

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA**



**“Estudio Geológico del  
Sector Chosica - Chaclacayo  
Afectado por Inundaciones  
del - Rio Rimac”**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEOLOGO**

**VICTOR ORLANDO AGUEDO VILLACORTA**

*Promoción 1984 - 2*

**LIMA - PERU - 1987**

# INDICE

Pág.  
N° :

## CAPITULO I

|       |                                    |   |
|-------|------------------------------------|---|
| 1.    | INTRODUCCION                       | 1 |
| 1. 1. | OBJETIVOS Y ALCANCES               | 1 |
| 1. 2. | UBICACION Y ACCESIBILIDAD DEL AREA | 2 |
| 1. 3. | ASPECTOS DEL CLIMA Y LA VEGETACION | 3 |

## CAPITULO II

|          |                          |    |
|----------|--------------------------|----|
| 2.       | GEOMORFOLOGIA            | 4  |
| 2. 1.    | UNIDADES GEOMORFOLOGICAS | 5  |
| 2. 3.    | TIPOS DE PENDIENTES      | 9  |
| 2. 3. 1. | PENDIENTES NATURALES     | 9  |
| 2. 3. 2. | PENDIENTES ARTIFICIALES  | 10 |

## CAPITULO III

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.      | GEOLOGIA GENERAL Y ESTRUCTURAL                 | 11 |
| 3. 1    | GENERALIDADES                                  | 11 |
| 3. 2    | ESTRATIGRAFIA                                  | 11 |
| 3. 2. 1 | TERCEARIO                                      | 11 |
| 3. 2. 2 | CUATERNARIO                                    | 12 |
| 3. 3    | ROCAS INTRUSIVAS: BATOLITO DE LA COSTA         | 14 |
| 3. 4    | TECTONICA Y PRINCIPALES ESTRUCTURAS GEOLOGICAS | 17 |
| 3. 4. 1 | TECTONICA                                      | 17 |

INGENIERIA  
CENTRAL

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 3.4.2 | PRINCIPALES ESTRUCTURAS GEOLOGICAS | 21 |
|-------|------------------------------------|----|

#### CAPITULO IV

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.      | ASPECTOS HIDROLOGICOS Y DRENAJES          | 24 |
| 4.1     | GENERALIDADES                             | 24 |
| 4.2     | HIDROLOGIA                                | 25 |
| 4.2.1   | AGUAS SUPERFICIALES                       | 25 |
| 4.2.1.A | ANALISIS PLUVIOMETRICO                    | 27 |
| 4.2.1.B | ANALISIS DE CAUDALES                      | 35 |
| 4.2.1.C | LAGUNAS                                   | 38 |
| 4.2.2   | AGUAS SUBTERRANEAS                        | 38 |
| 4.2.2.A | FACTORES DEL CONTROL DEL AGUA SUBTERRANEA | 40 |
| 4.2.2.B | CONDICIONES QUIMICAS DEL AGUA SUBTERRANEA | 42 |
| 4.3     | DRENAJE DEL RIO RIMAC Y SUS QUEBRADAS     | 43 |

#### CAPITULO V

|         |                                    |    |
|---------|------------------------------------|----|
| 5.      | PROCESOS GEODINAMICOS              | 46 |
| 5.1     | FENOMENOS DE GEODINAMICA INTERNA   | 46 |
| 5.1.1   | ACTIVIDADES SISMICAS DE LA REGION  | 49 |
| 5.1.2   | ZONAS DE RIESGO SISMICO EN EL AREA | 52 |
| 5.2     | FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA   | 54 |
| 5.2.1   | GENERALIDADES                      | 54 |
| 5.2.2   | REMOCION EN MASA :                 | 56 |
| 5.2.2.A | DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS          | 56 |
| 5.2.2.B | DERRUMBES                          | 59 |
| 5.2.2.C | HUNDIMIENTOS                       | 61 |
| 5.2.2.D | ASENTAMIENTOS                      | 62 |

|            |                     |    |
|------------|---------------------|----|
| 5. 2. 3    | PROCESOS HIDRICOS : | 63 |
| 5. 2. 3. A | HUAYCOS             | 63 |
| 5. 2. 3. B | EROSION DE RIBERAS  | 71 |

## CAPITULO VI

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 6.      | LAS INUNDACIONES Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES                                     | 76  |
| 6. 1    | GENERALIDADES  | 76  |
| 6. 2    | CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LAS INUNDACIONES EN EL SECTOR CHOSICA - CHACLACAYO. | 76  |
| 6. 3    | ZONIFICACION DEL AREA  | 79  |
| 6. 3. 1 | TRAMOS AFECTADOS   | 80  |
| 6. 3. 2 | AREAS VULNERABLES  | 83  |
| 6. 4    | PLANTEAMIENTOS DE SOLUCIONES DE LAS INUNDACIONES EN LOS RIOS DE LA COSTA           | 84  |
| 6. 5    | PLANES DE CONTROL EN LOS TRAMOS AFECTADOS  | 92  |
| 6. 6    | MEDIDAS DE CONTROL Y TIPO DE OBRAS PROYECTADAS.                                    | 96  |
| 6. 6. 1 | MUROS DE CONCRETO  | 97  |
| 6. 6. 2 | MUROS DE MAMPOSTERIA   | 98  |
| 6. 6. 3 | ENROCADOS  | 99  |
| 6. 6. 4 | ENMALLADOS   | 100 |
| 6. 6. 5 | TERRAPLENES  | 100 |
| 6. 6. 6 | CONTRAFUERTES  | 101 |
| 6. 6. 7 | FORESTACION  | 102 |

## CAPITULO VII

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 7.  | POBLACIONES Y OBRAS PRINCIPALES VULNERABLES                               | 104 |
| 7.1 | GENERALIDADES   | 104 |
| 7.2 | CARACTERISTICAS DE LOS CENTROS POBLADOS<br>UBICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO | 105 |
| 7.3 | CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS UBICADAS EN<br>DICHA ZONA.                   | 111 |

## CAPITULO VIII

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.    | MATERIAL DE CONSTRUCCION                                      | 121 |
| 8.1   | GENERALIDADES   | 121 |
| 8.2   | UBICACION DE CANTERAS   | 121 |
| 8.3   | CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES<br>DE CONSTRUCCION. | 123 |
| 8.4   | METODOS DE EXPLOTACION  | 126 |
| 8.4.1 | CONVENCIONAL  | 126 |
| 8.4.2 | EXPLOSIVOS  | 126 |

## CAPITULO IX

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 9.  | CONCLUSIONES    | 128 |
| 9.1 | RECOMENDACIONES | 134 |

|              |     |
|--------------|-----|
| BIBLIOGRAFIA | 138 |
|--------------|-----|

|               |  |
|---------------|--|
| ILUSTRACIONES |  |
|---------------|--|

## RELACION DE LAS ILUSTRACIONES

1. - Mapa de Ubicación de la zona estudiada
2. - Precipitación mensual de la Cuenca Baja del río Rímac
3. - Isoyetas Mínimas en la Cuenca del Río Rímac
4. - Isoyetas medias en la cuenca del río Rímac
5. - Isoyetas Máximas en la Cuenca del río Rímac
6. - Sección transversal del Mapa de Isoyetas Medias Anuales a lo largo del río Rímac. Zona geográfica en la Cuenca del río Rímac.
7. - Descargas Medias-Mensuales del río Rímac ( Estación de aforos de Chosica ).
8. - Descargas Medias, Máximas y Mínimas anuales del río Rímac
9. - Volúmenes totales anuales de descarga del río Rímac ( Estación de aforos de Chosica )
10. - Pendiente Media y Declive Equivalente Constante del río Rímac.
11. - Curva Hipsométrica y polígono de Frecuencia del río Rímac.
12. - Aguas Subterráneas- Alimentación, Niveles, Clases y Química.
13. - Zonificación Sísmica del Perú. Norma Sismo- Resistente- R. N. C. del M. V. C. 1977
14. - Mapa de Isosistas del terremoto de Lima del 24/5/1940. Area de la Cuenca del río Rímac.
15. - Mapa de Isosistas del terremoto de Lima del 17/7/1966. Area de la Cuenca del río Rímac.
16. - Mapa de Isosistas del terremoto de Lima del 03/10/1974. Area de la Cuenca del río Rímac.
17. - Organización de un Sistema de Diques Anti- huaycos.
18. - Obra para la protección de riberas.
19. - Corte Transversal del río Rímac, a lo largo de la C.da. Pedregal. Corte A-A'
20. - Corte Transversal del río Rímac, a lo largo de la Cdas. La Cantuta y Quirio. Corte B-B'
21. - Corte Transversal del río Rímac, a lo largo de las Cdas. California y Santa María. Corte C-C'
22. - Plano de Area de Inundaciones del Sector Chosica- Chaclacayo - Cuenca del río Rímac.
23. - Plano Geológico-Geodinámico del Sector Chosica- Chaclacayo

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCION

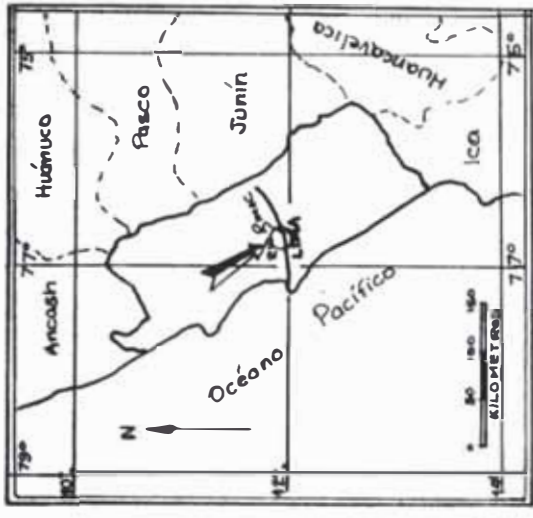
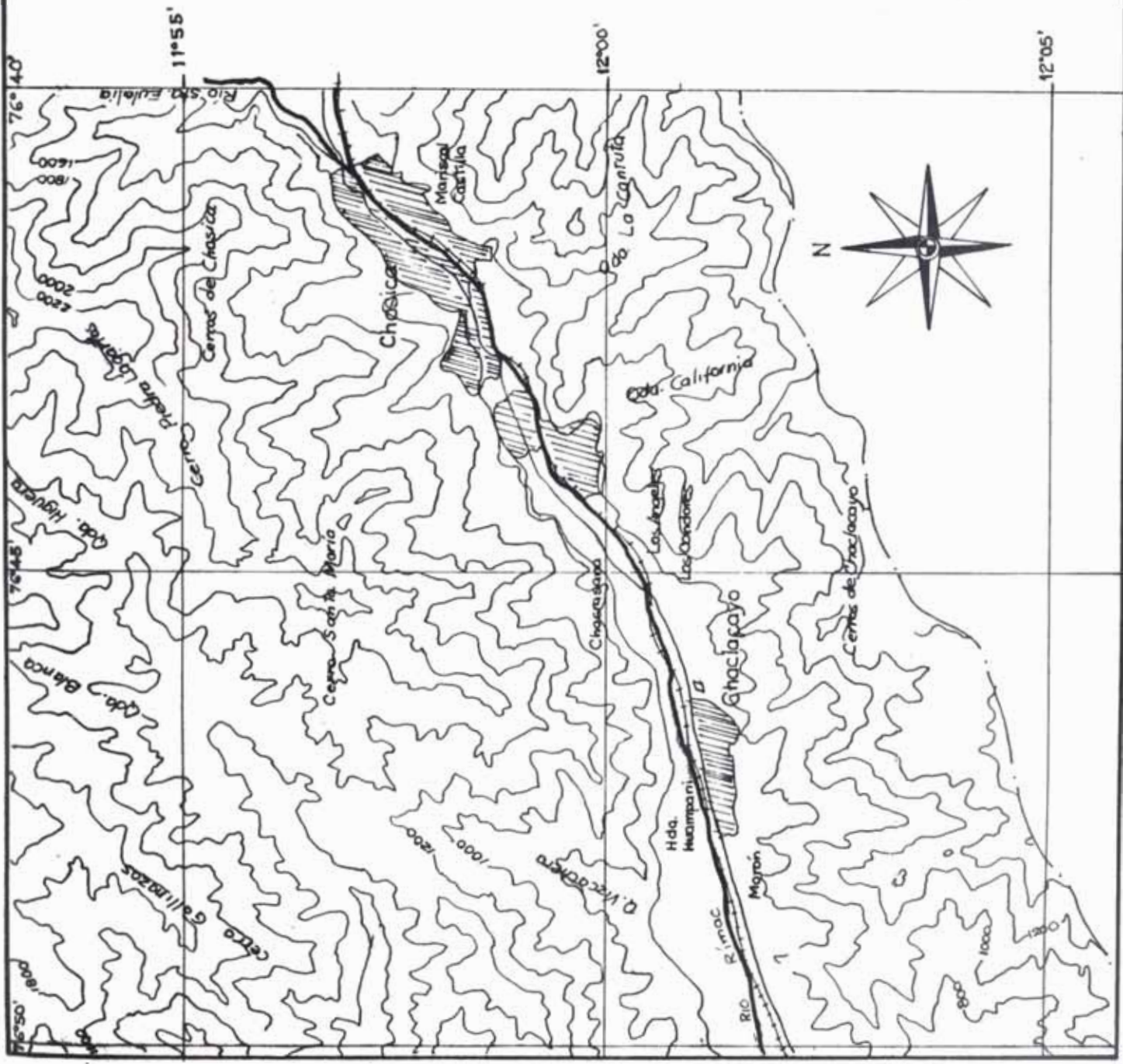
Es de conocimiento público en general, la ocurrencia periódica de procesos geodinámicos externos, como : huaycos, inundaciones, erosiones y deslizamientos en las laderas; que afectan a los centros poblados, vías de comunicación y las áreas de cultivo en el cuenca del río Rímac; y siendo esta cuenca un importante medio de comunicación entre la capital del país con el Este, ubicándose en ella importantes obras, surge la imperiosa necesidad de resolver estos problemas geológicos, razón por la cual el presente estudio está encaminado al planteamiento de soluciones de la problemática de las inundaciones.

#### 1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo principal de este estudio es conocer y evaluar el proceso de las inundaciones ; y dar las soluciones del caso en base al conocimiento de las características geológicas, geotécnicas, hidrológicas e hidrogeológicas del sector del Río Rímac entre Chosica y Chaclacayo.

Además, otros de los objetivos son :

Determinación de zonas afectadas por fenómenos de geodinámica externa y su implicancia en el emplazamiento de las poblaciones ribereñas.



**MAPA DE UBICACION**  
**DE LA ZONA ESTUDIADA**

Cuenca del Río Rímac  
 Sector: Chosica - Chaclacayo

Escala: 1/100,000



Fig. 1



Establecer las áreas que necesitan de obras de protección o construcción.

Ubicar y evaluar tipo de material, para una posible utilización en obras a ejecutar.

## 1.2. UBICACION Y ACCESIBILIDAD DEL AREA

El área de estudio se encuentra geopolíticamente entre los distritos de Chaclacayo y Chosica ; Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Las coordenadas geográficas de dicha área son las siguientes :

### LONGITUD OESTE

11° 58' 24''

11° 55' 48''

### LATITUD SUR

76° 46' 12'' ( Chaclacayo )

76° 41' 45'' ( Chosica )

Teniendo como eje el Río Rimac, partiendo de la ciudad de Chosica hasta Chaclacayo.

Vías de acceso

La Carretera Central : Lima - La Oroya, que atraviesa longitudinalmente la totalidad del Valle del Río Rímac y es una vía - asfaltada ( 174 Km. ).

La vía férrea Lima - La Oroya.

### ASPECTOS DEL CLIMA Y LA VEGETACION

Las condiciones climáticas de la zona materia de estudio están dadas : 1) Por la ausencia de lluvias torrenciales en el área urbana ( valle : zona per-árida , hasta los 1,000 msnm. ); limitándose a lloviznas cada cierto tiempo, y en general tiene un clima cálido -moderado y ligeramente húmedo por pertenecer a la Yunga Marítima, - piso altitudinal, situado inmediatamente por encima de la Costa; correspondiendo una altura sobre el nivel del mar entre 850 m. ( Chosica ) y 680 m. ( Chaclacayo ); 2) Por las precipitaciones intensas a partir de los 1,500 msnm. hacia arriba ( montañas semiáridas ) y que son causantes de la mayoría de fenómenos de procesos hídricos.

La temperatura fluctúa entre 17.30° C y 18.7° C como media anual, elevándose en el verano y descendiendo durante los meses de invierno.

En cuanto a la vegetación : Es escasa por las condiciones climáticas adversas y falta de suelos en los cerros y sus laderas ( montañas áridas : 1,000 - 2,000 msnm. ), limitándose solo cerca de los canales de agua que pasan por las laderas, quebradas y riberas del río y en terrazas fluvio-aluviales donde se hallan terrenos de cultivo, centros de esparcimiento, urbanizaciones, etc.

## CAPITULO II

### 2. GEOMORFOLOGIA

#### 2. 1. GENERALIDADES

El área del presente estudio se halla en la Cuenca del Río Rí mac, ubicada en el flanco Occidental de la Cordillera Andina, - y muestra un relieve caracterizado por contrastes topográficos. Para una mejor expresión de la morfología actual, es necesario exponer bajo una visión retrospectiva, los principales eventos morfotectónicos acaecidos en los tiempos geológicos hasta el reciente. Así tenemos que, los primeros movimientos indicados del Levantamiento de los Andes, tienen lugar durante la "fase Albiana" con deformaciones restringidas en el ámbito de la Costa, según W. Pitcher (90 millones de años). La siguiente fase de deformación se denomina la "fase Peruana" del Cretáceo Superior, caracterizada por plegamientos intensos en la Costa y disminuyendo en amplitud hacia el sector Andino. En el Eoceno Superior acontece la "fase Incaica", durante la cual, se acentúan los plegamientos y levantamientos con mayor énfasis en la zona andina. El mayor levantamiento del sector Andino habría tenido lugar en el Mioceno Superior, durante la "fase Quichuana", caracterizada por intensos fallamientos y de gran actividad volcánica. Procesos endógenos, que han sido más in tensos en el sur del país. Y así, durante este período, la inci sión de los valles de la Costa habrían alcanzado casi su nivel pre

sente, según Myers ( 1976 ).

