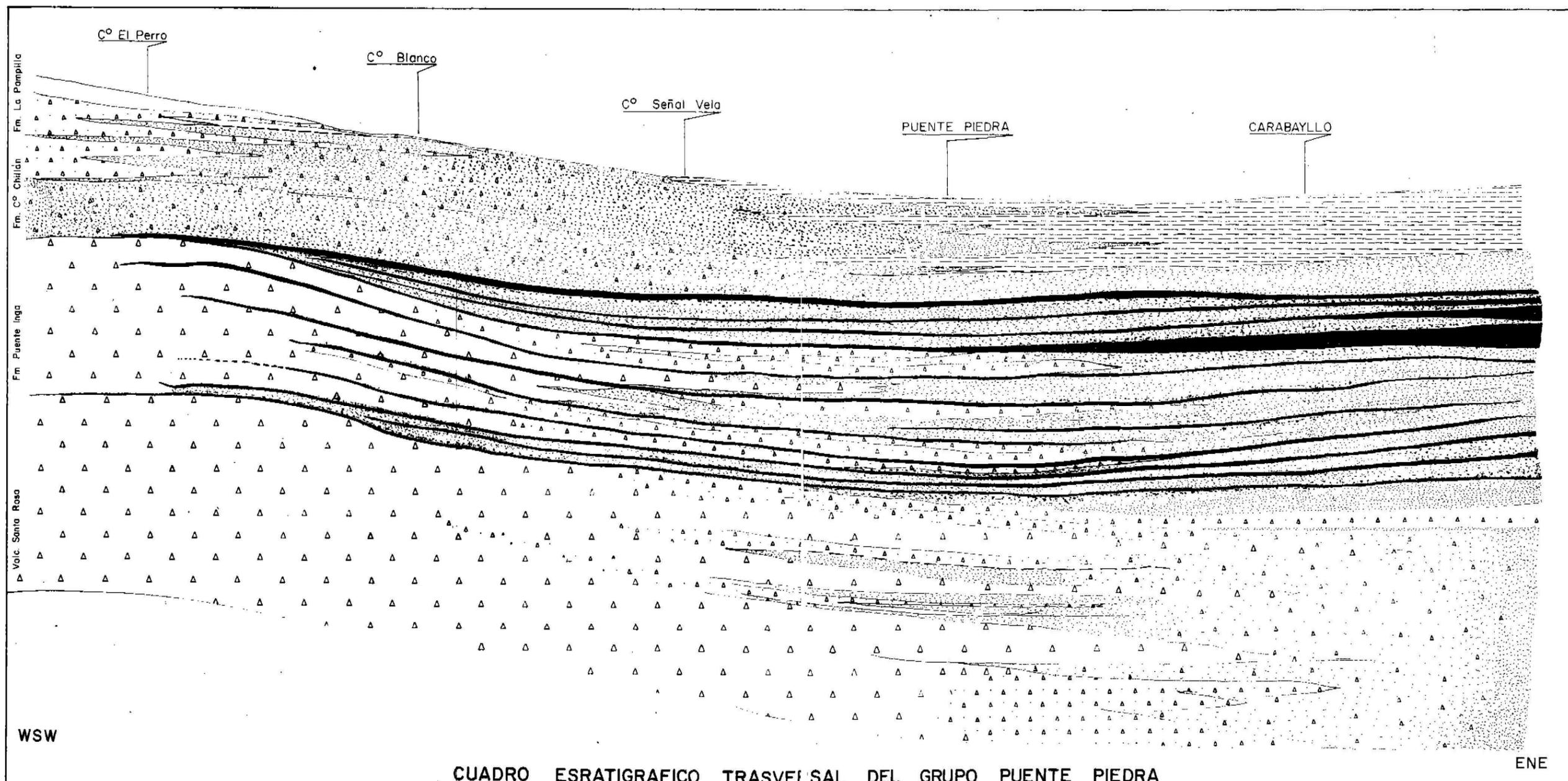
### CUADRO ESTRATIGRAFICO LONGITUDINAL DEL GRUPO PUENTE PIEDRA

1981

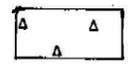
H=1:100,000

Escala:

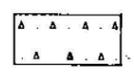
V=1:100



CUADRO ESTRATIGRAFICO TRASVERSAL DEL GRUPO PUENTE PIEDRA



Brechas piroclásticas, gruesas masivas, lenticulares.



Microbrechas piroclásticas masiva, lenticulares.



Piroclásticos estratificados de grano medio a grueso, bandeados, tabulares, vertical y lateralmente pasan a areniscas piroclásticas.



Limollitas y lutitas tobáceas, blanca-violácea y amarillentas alteradas con algunos niveles de areniscas piroclásticas gris amarillentas y cherts grises.

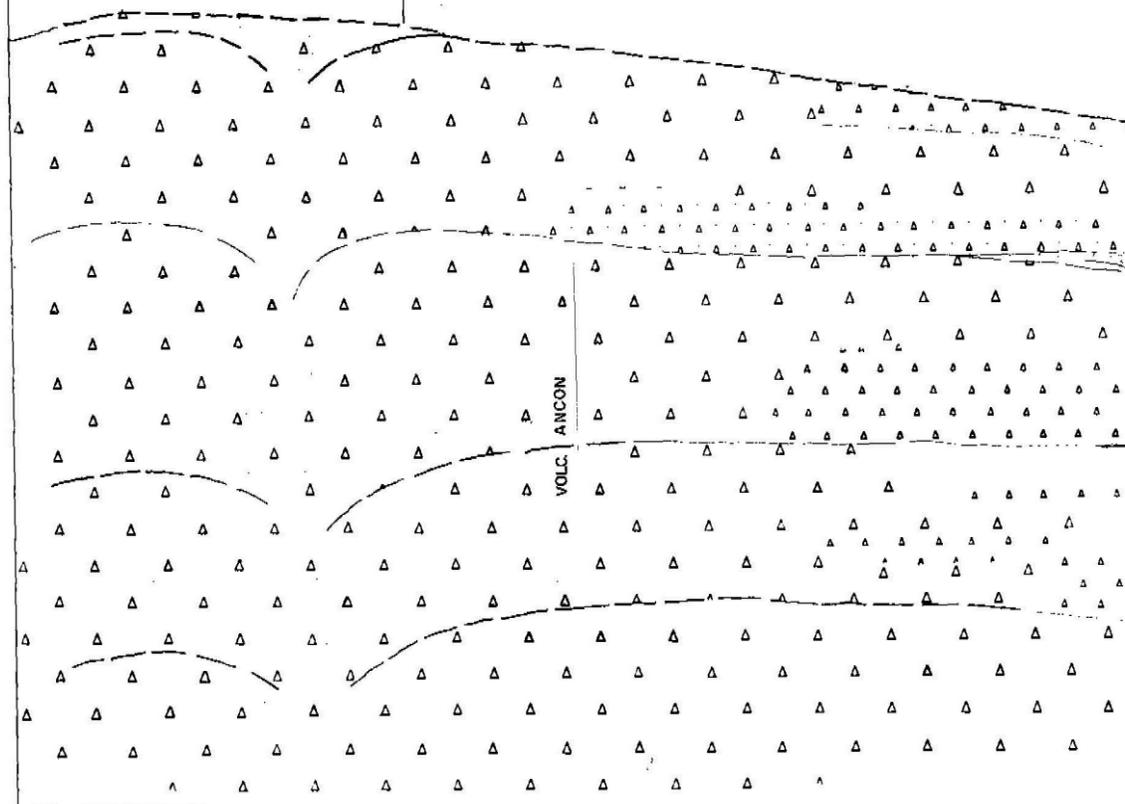


Arcillas y areniscas arcillosas gris rojizas a rojizo violácea.

Fig. N° 6-b

SSW

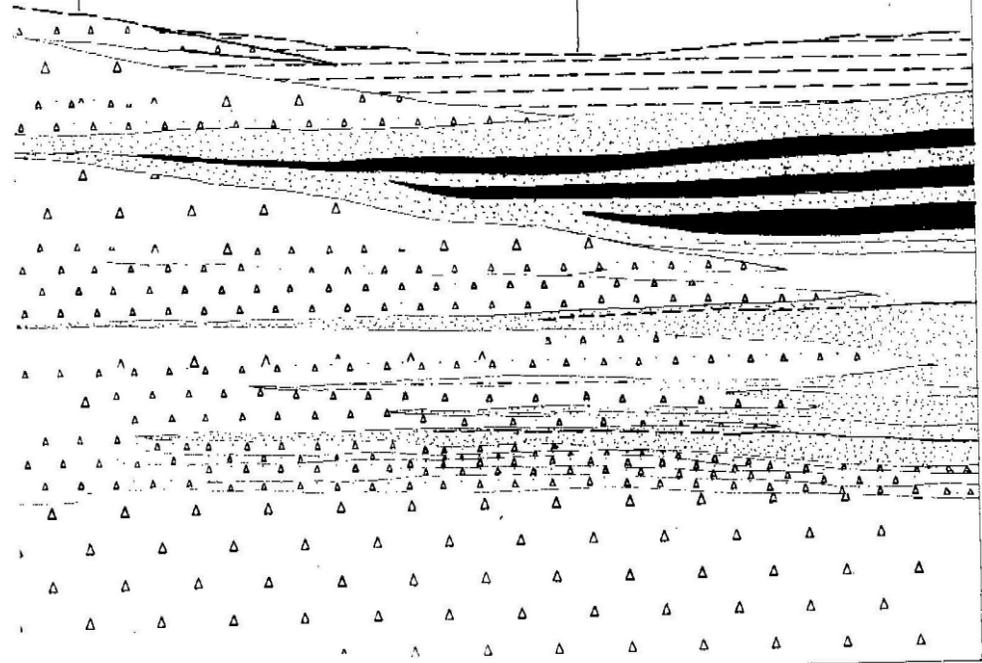
ISLA GRANDE



NNE

C° Orara  
(Piedras Gordas)

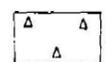
Pampa Piedras Gordas



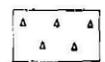
PUENTE INGA

VOLC. SANTA ROSA

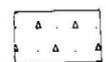
Fig. 1.- CORTE ESTRATIGRAFICO TRASVER SAL DEL GRUPO PUENTE PIEDRA  
( A NIVEL Km. 30 PANAMERICANA NORTE )



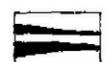
Brechas piroclásticas, gruesas y derrames masivos lentculares.



Microbrechas piroclásticas masivas venticulares.



Piroclásticos estratificados de grano medio a grueso bandeados; lateralmente pasan a areniscas piroclásticas.



Lutitas y limonitas tobáceas, blancas, violáceas y amarillentas alternadas con piroclásticos gris amarillentos.



Areniscas piroclásticas grises a gris claro, chatas, con estratificación delgada o mediana.



Arcillas y areniscas arcillosas, rojas a rojizo violáceas.

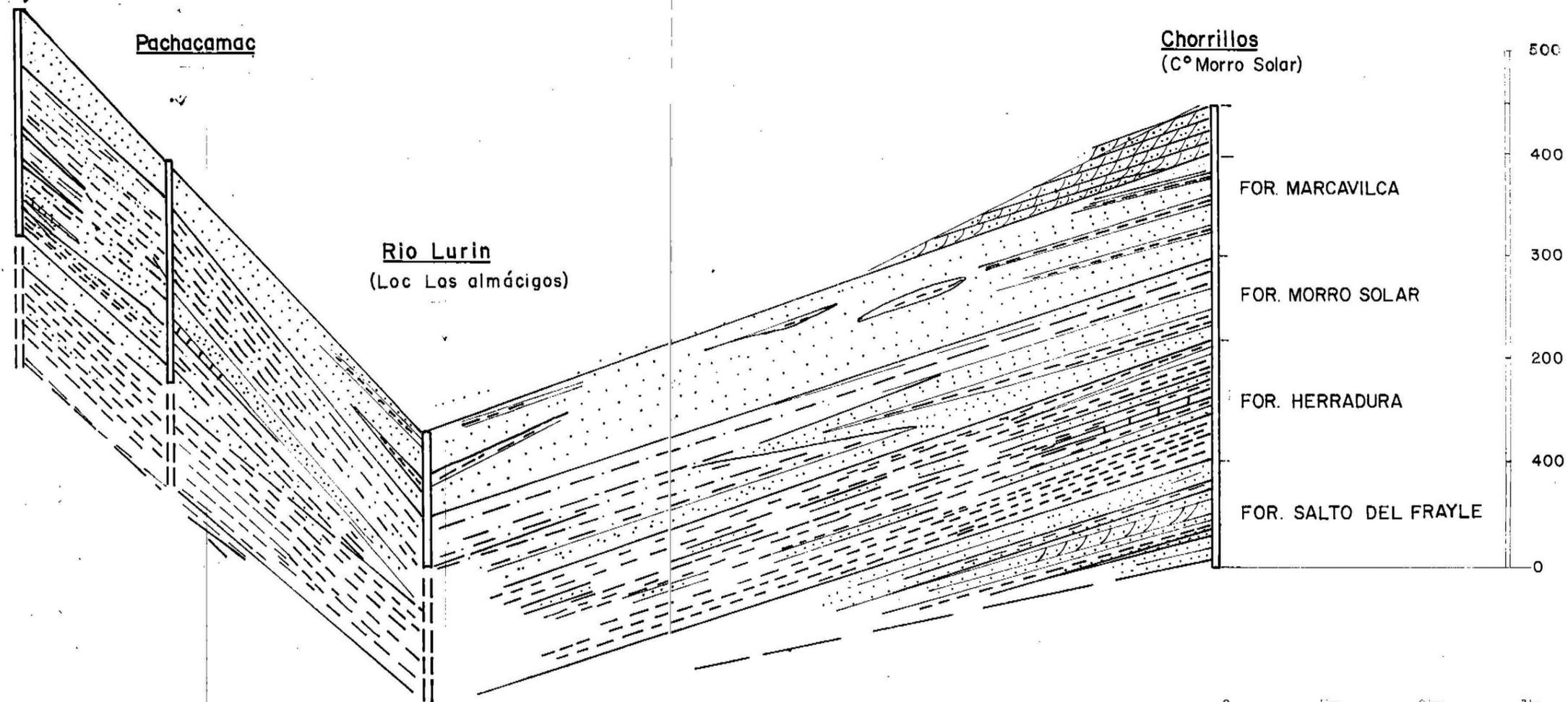
Fig. N° 6-c

Rinconada de Lurin

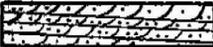
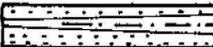
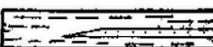
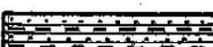
Pachacamac

Rio Lurin  
(Loc Las almácigos)

Chorrillos  
(C° Morro Solar)



**LEYENDA**

-  Areniscas cuarzosas blanquesinas, grano medio a grueso de facies Litoral, con buenas estratificación cruzada.
-  Cuarcitas blanquesinas con algunos niveles Lutaceos
-  Areniscas, cuarzo feldespaticas, gris verdosa a rojizas (intercalada con niveles limolíticos)
-  Lutita gris oscura, en la parte inferior carbonosas, algunos niveles de arenisca y escasos de caliza.
-  Arenisca cuarzosa, cuarcitas con estratificación cruzada, intercaladas con lutita gris verdosa, imberizándose a amarillo ocre.

REPUBLICA DEL PERU  
SECTOR ENERGIA Y MINAS  
CONVENIO INGEMMET — C. N. D. C.

**RELACIONES ESTRATIGRAFICAS DEL GRUPO MORRO SOLAR  
AL SUR DE LIMA**

1981

Escala: H= 1: 50,000  
V= 1: 5,000

fig. 6d.

Dib. J.Forno H.

## CAPITULO IV - ROCAS INTRUSIVAS

Las hemos clasificado en rocas de 1) Hipabisales o subvolcánicas y 2) Rocas del Batolito o plutónicas.

### 1. ROCAS HIPABISALES

Dentro del grupo de rocas intrusivas, tenemos cuerpos subvolcánicos que emplazados a niveles cercanos a la superficie han intruído en la forma de diques, sills o como stocks a la columna sedimentaria y volcánico-sedimentaria y volcánico-sedimentaris de Lima.

Tales cuerpos también han sido reconocidos en la costa sur como resultado de manifestaciones tardías del vulcanismo Casma y a la vez como intrusiones precursoras del Batolito.

La columna sedimentaris de Lima tal como se ve en la Herradura, Morro Solar así como al sur y norte, se encuentra atravesada por un enjambre de diques y sills, algunos de ellos de 0.50 m. a 1 m. de 1 a 2 y 3 m. y hasta de 10 m. de ancho son mayormente de composición andesítica, siendo las rocas de coloración verdosa, de pasta afanítica y microgranular a veces porfiroide destacando las plagioclasas como -fenos. En otras se trata de diabasas y entonces la roca presenta un color oscuro casi negro.

Los cuerpos hipabisales que a manera de stocks intruyen a la formación Atocongo y al grupo Casma en el valle de Lurín y valle de Chillón son también de composición andesítico o diabásico. En secciones delgadas de muestras recogidas en la quebrada de San Fernando - (afluente del río Lurín) y vistas al microscopio muestran color verde oscuro, grano parcialmente fanerítico y a veces microgranulado, con plagioclasas del tipo andesina como minerales esenciales y clinopiroxenos y minerales opacos como minerales accesorios y con calcita, clorita, hematita, sericita y limonita como minerales secundarios.

Donde estos cuerpos intruyen a las calizas Atocongo muestran nódulos de calcita cristalizada con una deformación dinámica.

Su edad se puede inferir si tenemos en cuenta que intruye a la formación Atocongo y grupo Casma y que a su vez es intruído por el batolito que en sus contactos les causa un metamorfismo térmico como probablemente del cretáceo superior medio a superior.

## 2. ROCAS PLUTONICAS

Las rocas intrusivas plutónicas que en el área de Lima, forman parte del Batolito de la Costa, constituyen estructuralmente un vasto número de intrusiones individuales como diques, sills y plutones ocasionados en complejos plutónicos mayores.

Desde el punto de vista mineralógico contrastan dos tipos de rocas: las básicas como gabros y gabrodioritas y los ácidos como dioritas, tonalitas, granodioritas y granitos. Sin embargo para su reevaluación y estudio se ha seguido la clasificación de W. Pitcher (1978) en unidades consanguíneas que tienen la misma edad, las mismas relaciones y la misma variación modal, en grado semejante la misma fábrica y textura. Cada unidad se presenta en asociación temporal y espacial con un número de unidades que se han denominado como Superunidad.

Así en orden cronológico de los más antiguos a los más jóvenes tenemos:

### 2.1 Superunidad Patap

Las rocas que constituyen esta superunidad forman cuerpos los más antiguos del batolito emplazados del lado occidental con intervalos de edad que varían de entre 95 y 102 m.a. (W. Pitcher, 1978). Dentro de ellos podemos reconocer:

Gabros y gabrodioritas.- Cuyos afloramientos destacan al sureste de Lima entre Atocongo (C° Colorado), La Molina (Rinconada) y Qda. Manchay (margen derecha) formando un extenso cuerpo plutónico de color oscuro, con variaciones internas complejas por variaciones de los anfíbolos y piroxenos.

La roca presenta textura de grano medio a grueso con brillo vítreo, conteniendo las plagioclasas (30%) y ferromagnesianos (60%) que le dá un peso específico alto, destacan hornblendas y biotitas.

Estos cuerpos que hacia las partes marginales pasan a dioritas básicas oscuras se continúan por la margen occidental de los cerros en la Molina, extendiéndose al C° El Agustino y más al norte a los cerros Mirador y Negro en la quebrada Canto Grande, por las márgenes occidentales del C° San Jerónimo y como cuerpos marginales en el valle del río Chillón (altura de Huarangal) hasta C° Paredes - donde igualmente constituye un cuerpo grande.

Sus relaciones son las siguientes: intruye a las rocas sedimentarias y volcánico-mesozoicas adyacentes a las que metamorfiza, -

siendo sus contactos externos por lo general verticales, generando a corta distancia en ellas un metamorfismo térmico. A su vez son intruídos por cuerpos ácidos de la Superunidad Santa Rosa cuya generación es posterior.

Su mecanismo de intrusión según Pitcher W.S. traslapó en el tiempo a la fase compresiva que él considera de edad Cretáceo medio; sugiriendo un emplazamiento a presión, pero que muchas intrusiones gabroides son postectónicas. De todos modos parece ser que los gabros de esta superunidad se emplazaron probablemente contemporáneos o ligeramente posteriores a la fase compresiva que estamos asumiendo como intracretácea.

Por lo expuesto se deduce que su edad es probablemente del Cretáceo superior. Stewart y otros (1974) han datado una muestra de gabrodiorita sacada en Manchay por el método K-ar habiendo obtenido  $89 \pm 2$  m.a. sobre biotita y  $74 \pm 12$  m.a. sobre hornblenda.

## 2.2 Superunidad Santa Rosa

Dentro de esta superunidad reconocemos cuerpos tales como dioritas, tonalitas, granodioritas, emplazados con posterioridad a las gabrodioritas y que Pitcher W. y Cobbing J. (1973) han reconocido a lo largo del segmento Lima desde Chimbote hasta Quebrada Tinajas (afluente del río Lurín) con la denominación de superunidad Santa Rosa, habiendo diferenciado en ellas a manera de subunidades - cuerpos oscuros diorítico-tonalíticos y cuerpos claros tonalíticos granodioríticos.

Tonalitas-Dioritas (Santa Rosa oscuro). - Estos cuerpos se presentan constituyendo la parte central de esta superfamilia, sus rocas en muestra de mano presentan un color gris oscuro, textura holocristalina de grano medio a veces gruesos, destacando las plagioclasas blancas ante la masa oscura que constituyen los máficos.

Estas intrusiones forman el núcleo principal y central de los cuerpos que constituyen esta superfamilia en Cieneguilla, La Molina, Carretera Central y por el norte en la parte alta de la quebrada Torre Blanca (afluente del río Chillón).

Tonalitas-Granodioritas (Santa Rosa claro). - Constituyen los plutones principales de esta superfamilia. Sus rocas tienen una marcada coloración gris clara. En muestra de mano y a la lupa se aprecia fácilmente que sus componentes principales son: cuarzo hialino, intesticial, plagioclasas zonadas, y en menor cantidad ferromagnesianos. Su textura es holocristalina variando de grano medio a grueso.

En algunos lugares como por ejemplo entre La Molina y Cieneguilla y la parte alta de Manchay estas rocas se presentan fuertemente intemperizadas por alteración de los feldespatos, presentando una intensa descamación en la que la roca se disgrega en una arena gruesa cuarzosa; dándole al afloramiento un aspecto de vejez. En cambio hay zonas como en el puente de Cieneguilla (carretera a Huarochiri) donde la roca tiene cierta dureza debido al cuarzo intersticial tratándose en este caso de un lecotonalita, la misma que presenta una topografía aguda y estructura tabular debido a diaclasamientos cuyos rumbos tienen N 45 W con inclinación de 70° al NE, N 60 E con inclinación de 40° al SE y N-S verticales.

La composición mineralógica entre los cuerpos de Santa Rosa claro y oscuro varían gradualmente debido a un cambio transicional, difícil de marcar en una línea definida. Estos cambios se deben a las variaciones porcentuales de los feldespatos alcalinos a cálcicos así como debido a la adición o disminución de cuarzo.

Las relaciones de estos cuerpos son: intruyen a las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas, a las gabrodioritas y están intruídos por los granitos y adamelitas de edad más temprana, asimismo son cortados por los diques básicos de emplazamiento posterior.

Su edad según W.S. Pitcher (1977) podría ubicársele en un lapso de 95 a 72 millones de años, es decir Cretáceo superior a Terciario inferior.

### 2.3 Granitos-adamelitas

Dentro de los cuerpos granitoides, las adamelitas y los granitos representan los emplazamientos tardíos del batolito, constituyendo grandes plutones de forma irregular que intruyen a los plutones más tempranos. Mineralógicamente, se trata de cuerpos ácidos con predominio de los feldespatos potásicos y cuarzo, con grano grueso caracterizado por megacristales de ortoclasa.

Dentro de estos cuerpos los principales y más grandes los tenemos: la Adamelita Amancaes y la Adamelita Atocongo.

La Adamelita Amancés se presenta como un cuerpo grande al norte de Lima en los alrededores de la Urbanización Independencia. La Adamelita Atocongo se ha emplazado intruyendo a la gabrodiorita de C. Colorado entre Atocongo, Hada. Manchay y río Lurín, presentando en cavernas similares a las formadas en calizas, pero -

aquí parece ser que se han formado por acción erosiva eólica.

La característica general de estas rocas es que son leucócratas, con un color rosado pálido a blanquecino, por el predominio de minerales claros. En muestra de mano es holocristalina, fanerítica, de grano medio a grueso, predominando las ortozas blanca a rosada a veces gris rosáceo, cuarzo blanco a hialino y un buen porcentaje de plagioclasas. En sección delgada y al microscopio se puede ver zircon, turmalina y minerales secundarios como hematita, clorita y arcillas, etc.

Su emplazamiento es posterior a los cuerpos tonalíticos granodioríticos de la super familia Santa Rosa, estando cortada por dique andesíticos de dirección andina.

Aunque Stewart y otros (1974) en dataciones por Rb-Sr han obtenido  $102 \pm$  m.a. para la Adamelita Atocongo; sin embargo sus relaciones de campo indica que esta intruye a las gabrodioritas y por tanto su edad sería posterior.

#### 2.4 Intrusiones tardías (diques - stocks).

Intruyendo a todos los cuerpos básicos y ácidos que conforman el batolito, tenemos tanto al norte del área estudiada como en el valle de Lurín arriba de Cieneguilla y en el valle del Rímac, un enjambre de diques y cuerpos menores no cartografiables a la escala trabajada, que representan según Pitcher W.S. 1978 intrusiones finales de la evolución del Batolito Costanero.

Tales intrusiones puede ser de composición ácida (aplítica) o básica (dioríticos) y se presentan en forma de cuellos, pequeños stock o diques que siguen una dirección andina.

Su edad por tanto se infiere que podría ubicársele entre Terciario inferior a medio.

\*\*\*\*\*

## CAPITULO V - TECTONICA

### 1. CUADRO TECTONICO REGIONAL

La zona de Lima corresponde a la región morfotectónica de la costa y al borde sur-oeste de la Cordillera Occidental. Ha sido desarrollada por la Tectogénesis Andina que originó mayormente un plegamiento suave, acompañado de ruptura durante las fases cretáceas y una deformación típicamente de ruptura frágil durante las fases terciarias.

La estructuración ha sido creada por una tectónica polifásica, - representada por una serie de anticlinales y sinclinales de dirección - NNW a SSE muy abiertos, mayormente simétricos o ligeramente asimétricos cuyos buzamientos de flanco raras veces superan los 30° o 35°. - Los pliegues son cilíndricos e isópacos y han sido recortados por el Batolito Andino.

El fracturamiento está constituido por un sistema de fallas longitudinales que alcanzan la escala kilométrica y que por lo general han tenido movimientos tanto inverso como normales y un sistema de fallas transversales de movimientos preferentemente de rumbo (ver Mapa Tectónico, Fig. N° 7).

### 2. EVOLUCION ESTRUCTURAL

Con esta denominación nos referimos a los principales episodios de deformación que ha sufrido la zona de estudio durante el Mesozoico y el Cenozoico. Dichos eventos tectónicos, se han podido establecer gracias a las observaciones de campo y las interpretaciones efectuadas sobre el mapa Geológico-Estructural a la escala 1: 50,000, con el apoyo de 23 estaciones microtectónicas regularmente espaciadas y convenientemente dispuestas.

Las principales fases tectónicas reconocidas son las siguientes:

#### 2.1 Fase de compresión Intra-cretácea

Esta fase es la más importante y constituye el primer acontecimiento tectónico visible de la región costanera en los terrenos rocosos del área de Lima. Está caracterizada por una dirección de acortamiento sub-horizontal NE-SO y una dirección de alargamiento NO-SE (Fig. N° 9 a).

Dicha fase ha originado las siguientes estructuras:

- Un sistema de pliegues abiertos, plurikilométricos, isópacos, - asimétricos y de dirección andina, anticlinales, como los de Lima, Lomas del Manzano y Atocongo; sinclinales como los de Pachacamac y Huarangal, etc.
- Un sistema de fracturación longitudinal, representado por fallas inversas de alto ángulo y fallas normales.
- Un sistema de fracturación transversal, compuesto de dos familias de fallas de rumbos conjugados de dirección: NNE-SSW y -WNW-ESE, respectivamente.
- Un sistema de diques andesíticos de dirección paralela a la familia de fallas transversales y distribuidos generalmente en eche-lón (zonas de Puente Piedra y Morro Solar).

Algunos de los sistemas de fracturación desarrollados por la fase intra-cretácea, exhiben movimientos superpuestos que son el resultado de removilización producida por los episodios de deformación más jóvenes.

- La datación de esta tectónica ha sido puesta en evidencia como de edad intra-albiana, ya que las unidades volcánico-clásticas plegadas del Jurásico superior y Cretáceo inferior son recortadas con contactos francos por la unidad Patap del Batolito de la Costa que se emplazó alrededor de los 100 m. a. (Myers, 1975).

## 2.2 Fase de compresión del Terciario inferior (Fase Incaica).

En la zona de Lima esta fase tiene pocas evidencias visibles; y por lo general se manifiesta por deformación de ruptura frágil, observable principalmente en las unidades intrusivas del Batolito de la Costa.

Las observaciones microtectónicas y regionales indican una dirección de acortamiento ENE-WSW a E-W y una dirección de extensión NNW-SSE a N-S (Fig. 9b), aproximadamente coincidentes con los ejes de deformación de la fase intra-cretácea; en razón de este hecho, muchas estructuras que afectan a la cobertura mesozoica plegada pueden ser contemporáneas a esta fase o han sido removilizadas por ella.

Con este antecedente podemos afirmar que los efectos y estructuras desarrolladas por la fase incaica son las siguientes:

- Un sistema de fracturas transversales a la estructuración andina compuesta por dos familias principales: el primero de dirección E-W a NE-SW de juego sinistral y el segundo de dirección NNE a SSW de juego dextral. (Estación N° 18).

- Intensificación del diaclasamiento en la región, y reactivaciones en algunas fallas de la fase precedente. Un buen ejemplo de reactivación es la falla Zapallal.
- Un sistema de diques de dirección NE-SW a E-W, controlados por fracturas de extensión en echelón, que mayormente exhiben las rocas del Batolito de la Costa.

La fase de deformación referida, es un evento tectónico regional ampliamente reconocido en la región cordillerana, manifestado por plegamiento y fracturación. En la zona investigada no existen pliegues asociados a esta fase, pero sí un cizallamiento transversal post-batolito, cuya dirección de acortamiento es compatible con los esfuerzos regionales de la Fase Incaica.

### 2.3 Fase de compresión del Terciario superior

Esta fase es típicamente de ruptura, caracterizada principalmente por fallas de rumbo de orden kilométricas con direcciones comprendidas entre N10° E y N10° W (Fig. 9 c); así como microestructuras asociadas, en las que se han observado también microfallas de rumbo conjugadas, microfracturas de tensión, y microfallas inversas. Los análisis microtectónicos e interpretaciones regionales indican un eje de acortamiento de dirección N10° W a N-S y una extensión N80° E a E-W.

Los resultados de esta fase son los siguientes:

- Un sistema de fallas y fracturas de tendencia andina, sub-paralelas con movimientos esencialmente dextrales y sinestrales.
- Un sistema de microfallas inversas de dirección N70° E a E-W y microfallas de rumbo conjugadas, reconocibles solamente a la escala del afloramiento.
- Un sistema de diques andesíticos de dirección N15° O a N-S y microfracturas de extensión en echelón con la misma dirección, afectando las rocas de la cobertura mesozoica y el Batolito.

Durante esta fase tectónica, se han producido también pequeños reajustes en las estructuras anteriores; sin embargo, dichos fenómenos, por lo general, son difíciles de precisar y necesitan estudios más específicos a una escala conveniente.

Las evidencias de campo indican para esta fase una edad post-batolítica, debiendo por tanto ubicarse cronológicamente en el Terciario superior, correspondiendo a la fase de compresión N-S, reconocida por Soulas (1975) en la región del Perú Central.

### 3. ESTRUCTURAS PRINCIPALES

La estructuración de la región de Lima es el resultado de la superposición de varias fases tectónicas. Dentro de ellas, la fase intracretácea es la más importante, puesto que originó las estructuras esenciales. Dichas estructuras configuran un estilo de deformación desarrollado en el nivel estructural intermedio estando caracterizadas por un dominio de plegamiento por flexión, que resultan en anticlinales y sinclinales silíndricos, isópacos y de flancos levemente inclinados. Los pliegues se encuentran afectados por un fallamiento longitudinal inverso a normal y fallas transversales de movimientos de rumbo conjugados.

#### 3.1 PLEGAMIENTO

##### 3.1.1 Anticlinal de Lima

Es la estructura más importante de la zona; constituye un ejemplo típico de pliegue flexural a deformación de charnela, tiene una longitud aproximada de 55 kms. comprendida entre la localidad de Ancón y las playas de Conchán, donde se observa muy claramente su terminación periclinal. Este pliegue es isópaco, de geometría cilíndrica y de plano axial vertical; su eje ligeramente ondulado, se distribuye de sur a norte siguiendo las siguientes direcciones promedio:

Playas de Conchán - Cerro Mulería: dirección N15°O.  
Cerro Mulería - Puente Piedra : dirección N-S  
Puente Piedra - Ancón : dirección N45°O.

En tal configuración, son distinguibles dos flexiones dentro de las cuales destaca la flexión de Puente Piedra de la que se tratará más adelante.

El anticlinal de Lima tiene un ancho variable de 10 a 18 kms. y compromete formaciones geológicas de edad Jurásico superior - Cretáceo inferior; dichas unidades se presentan en afloramientos discontinuos (ver Mapa Geológico) debido a una intensa disección sufrida en épocas más recientes y ocasionada principalmente por la actividad erosiva de los ríos Rímac y Chillón. En la actualidad, gran parte de la estructura anticlinal, sobre todo en el sector meridional, ha desaparecido por erosión, encontrándose sepultada bajo los cono-deyectivos de los ríos mencionados.

De las pocas exposiciones de donde aflora la estructura y de las observaciones de campo, se ha podido establecer las siguientes características:

- El flanco occidental del anticlinal presenta buzamientos - comprendidos entre  $5^{\circ}$  y  $20^{\circ}$  y el flanco oriental alcanza valores que llegan hasta los  $35^{\circ}$ .
- Al norte del río Rímac, en la zona axial y en el flanco occidental del pliegue, afloran rocas del grupo Puente Piedra con sus facies volcánico-sedimentarias típicas. En el flanco oriental, las formaciones equivalentes son esencialmente sedimentarias y han sido intensamente erosionadas, conservándose ahora sólo como relictos de erosión, bajo la forma de montes-islas y lomas bajas: en este flanco y más hacia el este, se encuentran también afloramientos discontinuos de las formaciones clásticas del Cretáceo inferior. Al sur del río Rímac, gran parte de la estructura anticlinal ha desaparecido, quedando como únicos vestigios en rocas cretáceas, los cerros del Morro Solar y la Campiña que con figuras su terminación periclinal a las Lomas de Pamplona, Monterrico, El Agustino, etc. que representan sectores meridionales del flanco oriental (ver Mapa Geológico).
- A lo largo de su recorrido, el Anticlinal de Lima presenta dos zonas ligeramente diferentes por su geometría y estilo de deformación:
  - a) Una zona al norte del río Rímac, cuyos rasgos más importantes son:
    - Un notable cambio de dirección del eje del pliegue a nivel de la localidad de Puente Piedra (Deflexión de Puente Piedra).
    - Una zona axial afectada por fallas longitudinales normales, producto de distensión local contemporánea al plegamiento (pliegue a deformación de charnela).
    - Un flanco occidental suavemente inclinado hacia el este, caracterizado principalmente por una tectónica de ruptura frágil (fallas longitudinales inversas o normales y fallas transversales de juego conjugado; algunas de estas fallas fueron removilizadas por tectónicas más jóvenes contemporáneas al plegamiento).
    - Un flanco oriental con inclinaciones que alcanzan hasta  $35^{\circ}$ , afectado localmente por pliegues de arrastre, acompañados en algunos casos de marcada esquistosidad, microfallas -

inversas y adelgazamiento tectónico. Cabe indicar que el replegamiento y clivaje pizarroso, se localizan mayormente en las formaciones incompetentes a nivel de la Deflexión de Puente Piedra (ver Perfiles Estructurales CC'' DD' de la Fig. N° 4 y Mapa Geológico).

El flanco oriental se encuentra también afectado por dos fallas inversas regionales (fallas Pueblo Viejo y Zapallal) de alto ángulo, que han funcionado como accidentes satélites durante la evolución del pliegue al nivel de la deflexión.

- b) La zona meridional del anticlinal extendida al sur del río Rímac, por las evidencias expuestas, exhibe una geometría muy regular, propia de un pliegue flexural simétrico de deformación de charnela.

Las rocas del núcleo de la estructura en esta parte, han desaparecido totalmente por erosión, la misma que ha debido ser facilitada por un fracturamiento transversal importante. Las únicas evidencias del anticlinal se observan en las rocas cretáceas de la Isla de San Lorenzo, cerros del Morro Solar, La Campiña y Lomas de Pamplona-Monterrico.

### 3.1.2 Sinclinal de Huarangal

Es la contraparte oriental del Anticlinal de Lima; presenta una estructura cilíndrica, simétrica, de flancos levemente inclinados, cuyo eje sigue una dirección aproximada N-S. Este pliegue se ha desarrollado principalmente en las rocas volcánico-clásticas del grupo Casma y sus terminaciones periclinales al norte y sur no se observan, ya que han sido borradas por el Batolito de la Costa.

### 3.1.3 Sinclinal de Pachacamac

Se encuentra ubicado al sureste de la terminación periclinal del Anticlinal de Lima; es una estructura bastante abierta de geometría cónica y de plano axial vertical a subvertical, su eje tiene una dirección N 30° O y buzamiento ligeramente hacia el sureste.

Casi todo el Sinclinal de Pachacamac se encuentra cubierto de depósitos eólicos cuaternarios; sin embargo, de los afloramientos visibles se ha podido establecer que las rocas que lo conforman corresponden a los sedimentos arcillo-calcáreos

de la formación Pamplona, los que se muestran replegados, por incompetencia de capas (ver Foto N° 8).

#### 3.1.4 Anticlinal Lomas del Manzano

Esta estructura es la correspondiente oriental del Sinclinal de Pachacamac. Por su configuración geométrica se asemeja a un pequeño anticlinorio, bastante abierto, de plano axial subvertical y suavemente inclinado hacia el este. Se le observa entre la quebrada Pucará (donde es visible su terminación periclinal) hasta el río Lurín, lugar donde está destruído por las rocas del Batolito; a lo largo de este recorrido - (10 kms.) el eje de la estructura sufre ligeras ondulaciones siguiendo una dirección promedial NNO-SSE.

El pliegue presenta una amplitud aproximada de 7 kms. habiéndose desarrollado en rocas volcánico-clásticas del grupo Puente Piedra (que ocupa el núcleo) y principalmente en sedimentos clásticos o carbonatados del grupo Morro Solar, formaciones Pamplona y Atocongo que conforman la envolvente.

El anticlinal muestra un estilo de deformación caracterizado por las siguientes particularidades y relaciones geológicas:

- Un marcado replegamiento distribuído en ambos flancos y en menor intensidad en la zona axial; dicho carácter confiere a la estructura cierta semejanza a un pequeño anticlinorio (ver Mapa Geológico) y tales micropliegues son más numerosos en el lado oriental del anticlinal, donde son acompañados por una fuerte esquistosidad o clivaje pizarroso desarrollado esencialmente en los materiales incompetentes de la sucesión plegada. Dicha esquistosidad tiene el rumbo de la estructuración dominante y buzamiento de 35° a 40° hacia el este, distribuída regularmente a través de los flancos y charnelas de los micropliegues.
- El núcleo del anticlinal se halla afectado por dos fallas inversas de alto ángulo (fallas El Manzano y San Fernando) - que ponen en contacto las rocas volcánico clásticas del grupo Puente Piedra con los sedimentos areno-arcillosos del Grupo Morro Solar. Estos sedimentos se encuentran a su vez en contacto con la formación Atocongo mediante una falla regional de bajo ángulo (falla José Gálvez) cuya distribución y geometría aplicaremos mas adelante. Asimismo en la zona axial del pliegue se distinguen microfallas normales con desplazamientos de hasta 8 m. (Foto N° 9).

### 3.1.5 Anticlinal de Atocongo

Es una estructura alóctona de diseño cónico, ubicada sobre el sinclinal de Pachacamac y el flanco occidental del Anticlinal Lomas del Manzano; gran parte de su configuración original ha sido erosionada o asimilada por el Batolito, quedando como únicos vestigios los montes-islas localizados al norte de Villa El Salvador (C. Papa), cerros de los alrededores de Atocongo y José Gálvez (C. Conchitas, Atocongo, etc.). El pliegue tiene un eje ligeramente oblicuo a la estructuración regional (dirección N 40° O) y un plunge de 5° a 10° hacia el noroeste (ver Mapa Geológico); su flanco occidental muestra inclinaciones que llegan hasta 50°, mientras que en el lado opuesto los valores de buzamiento difícilmente superan los 30°; en el núcleo las inclinaciones son senciblemente menores. El anticlinal en mención es una estructura muy superficial, desarrollada solamente en la formación Atocongo debido al despegue (falla José Gálvez) sufrido por la serie del flanco oriental del Anticlinal Lomas del Manzano.

### 3.1.6 Anticlinal de Manchay

En los alrededores del Puente Manchay, se observa una porción aislada de cobertura mesozoica (formación Atocongo y grupo Casma) plegada en forma anticlinal. Tal estructura es interrumpida en sus flancos y en sus continuaciones norte o sur por el Batolito de la Costa.

La estructura presenta las siguientes características:

- Un plano axial ligeramente recostado hacia el oeste (75° - 80°).
- Mayores valores en los buzamientos del limbo occidental (40° - 65°) y menores en el flanco opuesto (10° - 25°), y
- Una marcada esquistosidad, localizada mayormente en el flanco occidental y en la zona axial del pliegue.

Entre el Anticlinal de Manchay y el Anticlinal de Atocongo, ha debido existir un sinclinal muy abierto constituido por el grupo Casma, pero lamentablemente aquí se ha emplazado una porción del Batolito, desapareciendo toda evidencia de pliegue; sin embargo, la presencia de volcánicos cretáceos observados en el C. San Francisco y al norte de la Hda. Manchay Alto, confirman que allí existió la mencionada estructura.

Si se acepta tal configuración estructural, se tiene que concluir que las series plegadas Atocongo y Casma de esta parte, pertenecen a una masa alóctona despegada mas al oriente de secuencias in-situ, a nivel de los horizontes incompetentes de la formación Pamplona.

### 3.1.7 Otros Pliegues

Al este del Anticlinal Lomas del Manzano y dentro de la formación Atocongo se ha desarrollado numerosos anticlinales y sinclinales asimétricos, de amplitudes variables entre decenas y centenas de metros; comúnmente dichos pliegues, están asociados a una marcada esquistosidad que ha borrado casi totalmente la estratificación; los planos de esquistosidad tienen un rumbo promedial N 25° O con inclinaciones de 75° a 80° hacia el noreste y se distribuye en forma muy regular a través de los limbos y charnelas de los pliegues, siendo aproximadamente paralela a los planos axiales de los mismos.

De la sucesión de pliegues y esquistosidad asociada se deduce que tales estructuras son micropliegues de arrastre del flanco oriental del Anticlinal Lomas del Manzano o del limbo occidental del sinclinal que supuestamente existió más hacia el este; siendo también probable que dicho estilo estructural haya sido acentuado durante el desarrollo de la falla José Gálvez.

## 3.2 FRACTURAMIENTO

La fracturación de la región investigada está compuesta por los siguientes sistemas de fallas.

### 3.2.1 Sistema de fallas longitudinales

La mayoría de ellas son fallas inversas kilométricas que dislocan los flancos de los anticlinales de Lima y Lomas del Manzano. También se han reconocido fallas normales de menor orden, localizadas preferentemente en la zona de charnela de dichos pliegues. Estas fallas se han originado durante la fase Intra-cretácea y posteriormente alguna de ellas han sufrido pequeñas reactivaciones como consecuencia de tectónicas más jóvenes.

En la zona norte de Lima y más ocasionalmente en la zona sur, son visibles también algunos accidentes regionales de

dirección subparalela a los anteriores. Las observaciones microtectónicas y relaciones geológicas demuestran que tales fracturas presentan movimientos horizontales compatibles con los ejes de acortamiento de las fases terciarias.

Por su importancia y magnitud se puede agrupar el fallamiento longitudinal en fallas mayores y fallas menores:

#### A. Fallas Mayores

##### a) Falla Pueblo Viejo

Se localiza en el extremo nororiental del anticlinal de Lima; es una falla inversa de alto ángulo de orientación subparalela al eje del pliegue y que sufre un cambio de rumbo a la altura de Carabayllo, acorde con la deflexión Puente Piedra (ver Mapa Geológico).

Su reconocimiento se ha establecido exclusivamente utilizando criterios estratigráficos, puesto que las evidencias tectónicas son muy escasas por la gran cobertura cuaternaria.

Con el cartografiado de niveles litológicos guías en las unidades formacionales se ha podido establecer las siguientes evidencias de falla:

- A la altura del km. 42 de la Panamericana Norte (Pampa del Canario), las cuarcitas Marcavilca se ponen en contacto con la parte superior de la formación Pamplona, la misma que se encuentra extremadamente reducida en grosor

Igual relación se observa en el flanco occidental del C° Paredes (Perfil Estructural AA' de la Fig. N° 4).

- Más hacia el sureste, 600 metros al norte de la mina Santa Barbarita, la formación Salto del Fraile se contrapone a la parte superior de la formación Pamplona. En este sector, las formaciones Herradura y Marcavilca cartografiadas mas al norte, han desaparecido totalmente junto con los 2/3 inferiores de la formación Pamplona. Si consideramos los espesores de las unidades mencionadas, se puede estimar para este lugar un salto de fallas acumulado cercano a los 400 metros.

- En los cerros testigos próximos a la Hda. Pueblo Viejo, los niveles más bajos de la formación Pamplona,

luego de una discontinuidad topográfica, se encuentran al frente de los niveles basales de la formación Salto del Fraile (transición Puente Piedra - Salto del Fraile), estimándose un desplazamiento vertical similar al anterior.

- Al oeste de Collique y alrededores de San Agustín, se observan pequeños montes-islas de la formación Morro Solar; tales afloramientos se encuentran no muy alejados de las exposiciones rocosas del Volcánico Santa Rosa, ubicado 2.5 a 3 km. más hacia el oeste; similares relaciones se deducen a nivel de Comas, Tahuantinsuyo, Independencia, etc.
- En las cercanías de la Universidad de Ingeniería, se han reconocido pequeños afloramientos que corresponden a los niveles superiores del grupo Puente Piedra. Tales rocas, de naturaleza mayormente volcánica se encuentran separados por una distancia horizontal no mayor de 150 m. de las lutitas de la formación Herradura. Dicha proximidad presupone la presencia de una falla que esconde a la formación Salto del Fraile y probablemente la parte más superior del grupo Puente Piedra.
- Si nos remitimos al Mapa Geológico y observamos la geometría del anticlinal de Lima, salta a la vista una clara asimetría de la estructura, manifestada por la estrechez del flanco oriental, que por más que se fuerze no daría espacio suficiente para considerar normalmente todas las unidades del grupo Puente Piedra. Los recortes tectónicos, por tanto evidentes en este sector, se han visto facilitados principalmente por la plasticidad de la facies arcillosa del grupo Puente Piedra (Fig. N° 66). Asimismo, dicho carácter ha contribuido sustancialmente al desarrollo y evolución de la Deflexión de Puente Piedra.

La falla Pueblo Viejo, es un accidente intra-cretáceo, probablemente reactivado por las fases terciarias; originalmente fue una falla inversa de alto ángulo, inclinada hacia el oeste; con esta fisonomía ha continuado durante el Terciario inferior desde Carabayllo hacia el sur. De esta localidad hacia el noroeste ha jugado como movimiento sinistral inverso, el mismo que es confirmado por una serie de micropliegues oblicuos a la estructura, visibles en las Lomas de Carabayllo.

El salto vertical promedio de la falla es del orden de

los 400 a 500 m. (Perfiles estructurales AA', BB', CC', DD', EE', de la Fig. N° 4) encontrándose los valores - más altos a nivel de la deflexión; dicho salto corresponde a un desplazamiento acumulado a lo largo de las fases tectónicas puestas en evidencia.

#### b) Falla Zapallal

Después de la falla Pueblo Viejo, la falla Zapallal es el otro accidente geológico importante que perturba el flanco oriental del anticlinal de Lima en el extremo norte; su única exposición se presenta en el C° Pepsi, a la altura del km. 32 de la Panamericana Norte; en dicho lugar se observa una zona de falla parcialmente cubierta que deja ver un intenso fracturamiento acompañado de leves arrastres; que testimonian un movimiento inverso; las observaciones microtectónicas en dicho lugar han permitido definir dos movimientos superpuestos: el primero de tipo inverso y el segundo sinistral inverso.

El cartografiado de unidades sedimentarias, seguidas desde las proximidades de la mina Santa Barbarita Hasta el afloramiento en mención, confirman que el desplazamiento vertical de la falla es muy notable, pues las guías litológicas referidas, corresponden estratigráficamente a niveles altos del grupo Puente Piedra, los que a su vez se ponen en contacto mediante la falla, con horizontes volcánicos de la sección intermedia o inferior del mismo grupo.

Con esta fisonomía, la falla Zapallal se extiende desde las playas de Ancón hasta las cercanías de Puente Piedra, siguiendo una dirección promedial de N 40° O y un buzamiento de 75° a 80° al suroeste. Si se observa con detenimiento el Mapa Geológico Estructural en esta zona, se puede establecer un obvio adelgazamiento hacia el norte de la serie Jurásico-Cretácica (facies este del grupo Puente Piedra) en el flanco oriental del anticlinal; dicho adelgazamiento es por origen tectónico, debiendo se en gran parte al mayor salto de la falla Zapallal en la dirección señalada.

El movimiento inverso de la falla Zapallal, se desarrolló durante la fase de compresión (fase intra-albiana) y

es contemporáneo al plegamiento; el movimiento sinistral inverso corresponde a una reactivación posterior, probablemente asociada a la fase compresiva del Terciario inferior.

c) Falla José Gálvez

Esta falla es observable en el sector meridional de la zona de estudio y muestra un recorrido sinuoso que pasa por Pamplona Alta (límite este de San Juan de Miraflores) continúa por el oeste de Villa El Salvador y llega hasta José Gálvez, donde pone en contacto horizontal las formaciones Pamplona y Atocongo. El mismo accidente ha sido reconocido del C.° Punta Blanca entre el río Lurín y la Qda. Pucará.

Es una falla de bajo ángulo, única en su género dentro de la zona (Fig. 8) que ha permitido el cabalgamiento de las formaciones Atocongo y grupo Casma (series alóctonas) sobre las series plegadas del grupo Morro Solar y formación Pamplona (series autóctonas). Originalmente el despegue ha debido producirse en el limbo occidental del sinclinal correspondiente al anticlinal Lomas del Manzano, teniendo como lubricante el nivel incompetente de la formación Pamplona.

Como se muestra en el mapa y en esquema correspondiente Fig. N.º 8, el cabalgamiento mencionado ha sido recortado en gran parte por el Batolito; las pocas exposiciones que de él existen indican que su amplitud de traslape es del orden de los 16 kilómetros.

Los argumentos que apoyan la presencia de la falla José Gálvez son los siguientes:

- El anticlinal de Atocongo sigue la estructuración de las rocas más antiguas. Como se indica en el Mapa Geológico, dicho pliegue presenta pendientes más fuertes en el flanco occidental ( $40^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ ) y un plano axial levemente inclinado hacia el oeste. Tal geometría se ha desarrollado por el arrastre de las secuencias calcáreas sobre las series autóctonas, siendo compatible con una deformación debida a fenómenos de cabalgamiento.
- Otras estructuras que apoyan lo enunciado, es el anticlinal de Manchay y la serie de micropliegues ubicados al este del anticlinal Lomas del Manzano; tales - -

micropliegues exhiben en general una fuerte esquistosidad y planos axiales algo recostados al occidente, en contraposición a la inclinación de los planos axiales - de los pliegues regionales (anticlinales de Lima y Lomas del Manzano) que está en sentido opuesto.

- Si se prescindiera del Batolito en la posición que allí actualmente ocupa, se tendría que tanto las secuencias más jóvenes del lugar (caliza Atocongo y volcánico Casma) como los pliegues que los afectan, chocan en corta distancia con la configuración estructural de los grupos Morro Solar y Puente Piedra (observar Mapa Geológico). Esta falta de continuidad litológica o estructural y la ausencia completa de la formación Pamplona, es probablemente la mejor evidencia del cabalgamiento.

- En los cerros de Punta Blanca, las calizas masivas de la formación Atocongo reposan en contacto aparentemente concordante sobre las lutitas y areniscas de la formación La Herradura (Perfil CC' de la fig. N° 4).

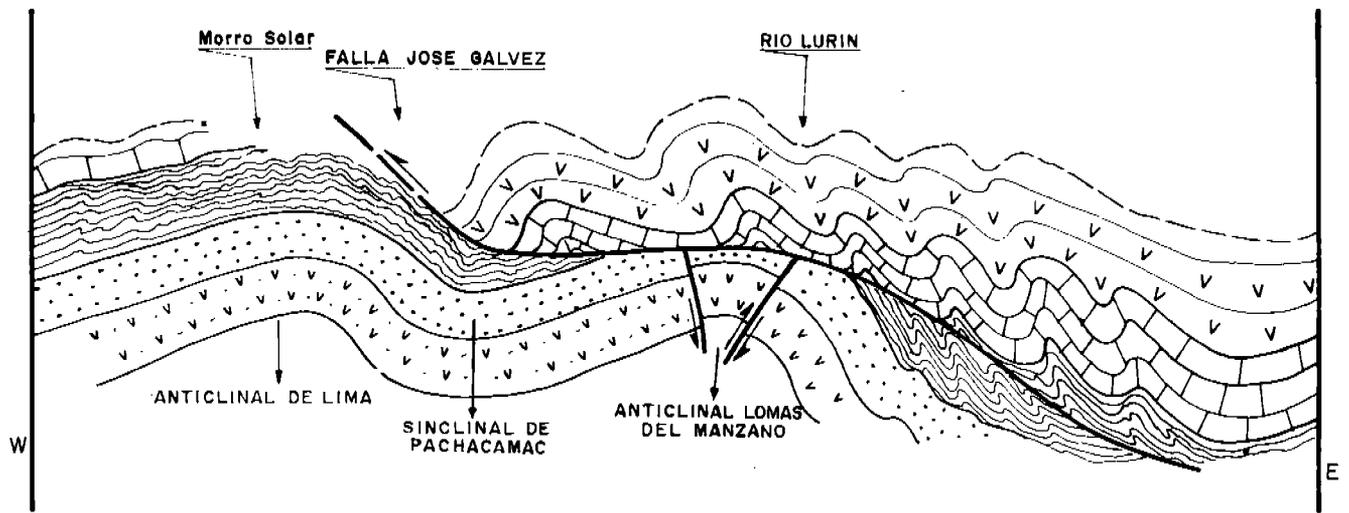
En este lugar, la formación Pamplona está susente totalmente, sin registrar evidencia tectónica alguna, y la formación La Herradura exhibe micropliegues cuyos ejes son ligeramente oblicuos al contacto con las calizas masivas; más hacia el sur, en las quebradas Río Seco y Pucará, las formaciones Morro Solar y Atocongo se ponen en contacto subvertical; ambas poseen buzamientos contrapuestos y son afectadas por una marcada esquistosidad de rumbo N 20° O e inclinación de 65° - 70° al NE.

- Al oeste de la localidad de José Gálvez, se encuentra la falla del mismo nombre, donde las margas y calizas arcillosas de la formación Pamplona pasan lateralmente sin perturbación notable con cherts y calizas masivas de la formación Atocongo.

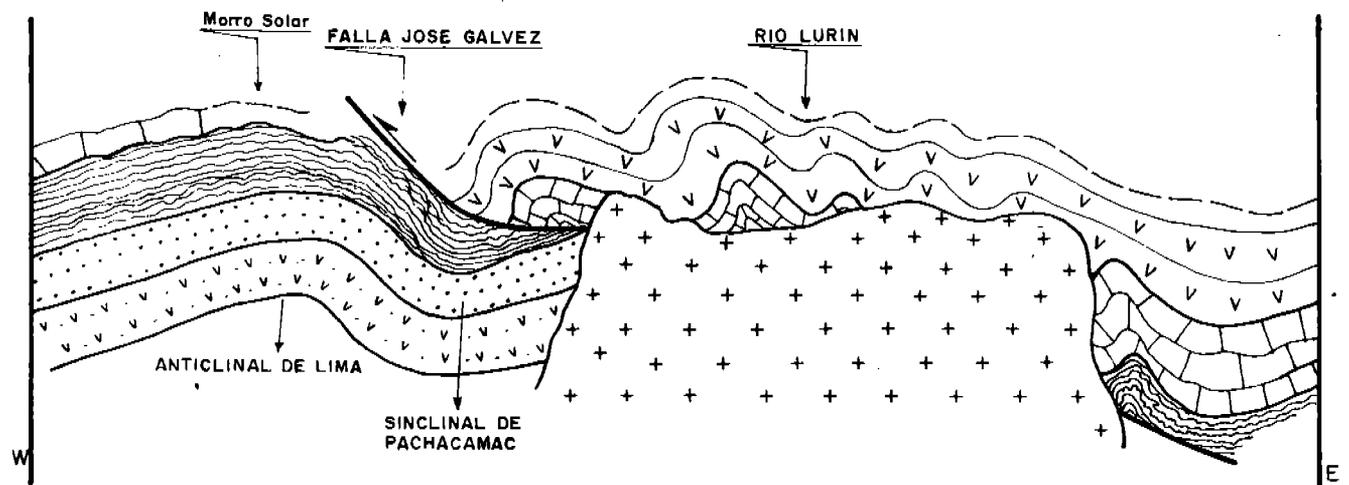
Las características del terreno a lo largo del trazó de falla son las siguientes:

- La formación Pamplona en el lado sur de la falla tiene buzamientos de 5° a 20° al sur, en tanto que su oponente (formación Atocongo) se inclina con pendientes mayores (35° - 50°) en la misma dirección.