Finalmente, sobre esta tierra emergida se habrían producido los movimientos del Plio- Cuaternario, que corresponderían a reactivaciones o movimientos tardíos de la fase Quichuana, época en la que, los procesos de erosión y de posición son manifiestamente activos. Movimientos más recientes, no tienen mayores evidencias en la cuenca del Río Rímac, salvo algunas terrazas aluviales altas que indicarían levantamientos contemporáneos.

En conclusión, podríamos decir, que la evolución morfológica de la cuenca del Río Rímac en los últimos 200,000 años ha tenido como causa fundamental los procesos geomórficos y específicamente hablando de nuestro sector de estudio se puede decir, es el proceso de sedimentación que tiene una mayor evidencia por sus muchos episodios de ocurrencia, dando lugar a la formación de terrazas y conos aluviales de espesores potentes.

## 2.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

La siguiente clasificación en unidades geomorfológicas se hace en base a consideraciones de similitud de formas, para lo cual se han vinculado factores litológicos, superficies de erosión, pendientes, entre otros.

### UNIDAD I . - Etribaciones de la Cordillera Occidental

Esta unidad abarca a la cadena de cerros bajos de unos 1,300 m. a 2,000 m., constituídos en parte por el Batolito de la Costa ,

con su envolvente volcánico-clástico extendiéndose por ambos lados de los valles y quebradas y aumentando progresivamente en altitud y relieve, aguas arriba del Río Rímac. Estos contrafuertes andinos son empinados y tienen un promedio de pendiente de hasta 36°, disminuyendo aguas abajo, así, por la ciudad de Chaclacayo oscila por los 25 - 30°. Los cerros de altas cotas tienen aspecto algo anguloso, explicándose en su resistencia que ofrecen a la erosión. Podemos citar a : Los Cerros Chosica ( 2,055 m. ), C°s Piedra Lagartos ( 2,039 m ), C° Cantuta ( 1,450 m ), C° Yanacoto ( 1,624 m. ), C° de Huampaní ( 1,670 m. ), C°s de Chaclacayo ( 1,610 m. ).

En conclusión, se puede afirmar que la evolución de esta Unidad ha sido influenciada por eventos tanto destructivos como constructivos. Los eventos constructivos están relacionados a la intrusión batolítica, originados por fuerzas tectónicas; que junto con otros eventos causaron la deformación de estas montañas y en general de la Cordillera Andina. Los eventos destructivos son debido a la acción de corrientes de agua y meteorización, que dejan constancia de sus efectos en la aparición de quebradas y pequeñas gargantas con sección transversal en " V ", debido al período de juventud en que se encuentran estos torrentes, labrando sus respectivos cauces ; donde el proceso de erosión y transporte permanecen activos.

## UNIDAD II - Quebradas

Las quebradas nacen en las laderas de las altas cumbres de la Cordillera Occidental Andina, como resultado de la erosión por procesos y agentes geomorfológicos, que han actuado conjuntamente con

los movimientos epigénicos. Estas quebradas carecen de caudal continuo; sólo durante épocas de lluvias, se ven nutridas, descargando con gran velocidad y poder de profundización, que muchas veces pasan a incrementar el potencial de aguas subterráneas, permitiendo el crecimiento de vegetación sólo en algunas zonas; en otras, se ve escasa por no existir suelo residual ni transportado.

Las quebradas forman canales de captación de agua y sedimento que comunican al cauce principal: Río Rímac. Las quebradas se encuentran en evolución, es decir, en proceso de encañonamiento y de erosión regresiva; y tienen pendientes longitudinales de hasta 20°, las menos desarrolladas; y alrededor de 7°, las más grandes y evolucionadas; las laderas son abruptas, con gradientes de hasta 38° en promedio y constituyen zonas de potencial peligro geodinámico como son las quebradas Quirio, Pedregal, La Ronda, La Cantuta, California, entre otras.

### UNIDAD III - El Valle Principal

El Valle Principal, como su nombre lo indica, es la zona ubicada entre las cumbres de las estribaciones de la Cordillera Occidental-Andina, por el cual discurre el Río Rímac. Se pueden distinguir 3 zonas principales dentro de este valle: El lecho mayor, que es el sector inundable y comprende la vegetación y asentamientos humanos el lecho ordinario es, la zona bien determinada entre las orillas y ocupadas por material rodado por aguas, formando bancos de arena y grava; y por último, el canal de estiaje, que a menudo ocupa sólo una pequeña parte del lecho ordinario; esto es, por el régimen irregular -

del Río Rímac, a causa del aumento de su caudal durante épocas de lluvia en la sierra, temporada, donde, el canal de estiaje ocupa todo el lecho ordinario del río.

La forma del canal de estiaje está asociado : al efecto del flujo del río, cantidad y características del sedimento en movimiento a través de una sección y la composición de los materiales que constituyen el lecho y bancos del canal; pudiendo incluirse la vegetación como factor estabilizante.

En la zona de estudio, el valle es estrecho, con un ancho aproximado de 1,400 m., en Chosica; y de 1,800 m., en Chaclacayo, es decir, el valle se amplía aguas abajo del río.

#### UNIDAD IV - Terrazas

Son aquellas superficies llanas, testigos de antiguos lechos de inundación, ubicadas en ambos lados del cauce del río y que acaban en un reborde abrupto; sobre ellas se encuentran edificados, las principales poblaciones : Chosica, Chaclacayo, Chacrasana, Los Cóndores, California, Nicolás de Piérola.

Su formación está relacionada estrechamente a una combinación de condiciones, como son : la disminución de la velocidad del río y su caudal, la reducción de la pendiente por efectos del tectonismo ( fallamientos, plegamiento, etc. que corresponden a movimientos tardíos de la fase Quichuana ), factores tales que facilitaron la sedimentación y su desarrollo. El clima también afecta indirectamente-

a ello, mediante alteraciones en la entrega de agua y sedimento al río.

El Río Rímac, que está en estado de rejuvenecimiento, presenta una acción erosiva y de transporte disminuído, limitándose con mayor frecuencia a la sedimentación en la zona del presente estudio, en contraste en sitios ubicados más arriba de Chosica. Tanto los materiales fluviales, como aluviales, conforman estas terrazas, en espesores potentes; las cuales sufren una destrucción variable presentándose relativamente en forma continúa a lo largo del valle y en algunos casos solamente como pedazos aislados y ubicados casi a la misma altura en ambos lados del valle.

## 2.3. TIPOS DE PENDIENTES

Los tipos de pendientes presentes en la zona del presente estudio, se han agrupado en pendientes naturales y pendientes artificiales, que a continuación describiremos.

### 2.3.1. Pendientes Naturales

Son aquellas vertientes del valle del Río Rímac que morfológicamente son modificados por agentes erosivos. La pendiente promedio oscila alrededor de 35°, notándose un progresivo aumento de promedio a partir de Chosica, aguas arriba del Río Rímac.

En una pendiente existen diversas irregularidades, es decir, no existe un ángulo de inclinación uniforme y así, se pue



de señalar varios segmentos rectilíneos llamadas facetas, obteniéndose su promedio individual para luego conocer el promedio general.

También, se debe señalar que existen pendientes en diversos estados de evolución, en el cual el intemperismo y la erosión son crecientes, sumado al hecho de la escasa cobertura vegetal, constituyendo zonas peligrosas de riesgo geodinámico. Existen escombreras que tienen un ángulo de talud natural que alcanzan valores de hasta 40° y la forma del talud se aproxima a la rectilínea y muestra heterogeneidad en su constitución, suscitada por el fraccionamiento natural de las rocas y pueden constituir regiones de riesgo geodinámico.

### 2.3.2. Pendientes Artificiales

Son aquellas excavaciones o cortes superficiales y subterráneos que han modificado las vertientes del valle, es decir, hubo intervención de la mano del hombre para la construcción de poblados, centros de esparcimiento, carretera Central y la vía férrea.

Estas modificaciones efectuadas por medios mecánicos como explosivos y corte de maquinarias, han causado en algunas zonas peligrosas potenciales de inestabilidad de talud, en tanto que, la meteorización intensa sobre todo física y agentes erosivos como la lluvia, han coadyuvado a esto, afectando poblados y obras viales, sobre todo en épocas de avenidas del Río Rímac meses de Enero a Marzo.

## CAPITULO III

### 3. GEOLOGIA GENERAL Y ESTRUCTURAL

#### 3.1. GENERALIDADES

Este capítulo está desarrollado en base a investigaciones de la Dirección General de INGEMMET, que corresponde a los levantamientos geológicos 1:100,000 hojas de Matucana, Chosica, Ondores, Canta, Lurín y Lima y fundamentalmente a mapeos geológicos realizados en la zona de estudio al 1:25,000 en las zonas de marcado riesgo geodinámico, además se contó con la ayuda de fotografías aéreas para una evaluación todavía más completa y general.

Las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio, comprenden : rocas intrusivas constituyentes del batolito costero y sedimentarias, pertenecientes al Cuaternario reciente.

#### 3.2. ESTRATIGRAFIA

##### 3.2.1 Terciario

##### Grupo Rímac

Se le asigna una edad probable de fines del Eoceno al Oligoceno, aproximadamente 37 m. a. . A este grupo se le ha dividido en 4 series de acuerdo a criterios litológicos, así tenemos :

Serie Volcánico- Sedimentaria . - Consistente en lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso, tobas andesíticas y algunas intercalaciones de areniscas.

Serie Sedimentaria Tobácea . - Consiste en intercalaciones de unidades mayoritariamente sedimentarias tobáceas, con areniscas limolíticas gris verdosas y rojizas, así como también tobas redepositadas de color gris violáceo.

Serie Tobácea . - Consiste de tobas de color pardo-grisáceas a blancas y quesinas de composición riolítica y dacítica.

Serie Volcánica-Sedimentaria . - Es la parte superior del Grupo Rímac y consiste en limolitas gris verdosas alterando a coloraciones rojizas y anaranjadas, areniscas feldespáticas con cuarzo y matriz tobácea en estratos delgados; y sobre éstos yace una secuencia de volcánicos tobáceos porfiroides de color violáceo. También, se encuentran volcánicos oscuros porfiroides bastante alterados.

### 3.2.2. Cuaternario

Depósitos Coluviales . - Son aquellos originados por desintegración mecánica de afloramientos rocosos, conformando una mezcla heterogénea de gránulos, gravas, cantos y escasos bloques angulosos y subangulosos en matriz diversa ( arena, arcilla, limo arcilloso, etc. ). El porcentaje de fragmentos es variable de un lugar a otro, así como también, su grado de compactación. Y como consecuencia

de su origen; sea por acción de la gravedad y algo de agua, y modo de deposición, se ubican en las laderas y al pie de quebradas cortas en diferentes niveles del valle, donde se han acumulado con un ángulo de reposo de 25 ° a 30° y generalmente tienen de mediana a poca estabilidad. Se incluyen en estos depósitos a las acumulaciones de materiales acarreados por torrentes temporales u ocasionales ( como son los huaycos ), provenientes de derrumbes y deslizamientos.

Depósitos de Huaycos Son aquellos depósitos que constituyen acumulaciones de materiales acarreados por torrentes temporales u ocasionales , como son los huaycos. Consisten en una mezcla heterogénea de gránulos, gravas, cantos y bloques angulosos y sub-angulosos en matriz diversa ; y generalmente en estos depósitos, se observa una gradación granulométrica de la parte central hacia los flancos. En el sector central predominan los elementos gruesos; y hacia los flancos, los finos. Conforman superficies de pendientes moderadas. En muchos casos se han establecido poblaciones en los conos de deyección o cursos antiguos, razón por la cual están expuestos a ser arrasados de ocurrir precipitaciones excepcionales.

Depósitos Fluviales - Están conformados por gravas y cantos de formas redondeadas, mezcladas con arenas y finos. Su distribución está restringida al cauce del Río Rímac. El río divaga a lo ancho de éstos depósitos, dejando en épocas de sequía superficies planas que son utilizadas como tierras de cultivo, e incluso se han construido viviendas que se hallan expuestas a ser arrasadas en épocas de aveni

das. La existencia de éstos depósitos data desde la formación del río, confirmada por la presencia de antiguos lechos, lo cual sugiere un río bastante poderoso, que sedimentó grandes cantidades de materiales en su curso y que, a través del tiempo sus aguas han erosionado sus bases, hechos indicativos por las terrazas existentes.

Depósitos Aluviales Los depósitos aluviales están constituidos por una mezcla heterogénea de gravas, cantos redondeados a sub redondeados, teniendo como matriz : Limos - arcillosos y arenas - limosas en porcentaje variable. Estos depósitos se encuentran generalmente cubiertos por una capa de materiales finos con diferentes espesores, son poco compactos y de permeabilidad mediana y constituyen las áreas planas donde se han establecido los asentamientos humanos. En el transporte de estos materiales han tomado parte : las aguas de escorrentía superficial y los flujos de lodo o barro, que ocurren temporalmente, formando pequeños conos de deyección en su desembocadura al río y rellenando las quebradas subsidiarias en ambos lados del valle; encontrándose, éstos materiales lejos de su lugar de origen. Los depósitos aluviales involucran también a los depósitos fluviales que están conformando terrazas antiguas.

### 3.3 ROCAS INTRUSIVAS : BATOLITO DE LA COSTA

Las rocas intrusivas pertenecientes al Batolito de la Costa, forman parte de la mayoría de los afloramientos en esta parte de la Cuenca del Río Rímac. Este Batolito que forma parte de la Cordillera Occidental de los Andes, es un cuerpo alargado, de dirección NNO - SSE, corta-

do transversalmente por el Río Rimac.

La composición de éstas rocas intrusivas del Batolito de la Costa varían de básicas a ácidas, encontrándose cuerpos tales como tonalitas, granodioritas ( en mayor cantidad ), tonalitas-dioritas, tonalitas-granodioritas, gabros y gabro-dioritas. Hallándose fracturadas, diaclasadas y meteorizadas, con disyunción esferoidal y con mediana-resistencia al golpe. La generación de estas rocas fue por diferencias magnéticas, comenzando con el gabro ( roca que inicia la formación de Batolito ), luego la diorita, tonalita, granodiorita, adameli-ta y granito más internamente.

Presentan colores diversos, siendo los más comunes el gris claro y oscuro ; de grano medio a grueso y cuando se encuentran fuertemente meteorizadas, se disgregan en arenas de grano medio a grueso y también en arena fina.

El fracturamiento y meteorización de la roca, da lugar a desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos, que se acumulan en las laderas, o al pie de ellas; estos fenómenos sufren incentivación por efectos de sismos fuertes, pudiendo ocasionar daños a las obras civiles. En general, se puede decir, que estas rocas constituyen cerros con laderas de características moderadamente estables.

A continuación describiremos algunas unidades litológicas

Tonalitas-Granodioritas. Son las que más predominan en esta zo-

na de estudio. Se le halla mayormente, indiferenciada con algunas transiciones marginales a diorita potásica y diorita hornbléndica, se gún un estudio efectuado por Gaviño Mendieta ( 1967 ). Los colores varían de gris ligeramente oscuro a tonos claros; blanquecinos hasta algo rosáceos, cuando hay incremento de ortosa; la textura es holocristalina, de grano grueso a mediano; alrededor de Chosica, la roca presenta textura granular desarrollada. Macroscópicamente está constituida por plagioclasas gris blancuzca a blanca lechosa, con cristales de a veces hasta más de 1 cm. de diámetro, sub-hedral y con tinte rojizo debido a la limonita proveniente de la descomposición de minerales de fierro. La ortosa presente, es rosácea de cristales de 4 a 6 mm. de diámetro. El cuarzo está en pequeños granos y en proporciones variables. Entre los ferromagnesianos figuran : biotita asociada con hornblenda; magnetita diseminada, pero visible y alterándose a hematita; y limonita, en finas pigmentaciones rojizas.

Cabe añadir, la presencia de fenómenos filonianos, que atraviesan el macizo tonalítico - granodiorítico, como : filones de aplitas, pegmatitas, abundantes diques lamprófidos y algunos de andesita. Por ejemplo, en Los Cerros Cóndores en Chacabayo, se hallan potentes filones de pegmatita violáceas, algo diferentes a las otras encontradas. En distintos lugares se observa delgados filones de cuarzo lechoso y diques de aplitas, con anchos que varían de 0.5- a 1 m. de potencia pero sin mineralización.

Gabro- Dioritas . - Existen diversos afloramientos aislados de estos dos tipos de rocas en zonas marginales del cuerpo principal. El más importante es el que se encuentra a manera de " Stocks " o apófisis en ambos márgenes del valle, constituyendo Los Cerros - Yanacoto y el área de los cerros comprendida entre las quebradas - California y La Cantuta. Son de colores grises-oscuro a negro, de grano fino mediano, con plagioclasa grisácea y máficos abundantes.

La relación de estos cuerpos descritos, con las grandes masas de tonalita-granodiorita limitantes, es que las rocas más ácidas se encuentran encima, lo que nos indica una posible diferenciación gravitacional magmática entre éstos variados tipos de rocas.

### 3. 4. TECTONICA Y PRINCIPALES ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

#### 3. 4. 1. TECTONICA

Como la zona objeto del presente estudio, es parte integrante de la Cordillera Occidental Andina, su tectónica está obviamente ligada a la Tecto-orogénesis Andina, la cual tiene un historial amplio y abarca numerosos fenómenos geotectónicos, que desarrollamos a continuación.

La llamada Tecto-orogénesis Andina comienza aproximadamente hace 80 M. A. Cretácico Superior-Terciario Inferior, caracterizadas por fases de compresión separadas por intervalos marcados por ausencia de compresión en el curso de las cuales, se emplazan diferentes intrusiones magmáticas, y bajo -



un alineamiento cuya dirección predominante es de NNW a NW con pequeños cambios en el curso de los tiempos, como por ejemplo la deflexión de Cajamarca y la de Cuzco-Abancay.