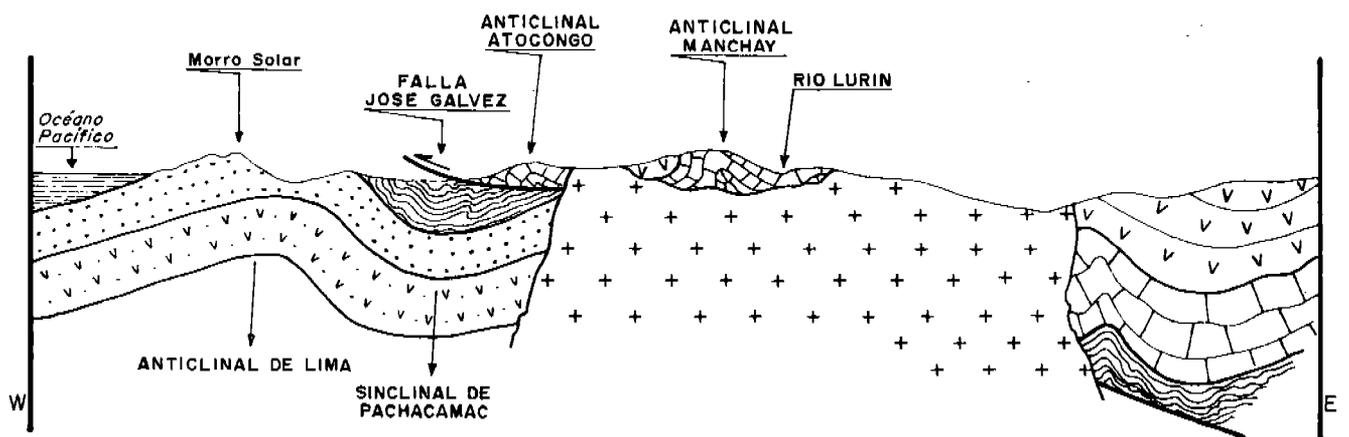
- En el único afloramiento de la falla, desprovisto de cobertura cuaternaria, no existe ninguna evidencia de -



PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO (FASE INTRA-CRETACEA)

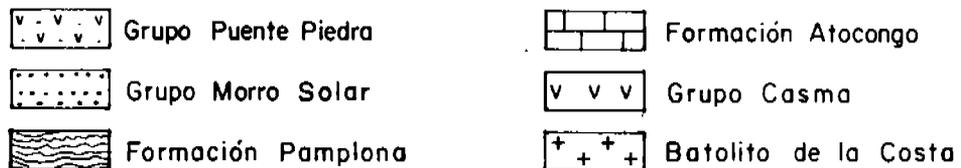


EMPLAZAMIENTO DEL BATOLITO DE LA COSTA



DISPOSICION ACTUAL

EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LA FALLA JOSE GALVEZ



planos de ruptura importantes que sean subverticales o inclinados hacia el suroeste, pero sí una marcada esquistosidad de fractura buzante hacia el noreste. Más hacia el norte, a la altura de Villa El Salvador y San Juan de Miraflores, las formaciones Atocongo y Pamplona presentan buzamientos opuestos, los mismos que son justificables por la presencia de la falla José Gálvez.

Cabe señalarse que todos los comentarios esbozados sobre la falla José Gálvez, tienen un carácter preliminar, ya que es necesario efectuar un cartografiado de Mayor detalle y seguir investigando el accidente a nivel regional.

#### d) Fallas El Manzano y San Fernando

Son fallas inversas de alto ángulo, conjugadas, típicas de pliegues con deformación de flanco; en ambos casos ponen en contacto al grupo Puente Piedra, que aflora en el núcleo del anticlinal Lomas del Manzano con la formación Herradura.

La falla El Manzano, disloca el flanco oriental del anticlinal del mismo nombre, distribuyéndose en corto recorrido en forma longitudinal a él. La falla San Fernando se localiza en el limbo occidental al nivel del Cerro Parco; más hacia el sur cruza diagonalmente la estructura plegada llegando hasta la Quebrada Pucará.

- Estas fallas exhiben muy pocas evidencias tectónicas, habiéndoseles establecido principalmente por criterios stratigráficos, apoyados en los mismos argumentos. Se ha estimado para ambas un desplazamiento vertical del orden de 50 m. a 100 m.

500 m. al norte del C° El Sauce (Qda Pucará) la falla San Fernando muestra un plano inclinado con 80° hacia el noreste; el examen de las estrías indica un movimiento inverso, el mismo que es corroborado por el contacto fallado entre las formaciones Morro Solar y Pamplona.

#### B. Fallas Menores

Se describen bajo este subtítulo, a las fallas que muestran desplazamientos poco importantes, pero que sin embargo, pueden tener cierta trascendencia en la planificación futura.

a) Falla Guardia Republicana

Tipo : Falla normal; R: N-S, Buz. 65E  
Formaciones afectadas : Volcánico Santa Rosa  
Zona de falla : 2 - 3 m.  
Salto aproximado : 5 - 8 m.

b) Falla La Pampilla

Se asume su presencia debido a que se observa un gran -  
alineamiento estructural a lo largo del rumbo, compatible  
con la fracturación.

Tipo: Sinistral. Este movimiento se deduce por la fuerte  
rotación que sufren los estratos a nivel de la Urbanización  
La Marina (bloque derecho de la falla); también en este lugar,  
los niveles lutáceos de la formación Puente Inga son  
desplazados ligeramente hacia el sur (bloque izquierdo de  
la falla). R: N-S, Buz.: vertical.

Formaciones afectadas: Fms. Puente Inga, Cerro Chillón  
y La Pampilla.

Zona de falla : Cubierta  
Salto aproximado : Horizontal: 20-30 m.;  
vertical: muy pequeño.

c) Falla C° Chillón

Tipo: Falla inversa, R: N-S a N20° O, Buz. 80° NE, estrías  
subverticales.

Formaciones afectadas : Puente Inga y C° Chillón.  
Zona de Falla : Muy estrecha (10 - 20 cms.)  
Salto Aproximado : 15 - 20 m.

d) Falla C° Grande

Se manifiesta formando un notable alineamiento estructu-  
ral actualmente cubierto de materiales cuaternarios.

Tipo: Sinistral, R: N-S, Buz.: vertical. El juego sinis-  
tral se ha establecido por desplazamiento que sufre el eje  
del anticlinal de Lima al norte del C° Grande; por otro la-  
do, en el extremo suroriental del C° Orara, las capas del  
Volcánico Ancón exhiben un pliegue de arrastre compati-  
ble sólo con un movimiento sinistral.

Zona de falla : Cubierta  
Salto aproximado : Horizontal 20-30 m.;  
Vertical: muy pequeño.

e) Falla Santa Rosa

Tipo: Falla inversa, R: N65°O, Buz.: 75°NE; estrías sub-  
verticales.

Formación afectada : Volcánico Ancón  
Zona de falla : 50 a 60 cms.  
Salto aproximado : 5 - 10 m.

f) Falla la Grama (2 km. al norte de Puente Piedra)

Tipos: Fallas normales conjugadas, típicas de pliegues  
con deformación de charnela; R: N25°O, Buz.: 75°NE y  
70°SO respectivamente.

Formaciones afectadas : Fm. Puente Inga y Volcánico -  
Santa Rosa.  
Zona de falla : 1 - 1.5 m.  
Salto aproximado : 20 - 25 m.

g) Falla Hda. La Molina

Tipo: Dextral normal; R: N-S, Buz.: 65°- 70° E.  
Formaciones afectadas : Atocongo y Volcánico La Molina.  
Zona de falla : 1.50 - 2.00 m. fuertementefrac-  
turadas.  
Salto aproximado : No hay elementos marcados, es  
de la magnitud del desplazamiento; sin embargo, se estima  
sea superior a los 40 m.

h) Falla Collique

Tipo: Inversa; R: N25°O; Buz.: no determinado. El prin-  
cipal indicador de la presencia de esta falla es la reduc-  
ción considerable del grosor de la formación Atocongo en  
el flanco oriental del C° Mirador (oeste de San Agustín).  
Formaciones afectadas : Atocongo y Pamplona  
Zona de falla : Cubierta  
Salto aproximado : No se ha podido cuantificar el  
salto de falla; sin embargo, por las relaciones de las for-  
maciones afectadas, se estima que es menor a nivel del C°  
Mirador y mayor por la zona de San Felipe.

I) Falla C° La Milla

Tipo: Presente dos movimientos superpuestos, el prime-  
ro más importante es dextral inverso y el último sinistral  
normal; R: N10°E; Buz.: 80°NO.

Formaciones afectadas : La Pampilla y C° Chillón.  
 Zona de falla : 1.50 - 2 m. (bastante milonitizada).  
 Salto aproximado : Horizontal acumulado 30-35 m.  
 Vertical: pequeño.

### 3.2.2 Sistema de fallas Transversales al Plegamiento

Se han cartografiado numerosas fallas transversales a los pliegues, sobre todo al anticlinal de Lima, en general, dichas fallas están representadas por dos familias conjugadas de movimientos dextrales o sinistralas, cuyos rumbos son N-S a N25° O y NO-SE a E-W.

Las fallas transversales son esencialmente verticales a sub-verticales y se han producido durante las fases tectónicas del Cretáceo y Terciario inferior; en algunos lugares, como el extremo sur de la playa Ventanilla, zona del Morro Solar, - Puente Inga, Cajamarquilla, etc. se han observado microfallas y fallas normales de desplazamientos centimétricos cuyos rumbos varían entre N80° E y S60° E, tales fallas probablemente son contemporáneas a una distensión N-S a N10° E (Estaciones microtectónicas 10 y 19) de edad no precisada.

Los accidentes transversales que han podido ser observados con mayor detenimiento son las siguientes:

#### A. En la zona del Morro Solar

##### a) Falla Chorrillos

Tipo : Falla normal; R: E-O, Buz: 65° N.  
 Formación afectada : Salto del Fraile  
 Zona de falla : 10 m. abundante material brechado (Foto N° 7).  
 Salto aproximado : 5 - 8 m.

##### b) Falla Salto del Fraile

Tipo: : Falla sinistral normal, R: N75° E, Buz.: 80° NO.  
 Pich. : 15° O  
 Formaciones afectadas. : La Herradura, Salto del Fraile  
 Zona de fallas : 2 m. Abundante milonita, Foto N° 6.

Salto aproximado : Horizontal: 25 m. ;  
Vertical: 15 m.  
Desplazamiento neto : 29 a 40 m.; al NO de esta falla,  
a lo largo de la pista se observan 2 fallas pequeñas de rumbo N10° E de movimiento dextral normal.

c) Falla El Túnel

Tipo : Sinistral normal, R: N60° E, -  
Buz.: 75° NO, Pich.: 250.  
Formaciones afectadas : Salto del Fraile, La Herradura  
Zona de falla : 1 m., abundante milonita  
Salto aproximado : 32 m.

d) Falla La Chira

Tipo : Dextral normal, R: N5° O, -  
Buz.: Vertical, Pich.: 5° S.  
Formaciones afectadas : Marcavilca  
Zona de falla : 2.5 - 3 m.  
Salto aproximado : No determinado

e) Falla Cuello de Villa

Tipo : Dextral normal, R: N-S, Buz.:  
Vertical.  
Formaciones afectadas : La Herradura, Morro Solar  
Zona de falla : Cubierta, a lo largo de dicha -  
zona se desarrolló el Cuello de  
Villa.  
Salto aproximado : Horizontal, no precisado, ver-  
tical: 25 - 30 m.

En el Morro Solar aparte de las fallas mencionadas, existen otras menos importantes, con las mismas direcciones que las anteriores; la gran mayoría de ellas, presentan movimientos conjugados y se han formado durante la fase de mayor deformación. El diaclasamiento de la zona (estaciones N° 19 y 23) es también compatible con la orientación de las fallas, lo que indica un origen tectónico.

500 m. al suroeste del Club Regatas, a lo largo de la pista que conduce a la playa La Herradura, se observan problemas sustanciales en la estabilidad del talud, debidos principalmente a la erosión litoral y a la falta de sustentación de la escarpa y que se ve debilitada por un intenso -

diaclasamiento y fallamiento cuyo rumbo promedial ( $N-70^{\circ}E$ ) es paralelo o subparalelo a la línea de la costa - (Fotos N° 3 y 4).

#### B. Zona Norte de Lima (Región de Puente Piedra)

En esta zona el fracturamiento transversal expuesto se limita a dos sistemas principales: el primero más preponderante de juego dextral, tiene una dirección variable entre  $N10^{\circ}$  y  $N40^{\circ}$ ; el segundo de juego sinistral y menos numerosos se orientan entre E-O y  $S65^{\circ}E$  en general; tales fallas exhiben movimientos poco importantes, siendo reconocidos en su mayor parte en las fotografías aéreas a la escala 1: 25,000.

A lo largo del actual curso del río Chillón, es probable que exista un accidente regional de zócalo de dirección  $N30^{\circ}E$  y de juego dextral; dicha suposición se basa en los siguientes argumentos.

- En la Hda. Pro, las capas del volcánico Santa Rosa exhiben cierta rotación en su rumbo (R:  $N70^{\circ}O$ ) con respecto al rumbo de la misma unidad en la margen derecha del río Chillón (R: N-S).
- La formación Puente Inga, secuencia estratigráfica guía observada en la localidad del mismo nombre, se vuelve a encontrar en el C° Candela con las mismas características; si reconstruimos la geometría del anticlinal en esta parte, usando como referencia dicha unidad, veremos que existe cierta flexión o desplazamiento de la secuencia, la misma que es compatible con la presencia de un accidente regional de juego dextral, actualmente cubierto por los depósitos cuaternarios del río Chillón.
- El cambio de rumbo del eje del anticlinal de Lima a partir del C° Mulería, variando de una dirección  $N20^{\circ}O$  a otra N-S y luego a partir de Puente Piedra a una dirección  $N45^{\circ}O$ , podría estar asociado de alguna manera a una reactivación del accidente del zócalo durante la tectónica de plegamiento.
- Si se considera el espesor del cono deyectivo del río Chillón, se verá que precisamente los mayores grosores del mismo se encuentran a lo largo del actual curso; esto sugiere una zona de debilidad por fractura, la misma que ha podido ser aprovechada por la acción erosiva fluvial en su proceso de profundización.

Otro accidente de zócalo pero en este caso de juego sinistral, podría encontrarse entre Carabayllo y las playas de Ancón; en esta zona vemos un control morfológico importante (ver Mapa Topográfico) que es explicable por las diferencias litológicas entre ambos flancos del anticlinal de Lima; lo que sí es difícil explicar, es por qué a lo largo de este sector el eje anticlinal tiene una dirección  $N45^{\circ}O$ , contrastante con las orientaciones del eje en el sector meridional; se supone que un accidente antiguo reactivado y con juego sinistral durante la época de plegamiento pudo haber generado esta estructuración; los argumentos superficiales de tal fenómeno serían en consecuencia: la deflexión de Puente Piedra y las fallas de Pueblo Viejo y Zapallal, que evolucionaron - aprovechando la constitución plástica del flanco oriental del anticlinal de Lima.

### 3.2.3 Fallamiento en el Batolito de la Costa

En las rocas del Batolito de la Costa (ver Mapa Geológico) se observan las siguientes familias:

- Una familia de dirección  $N70^{\circ}E$  a  $S80^{\circ}E$  de juego sinistral
- Una familia de dirección  $N10^{\circ}E$  a  $N30^{\circ}E$  de juego dextral y
- Una familia menos numerosa de dirección  $N15^{\circ}O$  a N-S.

En su mayoría dichas fallas se han definido por configurar - buenos alineamientos estructurales en las fotografías aéreas e imágenes Erts; las confirmadas en el terreno exhiben zonas milonitizadas del orden centimétrico a 2 ó 3 m. a lo largo de las cuales ha tenido mayores efectos la erosión. Las observaciones microtectónicas definen a las dos primeras fallas, como fallas de desgarre conjugados, indicadores de una dirección de acortamiento  $N60^{\circ}E$  (Estación 18), contemporánea a la fase de compresión del Terciario inferior.

La tercera familia con movimientos dextrales o sinistral, es posterior y corresponde a la tectónica compresiva del Terciario superior, cuyo eje de acortamiento tiene una dirección N-S a  $N10^{\circ}O$ .

El Batolito de la Costa también se ve afectado por un nutrido diaclasamiento y junturamiento desarrollado principalmente durante la etapa tardía de consolidación del Magma.

### 3.2.4 Diaclasamiento

Los principales sistemas de diaclasas observadas en el terreno, se presentan en diagramas de rocas sobre el mapa tectónico y en diagramas de puntos (red de Schmidt, hemisferio inferior) en el cuerpo del informe. El análisis estadístico revela 5 poblaciones dominantes, con las siguientes direcciones promedios (ver Mapa Tectónico, Fig. N° 7).

- Sistema N 60° E a E-O.
- Sistema N 20° E a N 60° E
- Sistema N-S a N 20° O
- Sistema N-S a N 20° E
- Sistema N 30° O a N 60° O.

El diaclasamiento de la cobertura plegada es de origen tectónico y se ha formado principalmente durante la fase de plegamiento (fase intra-cretácea), luego fué remarcado por las fases de ruptura del Terciario. Como se observa en los diagramas, las familias de diaclasas, se ajustan muy bien al fallamiento descrito, siendo correspondientes en su mayoría al cizallamiento transversal; en número menor de ellas están asociadas al fallamiento inverso, localizado en los flancos de las flexiones y otras al fallamiento normal propio de los pliegues a deformación de charnela.

En terrenos como el estudiado, afectado por deformaciones sucesivas, existe cierta dificultad para establecer la cronología de las diaclasas debido a su reutilización casi continua durante las fases tectónicas; por ello, tal labor debe ser objeto de un estudio más minucioso, el mismo que apoyaría mejor conocimiento tectónico de la región.

### 3.3 DEFLEXION DE PUENTE PIEDRA

Es el rasgo morfotectónico más notable en la disposición estructural de la cobertura mesozoica de la región, se manifiesta por el fuerte cambio de rumbo que experimenta la sucesión plegada a partir de un eje imaginario (eje de la deflexión) que pasa por la localidad de Puente Piedra, Hda. La Molina y Hda. Trapiche. Dicha deflexión compromete rocas sedimentarias y volcánico-sedimentarias cuyo rango cronológico está comprendido entre el Jurásico superior y el Cretáceo medio.

Las estructuras que por su geometría dan las mejores muestras de la deflexión de Puente Piedra, son: el anticlinal de Lima, el sinclinal

de Huarangal y el monoclinial de Trapiche. El anticlinal de Lima - desarrollado principalmente en las rocas volcánico-clásticas del grupo Puente Piedra, se ubica en la zona mas deformada de la de flexión; en dicha zona, las particularidades geológicas y morfoestructurales dominantes son las siguientes:

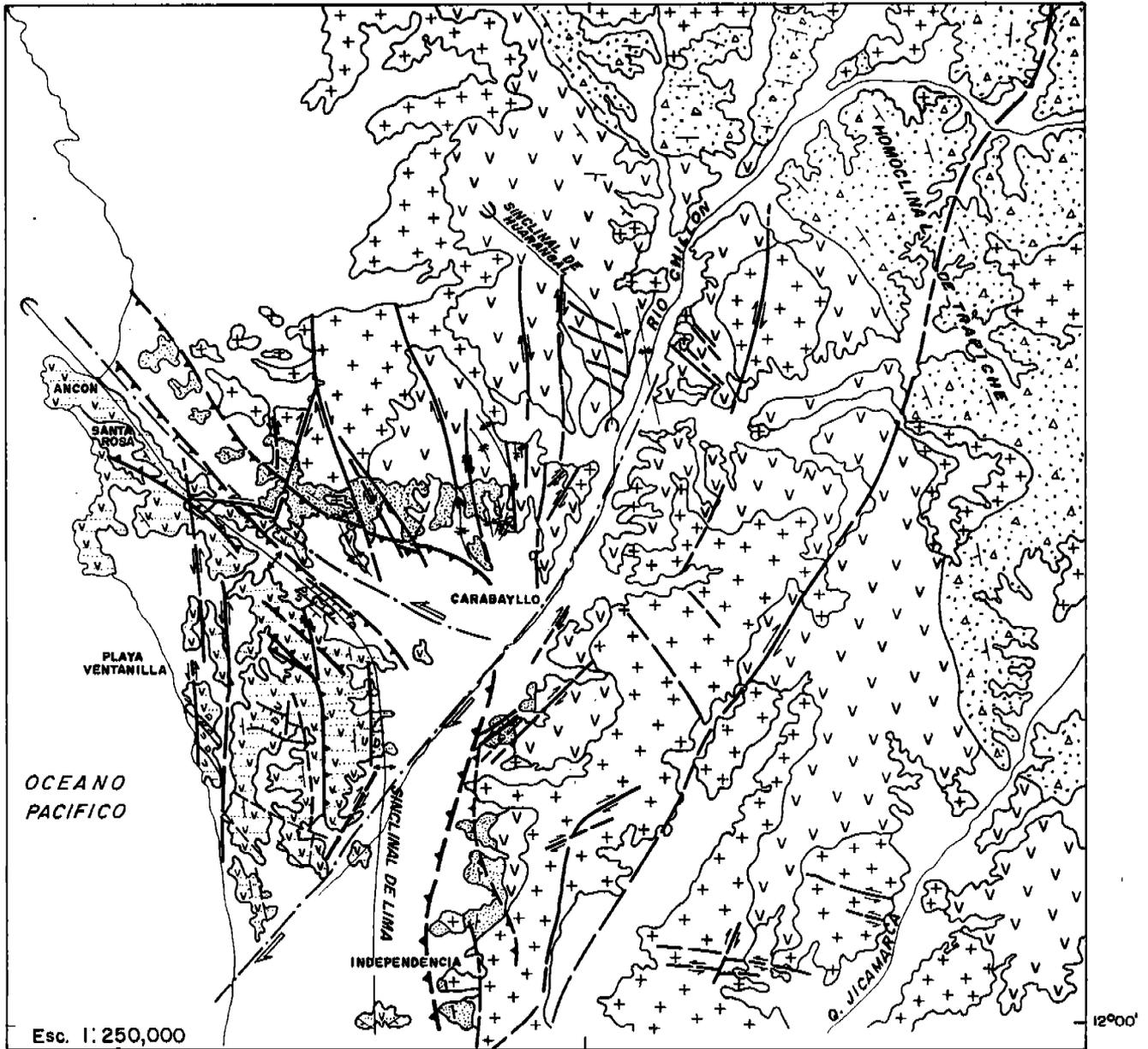
- El eje anticlinal de un rumbo N-S cambia bruscamente a una dirección N45° O.
- El flanco oriental de la estructura, presenta una constitución - esencialmente volcánica o volcánico-sedimentaria, de características físicas relativamente rígidas en comparación con las propiedades algo plásticas del limbo oriental cuya naturaleza es mas sedimentaria.
- El anticlinal de Lima en la zona de la deflexión, muestra una geometría propia de pliegues a deformación de chanela y a deformación de flanco cuyas características ya han sido descritas. Los accidentes geológicos de fractura más importantes asociados al desarrollo de la deflexión, son las fallas de Pueblo Viejo y Zapallal que dislocan el flanco oriental.

En el sinclinal de Huarangal no se observa muy claramente la deflexión, debido a la escasa estructuración de las rocas masivas - del Cretáceo que ocupa el núcleo, asi como debido a que las prolongaciones de la estructura hacia el norte o hacia el sur han sido interrumpidas por el Batolito Andino. Sin embargo, se tienen evidencias de rotación de capas entre la Hda. Huatocay donde el rumbo es N-S y los cerros Rincón y Cangay donde el mismo es N80° O.

El monoclinial de Trapiche, estructuralmente corresponde al limbo oriental del sinclinal de Huarangal; en general, es una ancha - franja de rocas volcánico-clásticas del Cretáceo, extendida de SE a NO, entre las inmediaciones de la Quebrada Canto Grande y el C° Canario. A partir del curso actual del río Chillón hacia el sur, esta franja de rocas estratificadas tienen un rumbo variable entre N25 W y N-S; de la misma posición hacia el oeste y ONO las capas varían a un rumbo N70 O; por último a unos 4 km. al W de la Quebrada de Cangay las mismas capas vuelven a rotar, adoptando una posición N15 O.

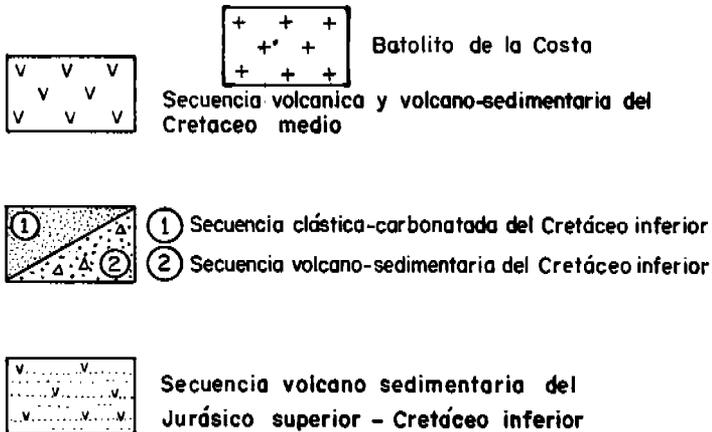
En las líneas precedentes, hemos señalado los rasgos estructurales más notables de la Deflexión Puente Piedra (Fig. N° 9), tales rasgos se encuentran recortados parcialmente por las rocas intrusivas del Batolito Andino, lo que nos permite asignar a la deflexión una edad pre-batolítica; es decir, contemporánea a la fase mayor

77°00'

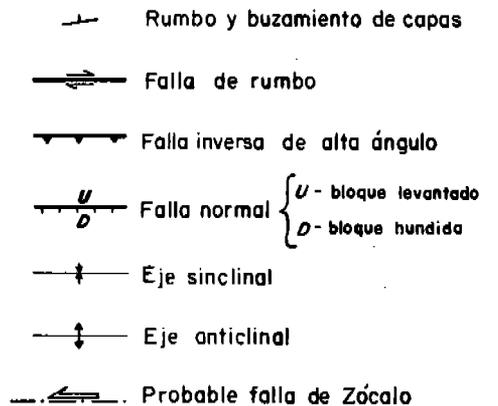


## DEFLEXION DE PUENTE PIEDRA Y ESTRUCTURAS PRINCIPALES

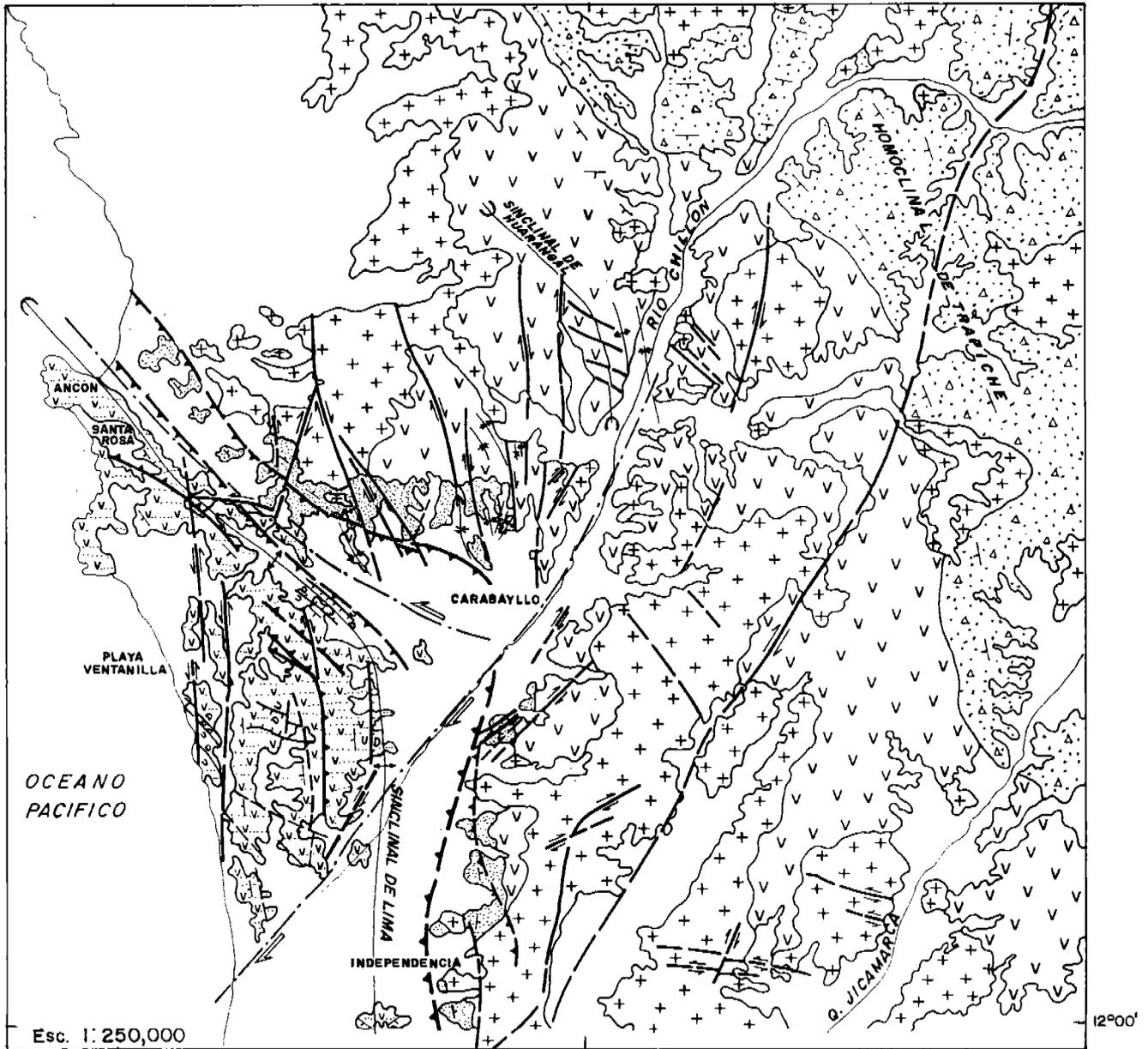
### LEYENDA



### SIMBOLOS



77°00'



Esc. 1:250,000

12°00'

## DEFLEXION DE PUENTE PIEDRA Y ESTRUCTURAS PRINCIPALES

### LEYENDA

- |  |   |
|--|---|
|  | Batolito de la Costa  |
|  | Secuencia volcanica y volcano-sedimentaria del Cretaceo medio   |
|  | ① Secuencia clasica-carbonatada del Cretaceo inferior<br>② Secuencia volcano-sedimentaria del Cretaceo inferior |
|  | Secuencia volcano sedimentaria del Jurásico superior - Cretáceo inferior  |

### SIMBOLOS

- |  |  |
|--|--|
|  | Rumbo y buzamiento de capas                    |
|  | Falla de rumbo                                 |
|  | Falla inversa de alto ángulo                   |
|  | Falla normal                                   |
|  | { U - bloque levantado<br>{ D - bloque hundido |
|  | Eje sinclinal                                  |
|  | Eje anticlinal                                 |
|  | Probable falla de Zócalo                       |

Fig. 10

de deformación (fase Intra-cretácea) que generó el plegamiento en la región.

La formación y evolución de la Deflexión de Puente Piedra, es un tema muy discutible sobre el cual pueden enunciarse variadas hipótesis; los suscritos consideran que tal deflexión se desarrolló por reactivación de grandes accidentes de zócalo durante el plegamiento, estos accidentes funcionaron con movimientos esencialmente horizontales por acción de los esfuerzos tectónicos de la fase Intra-cretácea cuyo eje de acortamiento tuvo una dirección NE-SO. Los efectos de las reactivaciones en la cobertura mesozoica se manifestaron por el flexuramiento de los ejes de pliegues o rotación en el rumbo de las capas; la magnitud de la deformación a nivel de la flexura, varía notablemente según la constitución litológica y según las respuestas físicas de las unidades litoestratigráficas afectadas.

Los probables accidentes de zócalo que controlaron el desarrollo de la deflexión, estarían ubicados uno a lo largo del curso actual del río Chillón y el otro entre Carabayllo y las playas de Ancón.

El primero de los nombrados tiene un rumbo promedial de N 30°E y se reactivó con movimiento dextral, generando el cambio de rumbo del eje anticlinal entre el C.° Mulería y la localidad de Puente Piedra.

El segundo de una dirección N40 E y movimiento sinistral, debió originar el cambio brusco en el rumbo del eje de la estructura a nivel de la localidad de Puente Piedra, variando de una orientación N-S a N45 O.

La génesis y evolución de la deflexión de Puente Piedra, como es de suponer, no solamente es explicable bajo un simple modelo como el propuesto, sino que debieron intervenir controles paleogeográficos, estratigráficos, variaciones de facies, etc.; los mismos que deben ser investigados a fin de poder plantear mejores alternativas.

#### 4. MICROTECTONICA

##### 4.1 Introducción

Con la finalidad de establecer el cuadro tectónico de la zona de estudio se han efectuado observaciones microtectónicas sobre un total de 28 estaciones adecuadamente espaciadas. El análisis de

tales datos ha permitido determinar las sucesivas fases de deformación que afectan el área, la geometría de las principales estructuras asociadas y entre ellas el estilo de plegamiento de la cobertura mesozoica.

#### 4.2 Métodos

Para el análisis de los datos microtectónicos empleando diagramas estereográficos (Red de Schmidt, hemisferio inferior) que se indican en el texto, se han usado los siguientes métodos:

- Método de determinación gráfica de direcciones de acortamiento, alargamiento y eje intermediario, a partir de una población de fallas. Este método fue propuesto por F. Arthaud (1969) y en él se propone describir la geometría de la deformación definiendo tres ejes principales de deformación. Estos ejes se deducen de la observación de todos los planos estriados de un gran número de fallas y microfallas que afectan a las rocas durante una tectónica de ruptura.
- Método de análisis de la tectónica de fractura a la escala de microestructuras en zonas poco deformadas. Este método propuesto por Arthaud - Choukroune (1972), permite realizar un estudio tectónico preliminar que puede servir de base a un estudio más detallado; está basado en el examen e interpretación de microestructuras teniendo en cuenta su dirección y naturaleza, da buenos resultados en el estudio de las zonas con poca o sin estructuras de gran tamaño que, difícilmente podrían ser estudiadas de manera tradicional.

#### 4.3 Análisis de los datos Microtectónicos

Casi la totalidad de estaciones microtectónicas (27) se han localizado en la cobertura plegada a excepción de la estación N° 18 que se ubicó en el Batolito, las microestructuras analizadas fueron microfallas de desgarre, microfallas inversas, microfallas normales, micropliegues y abundante diaclasamiento. Toda esta información ya procesada se muestra en diagramas de frecuencia puntual (Red de Schmidt) hemisferio inferior.

Los datos microtectónicos y el contexto tectónico regional nos han permitido determinar la geometría y estilo de 3 fases tectónicas superpuestas.

##### A. La Fase de Compresión del Cretáceo (Fase Intracretácea)

Es la fase mayor de deformación, responsable del plegamiento

de la región, con fallas inversas regionales, fallas normales en la zona axial de los pliegues y fallamiento o cizallamiento transversal conjugado. Las direcciones de acortamiento ( ) de esta fase se muestra en las estaciones 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, - 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 28 y las trayectorias de deformación en el mapa de la Fig. N° 9 a.

#### B. Fase de compresión del Terciario inferior (Fase Incaica)

Es una fase que se manifiesta esencialmente por ruptura frágil y cuyas estructuras asociadas son principalmente fallas de rumbo que afectan al batolito y reactivaciones de fallas en la cobertura plegada. Durante esta fase se acentuó el diaclasamiento de la región; las direcciones de acortamiento se muestran en la estación N° 18 y sus trayectorias en el mapa de la fig. 9 b.

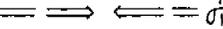
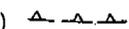
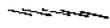
#### C. Fase de Compresión del Terciario superior

Es una fase típicamente de ruptura, evidenciada por el fracturamiento longitudinal afectando a la cobertura plegada y al batolito; también a esta fase se asocian microfallas de desgarre conjugadas y microfallas inversas como se muestra en las estaciones 2, 7, 8, 12, 14, 18 y 19. Las trayectorias de deformación correspondientes se indican en el mapa de la fig. N° 9 c.

\*\*\*\*\*

# MAPA DE TRAYECTORIAS DE LA FASE INTRACRETACEA Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

## SIMBOLOGIA

- Acertamiento 
- Falla de rumbo dextral 
- Falla de rumbo sinistral 
- Falla inversa 
- Falla probable 
- Falla inversa (Bajo ángulo) 
- Prabables fallas de zócalo 
- Diques 

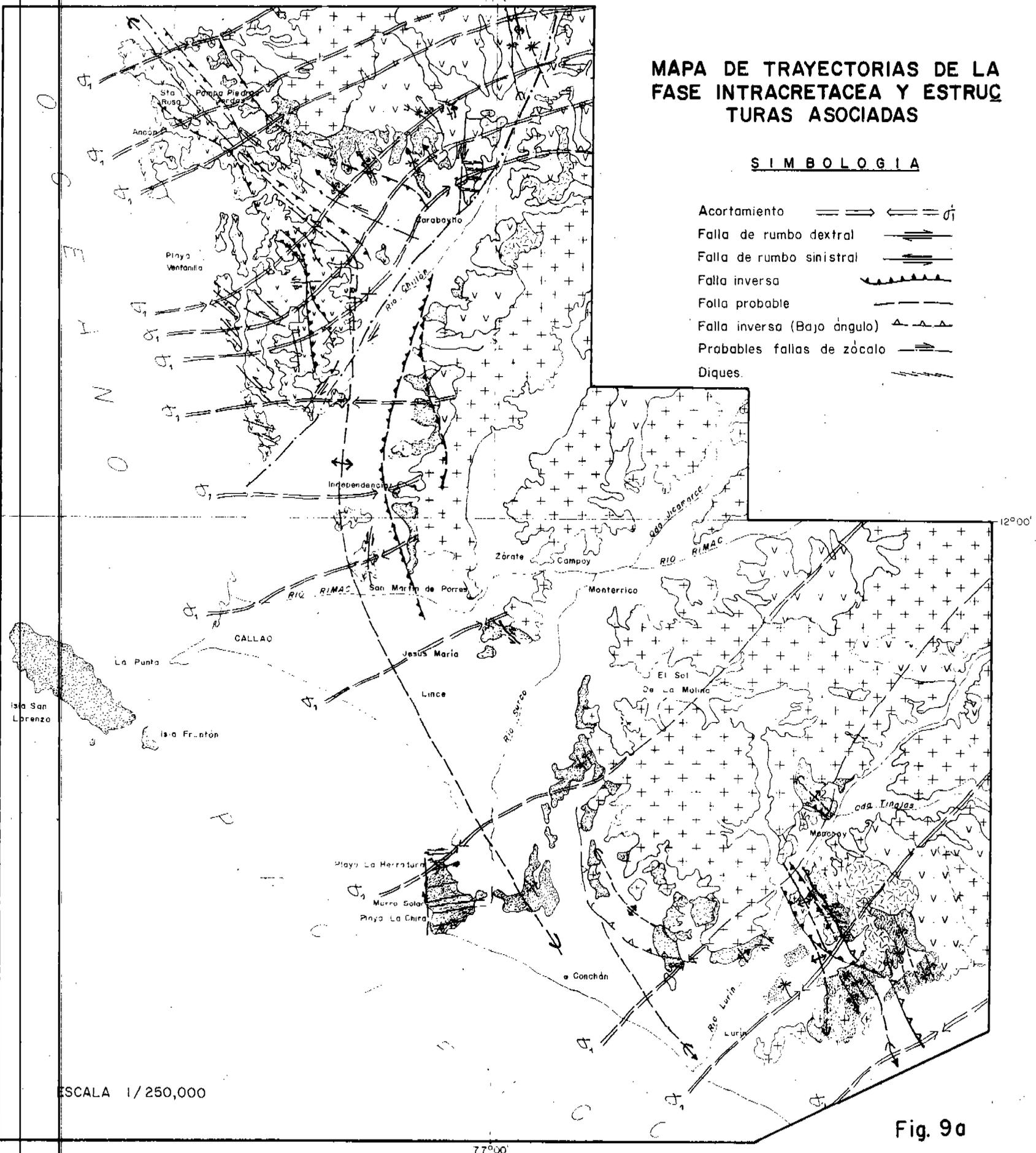


Fig. 9a

# MAPA DE TRAYECTORIAS DE LA FASE DEL TERCIARIO INFERIOR (FASE INCAICA) Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

## SIMBOLOGIA

Acortamiento	
Fallas de rumbo dextral	
Fallas de rumbo sinistral	
Falla inversa	
Falla probable	
Diques	

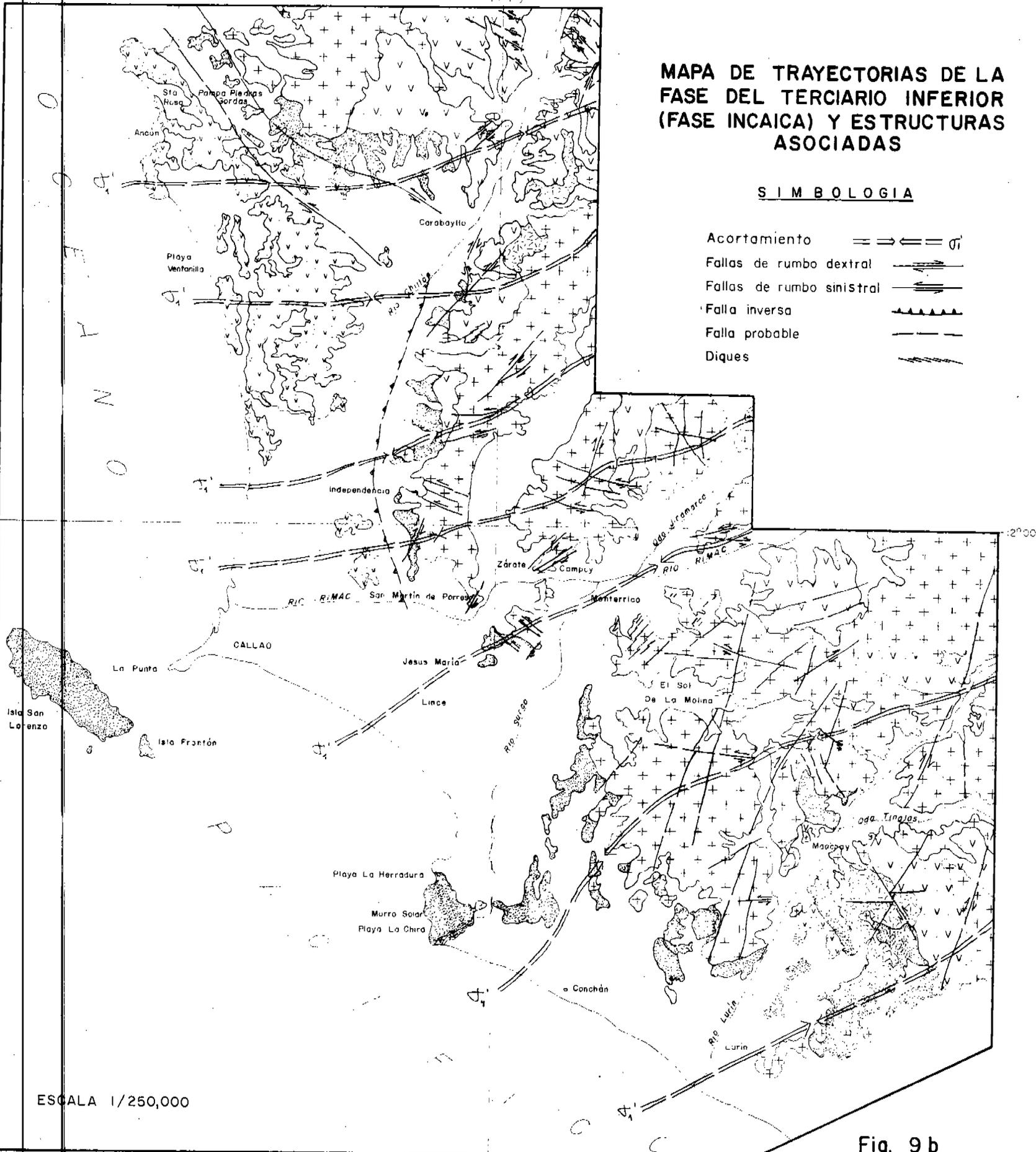
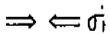
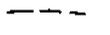


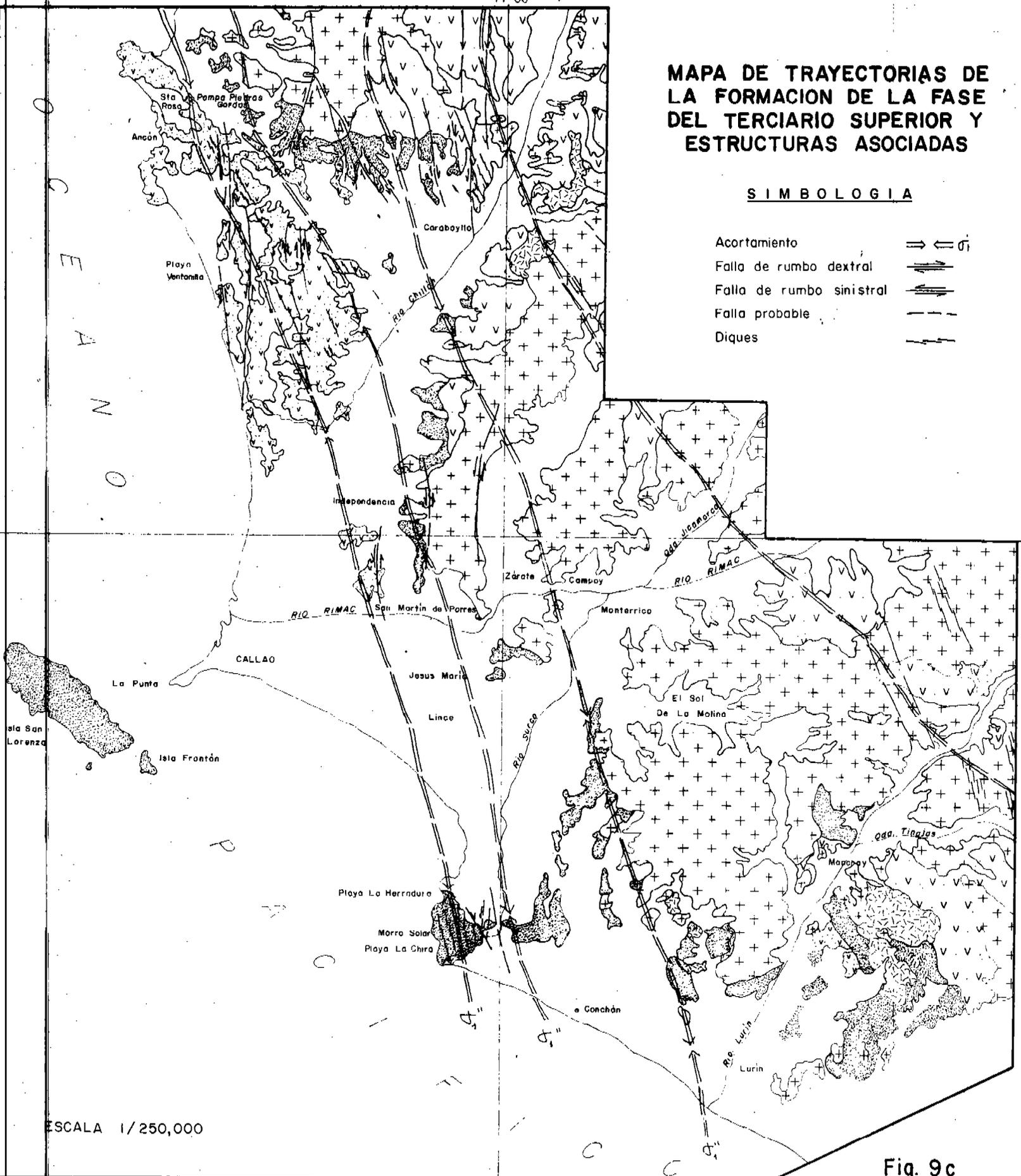
Fig. 9b

77°00'

# MAPA DE TRAYECTORIAS DE LA FORMACION DE LA FASE DEL TERCARIO SUPERIOR Y ESTRUCTURAS ASOCIADAS

## SIMBOLOGIA

- Acartamiento 
- Falla de rumbo dextral 
- Falla de rumbo sinistral 
- Falla probable 
- Diques 



12°00'

12°00'

77°00'

ESCALA 1/250,000

Fig. 9c

#### 4.4 Diagramas Estereográficas

##### Estaciones Microtectónicas

<u>Estación N°</u>	<u>Lugar</u>
1	Hda. Trapiche
2	Huarangal
3	Hda. La Molina (2 km. al sur - corte carretera)
4	Hda. La Molina (1 km. al oeste)
5	Cantera Pueblo Viejo - Los Almacigos
6	Cerro Malpica
7	Pepsi
8	Entrada a Santa Rosa
9	Ancón
10	Playa Ventanilla
11	Puente Piedra (2 km. al este)
12	C° La Libertad
13	Puente Inga
14	Grifo Sta. Isabel (Av. Tupac Amaru)
15	Puente río Chillón
16	C° La Regla
17	Universidad Nacional de Ingeniería
18	Tunel de Cajamarquilla - Urb. Cahuide
19	Morro Solar
20	C° El Agustino
21	C° Camacho (Monterrico)
22	Las Casuarinas (Monterrico)
23	La Chira
24	Puente Lurín
25	Puente Manchay
26	Lomas de Los Manzanos
27	Los Almacigos
28	Guardia Republicana.

#### 4.4. LEYENDA MICROTECTONICA DE LOS DIAGRAMAS ESTEREOGRAFICOS

##### RED DE SCHMIDT - HEMISFERIO INFERIOR

Falla de Desgarre Dextral	Polo del Plano ●  Estría 
Falla de Desgarre Sinistral	Polo del Plano ○  Estría 
Falla Normal	Polo del Plano □  Estría 
Falla Inversa	Polo del Plano ■  Estría 

Polo del Plano de Diaclasa .

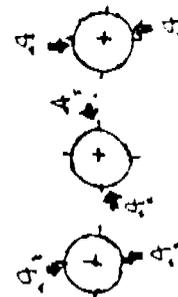
Polo del Plano de Movimiento : Fallas de Desgarre +

##### FASES RECONOCIDAS

Fase de Compresión del Cretáceo

Fase de Compresión del Terciario Inferior

Fase de Compresión del Terciario Superior



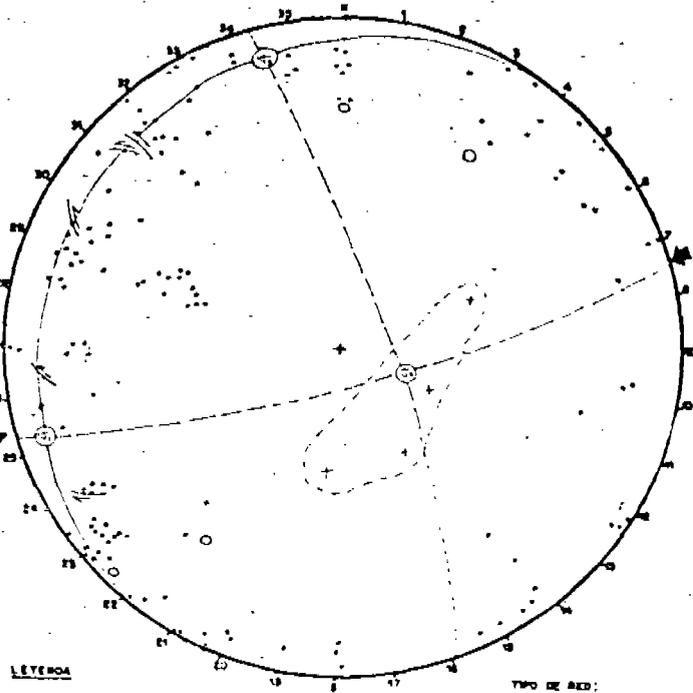
$\sigma_1$  Eje de Acortamiento

$\sigma_2$  Eje Intermedio

$\sigma_3$  Eje de Alargamiento

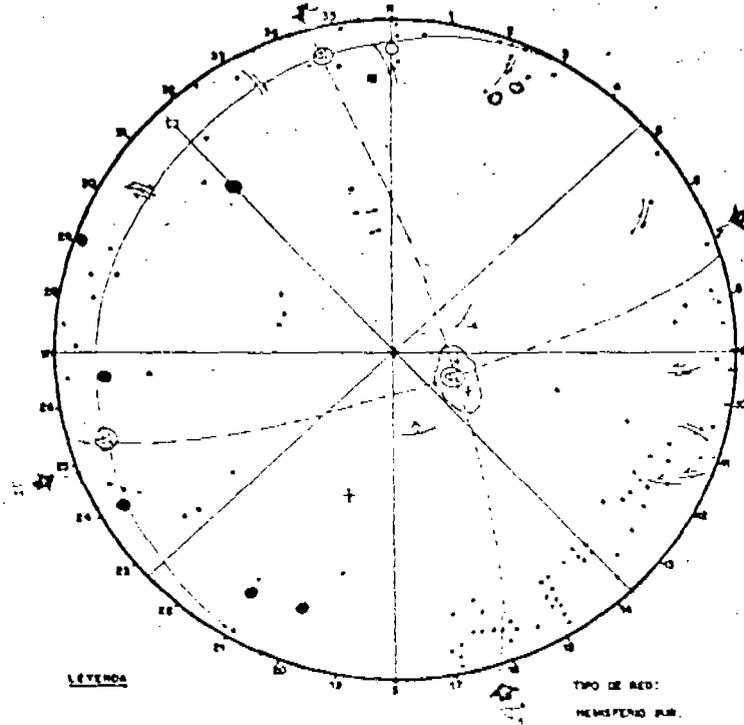
Estación N° 1

Hacienda Trapiche



Estación N° 2

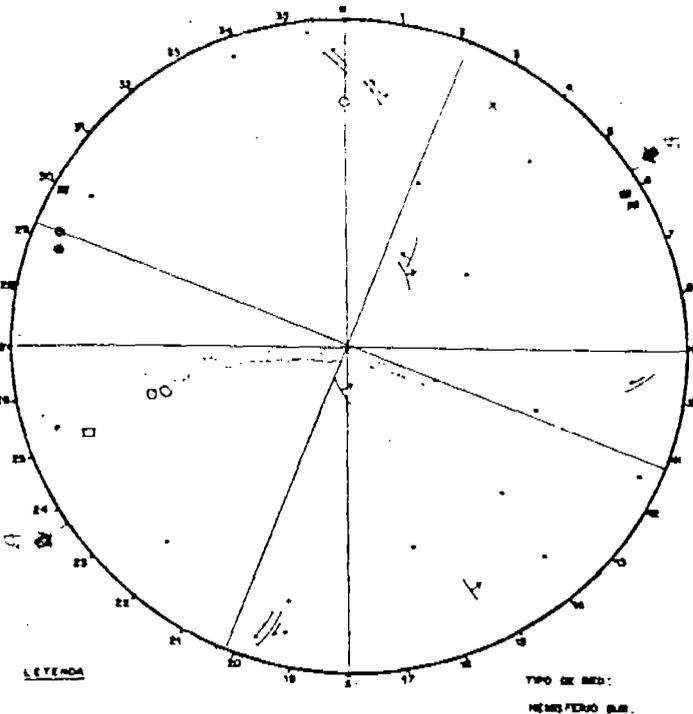
Huarangal



Estación N° 3

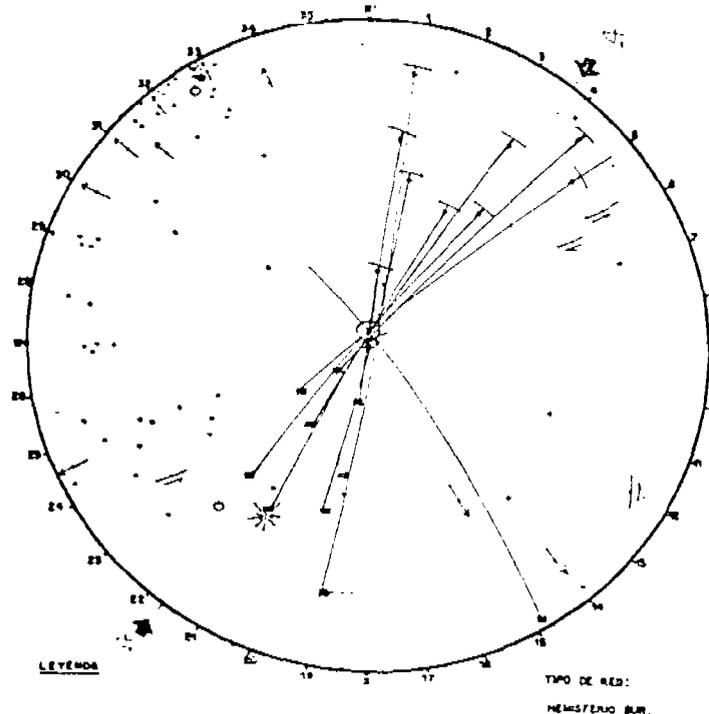
Hacienda La Molina

(1 km. al sur corte carretera)