Investigando la bibliografía acerca del carácter polifásico de la Tectónica Andina, figuran por ejemplo, Steimman ( 1929 ) que estableció 3 fases tectónicas: La Fase Peruana, de fines del Cretáceo; - la Fase Incaica, de fines del Eoceno; siendo la primera marcada - por la elevación de los Andes y la regresión marina; y la segunda fase, por el plegamiento de capas rojas formados durante el Cretáceo Superior - Eoceno ; la tercera fase es la Quechuana, que comienza en el Plioceno. E. Bellido y F. Simone ( 1957 ) admitieron un plegamiento " Laramiano " ( por analogía al plegamiento del mismo nombre en Norteamérica ) dentro de la Cordillera Occidental, a fines del Cretáceo. Seguidamente en 1959, Hosmer propone 4 fases tectónicas y constata que, cada fase nueva afecta una zona más extensa que la precedente. E. Audebaud y otros ( 1973 ) y Francois - Megard ( 1973 ) proponen 4 fases andinas las cuales son :

- 1ra. Fase del Cretáceo Terminal ( 80 M. A. )
- 2da. Fase del Eoceno Superior ( 45 a 40 M. A. )
- 3ra. Fase del Mioceno ( 20 a 14 M. A. )
- 4ta. Fase Mio-Plioceno-Plioceno ( 6 a 5 M. A. )

Y por último, Bernard Dalmayrac propuso la fase del Cretáceo Terminal ( Fase Peruana ); la fase del Eoceno Superior - Oligoceno Inferior, responsable de las principales estructuras de la Cade-

na Andina con su alineamiento ( NW - SE ); y luego las fases tectónicas cenozoicas que comprenden al movimiento Quechuno.

Uno de los rasgos más importantes en las unidades tectónicas - es, sin duda alguna, el Batolito de la Costa, de casi 1,300 Kms., constituido por múltiples intrusiones de gabro a granito potásico, donde el tipo de roca más común es la tonalita; teniendo una simetría en la distribución de ella, en la siguiente forma : gabros tempranos, en los flancos tonalitas en la parte interna ; complejos anulares adamelíticos, en el centro, representando restos basales de calderas, a través de las cuales se habrían eyectado rocas volcánicas correspondientes al Terciario y cuyo rasgo más importante es la rectilinearidad de su afloramiento.

Este emplazamiento fue controlado por fracturas de subsidencia, establecidas anteriormente, donde los magmas fueron canalizados hacia niveles altos de la corteza, a lo largo de un mega-alineamiento único, para finalmente intruir en forma de centenares de plutones.

La edad del Batolito de la Costa en su parte central, es de  $76 \pm 3$  M.A. y  $33 \pm 1$  M.A. según Stewart & Snelling ( 1971 ); claro está, que sobre un área mayor arroja edades superiores como de 102 - 26 M.A. según Stewart & Snelling ( 1971 ) estas edades indican el Terciario Inferior y fines del Cretáceo.

El levantamiento del Batolito de la Costa pudo haber ocurrido en el Eoceno tardío; y su gran y rápida elevación, pudo ocurrir dentro de un período de aproximadamente 15 millones de años y pudiendo estar relacionado con movimientos verticales repetidos de la mayoría - de bloques NW - SE de la litósfera de los Andes ( según J. Cobbing)

El Batolito de la Costa tuvo mucha actividad ígnea antes del Eoceno tardío, siendo posible, sin embargo, que algunos estrato-volcanes del Eoceno y Oligoceno de la Cordillera Occidental, pudieran haber sido fuente de actividad después del levantamiento y erosión de rocas graníticas más antiguas del Batolito Costero.

Ya en el Mioceno Medio, aproximadamente 14 millones de años, los Andes fueron deformados, desarrollándose luego, la superficie de erosión Puna de McLaughlin.

### 3.4.2. Principales Estructuras Geológicas

Las rocas existentes en nuestra zona de estudio, han sufrido - diferentes fases tectónicas, que han modificado su posición y estructura original ; habiéndolas fallado, fracturado y plegado, influyendo, de alguna manera, en sus características morfolíticas, geodinámicas y geotécnicas.

Las estructuras edificadas por éstas fases, presentan una orientación general NW - SE , establecidos con anterioridad al emplazamiento del Batolito de la Costa, y este sistema se mantuvo con orientación constante a lo largo de la vida de las rocas intrusivas, y reactivándose continuamente. Este control estructural se extiende a los diques, los cuales se orientan a lo largo del eje del Batolito.

El sistema de fracturas corresponde a un sistema de fracturamiento frágil de acción regional, establecida por mucho tiempo y actuando a un nivel alto de la corteza, y está relacionado con la orientación regional de los pliegues y con el eje del batolito, que se ajusta a un modelo estructural simple de compresión perpendicular a los Andes de orientación SW - NE.

A continuación describiremos algunas fallas mapeadas en el campo :

Falla La Cantuta De rumbo : N 30 - 35° W; buzamiento, casi vertical y sinetral; constituye la falla más importante del área de estudio, atraviesa todas las rocas intrusivas presentes : dioritas, -

granodioritas. Corresponde a la tectónica compresiva del Terciario Superior. Su desplazamiento relativo fue determinado debido al control litológico.

Falla California Rumbo, casi E - W, buzamiento, vertical y del tipo sinextral; ésta falla atraviesa toda el área de la quebrada La Cantuta y de la quebrada California, cortando rocas volcánicas, dioritas, granodioritas y pertenece al sistema de fracturas de dirección N 70° - 90° W, contemporánea a la fase de la compresión del Terciario Inferior ( Fase Incaica ).

Falla Los Angeles De rumbo : N 80° W; buzamiento : 70° NE y de tipo Dextral. Esta falla corta las quebradas La Cantuta, California y Los Angeles. Es de edad correspondiente a la fase de compresión del Terciario Inferior ( Fase Incaica ).

En conclusión, podemos señalar, que en las rocas intrusivas existen familias de fallas, agrupándolas por direcciones de rumbo, como son : N 20° - 30° W, sinextral ; N 70° 80° W, sinextral y 30 - 40° E, dextral apreciándose una amplia gama de orientaciones que se explica por la ocurrencia de episodios orogénicos del Batolito de la Costa después de su emplazamiento. Tomando como base fotos aéreas y verificando en el campo la zona milonitizada de unos cms. a lo largo de las cuales existe mayor erosión, se pudo reconocer ciertas microestructuras como estrías y minerales recristalizados. Según el estudio Microtectónico del Batolito en el área de Chosica por E. Casimiro ( 1985 ), se establece una relación entre las sistemas -

de fallamiento , así los Rumbos N° 70° - 80° y N 80° - 40°  
E pertenecen a la fase de compresión del Terciario Inferior ( fa  
se Incaica ) y el N 20° - 80° W se incluye dentro de la fase de -  
compresión del Terciario Superior ( Tectónica compresiva ).

## CAPITULO IV

### 4. ASPECTOS HIDROLOGICOS Y DRENAJES

#### 4. 1. Generalidades

La zona del presente estudio se encuentra dentro de la cuenca del río Rímac, que tiene un área total de  $3398 \text{ Km}^2$  y ubicación, entre las latitudes  $11^{\circ}27'00'' \text{ S}$  y  $12^{\circ}00'15'' \text{ S}$  y las longitudes  $76^{\circ}00' \text{ W}$  a  $70^{\circ}11' \text{ W}$ . Las aguas discurren en dirección oeste, desde su nacimiento en los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, con una longitud aproximada de 145 Kms. y de los cuales, este estudio, abarca 9 Kms., desde Chosica hasta Chaclacayo.

En este capítulo presentaremos algunos cálculos hidrológicos pluviométricos como análisis de caudales en las estaciones de aforos; los cuales son bastante importantes por estar relacionado directamente al volumen de agua que dispone el río Rímac en determinado período de tiempo, y que decidiría la ocurrencia o ausencia de inundaciones, punto central de esta tesis.

Estos aspectos hidrológicos superficiales y subterráneos tienen incidencia muy importante en la protección y construcción de obras civiles. En el control de riesgos geodinámicos que pueden afectar asentamientos humanos, vías de comunicación ( carreteras, ferrocarriles, etc ), es de necesidad como

cer las zonas donde inciden las corrientes de agua, sean estacionales o contínuas, a fin de tomar las medidas preventivas o correctivas del caso, sea dándole un adecuado drenaje o planteando las defensas respectivas.

#### 4.2. Hidrología

Se desarrollará en ésta parte, un análisis de las aguas superficiales y las aguas subterráneas, así como en lo referente a la pluviosidad de la zona y el caudal de agua presente ; factores importantes en el estudio mismo de las inundaciones, objetivo principal de esta tesis.

##### 4.2.1 Aguas Superficiales

La presencia del río Rímac, principal arteria hídrica de la cuenca y el río Santa Eulalia principal afluente, localizado en su margen derecha, caracterizan la hidrología superficial.

##### Río Rímac :

Nace en las lagunas glaciales ( a 4900 m. s. n. m. ) formadas del deshielo del nevado de Ticlio , a 5000 m. s. n. m. y recorre 145 Km. hasta desembocar en el Océano Pacífico.

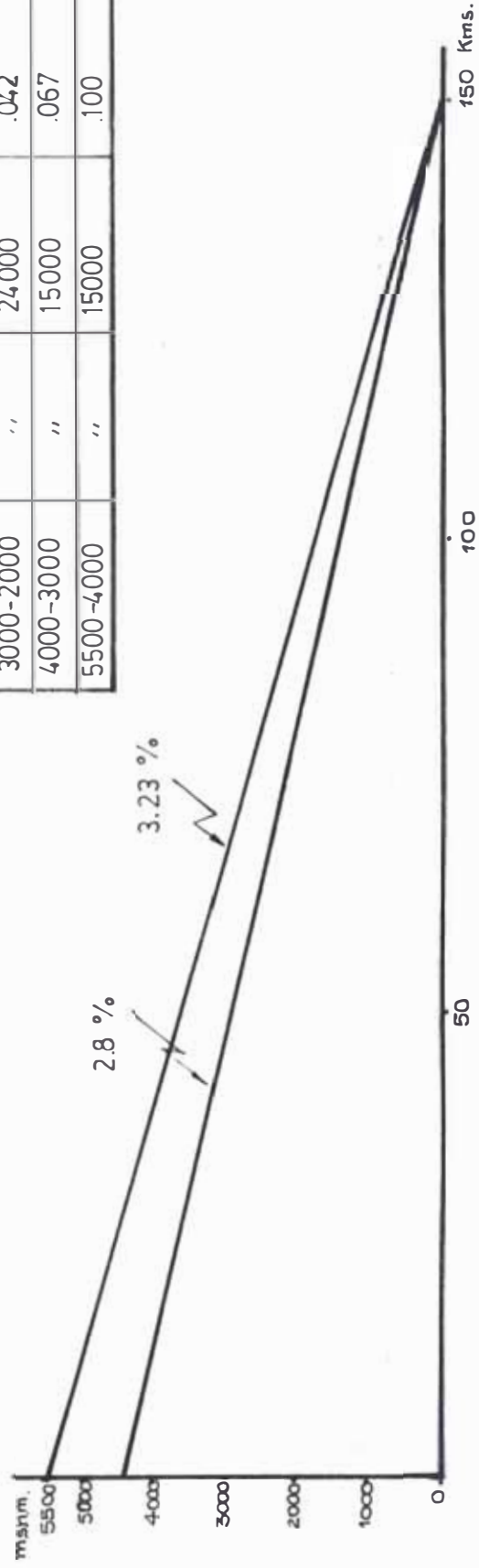
El río Rímac comienza pasando por un valle glacial, luego profundiza su cauce ( etapa cañón ) hasta aproximadamente aguas arriba de San Mateo, ampliándose un poco en el mismo distrito de San Mateo ( 101 Km. de Lima ), para des -



PENDIENTE MEDIA Y DECLIVE EQUIVALENTE CONSTANTE  
DEL RIO RIMAC



| COTAS       | DIF. ELEV. (mts) | LONG. TRAMO (mts) | Declividad Parcial | Pendiente % |
|-------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| 1000 - 0    | 1000             | 63000             | .016               | 1.6         |
| 2000 - 1000 | "                | 28000             | .036               | 3.6         |
| 3000 - 2000 | "                | 24000             | .042               | 4.2         |
| 4000 - 3000 | "                | 15000             | .067               | 6.7         |
| 5500 - 4000 | "                | 15000             | .100               | 10.0        |

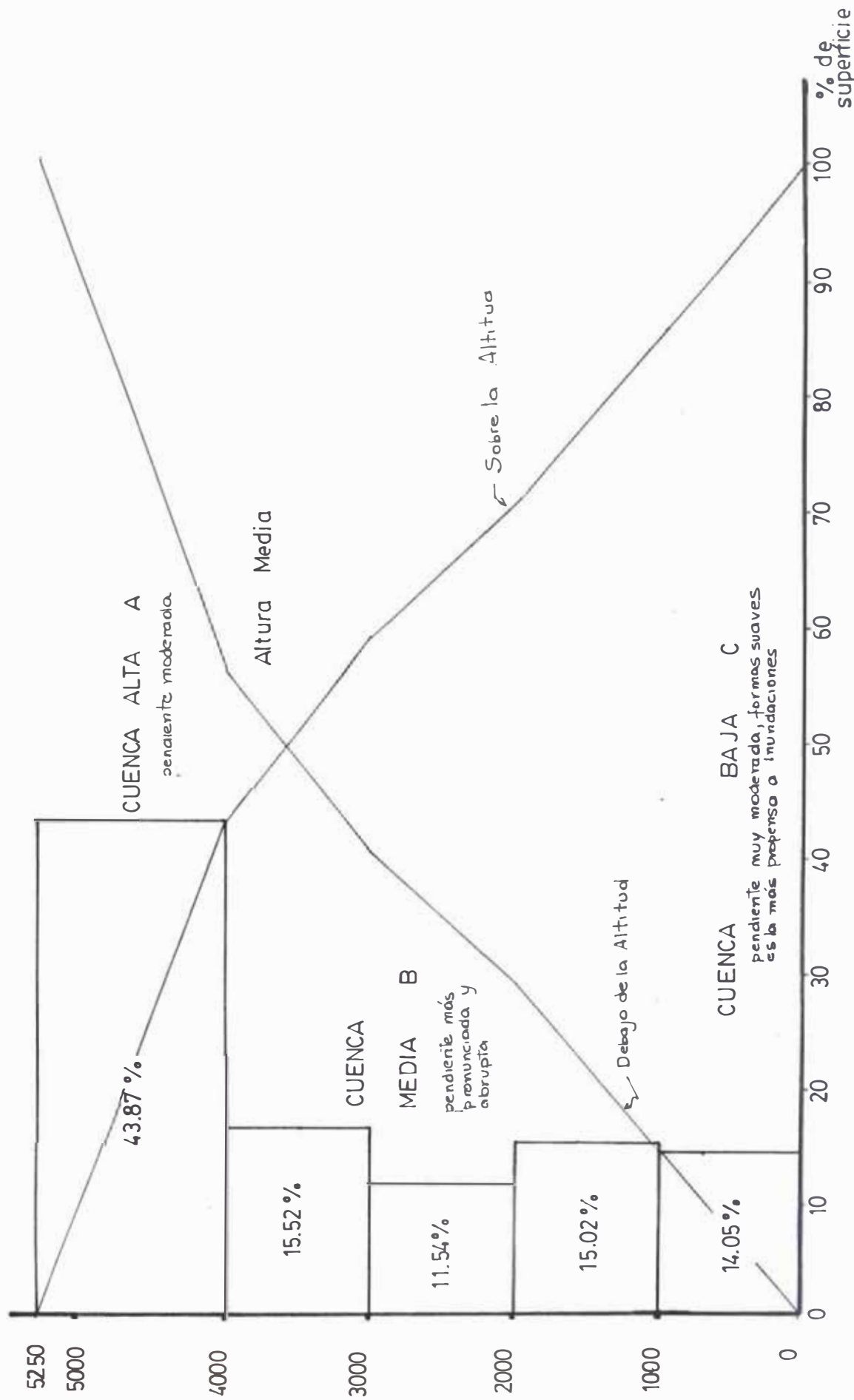


ESCALA H 1:750,000  
V 1:100,000

Fig. 10

CURVA HIPSONOMÉTRICA Y POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

Alt. msnm.



UNIVERSIDAD CENTRAL

Escala H : 1/500  
V : 1/40000

Fig. 11

pués angostarse en la localidad de Tambo de Viso ( 90 Km. de Lima ) hasta Matucana ( ubicada a 81.5 Kms. de Lima). A partir de Surco, el valle se amplía y desde Vitarte se inicia la llanura aluvial que llega hasta el Océano Pacífico , y sobre esta llanura aluvial, se halla la ciudad capital Lima, y la provincia constitucional del país El Callao, cerca de su desembocadura. La zona que comprende el presente estudio se halla, pues, debajo de la cota de 1000 mts. es decir dentro de la cuenca baja.

Según datos obtenidos ( Ingemmet 1982 ), la cuenca hidrográfica del río Rímac tiene un área de 3398 Km<sup>2</sup>, un recorrido de 145 Kms, una pendiente de 3.23 % en promedio y un declive equivalente constante de 2.8 % . La primera , calculada restando la altura máxima de la altura mínima del río y dividido entre la longitud del río. Y el declive es el promedio de pendientes en cortos tramos.

En el río Rímac se ha distinguido 3 subcuencas principales ; la cuenca alta, la cuenca media y la cuenca baja, esta -partición se ha hecho en base a criterios hipsométricos , morfológicos y de pendiente. Así la cuenca alta o curso alto cercano al nacimiento, se caracteriza por su acción erosiva, el curso medio que discurre por pendientes relativamente suaves, -realiza una función de acarreo y deposición de materiales gruesos; y en el curso bajo, cercano a la desembocadura, discurre por una pendiente mínima. Los límites de estos tres sectores-

están dados por la ubicación de Chosica ( limita aproximada - mente de la cuenca baja y media ) y de Bellavista ( límite aproximado de la cuenca media y alta ).