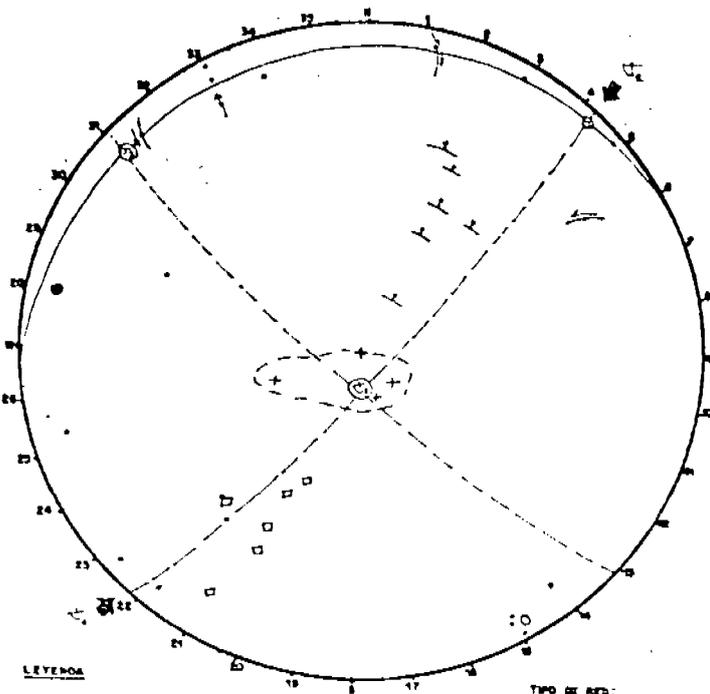


Estación N° 5

Cantera Pueblo Viejo



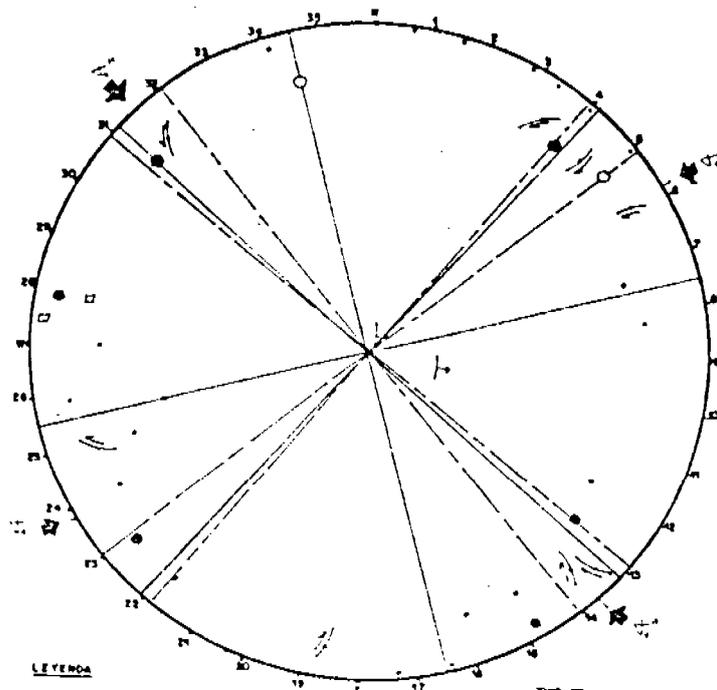
Estación N° 6  
Cerro Malpica



LEYENDA

TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

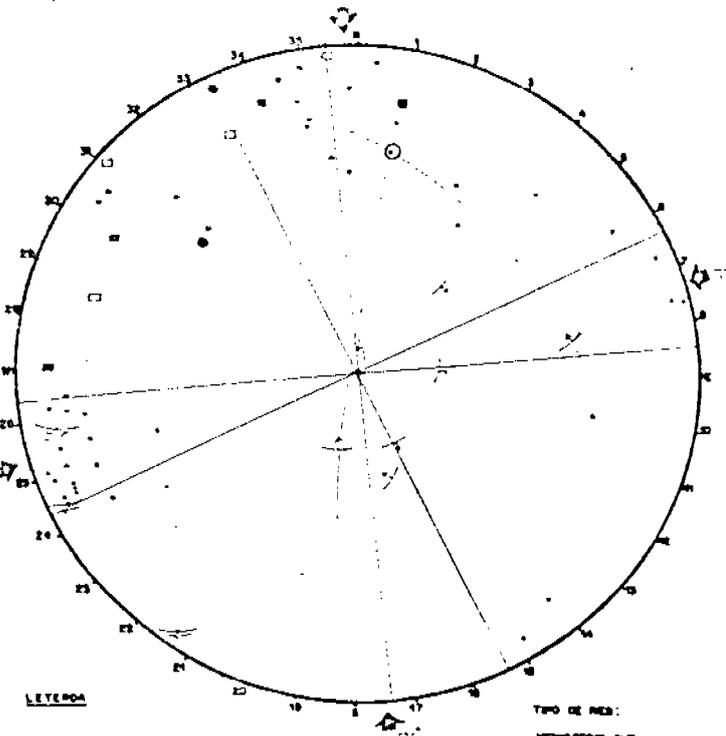
Estación N° 7  
Lugar Pepsi



LEYENDA

TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

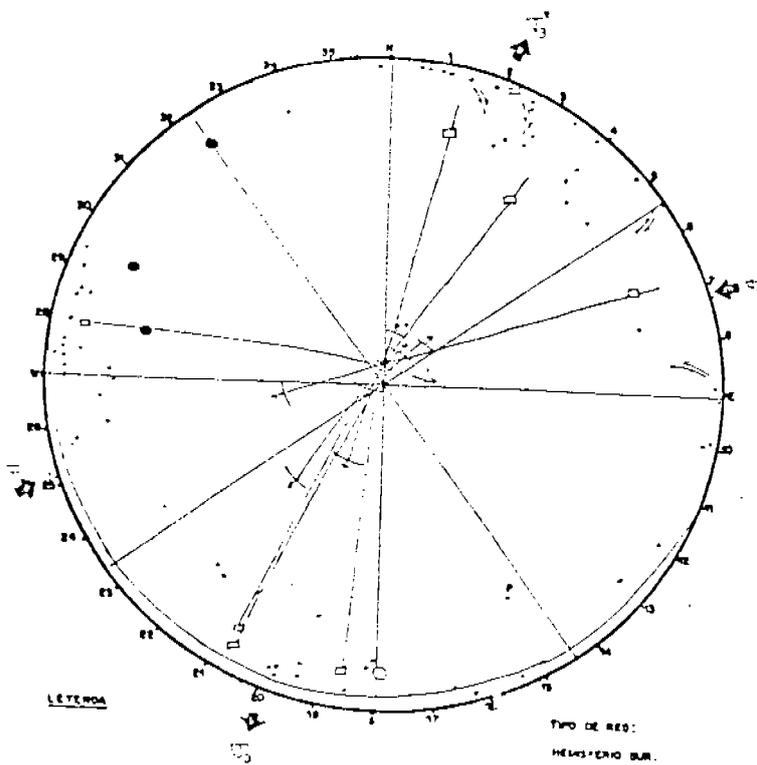
Estación N° 8  
Entrada a Santa Rosa



LEYENDA

TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

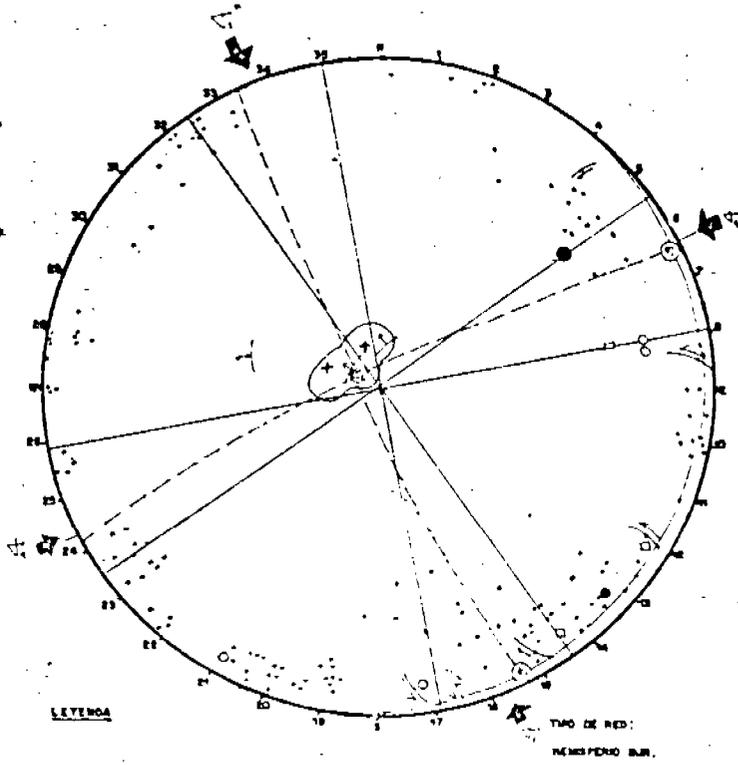
Estación N° 10  
Playa de Ventanilla



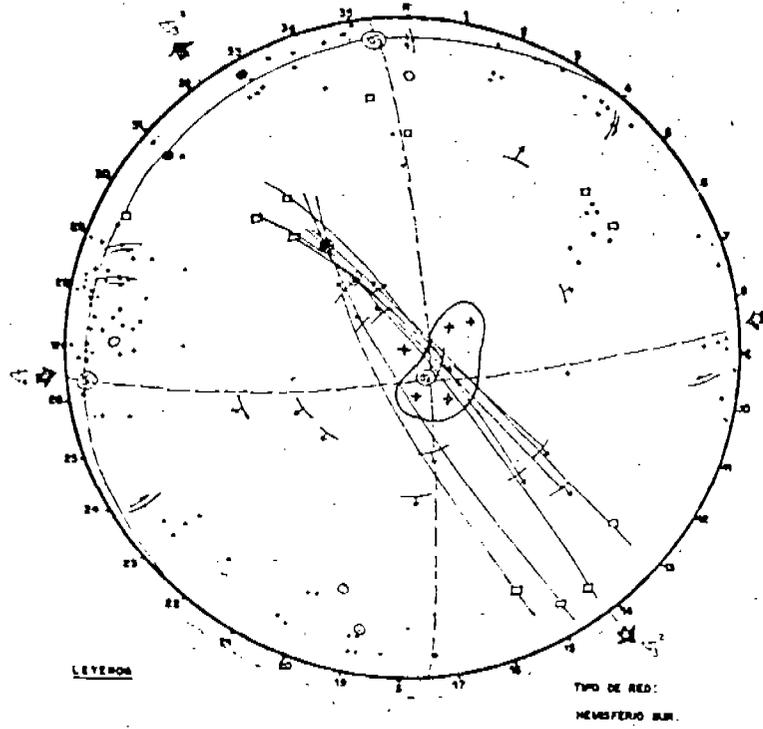
LEYENDA

TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

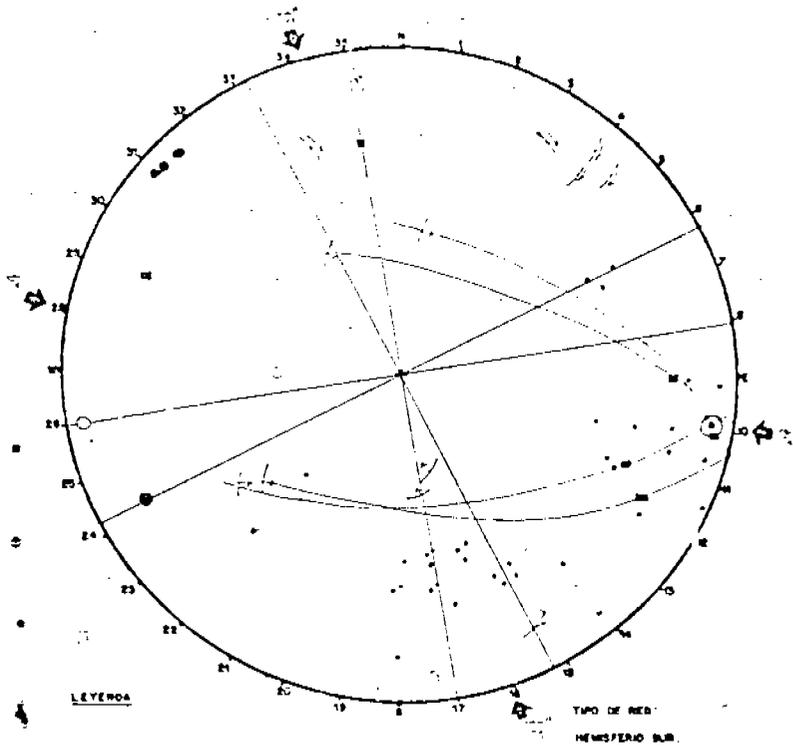
Estación N°12  
Cerro La Libertad.



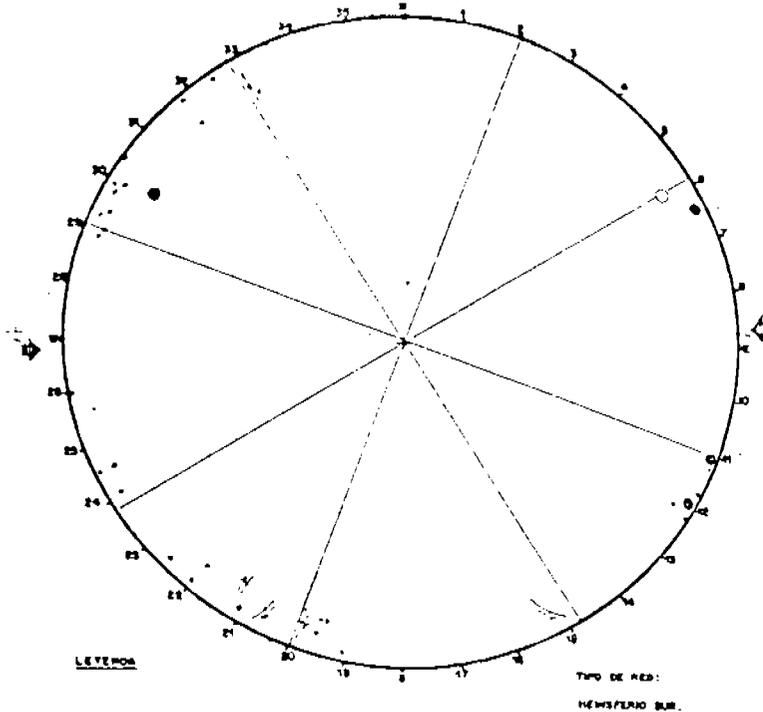
Estación N° 13  
Puente Inga



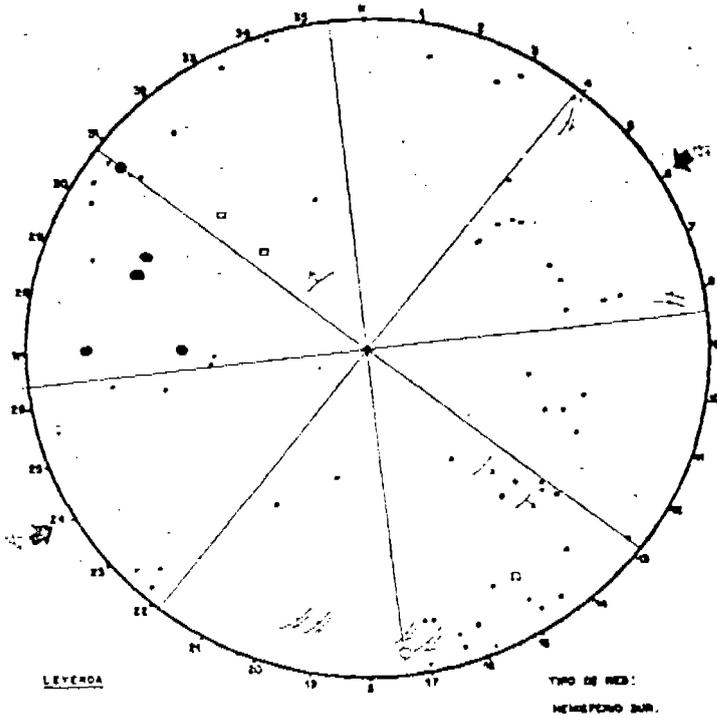
Estación N° 14  
Grifo Santa Isabel



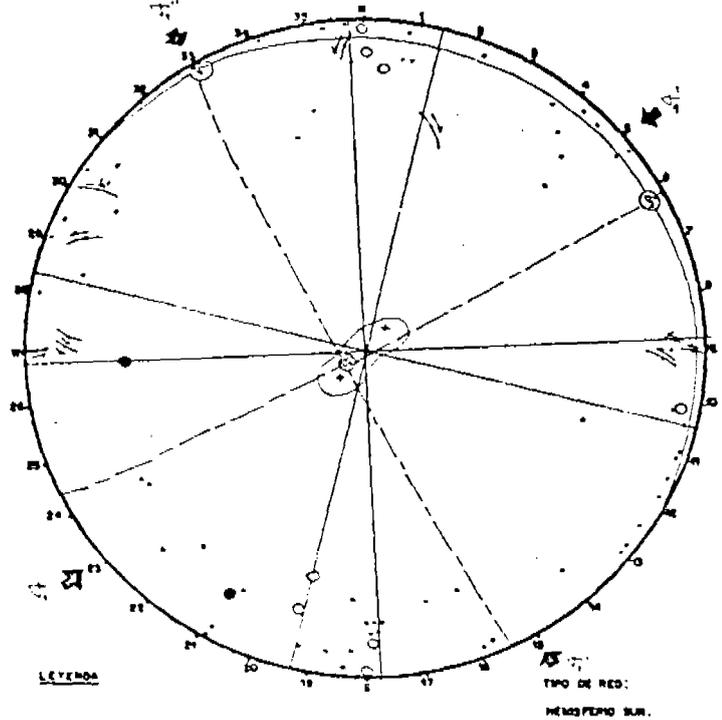
Estación N° 16  
Cerro La Regla



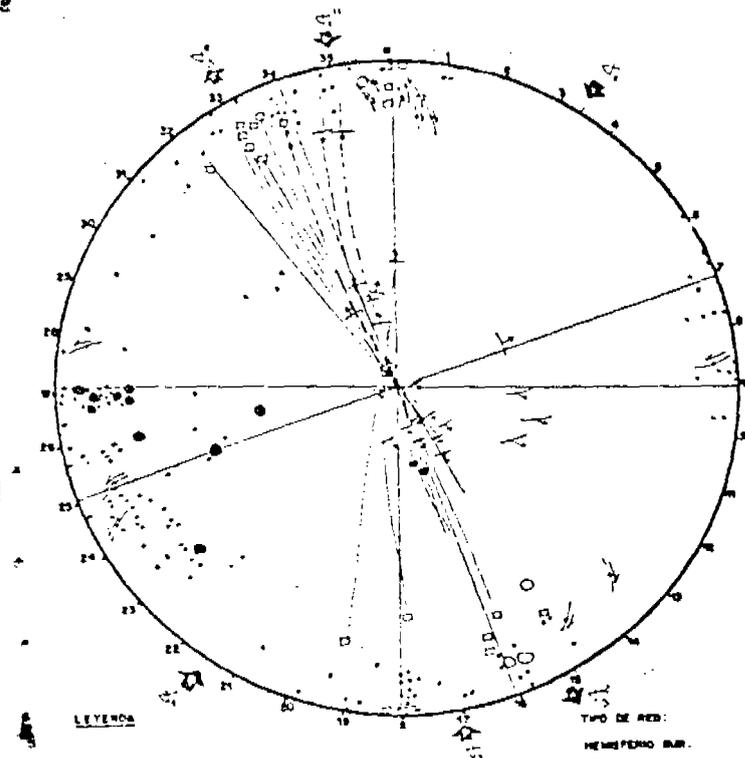
Estación N° 17  
Univ, Nac. Ingeniería



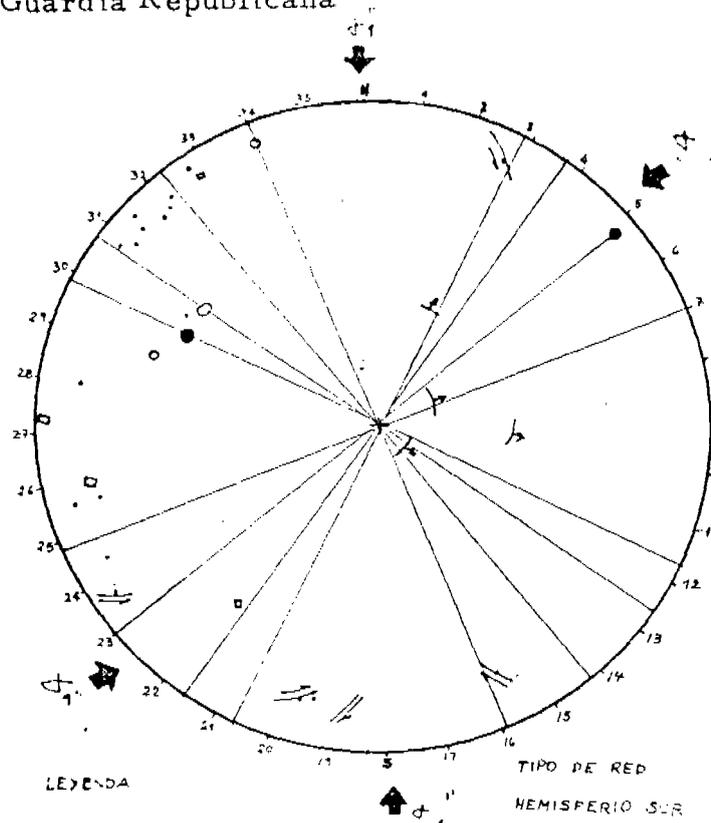
Estación N° 18  
Tunel de Cajamarquilla  
Urb. Cahuide



Estación N° 19  
Morro solar

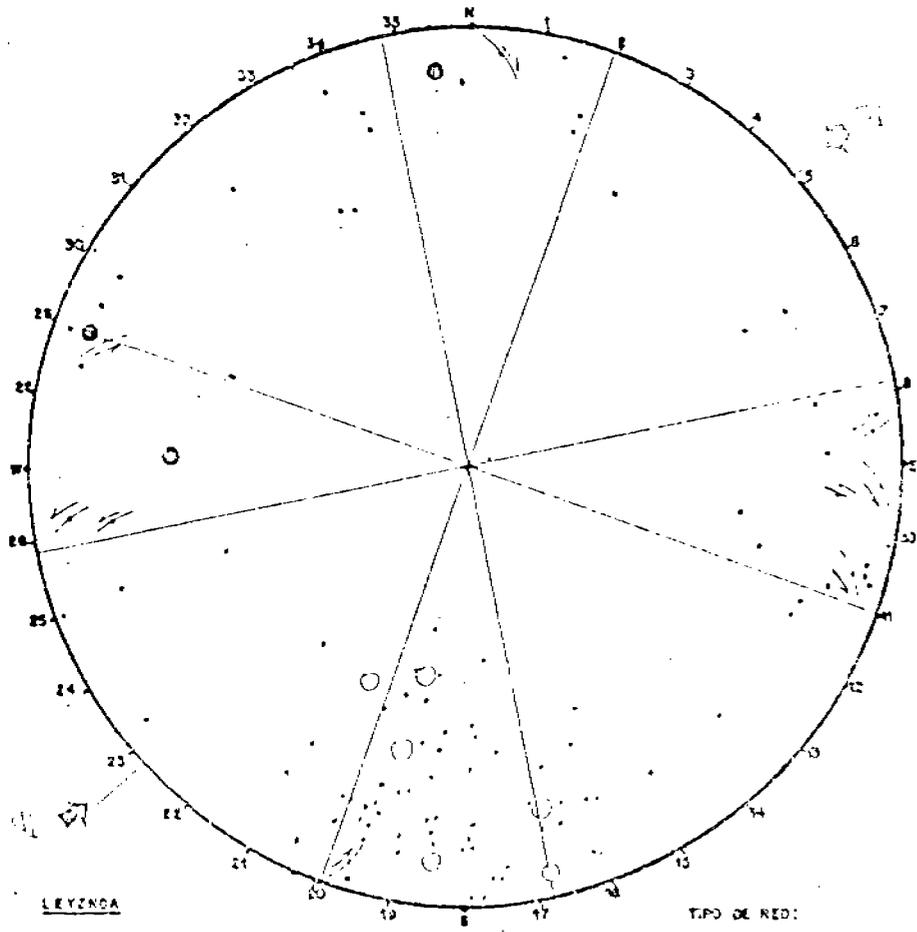


Estación N° 28  
Guardia Republicana



Estación N° 21

Cerro Camacho: Monterrico

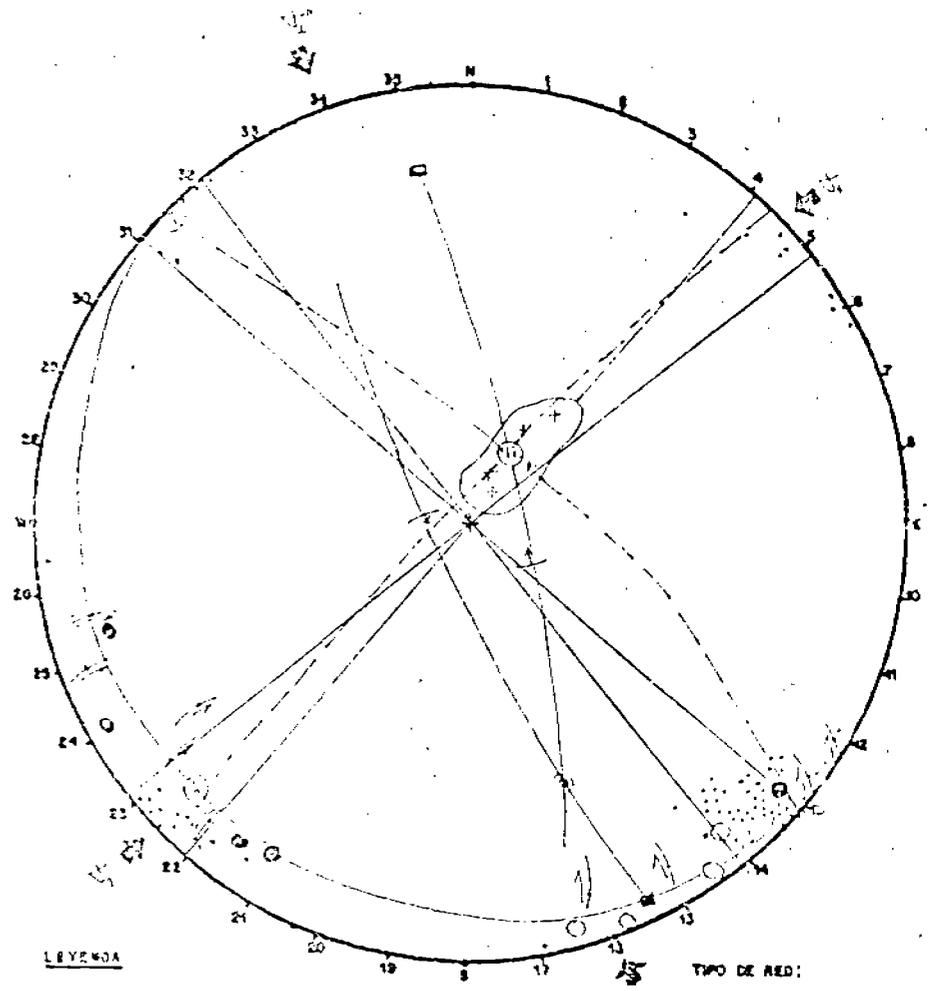


TIPO DE RED:  
HEMISPHERIO SUR.

LEYENDA

Estación N° 24

Puente Larín

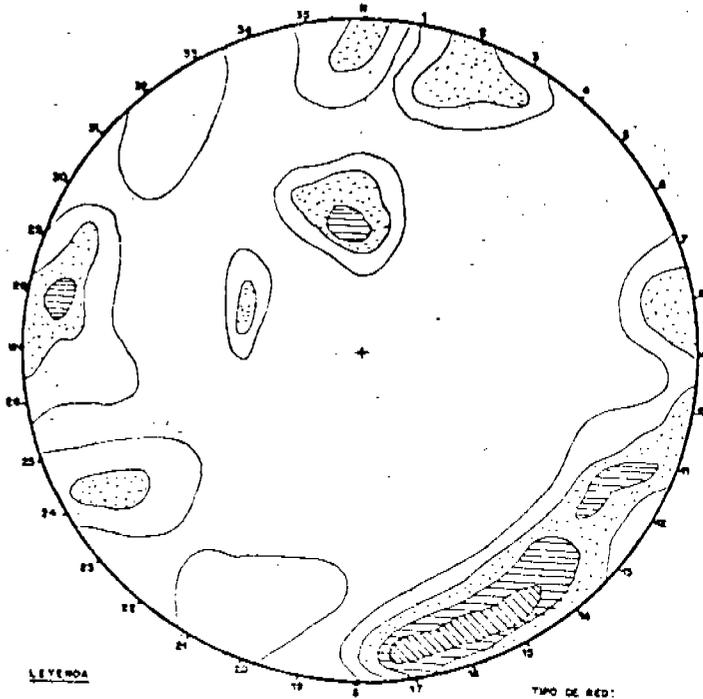
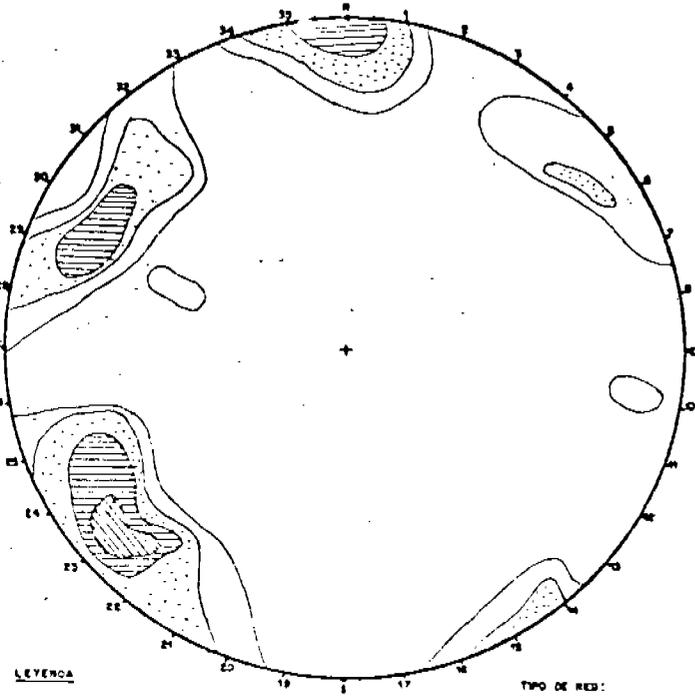


TIPO DE RED:  
HEMISPHERIO SUR.

LEYENDA

Estación N° 1  
Hacienda Trapiche

Estación N° 2  
Huarangal



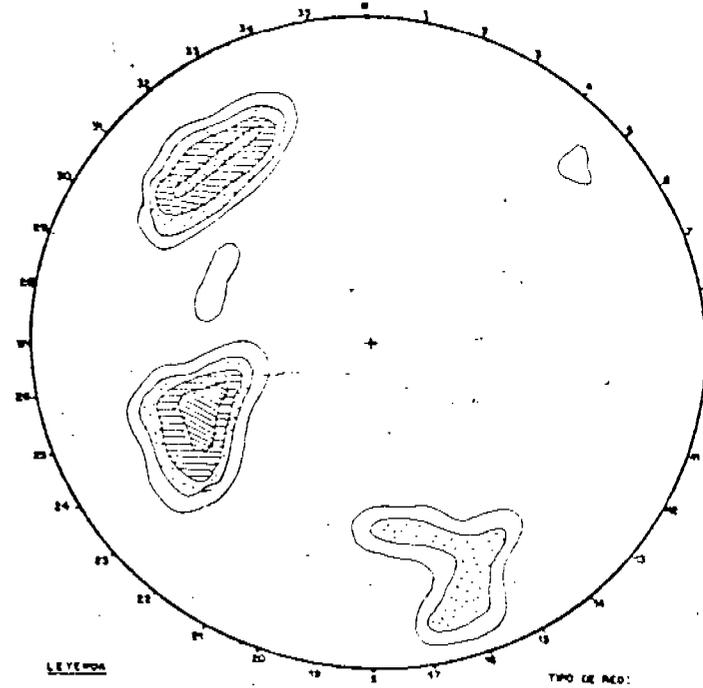
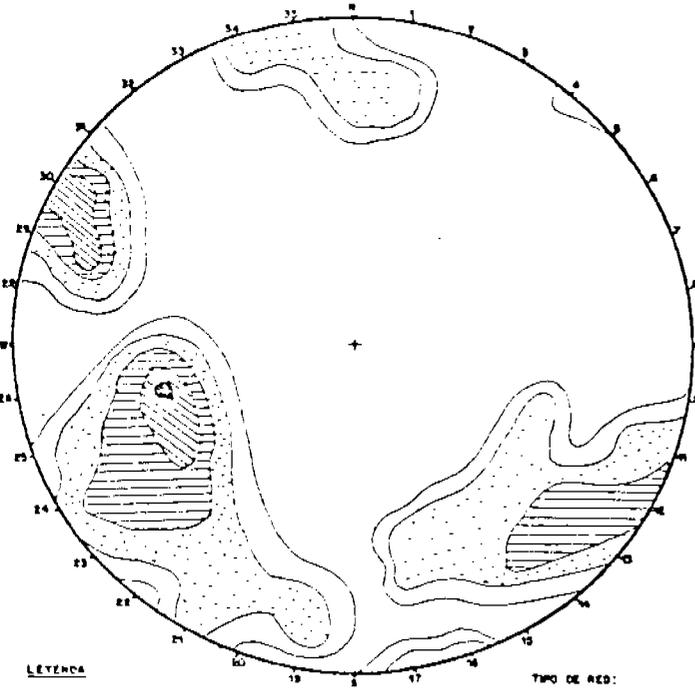
LEYENDA

LEYENDA



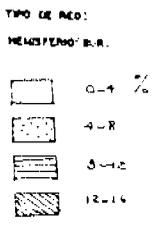
Estación N° 3  
Hacienda La Molina  
(1 Km. al sur, corte carretera)

Estación N° 4  
Hacienda La Molina  
(1 Km. al oeste)

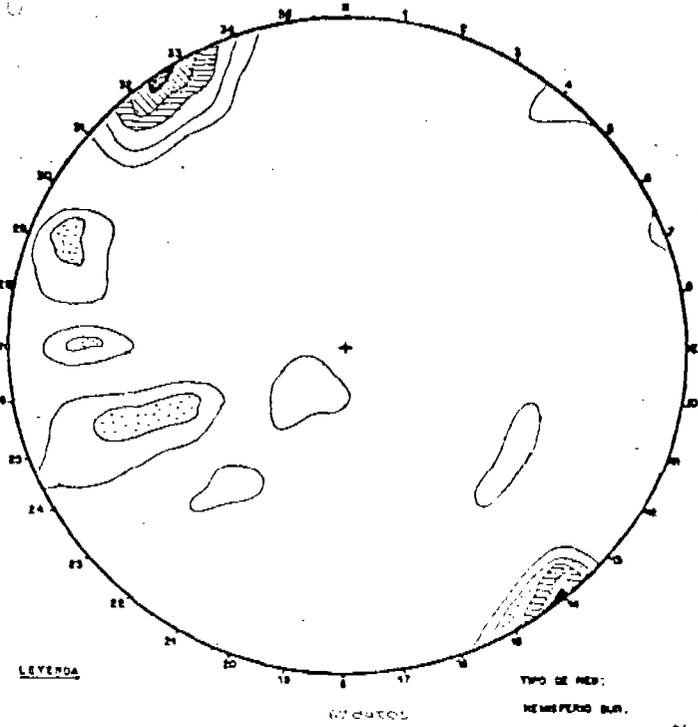


LEYENDA

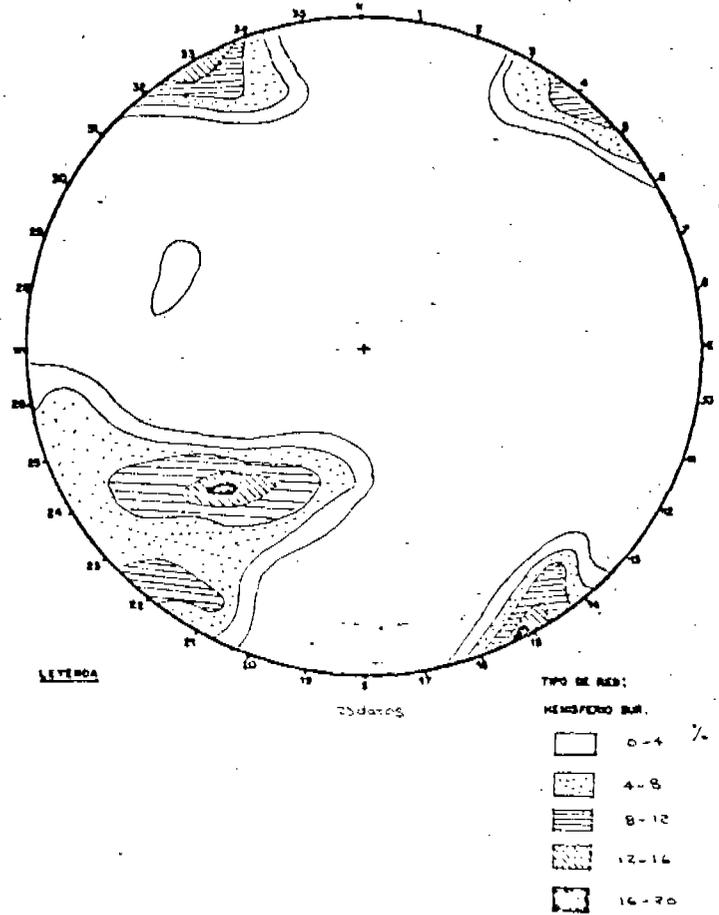
LEYENDA



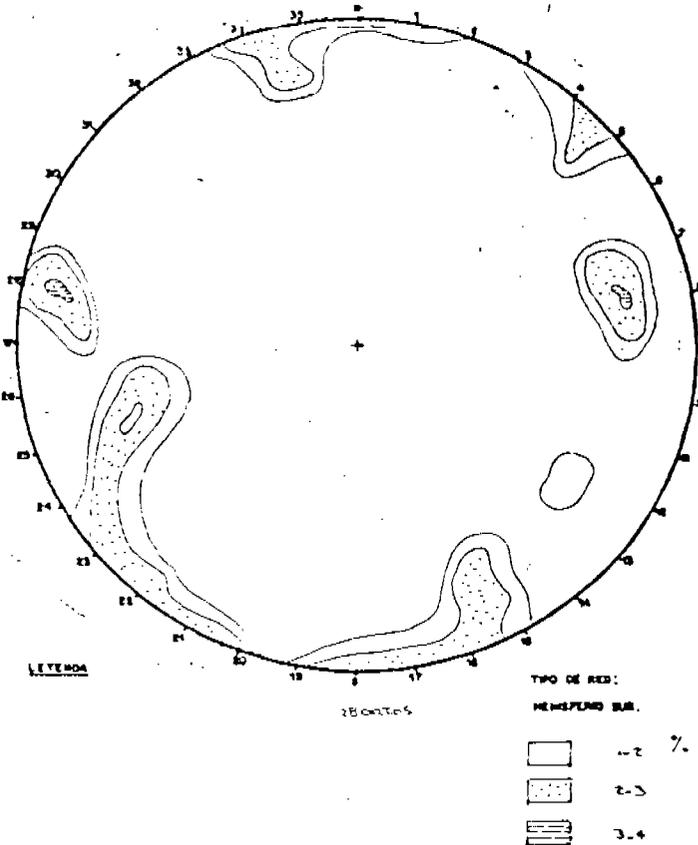
Estación N° 5  
Cantera Pueblo Viejo



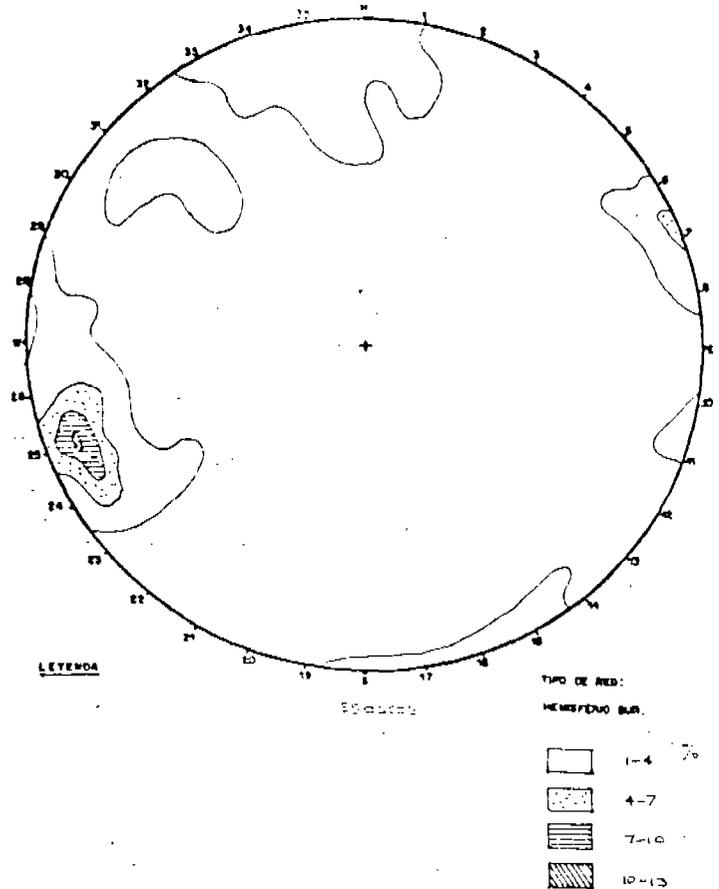
Estación N° 6  
Cerro Malpica



Estación N° 7  
Lugar Pepsi

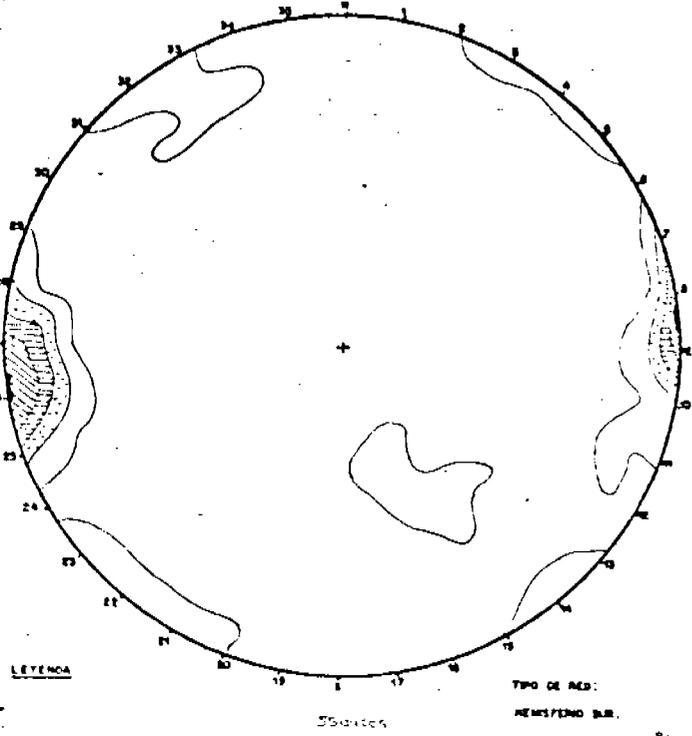


Estación N° 8  
Entrada a Santa Rosa



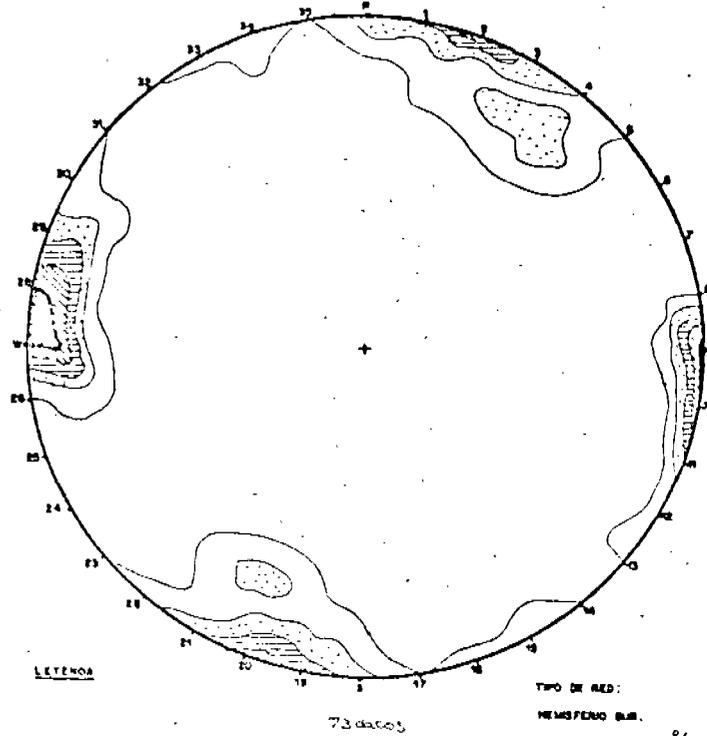
Estación N° 9  
Ancon

Estación N°10  
Playa Ventanilla



TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

[Blank]	1-3
[Dotted]	3-5
[Horizontal lines]	5-7
[Vertical lines]	7-9
[Diagonal lines /]	9-11

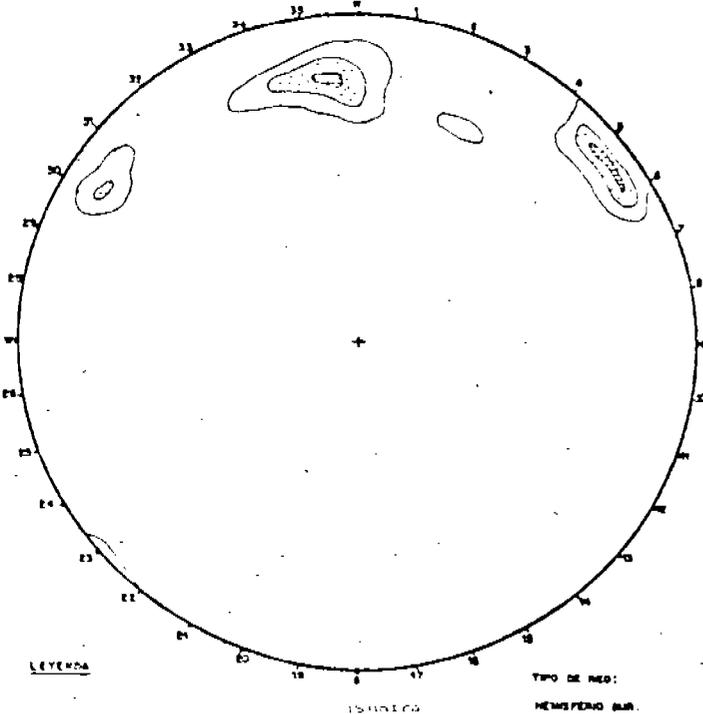


TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

[Blank]	1-3
[Dotted]	3-5
[Horizontal lines]	5-7
[Vertical lines]	7-9
[Diagonal lines /]	9-11

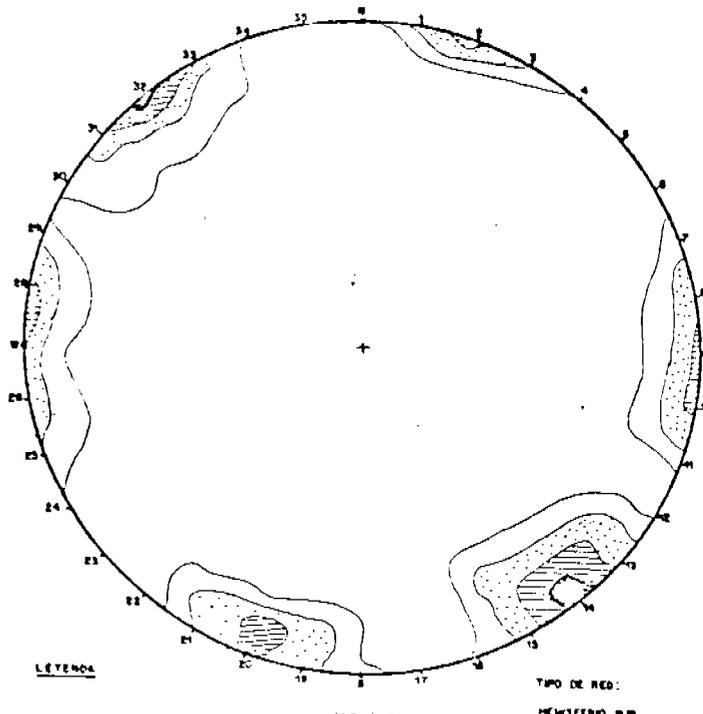
Estación N° 11  
Puente Piedra (2 km. al este)

Estación N° 12  
Cerro La Libertad



TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

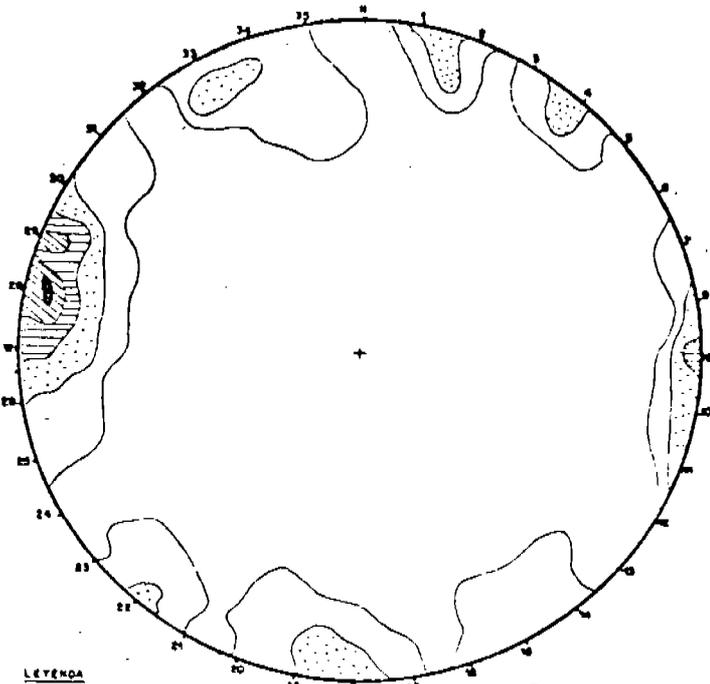
[Blank]	1-2
[Dotted]	2-3
[Horizontal lines]	3-4



TIPO DE RED:  
HEMISFERIO SUR.

[Blank]	1-5
[Dotted]	5-10
[Horizontal lines]	10-15
[Diagonal lines /]	15-20

Estación N.º 13  
Puente Inga

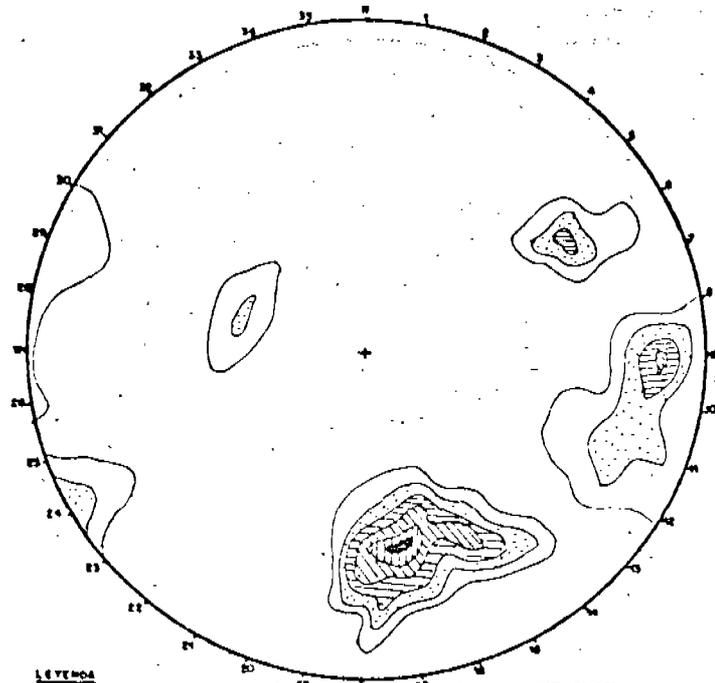


LEYENDA

Puente Inga

TIPO DE RED:	
HEMISFERIO SUR.	
[White box]	2-4 %
[Dotted box]	4-8
[Horizontal lines box]	8-12
[Diagonal lines box]	12-16
[Cross-hatched box]	16-18

Estacion N. 14  
Grifo Santa Isabel  
(Av. Tupac Amaru)

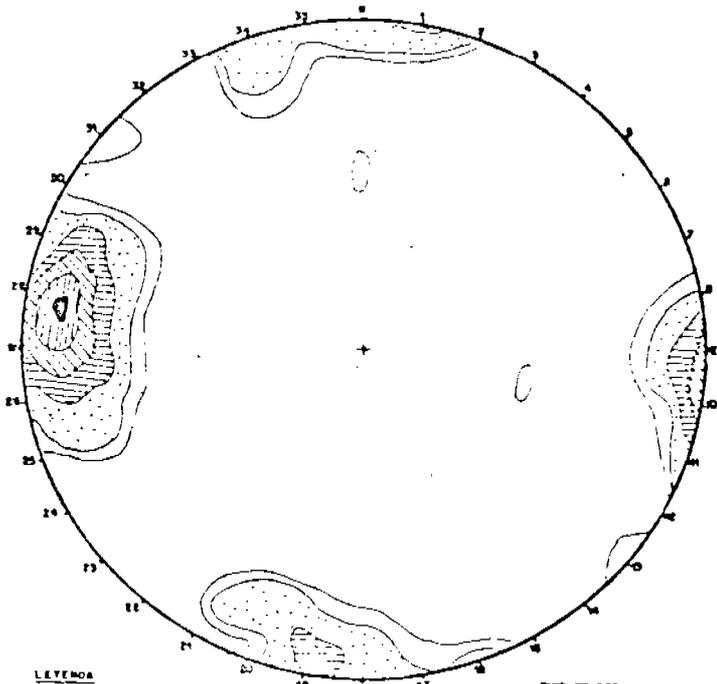


LEYENDA

Grifo Santa Isabel

TIPO DE RED:	
HEMISFERIO SUR.	
[White box]	1-2
[Dotted box]	2-3
[Horizontal lines box]	3-4
[Diagonal lines box]	4-5
[Cross-hatched box]	5-6
[Dark cross-hatched box]	6-7

Estación 15  
Puente río Chillón

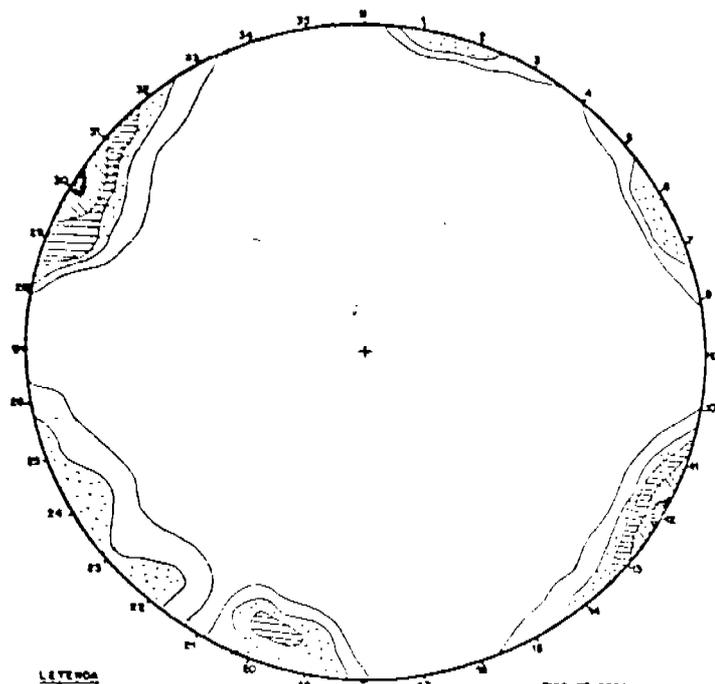


LEYENDA

Puente río Chillón

TIPO DE RED:	
HEMISFERIO SUR.	
[White box]	0-1 %
[Dotted box]	1-4
[Horizontal lines box]	4-7
[Diagonal lines box]	7-10
[Cross-hatched box]	10-13
[Dark cross-hatched box]	13-16

Estación N.º 16  
C.º La Regia

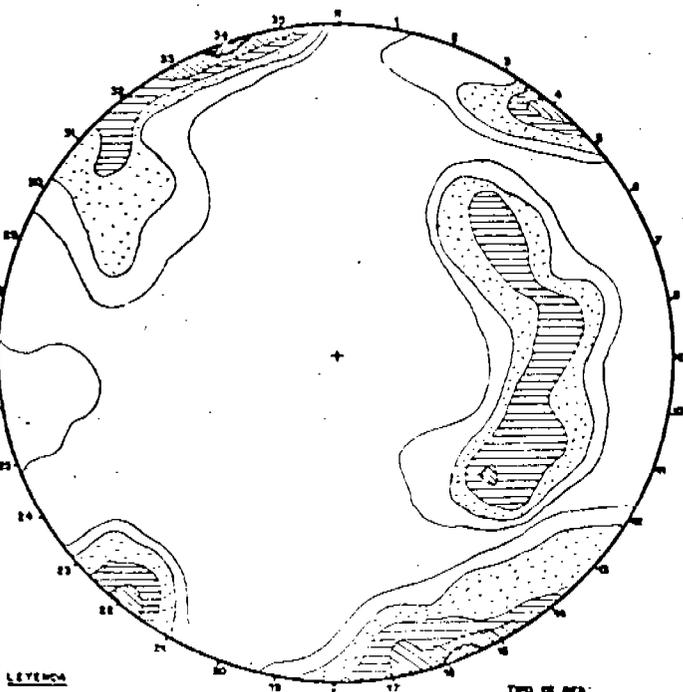


LEYENDA

C.º La Regia

TIPO DE RED:	
HEMISFERIO SUR.	
[White box]	0-5 %
[Dotted box]	5-10
[Horizontal lines box]	10-15
[Diagonal lines box]	15-20
[Cross-hatched box]	20-30

Estación N° 17  
Univ. Nac. de Ingeniería

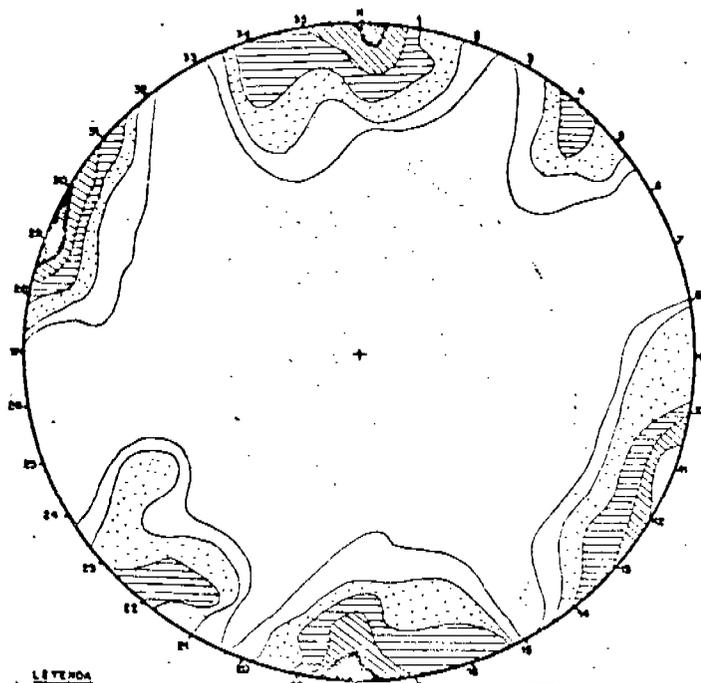


LEYENDA

TIPO DE RED:  
MEMBRERA SUR.

[White box]	0-2 %
[Dotted box]	2-4
[Horizontal lines box]	4-6
[Diagonal lines box]	6-8
[Cross-hatched box]	8-10

Estación N° 18  
Túnel de Cajamarquilla  
(Urb. Cahuide)

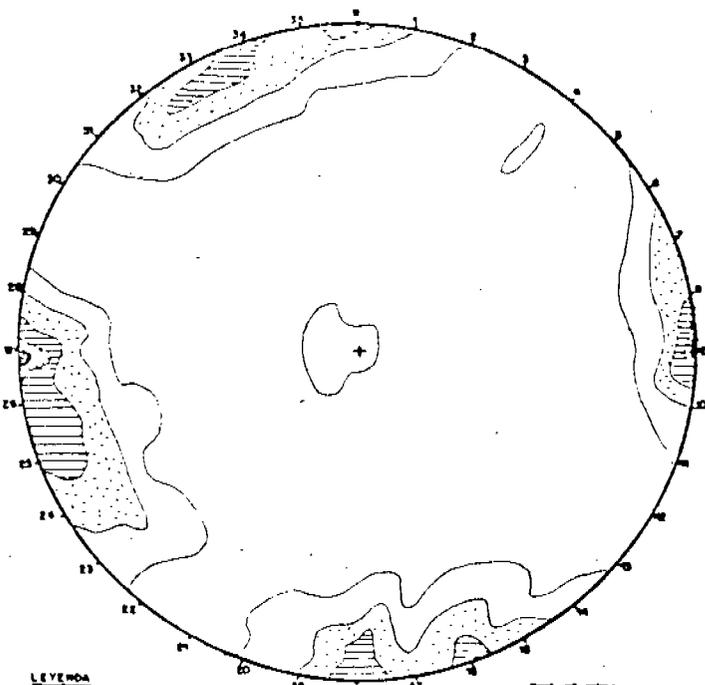


LEYENDA

TIPO DE RED:  
MEMBRERA SUR.