### Río Santa Eulalia

El río Santa Eulalia, es el principal afluente del río Rímac, - con el cual, se une aproximadamente a 54 Kms. de su desembocadu - ra en la margen derecha y casi a la altura del Distrito de Ricardo Palma.

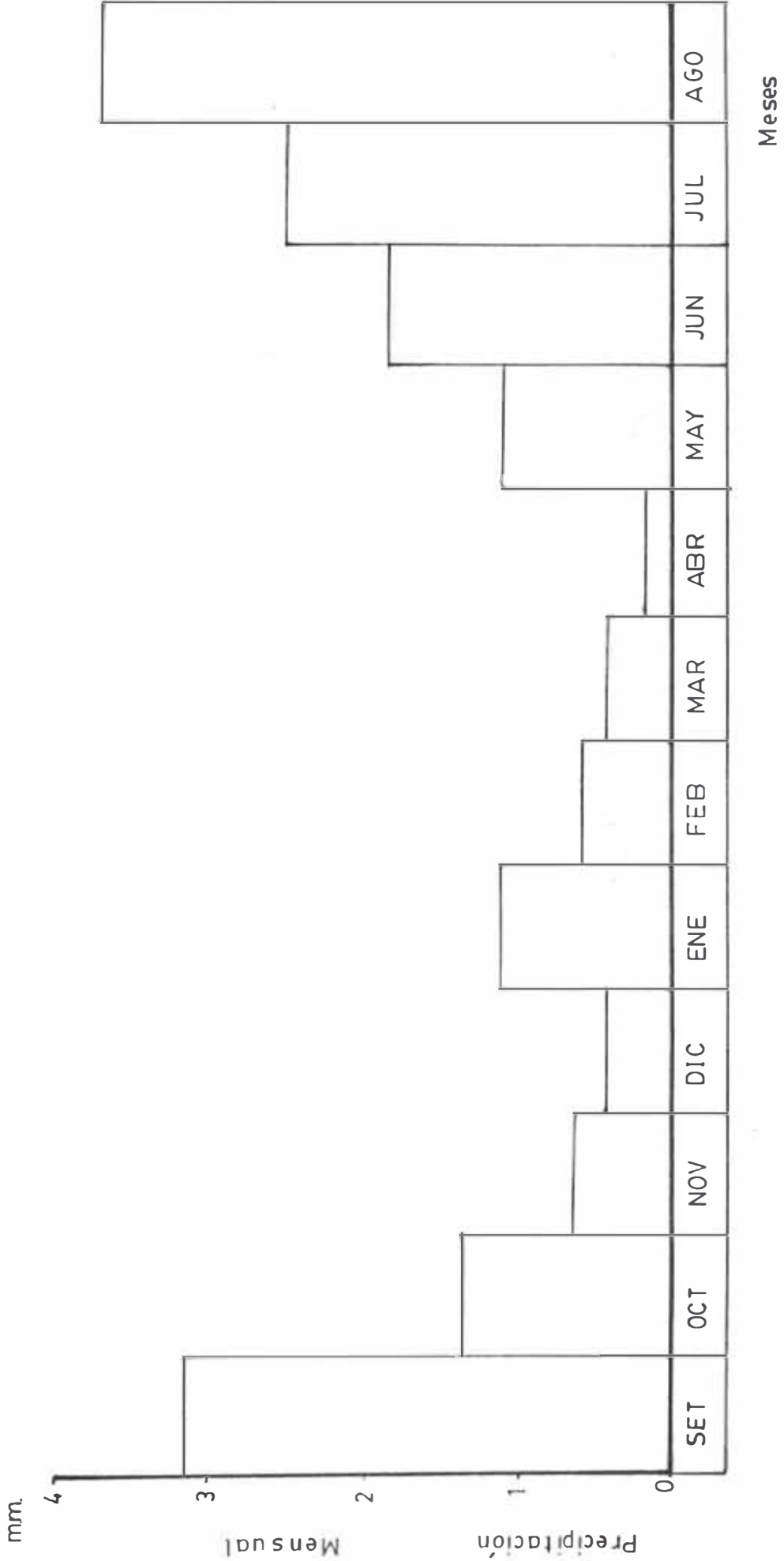
Este río nace en la laguna de Quisha, frente al nevado de Cashpe y tiene un recorrido de 66 Km. con pendiente media de 0.54 % y un declive equivalente constante de 6 %. Siendo torrentoso en época de crecida y desciende por quebradas estrechas y erosionan - do fuertemente su cauce, principalmente en su curso superior y de positando materiales acarreados, en el curso inferior, formándose de esta manera, una pequeña llanura aluvial en zona de confluencia con el río Rímac.

#### 4. 2. 1. 1. Análisis Pluviométrico

En la cuenca del río Rímac, donde se concentra la pre - cipitación pluvial, se disponen de 32 estaciones pluviomé - tricas de las cuales, solamente 4 de ellas tienen registros hasta la actualidad. De todos los resultados de pluviome - tría proporcionados por el SENAMHI, podemos concluir , que la intensidad de lluvias en la cuenca del río Rímac es -

PRECIPITACION MENSUAL EN LA CUENCA BAJA DEL RIO RIMAC

PERIODO 1944 - 1980



DATOS : SENAMHI

Fig. 2

tá en el rango de 21 mm. de promedio anual en la costa, a 764 mm. de promedio anual en la cuenca alta, notándose una relación bastante directa entre la altitud y la precipitación pluvial.

A continuación presentaré un análisis estadístico tanto en la cuenca baja , como media y en la alta:

Cuenca Baja . - Son las estaciones de : Lince, La Punta, Chorrillos, Las Palmas, Campo de Marte, Von Humboldt, Ñaña y el Aeropuerto Internacional. La estadística otorga una precipitación promedio anual de 21.6 mm. , con una desviación standard de 12.8 mm. y un coeficiente de variación de 0005 mm. Interpretando estos resultados , se concluye que tenemos un 50 % de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 8.8 mm. y 34.4 mm. es decir, las lluvias pueden llegar a ser 12 mm. más o menos que el 21 mm. anual promedio en esta cuenca baja.

Podemos señalar que también existe un 37 % de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 12 mm. y 30 mm. al año.

En la precipitación mensual de la cuenca baja, es resal tante el incremento de la precipitación entre los meses de Junio a Septiembre, así también en Enero hay un incremento, producto de las lluvias de verano en la Costa.

Cuenca Media Tomándose datos de las estaciones Santa Eulalia, Carampoma y Matucana, se determinó una precipitación promedio anual de 237.8 mm. con una desviación estándar de 144 y un coeficiente de variación de 0.61 .

En esta cuenca media, las lluvias pueden llegar a ser 144 mm. mayores o menores que 237 mm. anuales ; por lo tanto : tendremos un 68 % de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 93 mm. y 381 mm. anuales. Así como, existe un 33 % de probabilidades de que ocurran lluvias entre 141 mm. y 333 mm. anuales.

Estas precipitaciones aumentan en los meses de Diciembre a Marzo, eso en cuanto a las precipitaciones mensuales .

Cuenca Alta . - En esta zona las precipitaciones son bastantes más frecuentes, como lo reportan las estaciones de La Quisha, Ticlio, Casapalca, Bellavista, Milloc. Con una precipitación promedio anual de 765.4 mm. anuales, desviación standard de 99.6 mm. y un coeficiente de correlación bajo de 0.13 se concluye : que las precipitaciones llegan a ser 99.6 mm. mayores o menores que 765 . 36 mm. anuales, teniendo se una certeza del 60 % de que ocurran precipitaciones 665 y 865 mm. anuales, como también, un 40 % de probabilidades de que ocurran precipitaciones entre 689 mm. y 831 mm. anuales , incrementándose la precipitación de Diciembre a Marzo, según la precipitación mensual reportada por las mencionadas

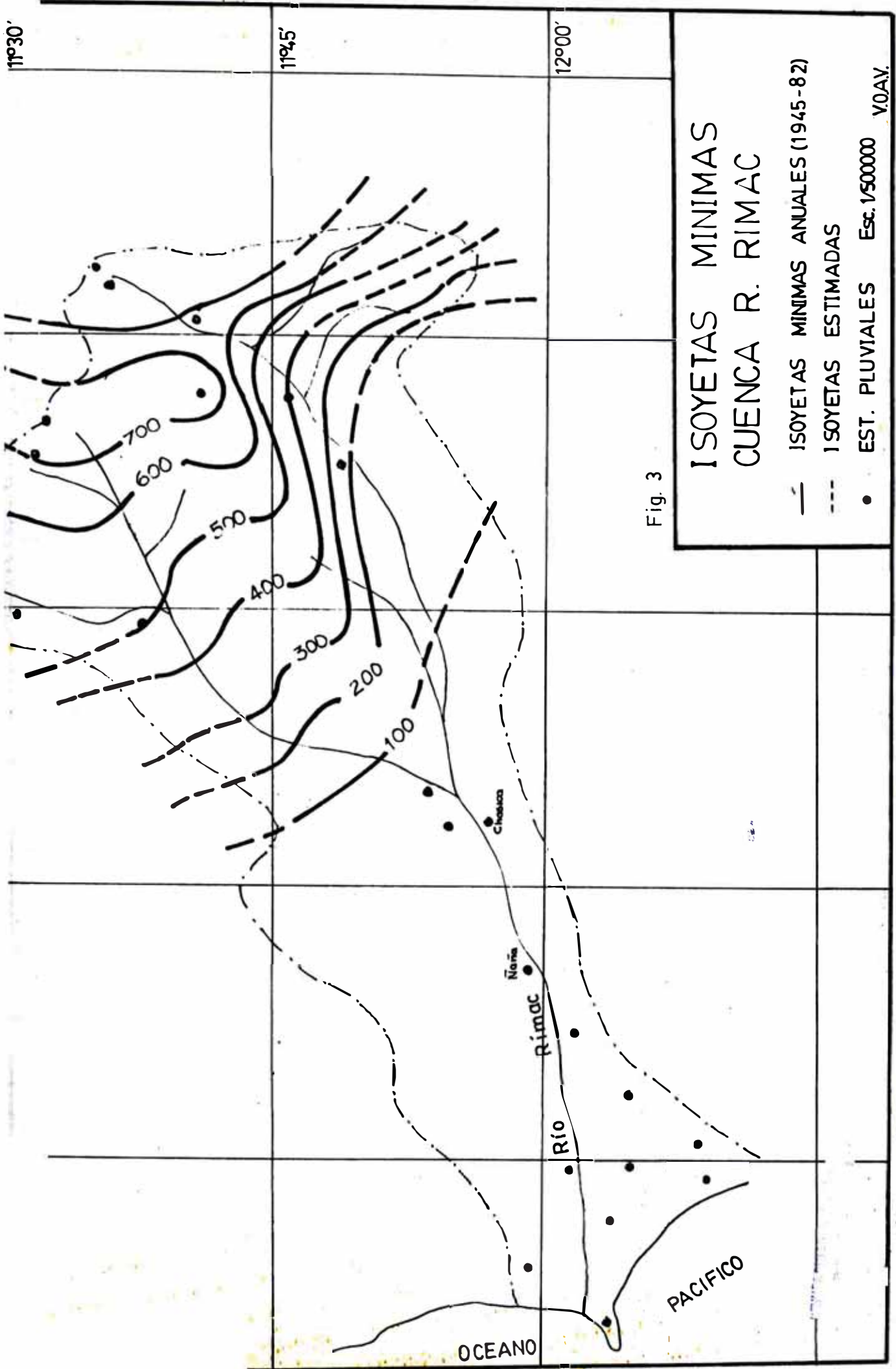


Fig. 3

**ISOYETAS MINIMAS  
CUENCA R. RIMAC**

- ISOYETAS MINIMAS ANUALES (1945-82)
- - - ISOYETAS ESTIMADAS
- EST. PLUVIALES Esc. 1/500000 Y.O.A.V.



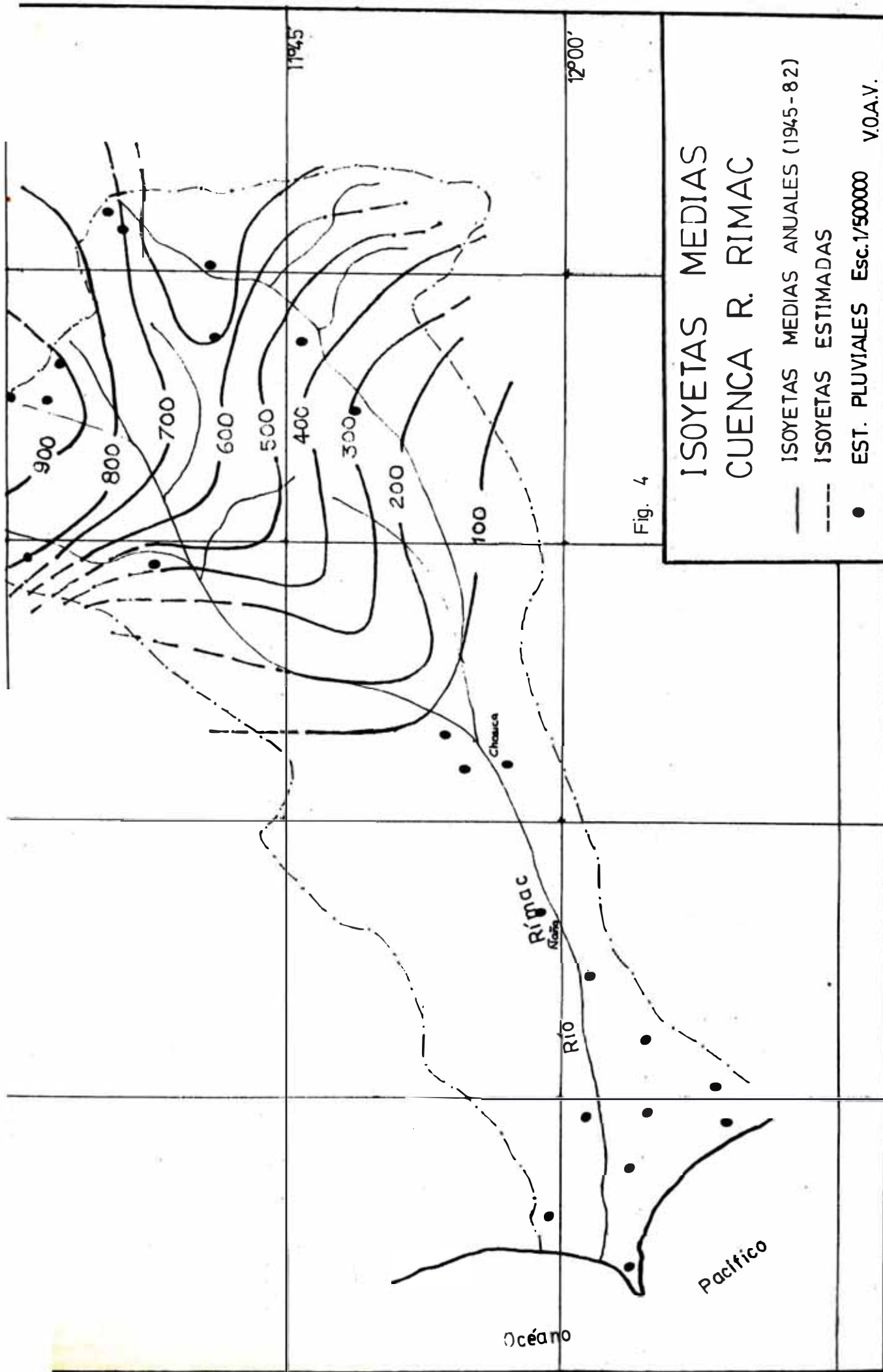
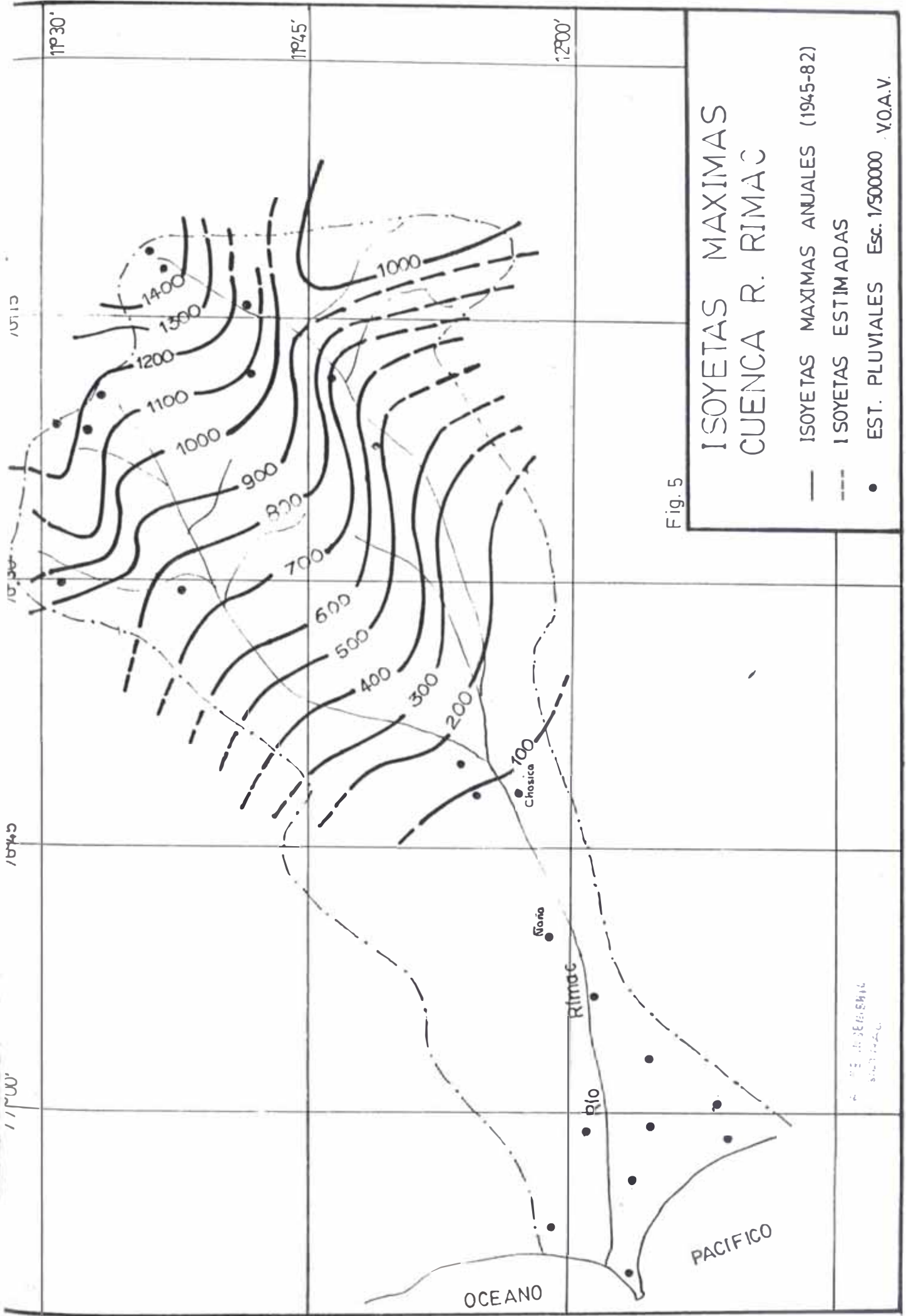


Fig. 4

# ISOYETAS MEDIAS CUENCA R. RIMAC

- ISOYETAS MEDIAS ANUALES (1945-82)
- - - ISOYETAS ESTIMADAS
- EST. PLUVIALES Esc. 1/500000 V.O.A.V.