[White box]	0-2 %
[Dotted box]	2-4
[Horizontal lines box]	4-6
[Diagonal lines box]	6-8
[Cross-hatched box]	8-10

Estación N° 19  
Morro Solar (Chorrillos)

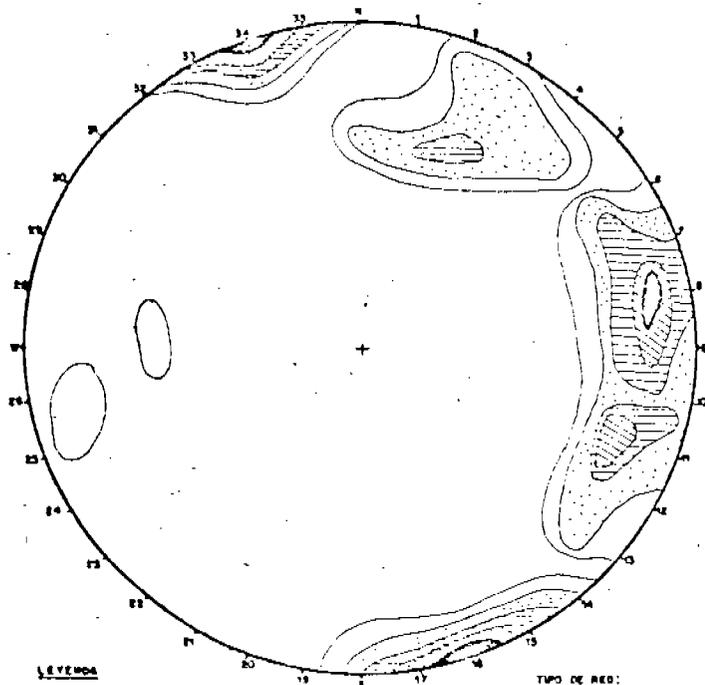


LEYENDA

TIPO DE RED:  
MEMBRERA SUR.

[White box]	1-5 %
[Dotted box]	5-10
[Horizontal lines box]	10-15
[Diagonal lines box]	15-20
[Cross-hatched box]	20-25

Estación N° 20  
C° El Agustino

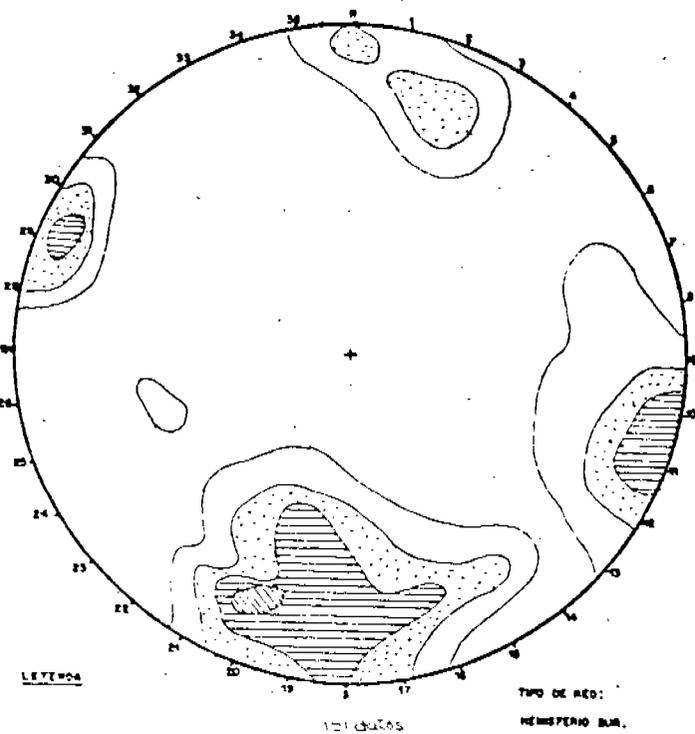


LEYENDA

TIPO DE RED:  
MEMBRERA SUR.

[White box]	0-2 %
[Dotted box]	2-4
[Horizontal lines box]	4-6
[Diagonal lines box]	6-10
[Cross-hatched box]	10-12

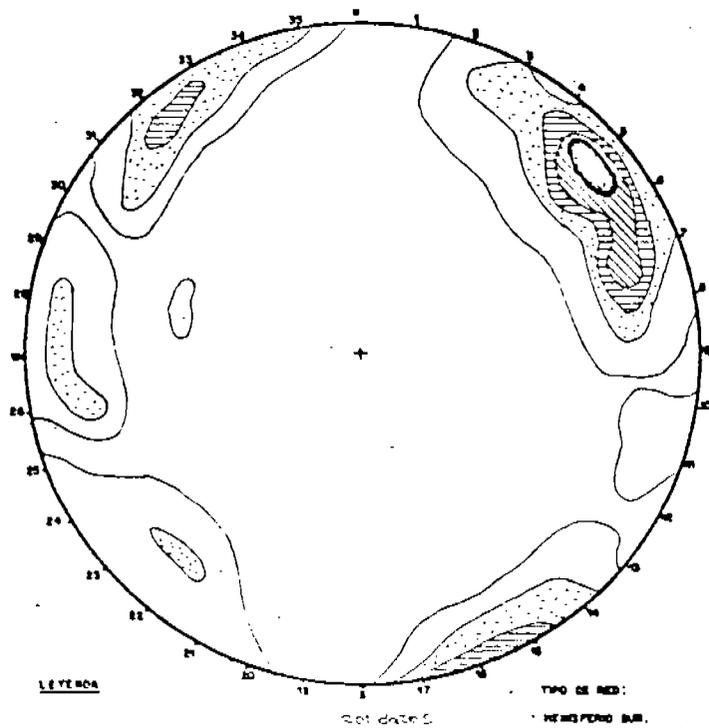
Estación N° 21  
C° Camacho (Monterrico)



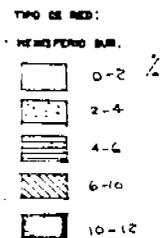
LEYENDA



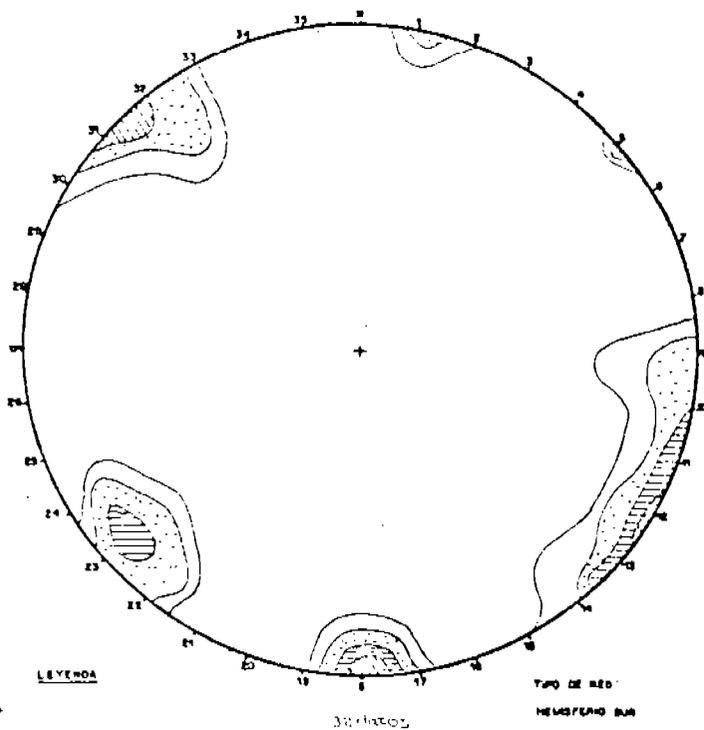
Estación N° 22 -  
Las Casuarinas (Monterrico)



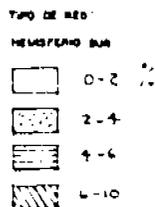
LEYENDA



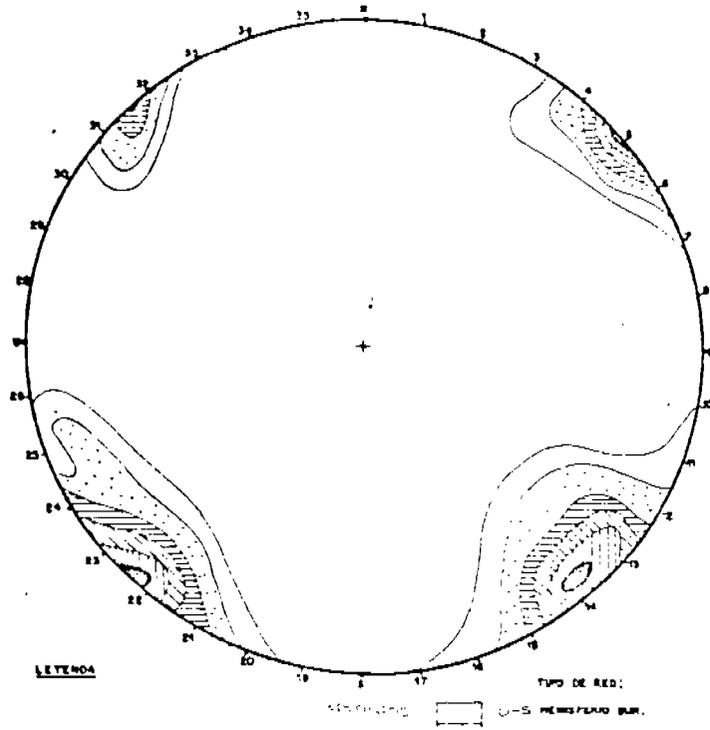
Estación N° 23  
Playa La Chira



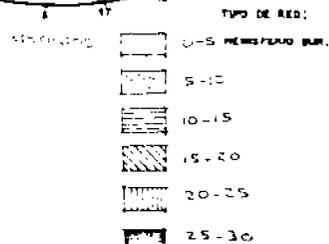
LEYENDA



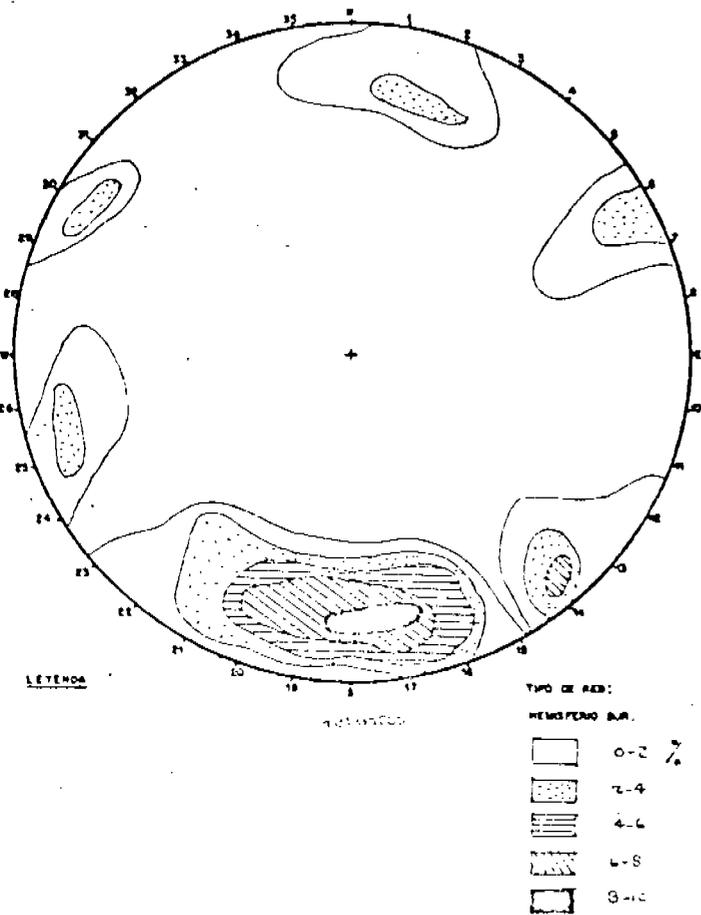
Estación N° 24  
Puente Lurín



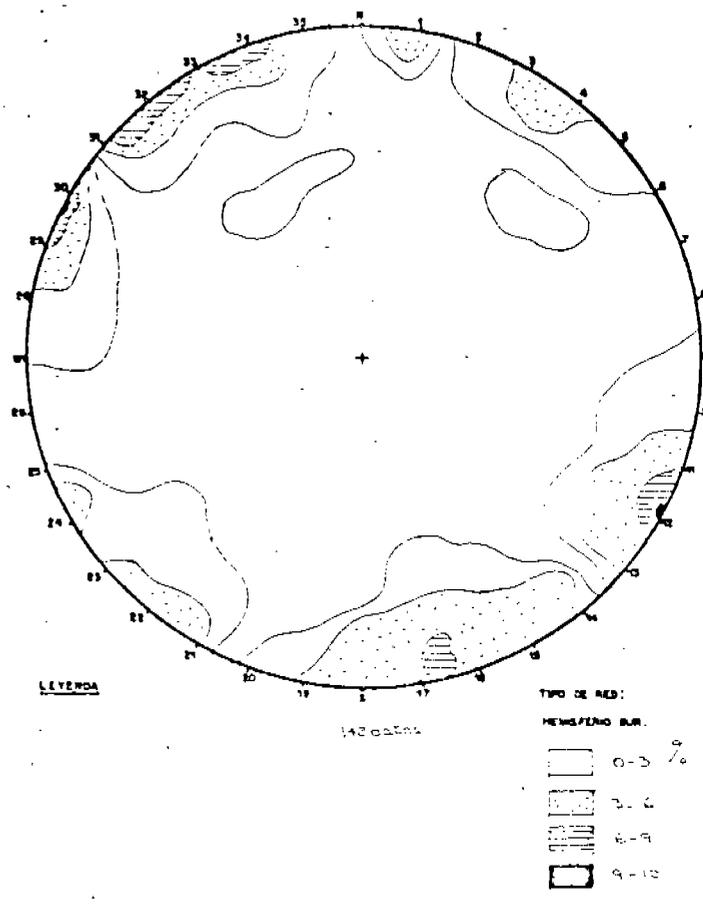
LEYENDA



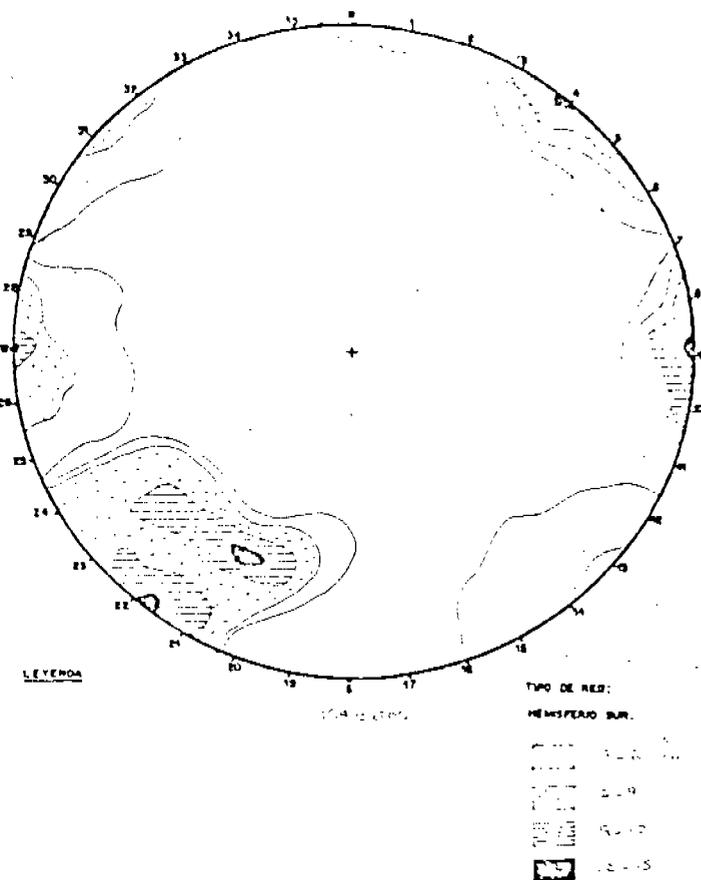
Estación N° 25  
Puente Manchay



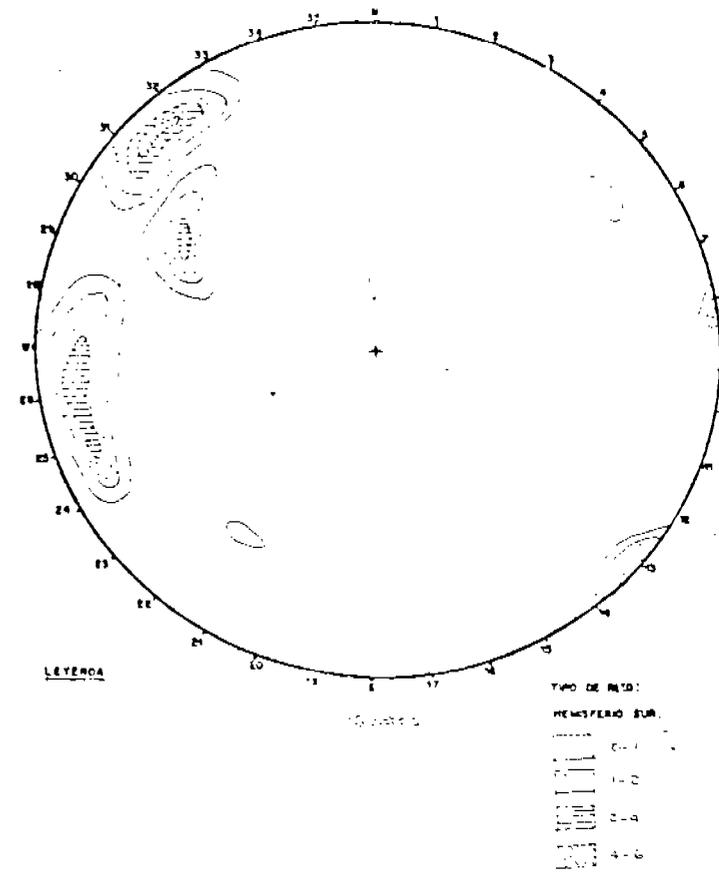
Estación N° 26  
Lomas de Los Manzanos (Lurín)



Estación N° 27  
Los Almácigos (río Lurín)



Estación N° 28  
Guardia Republicana



## OBSERVACIONES GEODINAMICAS

Como resultado de la observación e investigación geológica - tectónica del área de Lima, podemos concluir que el área está afectada por un tectonismo de edad Cretáceo - Terciario pero que el fallamiento no ha sido reactivado durante el Cuaternario reciente. Sin embargo es necesario señalar como un peligro latente en caso de sismos los fenómenos siguientes y que los denominamos como:

- 1) "Desplazamiento Gravitacional de bloques rocosos" en el Distrito de Villa María y
- 2) "Desprendimiento de Talud" en la costa de Chorrillos entre el Club Regatas Lima y Salto del Fraile.

### 1. Desplazamiento Gravitacional de bloques rocosos

Se trata de un fenómeno de geodinámica externa que no tiene relación con el marco tectónico del área, pero que debemos señalar.

En el sector este del distrito de Villa María se levanta el intrusivo diorítico descrito en el capítulo de Rocas Intrusivas, presentando una topografía accidentada donde la pendiente está sobre el 30%. Allí los bloques rocosos se mantienen con una estabilidad no muy segura y de producirse un movimiento sísmico podría romperse el equilibrio gravitacional y desprenderse causando destrucción de viviendas y vidas.

Como medida correctiva, habría que fragmentar estos bloques dinamitándolos en forma conveniente y técnica.

### 2. Desprendimiento de Talud

Este fenómeno podría ser causado por el fracturamiento de las rocas. Se ubica en talud del acantilado inmediato al Club Regatas Lima, entre las playas de Agua Dulce y La Herradura; donde por efecto del sistema de fracturamiento transversal y de rumbo N 70° E descrito en el capítulo de Tectónica; el borde de la carretera está sufriendo agrietamiento que pueden producir desprendimiento de talud (fotos N° 3 y 4) y por consiguiente pérdida de estabilidad de la plataforma de la misma. Tal peligro que se mantiene latente se vería acentuado de producirse un sismo, con el consiguiente aumento transitorio de la tensión de cizallamiento en el terreno.

Un factor que coadyuva a la erosión es el oleaje que socava la

base del acantilado dando lugar a pérdida en la estabilidad del talud.

Por tanto, una de las medidas correctivas ha de ser la de construir espigones, como ya lo está haciendo el Club Regatas, que permita el arenamiento del borde litoral y por ende disminución en la fuerza erosiva de las olas sobre el acantilado.

\*\*\*\*\*

## CONCLUSIONES

- a) El estudio sedimentológico y estratigráfico en el área de Lima permite reconocer cuatro ciclos sedimentarios definidos que son:
- 1) Secuencia volcánico-sedimentaria (Grupo Puente Piedra)
  - 2) Secuencia clástica (Grupo Morro Solar)
  - 3) Secuencia arcillo-calcárea (Fms. Pamplona - Atocongo)
  - 4) Secuencia volcánico-clástica (Grupo Casma)
- b) Las columnas litológicas de estas series en los diferentes lugares del área de estudio ha permitido reconocer cambios de facies laterales de norte a sur y de oeste a este; así como cambios de facies verticales - debidos a movimientos oscilatorios en la cuenca.
- c) Se ha establecido que durante el Jurásico superior ha existido un vulcanismo muy activo en la parte occidental del área de Lima; el mismo - que en el Cretáceo emigraba más al este.
- d) La parte oriental del área de estudio se encuentra cratonizada por el emplazamiento del Batolito de la Costa.
- e) La zona de Lima se encuentra afectada por el plegamiento, fallamiento y fracturamiento desarrollado por una tectogénesis andina polifásica, siendo la principal la fase intra-cretácea.
- f) Las observaciones en las principales fallas no muestran señales de reactivación reciente.
- g) Un control geofísico sobre las principales fallas que se han determinado en el presente trabajo, permitiría establecer los riesgos sísmicos de las mismas, prestándose especial atención a las fallas Pueblo Viejo y Zapallal por ser las de mayor salto vertical.
- h) Un estudio del Cuaternario y otro geofísico, permitirá determinar el paleorelieve de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín.
- i) Existen problemas de geodinámica externa que podría ser un peligro - en casos de sismos tales como desplazamiento gravitacional de bloques rocosos y de desprendimiento de talud que deben estudiarse.

\*\*\*\*\*

## ANEXO 1 - ESTRATIGRAFIA

SECCION : GRUPO PUENTE PIEDRA

LUGAR : PUENTE PIEDRA - VENTANILLA

### Formación Pampilla

Grosor  
(m.)

Brechas piroclásticas grises de composición andesítica en bancos masivos, compuestos de elementos desde el orden de fragmentos, hasta bloques intercalados con bancos gruesos de derrames andesíticos, gris verdosos, porfiroides y afaníticos... 40.00

Grawacas y areniscas piroclásticas de grano grueso semejantes a arcosas con cemento calcáreo, intercalándose al centro con capas de chert gris claro, lutitas negras pizarrosas y limolitas gris amarillentas ..... 60.00

Areniscas piroclásticas gris claras de grano fino, estratificación delgada a mediana, intercalada con chert gris claro a blanco con capas delgadas a medianas, rítmicamente bandeadas, - conteniendo abundante pirita. Se intercalan también ocasionales horizontes de volcánicos piroclásticos ligeramente brechoides. Hacia la base se encuentra delgados niveles de limolitas gris verdosas a rojizas ..... 80.00

### Formación Cerro Chillón

Piroclásticos andesíticos gris verdosos a gris claros de grano medio a grueso, parcialmente cementados con material calcáreo, mostrando una estratificación en capas medianas a gruesas, compactas y masivas e intercaladas con chert y areniscas piroclásticas gris a gris verdosa en capas medianas ..... 150.00

### Formación Puente Inga

Areniscas piroclásticas gris a gris claras en capas medianas a delgadas intercaladas con chert gris a beige y niveles lenticulares de calizas nodulosas; distinguiéndose hasta 4 niveles de limolitas y lutitas tobáceas blanco amarillentas frágiles y deslensables conteniendo abundante macrofauna ..... 140.00

Piroclásticos de composición andesítica color gris verdosos, grano grueso con disyunción en escamas, alternando con algunos

	<u>Grosor</u>
derrames porfiroides lenticulares y delgados niveles tabulares de chert así como areniscas piroclásticas de grano fino .....	75.00
- Limolitas y lutitas tobáceas blancas parcialmente pigmentadas con oxidaciones amarillentas rojizas conteniendo macrofauna .....	7.00
- Brechas piroclásticas andesíticas gruesas masivas .....	55.00
- Limolitas y lutitas tobáceas blancas .....	5.00
- Piroclásticos intercalado con niveles areniscosos .....	45.00
- Chert y areniscas piroclásticas limolíticas gris claras. Hacia la base se distingue un nivel de lutitas y limolitas blancas ...	45.00
- Microbrechas piroclásticas y derrames andesíticos lenticulares, bastante alterado .....	25.00
- Lutitas y limolitas blancas, tobáceas, frágiles .....	20.00
- Derrames andesíticos porfiroides lenticulares .....	20.00
- Chert y areniscas piroclásticas intercaladas con limolitas y lutitas tobáceas blanquecinas frágiles, parcialmente pigmentadas con oxidaciones limoníticas de color ocre violáceo ...	70.00
- Chert y areniscas piroclásticas grises en capas medianas intercaladas con proporciones menores de volcánicos piroclásticos andesíticos bien tabulares .....	50.00
- Brechas piroclásticas andesíticas gruesas masivas con ciertos enclaves .....	50.00
- Piroclásticos andesíticos en capas medianas intercalados con algunos niveles de chert grises y ocasionales niveles de microbrechas piroclásticos y limolitas gris blanquecinas, parcialmente pigmentadas de coloraciones rojizas .....	100.00
- Derrames andesíticos porfiroides y brechas piroclásticas gruesas de la misma naturaleza, bancos masivos fuertemente alterado y cruzados por numerosos diques de andesitas microporfiroide a afanítica de color gris verdoso .....	<u>+ 200.00</u>
	1,237. m.