# ISOYETAS MÁXIMAS CUENCA R. RÍMAC

- ISOYETAS MÁXIMAS ANUALES (1945-82)
- - - ISOYETAS ESTIMADAS
- EST. PLUVIALES Esc. 1/500000 V.O.A.V.

Fig. 5

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

estaciones, producto de las lluvias de verano en la Sierra.

### Interpretación de Resultados

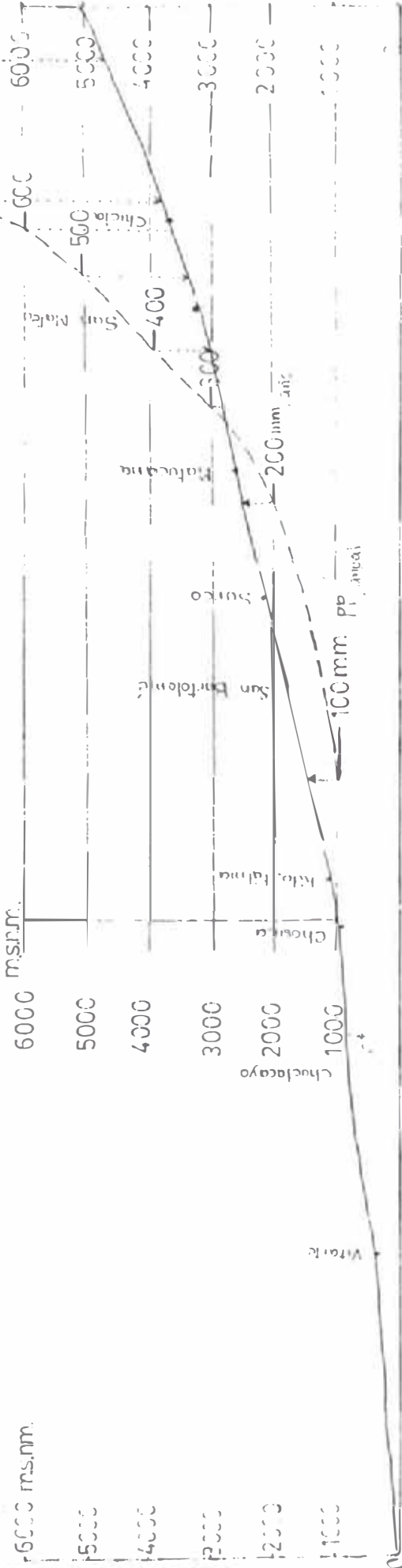
De todos estos datos pluviométricos, podemos calcular aproximadamente la precipitación promedio de la cuenca, que es 506 mm. anuales y existiendo un 66 % de probabilidades que se produzcan lluvias entre 177 mm. y 836 mm. anuales.

Se conoce que, si la intensidad de lluvias es mayor que la intensidad de su infiltración en el suelo, una parte de las llu vias se queda sobre la superficie y discurre en dirección del declive de la pendiente, formando una capa más o menos contí nua, concentrándose en pequeños canales o surcos, reuniéndose para formar arroyos y ríos, y aún más, cuando la intensidad de lluvias es mucho mayor, el agua desciende por la pendiente, llevando material consigo, ocasionando, en consecuencia, fenómenos geodinámicos externos como son los huaycos.

El escurrimiento superficial depende de muchos factores que actúan acentuándolos o bien disminuyéndolo, podemos men cionar entre ellos, el clima que incide en las precipitaciones pluviales ( en su intensidad y duración ) y en la humedad del suelo, las condiciones propias de la cuenca, influenciadas por el uso del suelo, ( estudiadas por la pedología, ecología ), el área y forma de la cuenca, la pendiente y orientación de los declives, así como el drenaje natural y artificial de la cuenca.

# SECCION TRANSVERSAL DEL MAPA DE SOYETAS MEDIAS ANUALES A LO LARGO DEL RIO RIMAC

ESC. 1: 100000



ESC. H: 1:500000

# ZONAS GEOGRAFICAS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC

- Páramos y cumbres Peruvianas
- Montañas Áridas
- Montañas Semi-Áridas
- Montañas Sub-Húmedas
- Praderas y Montañas muy Húmedas
- Montañas Pluviales y Glaciares

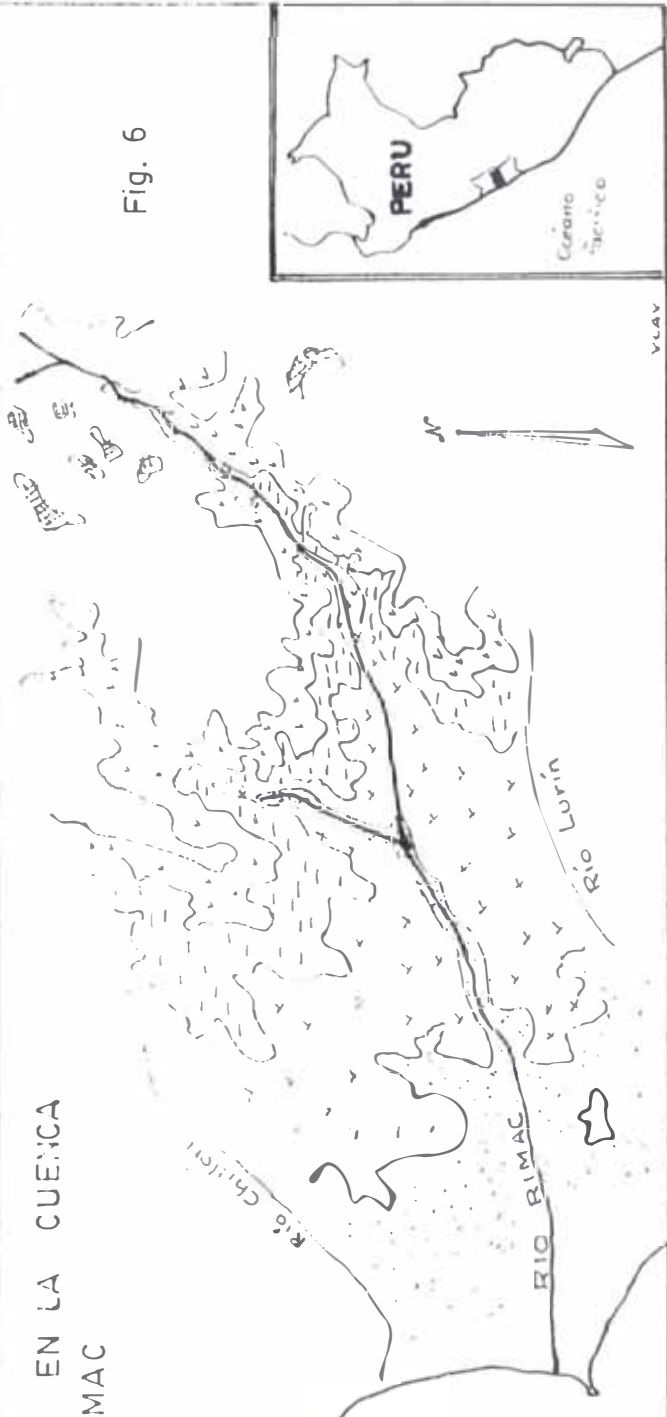


Fig. 6

CUENCA MEDIA

| staciór.  | Ene. | Feb. | Marz. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Prec. Anual | Prec. Max. | Prec. Mti. | Período. |
|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------------|------------|------------|----------|
| . Eulalia | 16.0 | 19.0 | 29.8  | 0.8  | 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.9  | 1.5  | 4.3  | 5.8  | 78.6        | 208.32     | 12.9       | 1964-84  |
| tucana    | 47.9 | 61.3 | 67.9  | 15.9 | 2.5  | 0.05 | 0.05 | 0.2   | 4.5  | 8.5  | 8.7  | 31.8 | 252.4       | 395.6      | 107.2      | 1964.80  |
| rampoma   | 75.9 | 91.3 | 90.1  | 25.1 | 2.6  | 0.4  | 0.1  | 2.0   | 10.7 | 18.0 | 11.9 | 44.9 | 274.0       | 748.8      | 175.8      | 1964-80  |

CUENCA BAJA

| Estación.             | Ene. | Feb. | Marz. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Prec. Anual | Prec. Max. | Prec. Mtn. | Período. |
|-----------------------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------------|------------|------------|----------|
| Ence                  | 0.   | 0.7  | 0.3   | 0.1  | 0.9  | 1.7  | 1.4  | 5.5   | 5.7  | 2.5  | 0.9  | 0.2  | 23.9        | 27.3       | 22         | 1953-63  |
| Corrillos             | 1.2  | 0.3  | 0.4   | 0.3  | 0.8  | 2.5  | 3.4  | 3.6   | 3.1  | 1.8  | 1.7  | 0.8  | 20.9        | 34.0       | 14.7       | 1950-68  |
| Punta                 | 0.5  | 0.5  | 0.2   | 0.2  | 1.1  | 1.3  | 0.7  | 3.8   | 1.3  | 0.4  | 0.1  | 0.1  | 9.1         | 16.1       | 0.0        | 1944-76  |
| Las Palmas            | 3.0  | 1.0  | 0.1   | 0.1  | 1.7  | 2.1  | 2.5  | 6.4   | 7.2  | 2.9  | 0.9  | 1.0  | 37.9        | 156.1      | 10.2       | 1962-77  |
| Campo de Marte        | 1.1  | 0.5  | 0.6   | 0.3  | 2.0  | 3.6  | 4.5  | 5.2   | 4.9  | 2.0  | 1.0  | 0.6  | 25.9        | 59.0       | 3.8        | 1927-76  |
| Von Humboldt.         | 1.1  | 0.7  | 0.6   | 0.5  | 1.5  | 2.5  | 2.6  | 2.9   | 2.1  | 1.0  | 0.6  | 0.6  | 17.4        | 39.3       | 0.9        | 1930-76  |
|                       | 1.8  | 0.9  | 1.6   | 0.1  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.3  | 8.6         | 17.2       | 0.6        | 1964-82  |
| Proyecto experimental | 1.8  | 0.7  | 0.3   | 0.2  | 0.5  | 1.0  | 1.6  | 1.7   | 1.0  | 0.3  | 0.2  | 0.6  | 8.8         | 20.4       | 1.3        | 1961-85  |

CUENCA BAJA

| Estación.              | Ene. | Feb. | Marz. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agos. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Prec. Anual | Prec. Max. | Prec. Min. | Período. |
|------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------------|------------|------------|----------|
| Ence                   | 0.   | 0.7  | 0.3   | 0.1  | 0.9  | 1.7  | 1.4  | 5.5   | 5.7  | 2.5  | 0.9  | 0.2  | 23.9        | 27.3       | 22         | 1953-63  |
| Corrillos              | 1.2  | 0.3  | 0.4   | 0.3  | 0.8  | 2.6  | 3.4  | 3.6   | 3.1  | 1.8  | 1.7  | 0.8  | 20.9        | 34.0       | 14.7       | 1950-68  |
| Punta                  | 0.5  | 0.5  | 0.2   | 0.2  | 1.1  | 1.3  | 0.7  | 3.8   | 1.3  | 0.4  | 0.1  | 0.1  | 9.1         | 16.1       | 0.0        | 1944-76  |
| Las Palmas             | 3.0  | 1.0  | 0.1   | 0.1  | 1.7  | 2.1  | 2.5  | 6.4   | 7.2  | 2.9  | 0.9  | 1.0  | 37.9        | 156.1      | 10.2       | 1962-77  |
| Tempo de Mare          | 1.1  | 0.5  | 0.6   | 0.3  | 2.0  | 3.6  | 4.5  | 5.2   | 4.9  | 2.0  | 1.0  | 0.6  | 25.9        | 59.0       | 3.8        | 1927-76  |
| Von Humboldt.          | 1.1  | 0.7  | 0.5   | 0.5  | 1.5  | 2.5  | 2.6  | 2.9   | 2.1  | 1.0  | 0.6  | 0.6  | 17.4        | 39.3       | 0.9        | 1930-76  |
|                        | 1.8  | 0.9  | 1.6   | 0.1  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.3  | 8.6         | 17.2       | 0.6        | 1964-82  |
| Copuerto Internacional | 1.8  | 0.7  | 0.3   | 0.2  | 0.5  | 1.0  | 1.6  | 1.7   | 1.0  | 0.3  | 0.2  | 0.6  | 8.8         | 20.4       | 1.3        | 1961-85  |

CUENCA ALTA

| Estación | Ene.  | Feb.  | Marz. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Agost. | Set.  | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Prec. Anual | Prec. Max. | Prec. Min. | Período. |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------------|------------|------------|----------|
| Quisná   | 137.8 | 142.5 | 151.6 | 78.0 | 25.4 | 10.6 | 16.5 | 16.19  | 46.21 | 64.0  | 57.1  | 99.3  | 843.9       | 1257       | 311.5      | 1969-80  |
| Chic     | 94.5  | 121.5 | 100.5 | 57.3 | 29.9 | 7.9  | 10.3 | 17.70  | 39.5  | 66.1  | 53.6  | 87.6  | 702.7       | 895.4      | 592.4      | 1957-68  |
| sapalca  | 114.0 | 139.3 | 128.9 | 56.3 | 23.2 | 7.8  | 6.7  | 10.80  | 37.0  | 54.5  | 62.5  | 94.33 | 940.7       | 1492.2     | 478.2      | 1947-80  |
| lavista  | 120   | 130.3 | 128.9 | 48.2 | 15.6 | 2.98 | 2.5  | 4.5    | 20.6  | 39.81 | 52.82 | 84.0  | 649.4       | 1172.8     | 204.2      | 1945-76  |
| Illoc    | 135   | 128.4 | 159.1 | 82.2 | 19.5 | 3.3  | 12.5 | 15.4   | 52.3  | 70.3  | 63.7  | 136.1 | 890.2       | 1124.2     | 717.7      | 1968-75  |



Efectuando cálculos matemáticos para conocer el volumen escurrido anual, cuestión importante para desarrollar el punto principal de este trabajo, además representa uno de los datos básicos para el diseño de obras hidráulicas ; señala remos que :

$$V_m = A \times P_m \times C$$

$V_m$  = Volumen medio anual escurrido en  $m^3$ .

$A$  = Area de la cuenca  $m^2$ .

$P_m$  = Precipitación media anual en mts.

$C_c$  = Coeficiente de escurrimiento.

Donde :  $A = 3398 \text{ Km}^2$                        $P_m = 506 \text{ mm}$ .

El coeficiente de escurrimiento se calculó promediando los porcentajes según normas CID-ATA-CLASS de Diseño de Presas de Tierra y Mecánica de suelos, así :

|                      |      |                 |
|----------------------|------|-----------------|
| Por la extensión :   | 5 %  |                 |
| Por la vegetación :  | 42 % | $C_c = 17.3 \%$ |
| Por la precipitación | 5 %  |                 |

$$V_m = 3398 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0.506 \text{ m} \times 0.173 = 297'454,124 \text{ m}^3$$

Por lo tanto , el volumen escurrido medio anual aproximado de la cuenca del río Rímac es 297 millones de  $m^3$ .

#### 4.2.1.1.B. Análisis de Caudales

En lo concerniente al registro de caudales del río Rímac, de régimen irregular y carácter torrencioso, está determinado por el proceso anual de precipitaciones pluviales.

En la cuenca del río Rímac existen un total de 18 estaciones de aforos, y nos hemos remitido principalmente a la estación de aforos de la ciudad de Chosica por ser el más cercano y por su ideal ubicación respecto al lugar del presente estudio.

En Chosica la descarga máxima histórica fue de  $480\text{m}^3/\text{seg}$ . La media anual es de  $2854\text{ m}^3/\text{seg}$ . equivalente a una descarga media anual de  $900'150,000\text{ m}^3$ .

Son los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, y Abril donde suceden las mayores concentraciones de descargas totales, siendo el mes de Marzo el mes de mayor concentración, con una descarga de  $73.89\text{ m}^3/\text{seg}$ . Y en el mes de Agosto se registran las descargas más bajas del año ( promedio de  $12.85\text{ m}^3/\text{seg}$ . aproximadamente ).

Cabe mencionar que desde el año 1984, el río Rímac, recibe aguas de la laguna de Marcapomacocha y que de las 18 estaciones de aforos sólo 3 estaciones hidrométricas son activas: Surco, San Mateo y Chosica.