SECCION : GRUPO MORRO SOLAR

LUGAR : Cº MORRO SOLAR (CHORRILLOS)

<u>Formación Marcavilca</u>	<u>Grosor</u> (m.)
- Arenisca cuarcítica gris blanquecina de aspecto sacaroides en bancos medianos con buena estratificación cruzada, intercalándose ocasionales niveles lutáceos .....	20.00
- Cuarcita gris blanquecina en bancos masivos .....	10.00
- Arenisca cuarcítica gris blanca de grano fino recristalizada de aspecto sacaroides presentando motitas de limonita que le dá un aspecto de pigmentaciones de color chocolate .....	20.00
- Cuarcitas gris blanquecina de grano grueso microconglomerádico con clastos redondeados de cuarzo .....	10.00
- Cuarcita gris blanquecina con limonita en su matriz que le da un pigmento exterior marrón rojizo .....	20.00
- Cuarcita de color rosado violáceo en bancos gruesos a medianos con ondulaciones por sobrecarga. Presentan fracturamiento en las lajas paralelas a la estratificación .....	35.00
- Cuarcita gris blanquecina en banco grueso intercalado con lutitas abigarradas que presentan un marcado color ocre por oxidaciones ferruginosas .....	35.00
<u>Formación Morro Solar</u>	
Arenisca cuarsoza gris rojiza intercalada con limolitas gris rojizas en caso de cemento calcáreo .....	20.00
Arenisca gris rojiza en bancos gruesos .....	5.00
Arenisca gris de cemento calcáreo en bancos delgados intemperizando a gris rojizo, intercalándose con niveles limolíticos - gris verdosos laminados .....	15.00
Arenisca gris rojiza laminada cuarzoza con matriz limonítica - en banco grueso .....	5.00
Areniscan en bancos delgados con niveles lutáceos de coloración gris oscuro de aspecto noduloso de cemento calcáreo cruzado -	

	<u>Grosor</u>
por venillas de yeso. Debajo lutita negra carbonosa intercaladas con areniscas amarillo-verdosas a blanquecino en bancos gruesos .....	20.00

Formación Herradura

Miembro Herradura

- Caliza gris oscura en bancos duros de 0.30 m. con niveles margosos, de aspecto pizarroso intercalada con niveles lutáceos gris azulados .....	10.00
- Caliza margosa gris oscura de aspecto pizarrosa y debajo caliza en bancos delgados .....	5.00
- Lutitas negras laminadas nodulosas y lutitas grises intemperizando a marrón rojizo en paquetes gruesos .....	25.00
- Arenisca cuarzosa laminada color verde amarillento y areniscas limolíticas también laminadas. Debajo lutitas gris verdosas a gris oscuras en capas delgadas .....	15.00
- Arenisca cuarzosa en banco grueso con nódulos areniscosos y de color verde amarillento .....	5.00
- Cubierto .....	10.00

Miembro La Virgen

Lutita gris oscura a negra laminada de aspecto fisible intercalado con delgados niveles de lodolitas a cuarzosas duras conteniendo yeso entre las fracturas y entre la estratificación. En la parte mas alta se encuentra un sill andesítico de aproximadamente 4 m. de grosor. Total toda esta secuencia .....	20.00
- Arenisca gris oscura a negra con estratificación laminada y nodulosa intercalada con bancos duros de arenisca cuarcítica en bancos de 0.60 m. ....	10.00
- Lutitas negras en estratificación delgada .....	8.00
- Sill andesítico .....	2.00

Lutitas oscuras a negras, areniscas negras carbonosas, lodolitas duras en capas delgadas. Debajo lutitas gris verdosas a

	<u>Grosor</u>
marrón oscuro de disyunción astilosa en estratificación laminar conteniendo materia orgánica y yeso laminar interestratificados .....	20.00

Formación Salto del Fraile

Arenisca cuarzosa, gris amarillenta, por oxidación presenta manchas color ocre y contiene yeso tapizando las grietas. La estratificación es en bancos gruesos de aproximadamente 2.50 con buena estratificación cruzada .....	20.00
---	-------

- Cuarcitas y areniscas en bancos de 0.60 m. y 0.30 m. de color amarillo verdoso con oxidaciones ferruginosas .....	
---	--

- Conspicuos bancos de cuarcita gris verdosa en capas de 0.20 m., 0.30 m. y 0.50 m. mostrando hacia el tope de cada banco huellas de vermes a manera de pequeños canalitos transversales a la estratificación .....	20.00
---	-------

- Cuarcitas en bancos de 0.20 y 0.30 m. intercalados con lutitas gris verdosas de sedimentación laminar fina	
--	--

- Intercalaciones de lutitas también gris verdosas con areniscas cuarzosas en bancos delgaditos. Las lutitas muestran estructuras de sobrecarga .....	20.00
---	-------

- Areniscas de grano fino mostrando huellas de corriente se alteran a coloraciones abigarradas en bancos de 150 m.	
--	--

- Lutitas azuladas con fuerte oxidación ferruginosa. Arenisca amarillenta en banco grueso Lutitas blanco azuladas	
---	--

- Cuarcita gris verdosa en banco de 0.20 y 0.15 m., intercaladas con lutitas gris verdosas.	
---	--

- Cuarcita blanco grisácea a gris parduzco de grano fino a medio, en bancos gruesos de aproximadamente 2 a 4 m. en el tope de esta secuencia bancos de arenisca que muestran estructura de sobrecarga. ....	20.00
---	-------

TOTAL:	<u>425.00</u>
--------	---------------

SECCION : SECUENCIA ARCILLO-CALCAREA

LUGAR : C° CASCAJAL Y C° SAN FRANCISCO (MONTERRICO)

<u>Formación Atocongo</u>	<u>Grosor</u> (m.)
Caliza gris clara, chert gris verdoso entre bancos de caliza de color gris verdoso.	
Caliza gris azulino de grano fino	
Caliza gris clara	
Caliza gris oscura .....	30.00
Limolitas gris verdosas, calcáreas, presentando disyunción pizarrosa.	
Caliza gris verdosa margosa, intercalada con algunos niveles tobáceos blanquecino amarillentos.	
Caliza gris verdosa	
Lutitas tobáceas de color blanquecino a rojizo	
Lutitas abigarradas	
Margas plumosas que intemperizan a coloraciones rojizas, laminadas.	
Caliza gris oscura en bancos de 0.50 m. intercalada con pequeños lutáceos gris verdoso laminado .....	70.00
<u>Formación Pamplona</u>	
Limolitas arcillosas rojizo ocre por la presencia de limonita interclándose con niveles tobáceos de color blanquecino .....	40.00
Tobas blanquecinas plumosas intemperizando a rojo	
Caliza gris oscura afánítica en capas delgadas intercalándose con facies limosas rojo amarillentas. ....	80.00
Secuencia limo-arcillosa (lutitas limoníticas) abigarradas, intercalada con margas que intemperizan a coloraciones rojizas ocre por oxidaciones ferrosas .....	100.00
Lutitas limosas de color amarillo ocre	
Caliza negra carbonosa en banco delgado y caliza arcillosa fisibles que muestran disyunción laminar en superficie .....	40.00
Caliza negra arcillosa	
Caliza arcillosa gris verdosa	
Lutitas limosas de coloración amarillo rojizo	
Caliza negra afanítica en banco grueso	
Caliza negra de disyunción pizarrosa	
Caliza marrón verdosa en bancos gruesos .....	45.00

	<u>Grosor</u> (m.).
Margas gris verdosas	
Calizas en bancos delgados intercalados con niveles lutáceos limolíticos de color amarillo ocre a rojizos.	
Caliza margosa gris verdosa con disyunción astillosa	
Caliza marrón grisácea de aspecto duro .....	50.00
Caliza margosa gris verdosa de disyunción en lajas	
Calizas negras, por intemperismo que muestran coloración rojiza .	
Limolitas rojizo calcáreas con abundante yeso	
Caliza margosa negra	
Caliza margosa gris verdosa .....	20.00
Margas oscuras con contenido carbonoso .....	4.00
Margas gris verdosas de disyunción laminar y caliza arcillosa de color gris marrón a rojizo por alteración.....	30.00
Caliza negra afanítica en bancos delgados intercalada con margas fisibles .....	14.00
Sill de andesita porfiroide .....	2.00
Margas en paquetes gruesos de disyunción pizarrosa .....	15.00
Lutitas marrón verdosas de disyunción astillosa, en paquetes gruesos, intercalados con delgados bancos de caliza .....	20.00
Caliza gris oscura, presenta por oxidación coloración rojiza, - intercalada con caliza arcillosa y delgados niveles de limolitas amarillentas .....	40.00
Caliza arcillosa gris en bancos delgados presenta disyunción laminada o pizarrosa .....	15.00
Caliza gris oscura en bancos delgados, intercalada con delgados niveles de caliza arcillosa, cubierto todo por un manto de arena eólica .....	60.00
Caliza en bancos delgados intercalándose con limolitas rojo amarillentas, presentan ondulaciones por incompetencia de las capas.	20.00
Margas gris verdosas .....	4.00
Limolitas rojizas laminares de matriz calcárea, se intercalan delgados niveles de caliza gris oscura en capas de 0.10 y 0.15 metros, .....	15.00

	<u>Grosor</u> (m.)
Margas gris verdosas de disyunción pizarrosa con delgados niveles de limolitas gris amarillento y caliza gris oscura en bancos de 0.20 y 0.30 m. ....	15.00
Cubierto .....	10.00
Limolitas rojo amarillentas intercaladas con niveles de caliza. Presentan las fracturas rellenadas por calcita .....	6.00
Limolita arcillosa rojiza, suaves al tacto .....	4.00
Caliza gris en bancos delgados intercalada con niveles lutáceos rojizo amarillentos de disyunción laminar .....	<u>15.00</u>
TOTAL:	764.00

SECCION: SECUENCIA ARCILLO-CALCAREA

LUGAR : PUENTE MANCHAY

Formación Atocongo

	<u>Grosor</u> (m.)
Caliza marmolizada gris clara microcristalina con mosaico de grano grueso. Chert gris verdoso en capas Caliza silicificada con limolita cuarzosa en paquetes de 5 a 10 mts. ....	30.00
Caliza gris azulina de aspecto arenoso en bancos gruesos y con disyunción pizarrosa por la esquistosidad de fractura ....	10.00
Limolita gris verdosa con esquistosidad de fractura en bancos medianos de aproximadamente 0.50 m. ....	30.00
Sill andesítico oscuro .....	10.00
Falla Caliza gris blanquecina recristalizada muy fracturada Caliza arcillosa de aspecto laminar Chert en capas Caliza recristalizada en partes marmolizada Chert en bancos duros a la erosión .....	40.00
Metavolcánico oscuro casi negro, en partes se presenta en chert oscuro .....	20.00

	<u>Grosor</u>
Limolitas gris oscuras en partes calcáreas con disyunción astillosa en superficie, intemperizando a coloraciones ocre rojizo por oxidación .....	40.00
Caliza de aspecto areniscoso marrón amarillento con matriz arcillosa. Se muestra recristalizada .....	5.00
Caliza gris oscura grano fino recristalizada .....	4.00
Lutita gris oscura, de aspecto duro por recristalización de la roca .....	10.00
Lutita idem.....	4.00
Lutita limolítica gris oscura por esquistosidad de fractura que permite una disyunción en lajos .....	30.00
Caliza gris oscura de grano fino en bancos duros con esquistosidad .....	
Caliza gris oscura a negra grano fino recristalizada .....	20.00
Intercálaciones de limolitas con chert gris verdoso claro ...	20.00
Caliza areniscosa gris azulina de grano fino en capa delgada	
Caliza oscura a negra de grano fino con esquistosidad que le da una disyunción astillosa	
Caliza negra recristalizada .....	70.00
Caliza negra afanítica en bancos masivos .....	15.00
	<hr/>
TOTAL:	328.00

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAFIA

- Arthaud F., 1969. Methode de determination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermediaire d'une population de failles. Bull. Soc. Geol. France. Thème série, t. XI, p. 729 a 737.
- Arthaud F. et Choukroune P., 1972. - Methode d'analyse de la Tectonique cassante a' laide des microstructures dans les zones peu deformees. Exemple de la Plate - Forme Nord Aquitaine - Revue de l'Institut Francais du pétrole.
- Ballón Samanez W., 1966. "Geología de la Región de Pan de Azúcar y Piedras Gordas, Lima - Tesis Escuela de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Fernández Concha, 1948. Geología del Morro Solar - Tesis Escuela Nacional de Ingenieros, Lima p. 107.
- Fletcher C.J.N., 1977. Estructuras en Rocas Plegadas. Libro editado por Ministerio de Desarrollo de Ultramar Reino Unido de Gran Bretaña y de Irlanda del Norte.
- Lisson C., 1907. "Contribución a la Geología de Lima y sus alrededores".
- Palacios M. O., (inédito). Geología del cuadrángulo de Lurín - Informe interno Dirección Geología Regional - INGEMMET.
- Pardo Arguedas, 1962. Geología del área de Las Lomas de los Manzanos del valle de Lurín". - Tesis, Escuela de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Philips F.C., 1971.

La aplicación de la Proyección Estereográfica en Geología Estructural - Editorial Blume Madrid.

Pitcher W. and Cobbing J., 1973.

The Coastal Batholith of Central Peru - J. Geol Soc. London.

Vela Churchill, 1977.

La Microtectonique Dans Les Plis. - Etude de la Region Plisse de Belvezet (Gard) San Rapport avec la faille des cevennes.

The pou obtenir grade de Docteur, - Academie de Montpellier.

Vela Ch. (Inédito)

Geología del cuadrángulo de Chancay. Informe Interno - Direc. de Geología Regional - INGEMMET.



Foto N.º 1: Vista de micropliegues en la Fm. Puente Inga. Loc. Puente Inga. Nótese la estratificación delgada y los estratos tobáceos de color blanquecino.

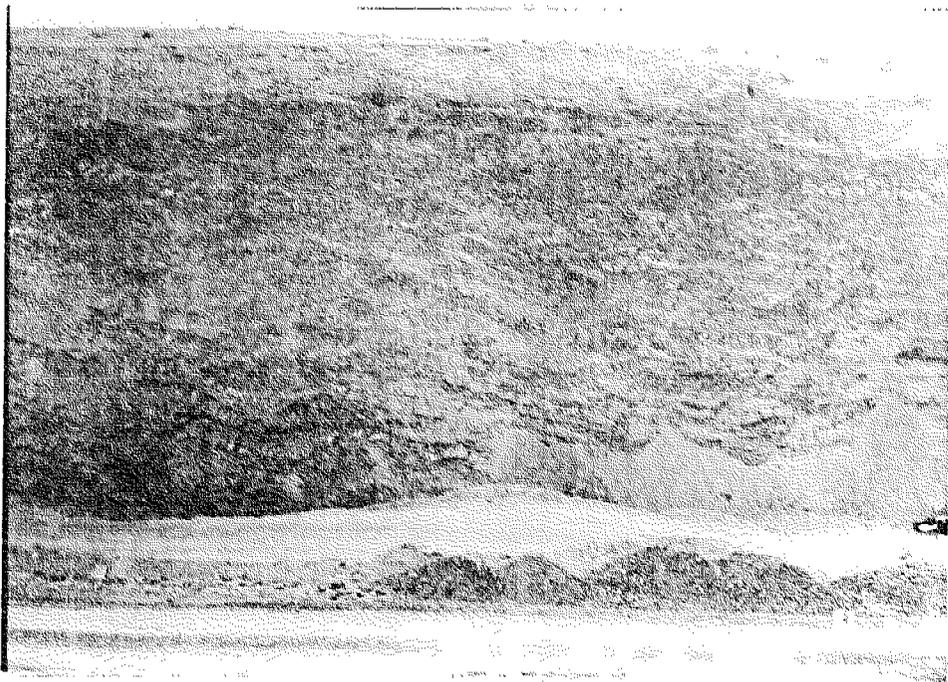


Foto N.º 2: Secuencia pelítica de la parte superior del grupo Puente Piedra Loc. Minas Sta. Barbarita al NW de Carabayllo. Nótese los pliegues disharmónicos.



Foto N° 3: Vista de la Formación Salto del Fraile.  
Loc. Morro Solar, carretera a la Herradura.  
Nótese las fracturas de rumbo  $N 70^{\circ} E$  paralelas a la carretera.

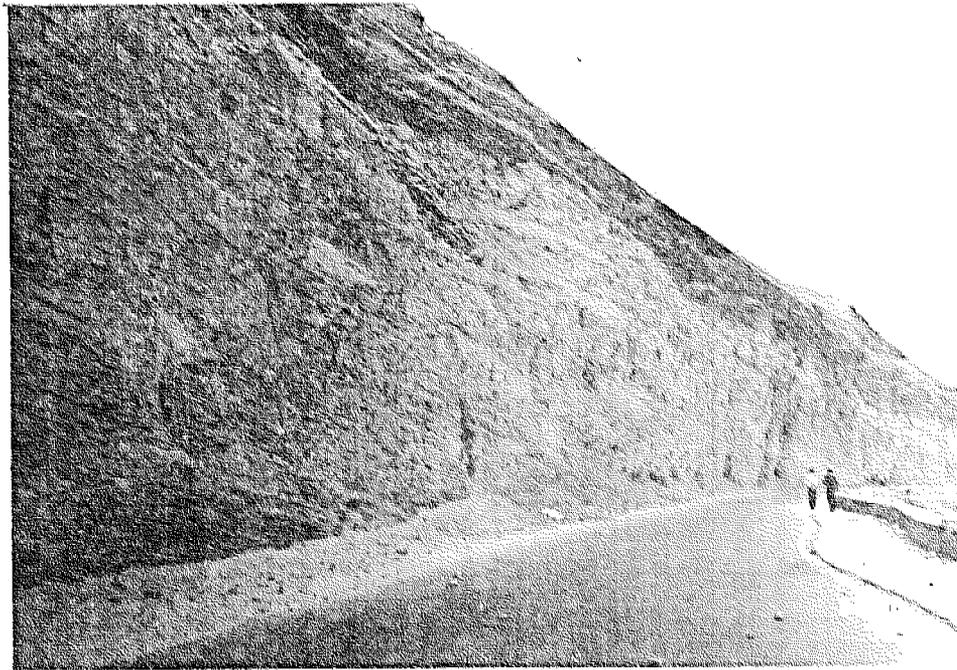


Foto N° 4: Vista del contacto Fm. Salto del Fraile con la Fm. Herradura.  
Loc. Morro Solar, carretera a la Herradura.  
Nótese el fracturamiento de rumbo  $N 70^{\circ} E$ , afectando al pavimento al borde de la carretera.

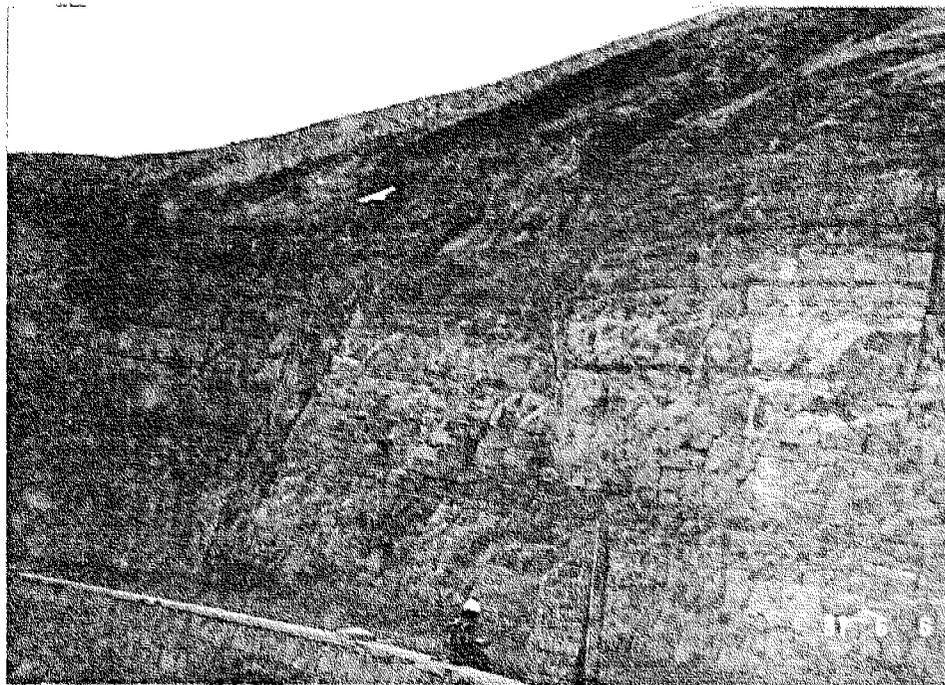


Foto N° 5: Vista de una falla que desplaza horizontalmente un dique andesítico.  
Loc. Morro Solar, carretera a la Herradura.

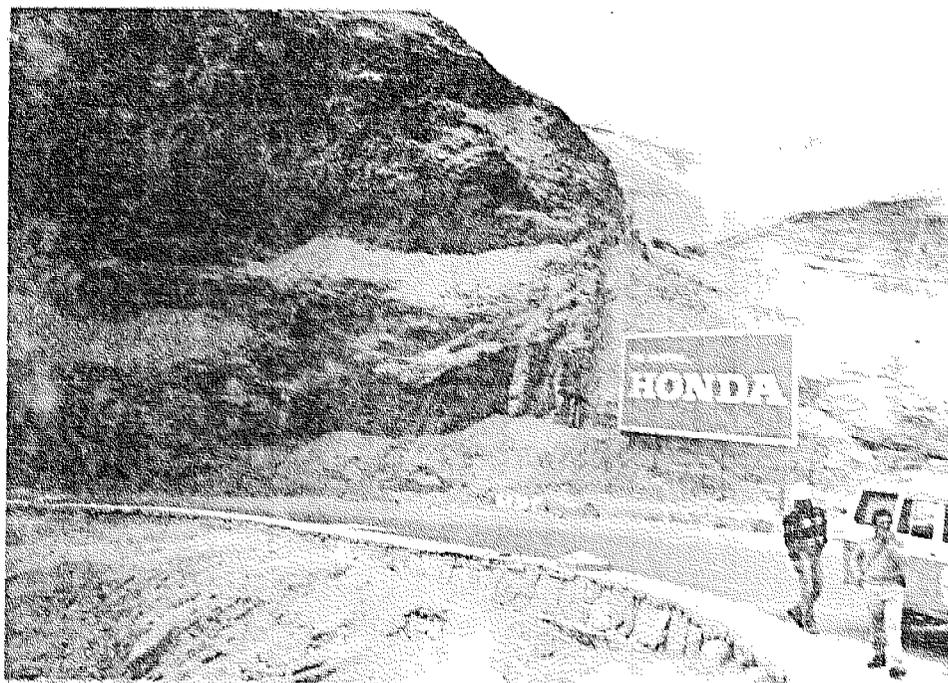


Foto N° 6: Vista de la Falla Salto del Fraile poniendo en contacto a la Fm. Herradura (a la izquierda) con la Fm. Salto del Fraile (derecha).  
Loc. Morro Solar.



Foto N° 7:

Vista de la falla  
Chorrillos afectando a la Fm. -  
Salto del Fraile.  
Loc. Morro Solar.

Foto N° 8

Vista de la Fm.  
Pamplona con una  
estratificación ar  
cillo-calcárea abi  
garrada, mostran  
do pliegues.  
Loc. José Gálvez  
(flanco este del -  
sinclinal de Pa -  
chacamac).



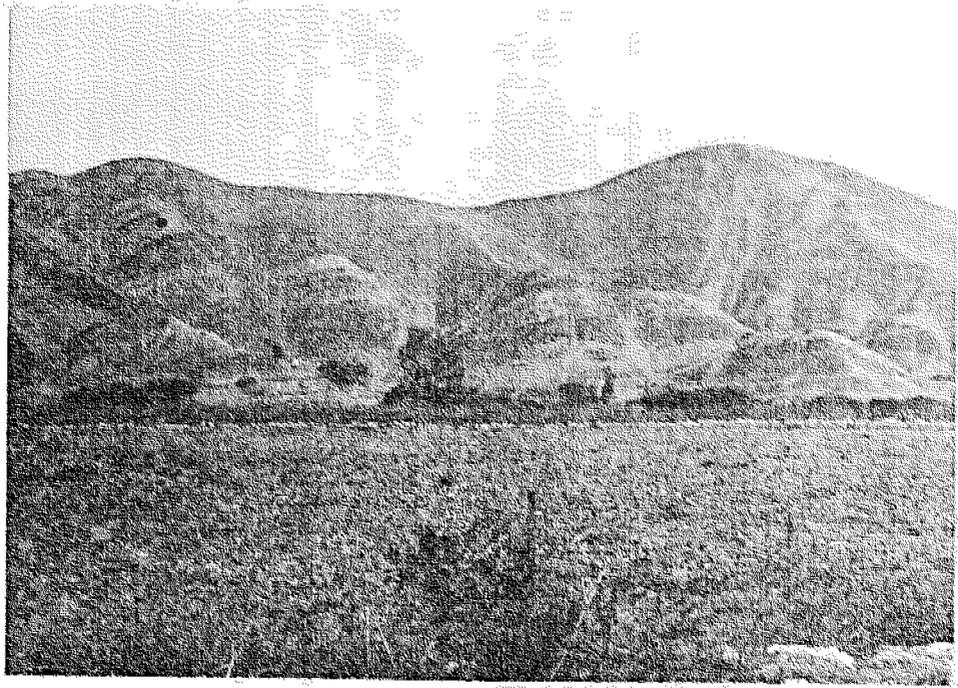


Foto N.º 9: Vista del Grupo Morro Solar en Rinconada de Lurín. Obsérvese el fallamiento normal.  
Loc. Valle de Lurín.

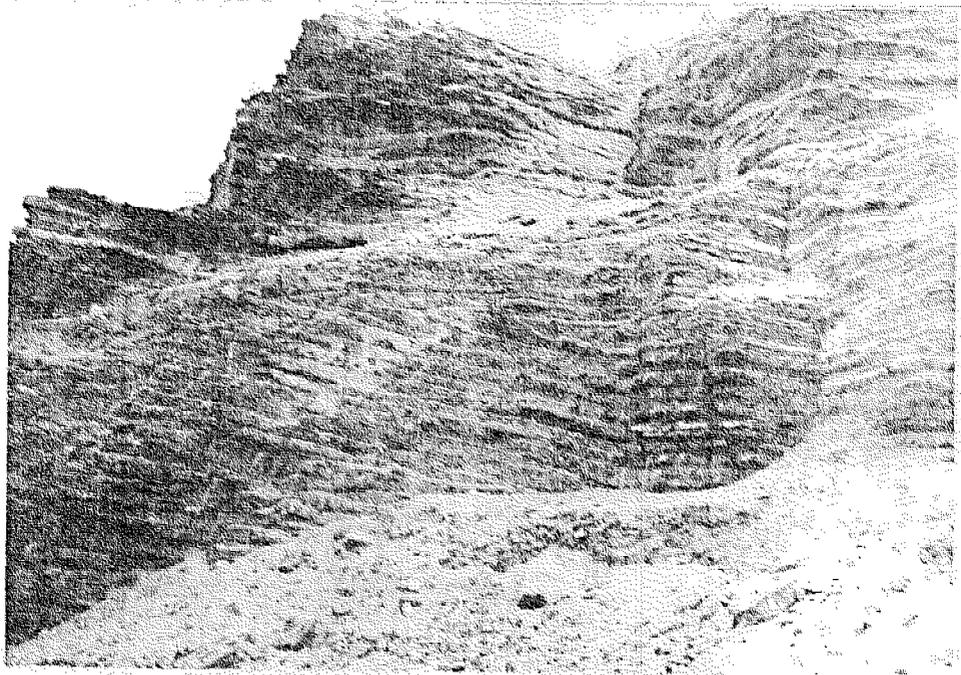


Foto N.º 10: Vista de la Fm. Pamplona mostrando pliegues en chevron.  
Loc. Grupo Conchán - Panamericana Sur.

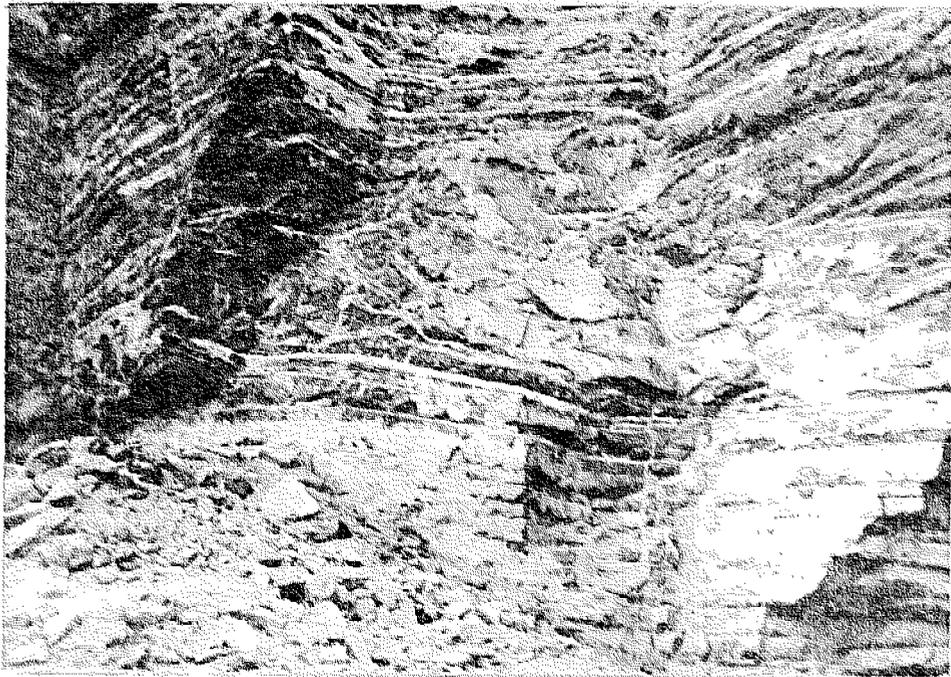


Foto N.º 11: Vista de la Fm. Pamplona mostrando estructuras de sobrecarga.  
Loc. Grupo Conchán - Panamericana Sur.

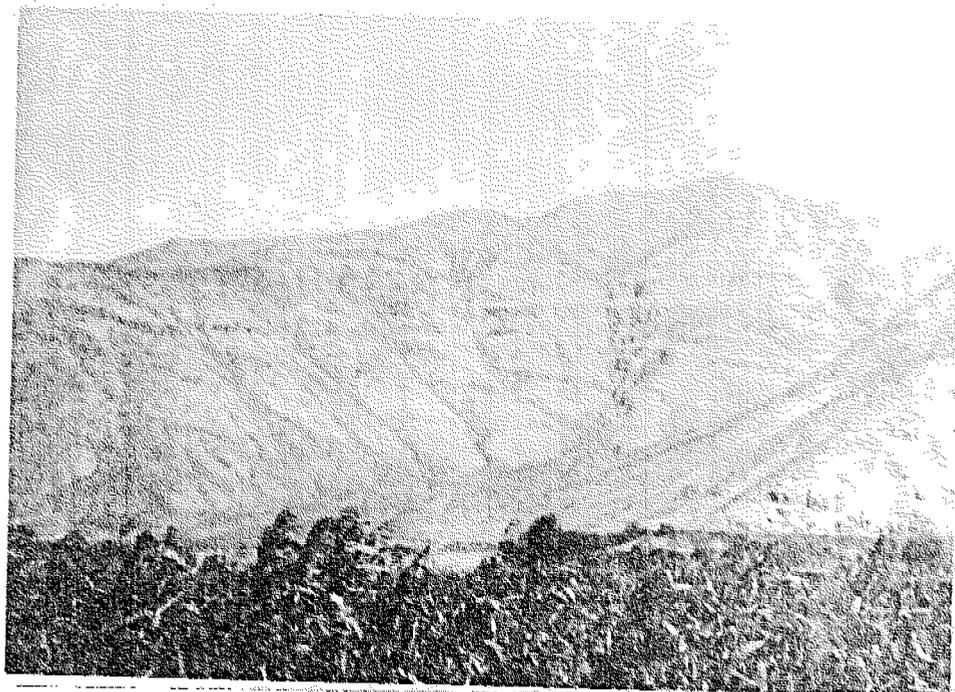


Foto N.º 12: Vista del Volcánico Quilmaná sobre el Volcánico Huarangal en aparente discordancia.  
Loc. margen derecha del valle del Chillón.