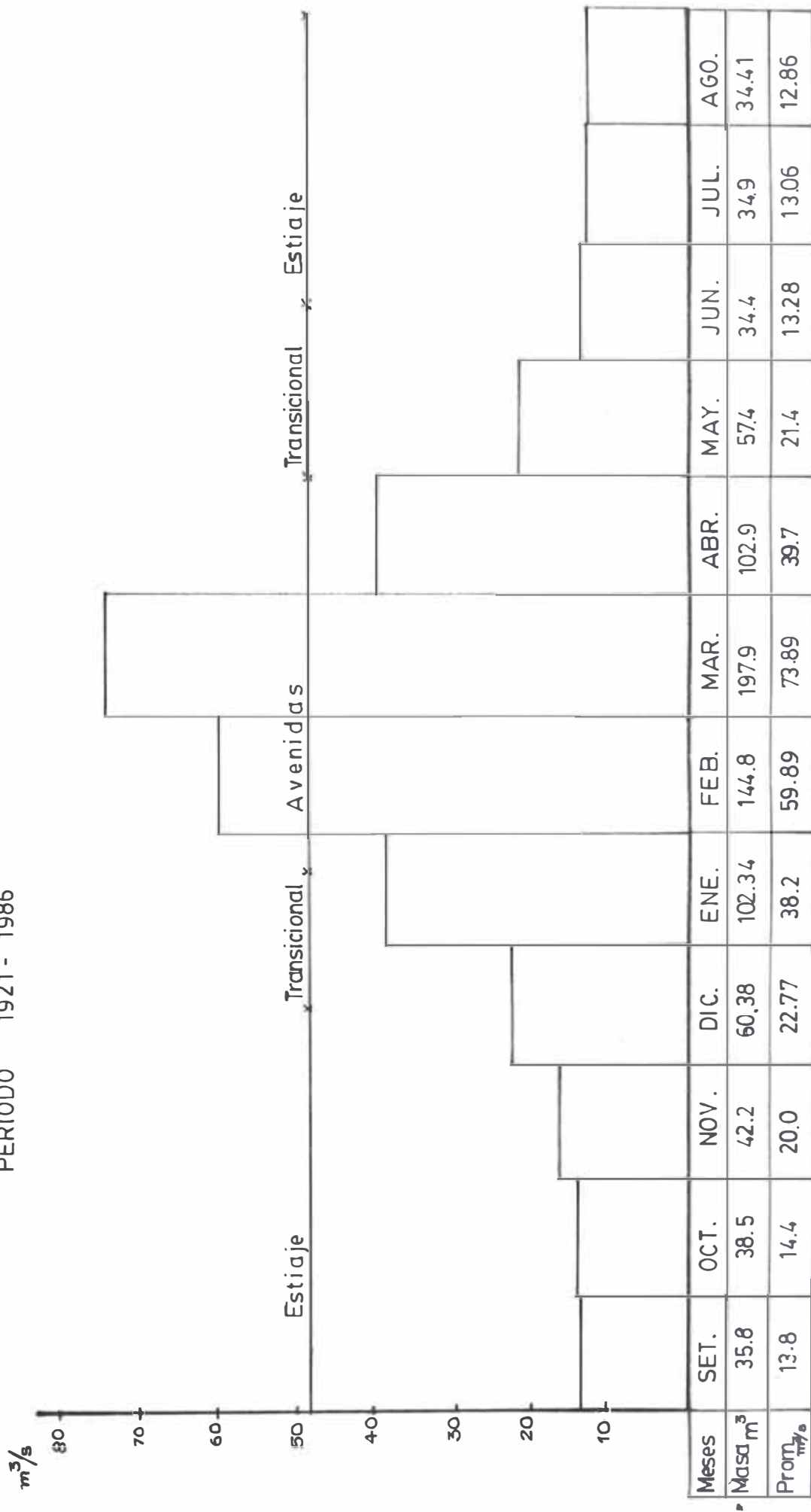
ANALISIS ESTADISTICO DE CAUDALES EN LA ESTACION DE AFOROS DE CHOSICA

1920 - 1986

| Mes             | Ene.  | Feb.   | Marz. | Abr.  | May.  | Jun.  | Jul.  | Agos. | Set.  | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Annual | Volumen<br>(mill.m3) |
|-----------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------------|
| Máx.            | 85.07 | 134.78 | 143.4 | 74.13 | 32.79 | 24.87 | 22.39 | 23.41 | 21.97 | 24.30 | 30.4  | 43.75 | 39.22  | 1236.84              |
| Mín.            | 13.14 | 23.63  | 32.44 | 18.26 | 12.08 | 8.14  | 7.78  | 8.5   | 5.44  | 11.06 | 11.81 | 12.16 | 18.22  | 574.51               |
| Prom.           | 38.45 | 60.34  | 73.43 | 40.75 | 22.02 | 14.56 | 14.39 | 13.83 | 14.5  | 15.1  | 16.9  | 23.27 | 23.54  | 900.15               |
| Desv.<br>Stand. | 14.86 | 29.39  | 27.10 | 12.05 | 5.49  | 2.39  | 3.05  | 2.82  | 21.13 | 2.66  | 4.02  | 7.96  | 5.38   | 169.6                |
| Coef.<br>Corre. | .39   | .41    | .37   | .30   | .26   | .22   | .23   | .22   | .17   | .19   | .25   | .35   | 0.19   | 0.19                 |

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DEL RIO RIMAC  
 ESTACION DE AFOROS SECTOR CHOSICA

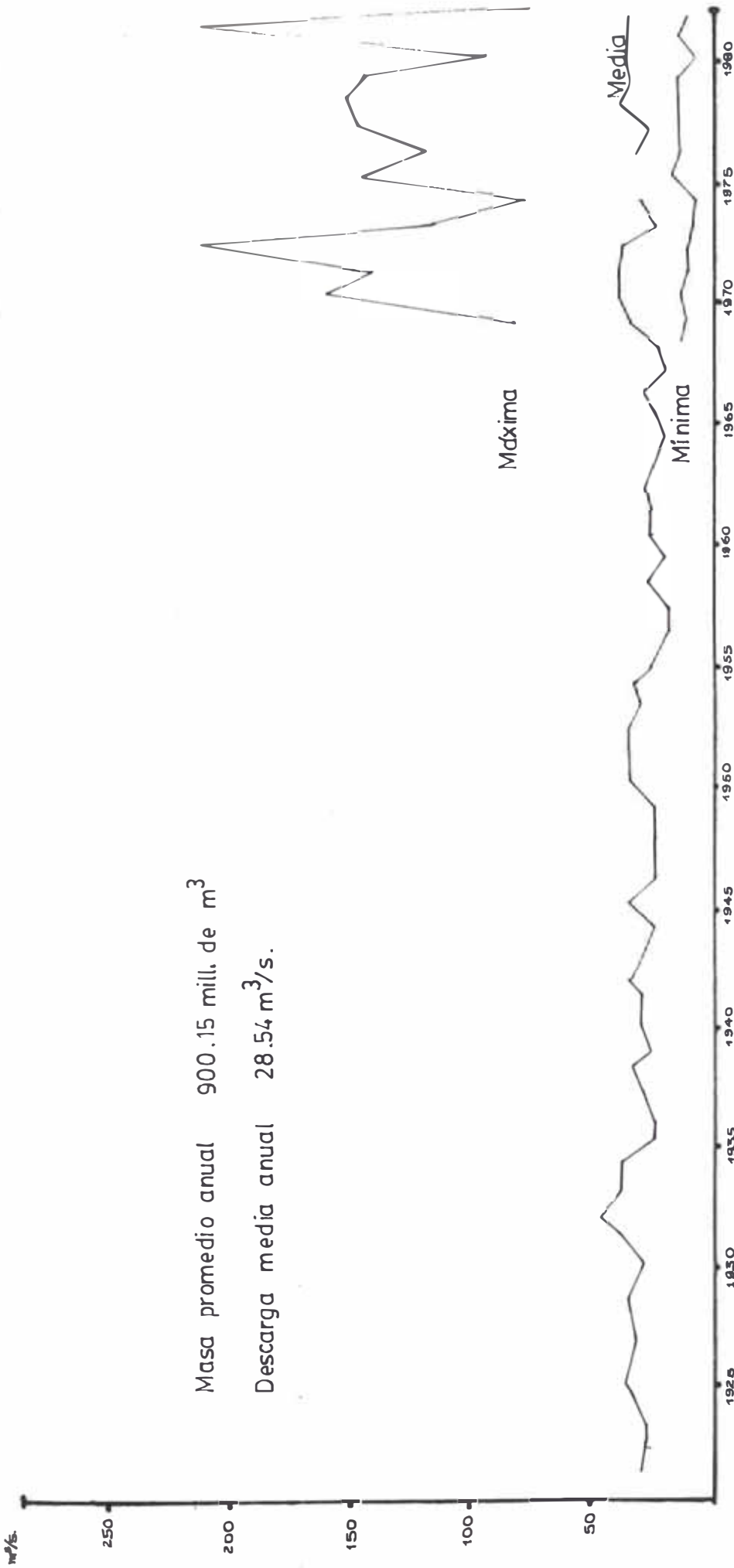
PERIODO 1921 - 1986



■ en millones de  $m^3$

MINISTERIO DE IRRIGACION  
 CENDROSA

Fig. 7



Masa promedio anual 900.15 mill. de  $m^3$   
 Descarga media anual 28.54  $m^3/s$ .

DESCARGAS MEDIA , MAXIMA Y

MINIMA ANUAL

PERIODO 1921 - 1982

Fig. 8

VOLUMENES TOTALES ANUALES DE DESCARGA DEL RIO RIMAC  
 ESTACION DE AFOROS CHOSICA - PERIODO 1921 - 1982

Mdx.  
 12368 (1971-72)

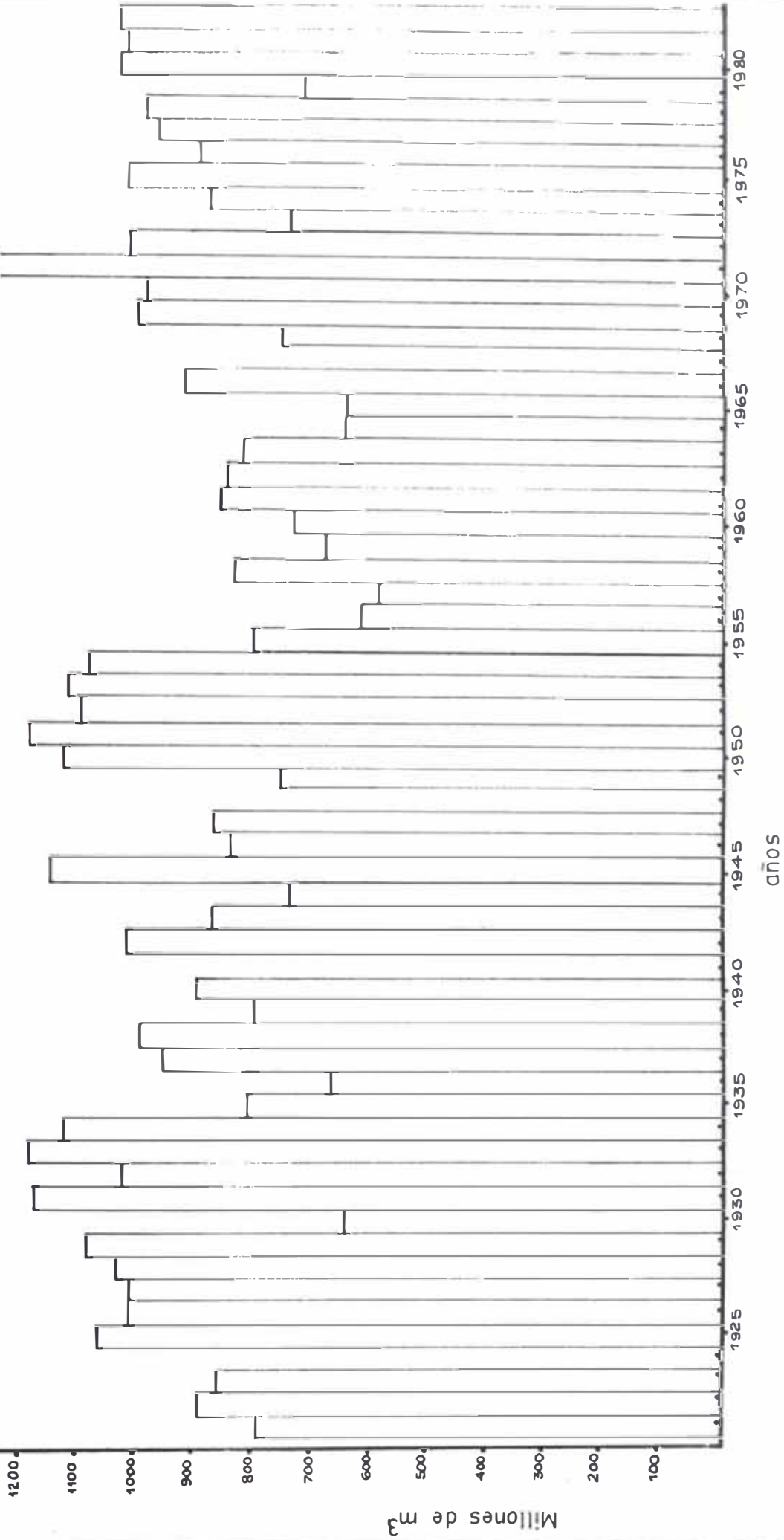


Fig. 9 Datos : SENAMHI

Estación de Aforos de Chosica

Chosica : 870 m. s. n. m.

Area de Captación : 2370 Km<sup>2</sup>

Coordenadas : 11°56' Latitud Sur - 76° 42' Longitud Oeste.

Aplicando la Ley de probabilidades se concluye , que - en la estación de aforos de Chosica existe un 62% de probabi lidades para que el río afore descargas entre 23. 16 y 33. 92 m<sup>3</sup>/seg. y un 48 % de posibilidades de aforo entre 24. 88 y 32. 14m<sup>3</sup>/seg. Siendo el año húmedo 1971-1972 de máximo volumen aforado: 1236. 84 millones de m<sup>3</sup>, y el año húmedo 1957 - 58 fue el de menor volumen aforado : 574.59 millones de m<sup>3</sup>.

Además es importante la determinación de la probabi lidad de repetición de crecidas de diferentes intensidades so bre todo en el dimensionamiento de obras, que pueden ser - realizadas sobre una base sólida de seguridad , es así que - se determinó que cada año se presenta una descarga máxima de 75 m<sup>3</sup>/ seg. y una de 171 m<sup>3</sup>/seg. cada 5 años, y una des carga de 210 m<sup>3</sup>/seg. cada 20 años.

Por último, según el cuadro anterior en el sector de - Chosica, tiene una descarga total media de 900 mill. de m<sup>3</sup> con un máximo de 1240 mm<sup>3</sup> y de una mínima de 574mm<sup>3</sup> Siendo el promedio de descarga para un año seco medio de- 765 mm<sup>3</sup> y para un año húmedo medio de 1035mm<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup> mi llones de m<sup>3</sup>).

#### 4. 2. 1. 1. C. Lagunas

Mencionaremos que el río Rímac tiene un total de 35 lagunas glaciales y el río Santa Eulalia un total de 50 lagunas glaciales. Dando un total de 85 lagunas al íntegro de la cuenca.

La mayoría de estas lagunas se encuentran sobre la cota de los 4,000 mts. y conforman las nacientes de la red de drenaje de la cuenca, aportando el inicial caudal de agua al río Rímac.

#### 4. 2. 2. Aguas Subterráneas

El agua subterránea es uno de los recursos vitales de amplia disponibilidad, cuyos suministros adecuados para el uso doméstico han facilitado el establecimiento de poblaciones en amplias áreas, que de otro modo serían no prometedoras. La suficiente disponibilidad de suministros hace posible el desarrollo industrial, y de la agricultura, en la cual el agua superficial sería prohibitivo por su alto costo. Y así, en adelante el agua subterránea contribuirá importantemente a la futura economía de muchas áreas, donde el agua superficial es costosa y/o ya asignada en su totalidad. Las aguas de manantiales y de pozos son unas de las más valiosas fuentes y de hecho en uno no distante futuro constituirá no sólo en un factor valioso, sino vital.

El agua subterránea, definida por O. E. Meinzer, es el a-



agua bajo presión hidrostática que se halla en los poros y hendeduras de las rocas, siendo libre de moverse bajo la influencia de la gravedad desde lugares iniciales de la zona de saturación hasta situarse donde es descargada. Por ser una fase del ciclo hidrológico, se convierte en un recurso renovable y valioso, pero conlleva muchas de las dificultades que acompañan su uso irracional.

El proceso funciona de la siguiente manera : el agua de precipitación o de arroyuelo penetra debajo de la superficie en cantidades suficientes para exceder la capacidad del suelo, ésto es, moverse hacia abajo a través de la zona de aereación bajo influencia de la gravedad. Seguidamente, las rocas bajo el suelo transmiten esta agua, si son lo suficientemente permeables, si la proporción de infiltración continúa y es lo suficiente, entonces la zona de saturación formada en la parte inferior de las rocas permeables serán acrecentadas a un espesor notorio al pasar el tiempo; y el flujo lateral se incrementará en una razón igual a la razón de infiltración desde la superficie. Es así que cuando estas condiciones se presentan, hacen que el agua subterránea exista por lo menos en una gran parte de la superficie terrestre.

Sin embargo, sólo bajo tres condiciones adicionales, el agua subterránea se convierte en un recurso útil :

1. Las rocas en la zona de saturación deben ser lo suficiente permeables para rendir suministros adecuados de agua a los-

pozos, manantiales y arroyos.

2. La zona de saturación debe permanecer activa o por lo menos persistir un suficiente tiempo en cada estación, para permitir la explotación comercial.
3. Las sustancias minerales, disueltas por el agua en su viaje a través del sedimento, no deben alcanzar concentraciones tales que hagan el agua inapropiada para el uso, tanto humano como industrial.

#### 4. 2. 2. A. Factores de Control del Agua Subterránea

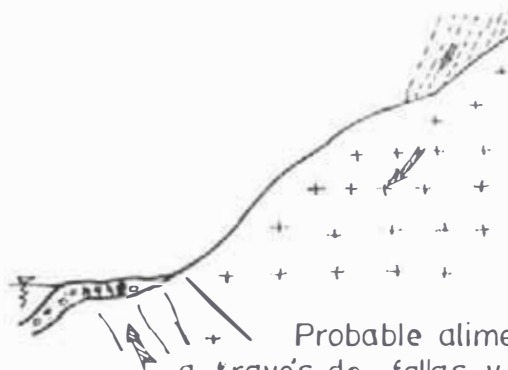
Mencionaremos los factores de control del agua subterránea dentro de la cuenca del río Rímac, a la cual pertenece nuestra zona de estudio. Entre ellos se encuentran los factores geográficos e hidrológicos, entre otros :

La cercanía del Océano Pacífico del divortium a quarum de la Cordillera Andina, que no permite desarrollar recorrido largos de ríos, ni la formación de grandes cuencas.

- Reciben en invierno lluvias escasas, que aportan poco o casi nada al caudal fluvial.
- Hay aguas subterráneas únicamente en cantidades comerciales en los aluviones cuaternarios recién

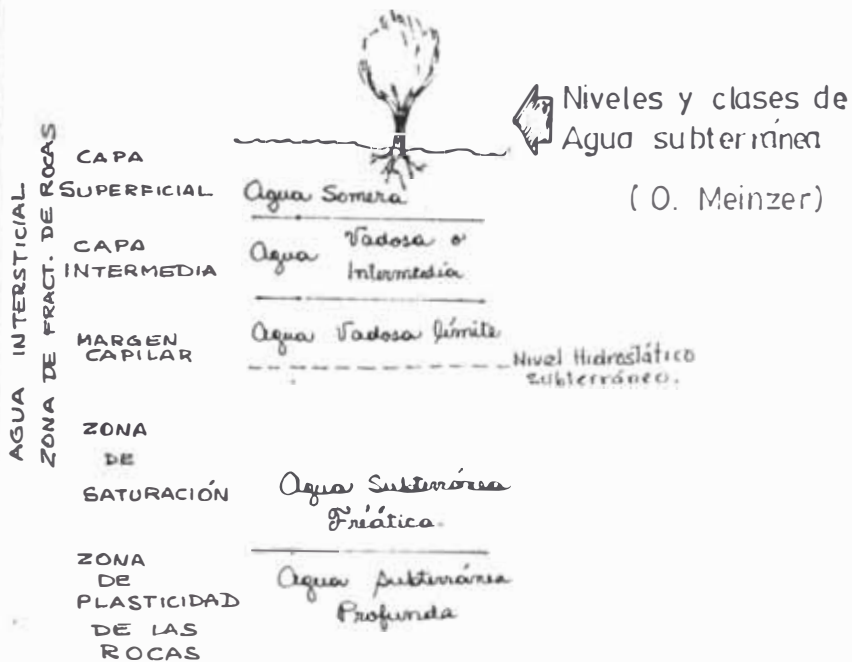


Alimentación por infiltración del río Rímac en su propio cauce.



Probable alimentación a través de fallas y fisuras del Batolito de la Costa.

## AGUAS SUBTERRÁNEAS



### Química del agua subterránea

- gas CH<sub>4</sub>
  - Sales de Fe
  - Nitrosos, Nitritos
  - Nitrosaminas
- } Son dañinos.

- { 20 mgr/lt CaCO<sub>3</sub>
- { 28 mgr/lt MgCO<sub>3</sub>
- : AGUA NORMAL

- { >200 mgr/lt de CaCO<sub>3</sub> :
- : AGUA DURA

dureza temporal  $\Rightarrow$  Tratamiento Arcilla de Clark

dureza permanente  $\Rightarrow$  zeolitas (Aluminosilicato de Na), } ionización  
 (sulfato) Si<sub>4</sub>O<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Na<sub>2</sub> : ferulita

tes, intermedios y antiguos, pero se encontraría agua en condiciones comerciales únicamente en aluviones recientes e intermedios y muy ocasionalmente y en cantidades reducidas en aluviones antiguos. Las rocas cristalinas se les considera no acuíferas, pero si se hallan descompuestas, meteorizadas o fracturadas pueden contener agua.

La presencia de fallas estructurales no complican el incremento de la utilización de las aguas subterráneas; ya que las fallas paralelas a la costa en la estructura del batolito son tan antiguas que los sedimentos de los valles no se ven afectados por dicha causa.

Según datos de Lima el descenso del nivel de agua subterránea es casi de 1 m/año por descarga artificial a través de pozos de extracción, así muchos de ellos quedarían secos, teniendo que profundizarse hasta encontrar nuevos niveles, ya que la altura del nivel freático, depende del balance de la alimentación y la descarga.

Se sabe que el régimen de alimentación es importante para la abundancia de aguas subterráneas; así, en la segunda quincena de Diciembre, el mes de Enero hasta el mes de Marzo se registran las mayores avenidas, por consiguiente : hay recarga de napas en una duración de aproximadamente 4 meses. La sequía comienza en marzo y dura 8 meses, acentuándose en Agosto y los meses siguientes.

La fuente de alimentación de recarga en acuíferos de reser vorios de aguas subterráneas proceden del mismo río Ri - mac, cuyas aguas se infiltran en su propio cauce alimen - tando las napas. Las aguas del río, a su vez dependen - de las precipitaciones pluviales en la cuenca colectora, las que están en proporción directa a las descargas pluviales - del tipo orográfico. Por lo tanto, es posible la alimenta ci ón por fallas y fracturas del Batolito de la Costa, pero lo que debe quedar claro es que la precipitación pluvial que - ocurre en el área urbana por su escasez y poca intensidad no alimentan la napa, es sólo agua hipodérmica, es decir, - agua que se evapora, la que se pierde por evapo-transpira - ción y escorrentía.

#### 4. 2. 2. B. Condiciones Químicas del Agua Subterránea

Para el uso apropiado al consumo comercial, el agua subte rránea debe guardar ciertas características en cuanto a su com - posición química. Con un ph entre 7.1 - 7.8 es una agua al - calina. Un análisis de estas aguas dan los siguientes resulta - dos : Contenido de Ca ( 91 - 123 ppm ) y Mg ( 9 - 16 ppm ) que están en relación directa con las rocas calcáreas y dolomíti - cas existentes en la región, esto sucede en las partes superio - res del río Rímac ( cuenca inferior ) donde existen varias for - maciones cretácicas: Las rocas feldespáticas contribuyen al con tenido de Na y K de 22 a 28 y de 2.5 a 4 ppm. respec - tivamente ; los iones sulfato provienen de rocas y suelos que tie

nen yeso, dan una concentración de 128 - 207 ppm ; los iones cloruros tienen de 25 a 59 ppm. de concentración y debido a la presencia de sal, al ser aerotransportado por gotas del agua del mar.

#### 4.3. DRENAJES DEL RIO RIMAC Y SUS QUEBRADAS

La red de drenaje del río Rímac comprende todas aquellas afluentes de distinto orden que drenan sus aguas al canal principal de drenaje, el cual es el río Rímac. Todos ellos pertenecen a la cuenca hidrográfica, definida por la línea de unión de cumbres, es decir, el contorno de cumbres de la zona circundante. A continuación señalaremos las principales quebradas y pequeños ríos con su longitud de recorrido tanto en la margen izquierda como en la derecha del río Rímac:

##### RED DE DRENAJE

##### MARGEN DERECHA

|                  |             |                 |
|------------------|-------------|-----------------|
| Qda. Antajasi    | ( 9 Km. )   | CUENCA SUPERIOR |
| Qda. Garanacunga | ( 10 Km. )  |                 |
| Qda. Collque     | ( 8 Km. )   |                 |
| Qda. Jicamarca   | ( 40 Km. )  |                 |
| Qda. Sta. Rosa   | ( 8.5 Km. ) |                 |
| Qda. Tranquila   | ( 4.5 Km. ) |                 |
| Qda. Turumanya   | ( 6 Km. )   |                 |
| Qda. Pancha      | ( 10 Km. )  |                 |
| Qda. Palcacancha | ( 7.8 Km. ) |                 |

|                  |             |              |
|------------------|-------------|--------------|
| Qda. Yanajune    | ( 8.5 Km. ) | CUENCA MEDIA |
| Qda. Linday      | ( 9 Km. )   |              |
| Río Canchacalla  | ( 20 Km. )  |              |
| Río Sta. Eulalia | ( 66 Km. )  |              |

Las principales características de estas quebradas son su densidad de drenaje y caudal, bastante mayores respecto de la margen izquierda, así como también, acupan mayor área y longitud, y son de pendientes más suaves. Por último, sus redes de drenaje están alimentadas por mayor cantidad de lagunas.

#### MARGEN IZQUIERDA

|               |            |                 |
|---------------|------------|-----------------|
| Qda. Carmen   | ( 6 Km. )  | CUENCA SUPERIOR |
| Río Blanco    | ( 34 Km. ) |                 |
| Qda. Parac    | ( 20 Km. ) |                 |
| Qda. Viso     | ( 9 Km. )  |                 |
| Qda. Barranco | ( 7 Km. )  |                 |
| Qda. Matala   | ( 7 Km. )  | CUENCA MEDIA    |
| Qda. Verrugas | ( 4 Km. )  |                 |
| Río Seco      | ( 12 Km. ) |                 |
| Qda. del Pate |            |                 |
| Qda. Cupiche. |            |                 |

Las principales quebradas de la margen izquierda del río Rímac mencionadas arriba, son de menor densidad de drenaje, de un recorrido corto y con pendientes muy fuertes. Además, -

estas quebradas son portadoras de mayor cantidad de huaycos en el área, activándose, como es sabido, en épocas de lluvias.

Según cálculos del SENAMHI, las sub-cuencas principales del río Rímac aportan los siguientes volúmenes escurridos

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Río Sta. Eulalia aporta | 238'902,800 m <sup>3</sup> |
| Río Seco                | 1'800,000 m <sup>3</sup>   |
| Río Blanco              | 103'000,000 m <sup>3</sup> |
| Qda. Pancha             | 7'600,000 m <sup>3</sup>   |
| Qda. Esperanza          | 112'500,000 m <sup>3</sup> |

Siendo el volumen escurrido de toda la red de drenaje del río Rímac aproximadamente 297 millones de m<sup>3</sup>.



## CAPITULO V

### 5. PROCESOS GEODINAMICOS

#### 5. 1. FENOMENOS DE GEODINAMICA INTERNA

Los fenómenos geodinámicos internos son aquellos procesos evolutivos que afectan la corteza terrestre y son originados por fuerzas internas. Estas fuerzas internas están - explicadas por la tectónica de placas, que básicamente in - dica que, en la corteza terrestre existe zonas de expansión, constituidas por las dorsales oceánicas, en las que se genera la corteza oceánica en base a los materiales del Manto ; - y zonas de subducción, donde esta corteza se destruye o - reincorpora a él. Sabemos que nuestro país se encuentra cercano a uno de los bordes de subducción y por tanto expues to a sufrir las consecuencias que de ello deriva ( actividad - sísmica ). La Litósfera, constituída por una serie de placas tectónicas de grandes de grandes dimensiones y espesores del orden de los cien kilómetros, limitadas por las propias dorsales y las zonas de subducción, experimenta un - movimiento de estas placas, las cuales chocan, se alejan - o se introducen una bajo la otra ( subducción ); movimien - tos explicados por corrientes de convección en el manto. Es decir, las dorsales ~~corresponderían~~ a zonas de ascenso del material caliente de las corrientes de convección y las - zonas de subducción corresponderían a las de descenso.

Es así, que en las llamadas fajas sísmicas, coincidentes con las zonas de alta actividad tectónica, se produce una acumulación de fuerzas en las rocas, deformándolos hasta llegar al límite de su resistencia, produciéndose una repentina ruptura y desplazamiento de la roca, generándose, así, las ondas sísmicas.

Esto sería la explicación de los terremotos tectónicos que son los más comunes y por lo general los de mayor magnitud. Otras formas diferentes de terremotos son los terremotos volcánicos, causados por las explosiones de gases durante la actividad volcánica o por movimientos repentinos del magma; este tipo de terremotos constituyen un porcentaje pequeño dentro de la totalidad de terremotos que ocurren en la tierra.

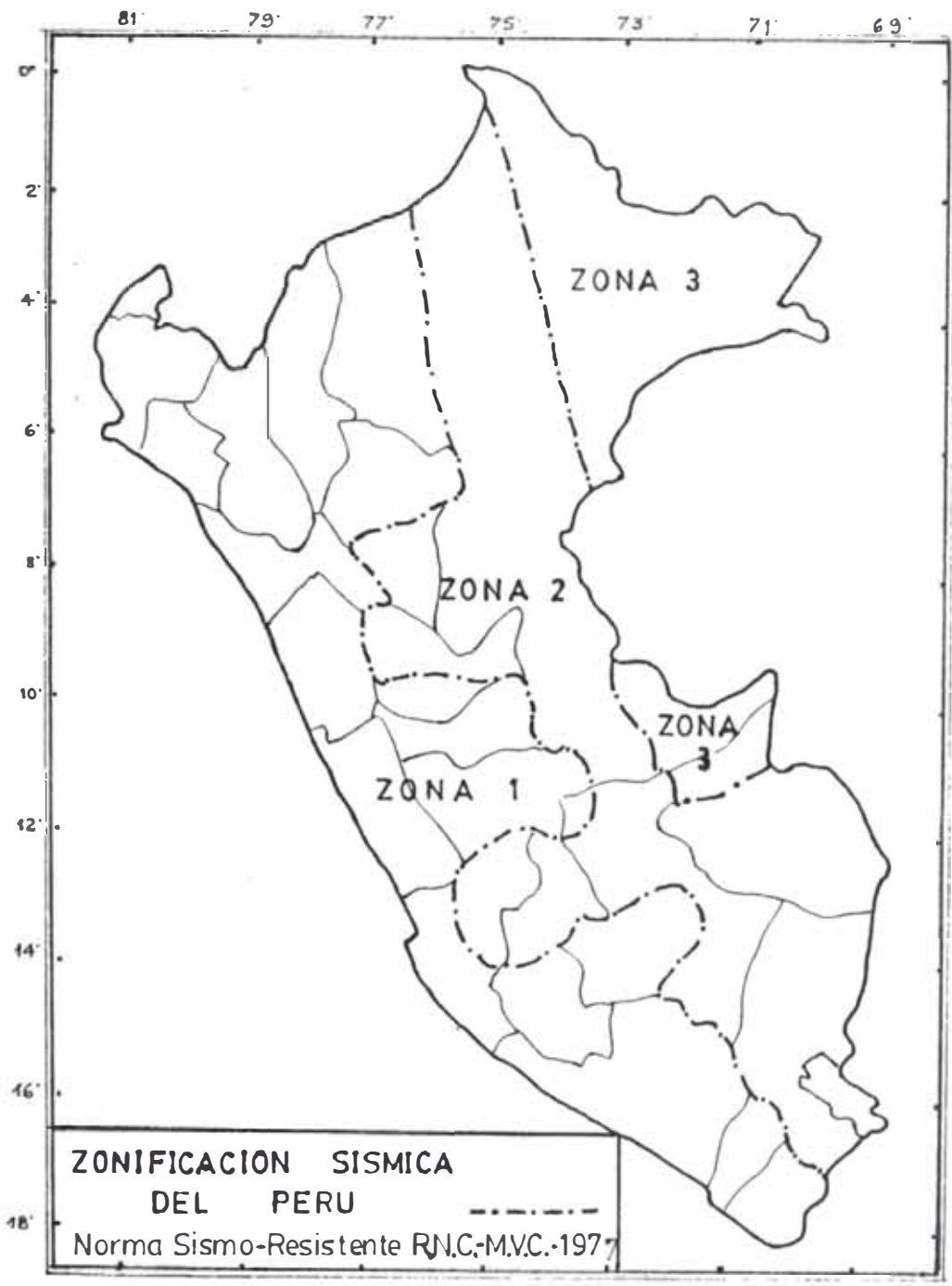
Por último, otra forma de terremoto son los llamados terremotos de impacto que abarcan los causados por deslizamiento brusco de rocas (avalanchas), derrumbe de cavernas cársticas o caída de meteoritos, así como las producidas por explosiones nucleares, o las efectuadas en minas.

Los diversos daños que un terremoto pueda causar están en relación casi directa de la intensidad del mismo, dependiendo primordialmente de la ubicación de la zona, diseño en la construcción de viviendas y obras y tipo de suelo en que se encuentran cimentadas, factores tales, que pueden amenguar los efectos destructivos, si son los más recomendables.

Los terremotos más débiles observados, emiten una energía de unos  $10^5$  Joules y los más grandes entre los terremotos catastróficos conocidos, llegan hasta  $10^{20}$  Joules. Como dato adicional diremos, que un proyectil atómico puede producir un terremoto de impacto de grado 4 a 5 en la escala soviética. Se tiene el dato de que un SS - 9 misil atómico puede desprender una energía de hasta  $1.25 \times 10^{14}$  Joules, dando un terremoto de magnitud 4.5 escala soviética, que considera el nivel energético del terremoto más débil ( $10^5$  J) como cero, el  $10^7$  J corresponde a la magnitud 1, y así sucesivamente hasta el  $10^{20}$  J que corresponde a la magnitud 7. Esta energía referida es la energía elástica de las oscilaciones que se emite en todas las direcciones por el foco del terremoto.

Las sacudidas sísmicas actúan casi instantáneamente y su duración en tiempo oscila generalmente desde partes de segundos hasta 10 segundos, raramente más.

Respecto a la categoría de las rocas en relación al incremento del grado de fuerza de un terremoto, diremos que, las rocas graníticas, areniscas compactas y calizas meteorizadas tienen un menor incremento del grado de fuerza del sismo, por el contrario las rocas inundadas, pantanosas, terrenos de relleno, tierras de cultivo y las tierras arcillosas tienen el mayor incremento del grado de fuerza de un sismo. Nuestra zona comprende terreno aluvional, compuesta por rocas de cas



| ZONAS DE SISMICIDAD    | ZONA 1 ALTA | ZONA 2 MEDIA | ZONA 3 BAJA | Fuerzas Sísmicas Horizontal                         |
|------------------------|-------------|--------------|-------------|---|
| Factor o Coeficiente Z | 1.00        | 0.70         | 0.30        | $H = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R_d}$ |

Fig. 13

cajo y guijarro y gravas, sobre el cual, se asientan la mayoría de poblaciones o asentamientos humanos; siendo el incremento del grado de fuerza de un sismo de término medio.

#### 5. 1. 1. Actividades Sísmicas de la Región

La zona del presente estudio dentro del marco de la tectónica global, se halla en un área de alta actividad sísmica como parte del cinturón circumpacífico.

Los rasgos tectónicos principales son la cordillera Andina y la fosa de Lima; éstos se sitúan dentro de la Placa Tectónica Sudamericana o Continental y la Nazca u Oceánica. La segunda se introduce en subducción a la placa Continental, formando el Plano de Benioff, lugar de acumulación constante de energía que es liberada mediante temblores y terremotos.

En el análisis del mapa sísmico mostrado, perteneciente a la cuenca del río Rímac, se observa que solamente se han producido 2 sismos durante el período de 1913 a 1974, con un hipocentro o profundidad de 71 a 300 Km. Así mismo, en este mapa de epicentros se puede notar que en áreas vecinas se han registrado muchos sismos, cuyas ondas han afectado con diferente intensidad a nuestra zona de estudio.

Estadística de los sismos entre 1586 y 1974

A partir de 1586 por referencia histórica se ha llegado a reconstruir aproximadamente los principales y notables acontecimientos sísmicos que hubo lugar a partir de ese año, ya que el primer observatorio Sismográfico se instaló en Huancayo en 1932 y la red de sismógrafos VELA DEL U. S. C. G. S. ( en Ñaña, Arequipa, La Paz, Antofagasta ) se puso en funcionamiento en 1963, por lo tanto es fácil entender, porque las fuentes históricas y las observaciones e informes completan y aclaran características sísmicas no precisadas por instrumentos, dándonos una idea más clara y completa de la sismicidad de una región y de los probables daños que pueden ocurrir en el área de una ciudad o zona por efecto de los sismos.

A continuación describiremos los principales terremotos acontecidos entre 1586 y 1974 :

Cuadro Estadístico de Movimientos Sísmicos (1920-1987)

| Fecha      | Hora                   | Latit.       | Long. | Intens. | Magn. | Area Afectada Daños   |
|------------|------------------------|--------------|-------|---------|-------|---|
| 09-07-1586 | 19:30<br>Costa         | 12.2<br>Lima | 77.7  | Ix      | 8.1   | Lima-Ica-Callao, derrumbes de peñascos del C° San Cristóbal y parte alta del valle, agrietamiento de la tierra. 14-20 muertos |
| 13-11-1595 | 13:38<br>Frente a Lima | 12.0         | 77.4  | VIII    | 7.4   | Lima, 500 Km. en Costa N a S y 50 Km. de E a O (franja afectada ).  |

| Fecha      | Hora  | Latit. | Long. | Intens. | Magn. | Area afectada                | Daños  |
|------------|-------|--------|-------|---------|-------|------------------------------|--|
| 20-10-1687 | 5:30  | 13:0   | 77:5  | IX      | 8.2   |                              | 100 muertos, tsunami en el Callao, antiguas casa de adobe, cal y canto destruidas.   |
| 28-10-1746 | 23:30 | 11.6   | 77.5  | X-XI    | 8.4   | Costa Norte Lima ( Chancay ) | El más desastroso ocurrido en Lima, tsunami en Callao, destrucc. de Lima-Callao, carreteras de acceso al interior destruidas.  |
| 01-12-1806 | 18:00 | 12.0   | 78.0  |         |       |                              | Mar se salió, es el más fuerte después del de 1746.  |
| 30-03-1828 | 7.35  |        |       | VIII    |       | Lima                         | Lima intensos mov. sísmicos.   |
| 04-03-1904 | 5.17  |        |       | VIII    | 7     |                              | Matucana desprend. de material meteorizado en partes altas de los cerros y agrietam. de casas. Chósica : se sintió fuerte.   |
| 19-01-1932 | 21.33 | 12.0   | 77.5  | VII     | 6.75  |                              | Lima afectada.   |
| 24-05-1940 | 11.35 | 10.5   | 77.6  | VIII    | 8.2   |                              | Graves daños en Lima y Callao. Fue el sismo de mayor intensidad de este siglo. Las casas de quincha y adobe en un 61 % fueron dañadas; y las de ladrillo en un 20 % En las Qdas. del Rímac se produjeron derrumbes de rocas y material deleznable. |
| 17-10-1966 | 16.41 | 10.7   | 78.6  | VIII    | 7.5   |                              | Desliz. de mat. suelto en los acantilados de Chorrillos, Magdalena Daños en Edif. de adobe y antiguas.   |
| 03-10-1974 | 19.21 | 12.3   | 77.8  | VIII    | 7.5   |                              | El de mayor duración 1.5' y tuvo muchas réplicas. Afectados el Norte Chico hasta Ica.  |

La intensidad de los sismos mencionados anteriormente, se tomaron en base a la escala Mercali Modificada (MM); y la magnitud, en base a la de Richter. En este siglo el terremoto de mayor intensidad fue el de 1940; y el de menor, el de 1932, que constituye el límite entre lo que se denomina un temblor fuerte y un terremoto.

El sismo de 1940 tuvo una influencia en intensidad de grado VII en las localidades de Chaclacayo, Central Hidroeléctrica de Huampaní, Yanacoto y Chosica (zonas de nuestro estudio).

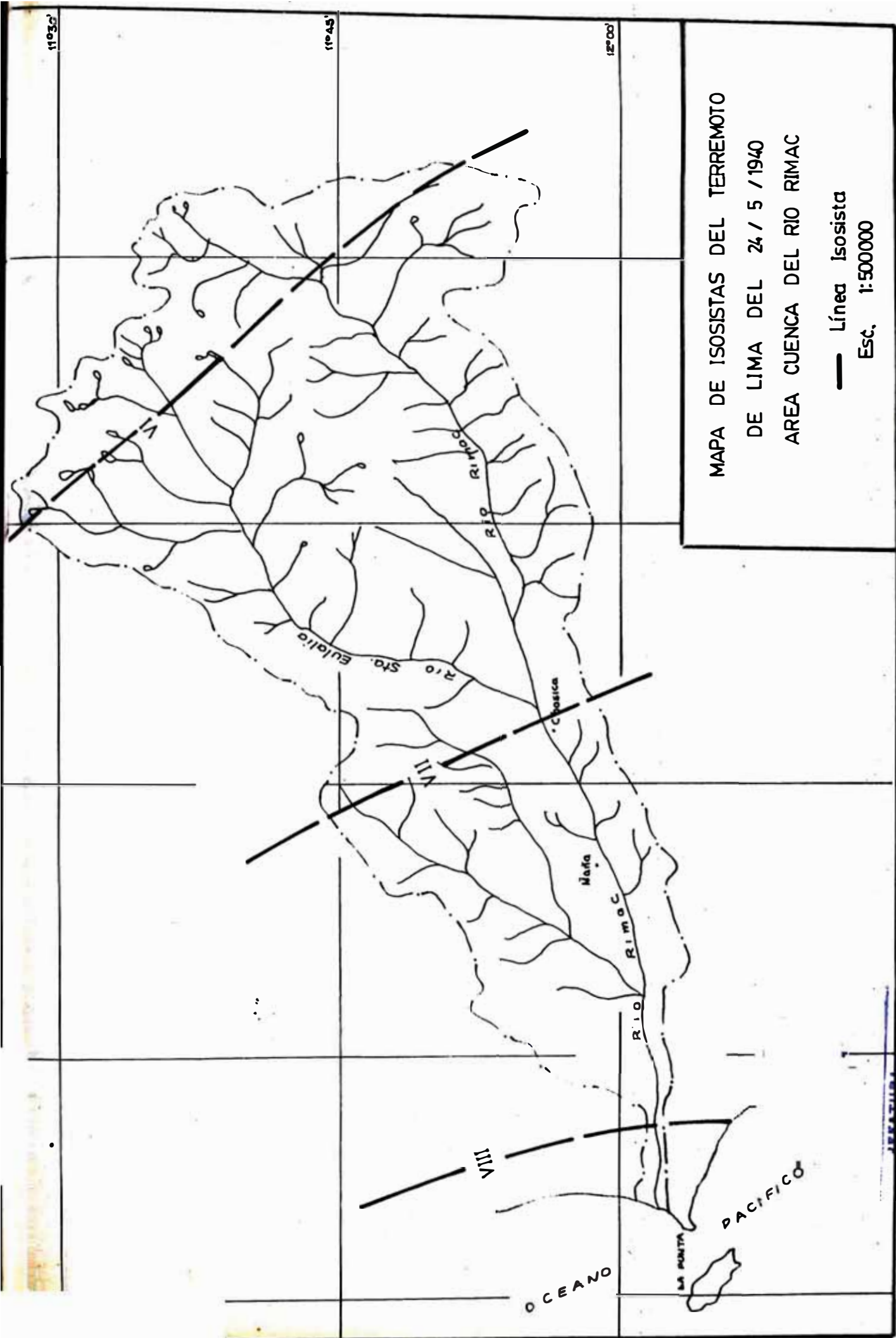
En el sismo de 1966, la isosista de intensidad VI abarcó las mismas localidades mencionadas anteriormente.

El sismo de 1974 tuvo una intensidad de VII en Ñaña, Chaclacayo, Central Hidroeléctrica de Huampaní, y de VI, en la quebrada de Yanacoto y Chosica.

#### 5. 1. 2. Zonas de Riesgos Sísmicos en el Area

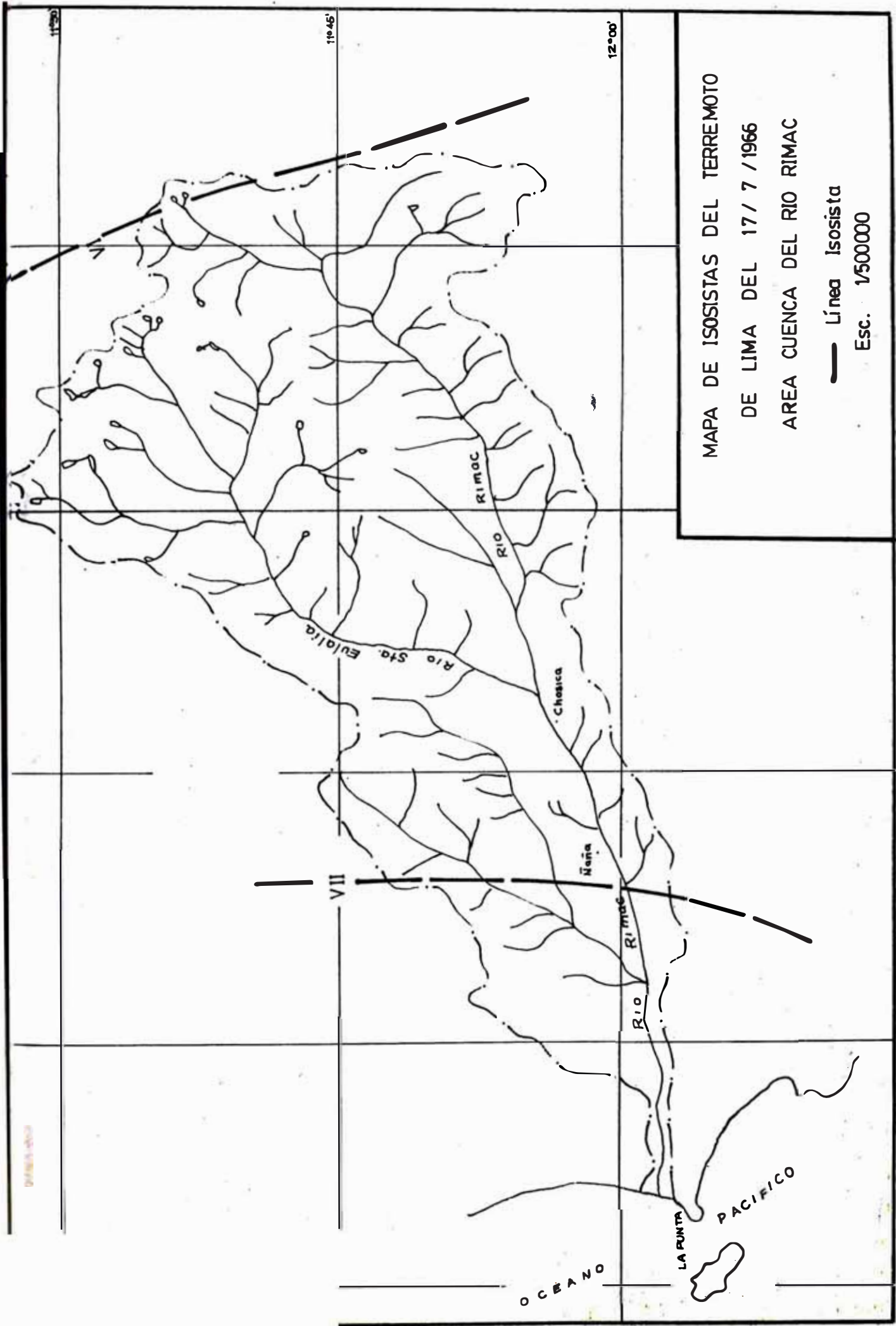
De acuerdo a la ubicación en la zona, tipo de construcción, material empleado, y de la información de sismos anteriores que ocasionaron daños diversos, se ha preparado una zonificación del área materia de estudio, donde se pone en relieve las zonas más críticas sísmicamente hablando y aquellas zonas más apropiadas para la edificación o para la ubicación de un asentamiento humano o de una determinada obra.





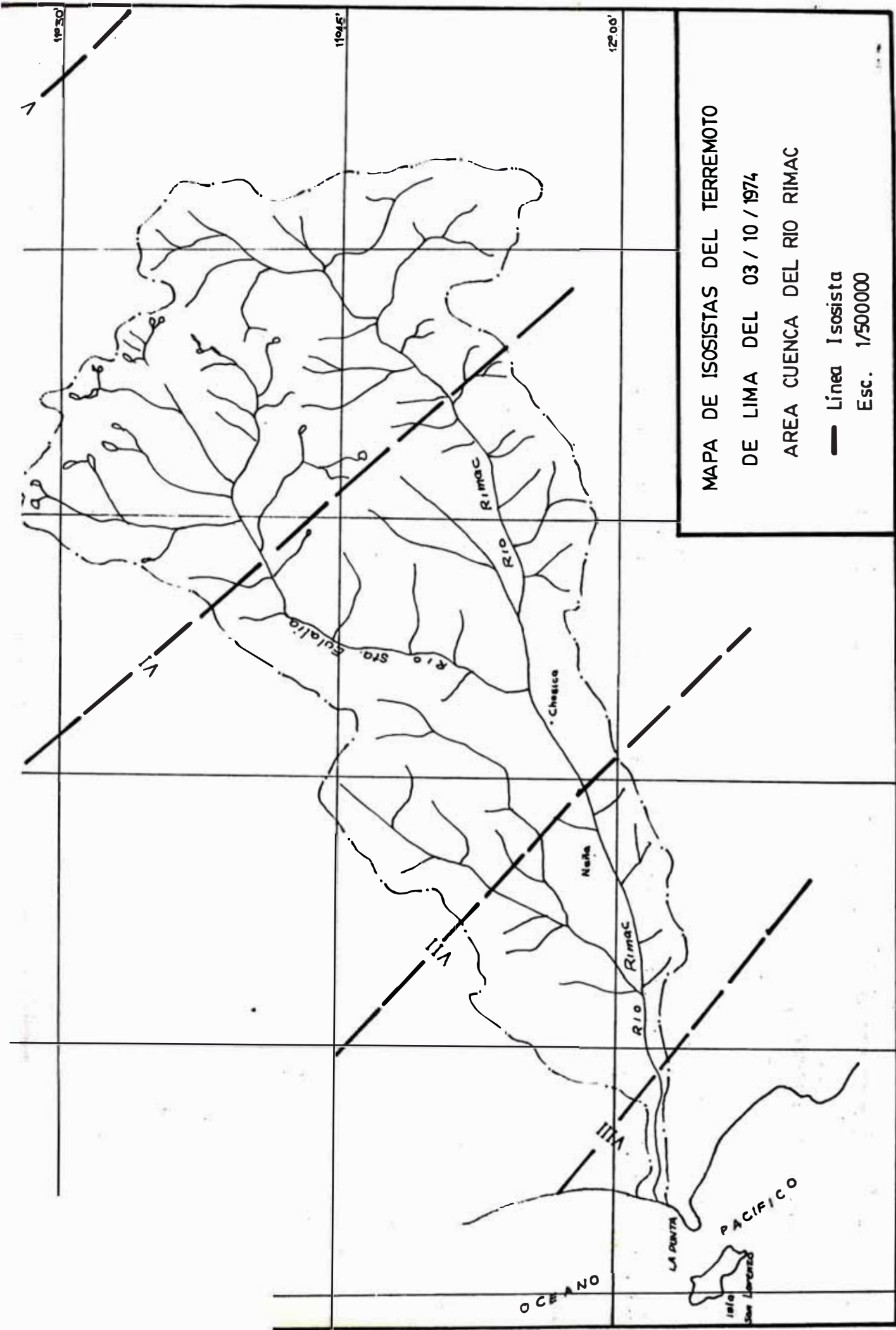
MAPA DE ISOSISTAS DEL TERREMOTO  
DE LIMA DEL 24 / 5 / 1940  
AREA CUENCA DEL RIO RIMAC

— Línea Isosista  
Esc. 1:500000



MAPA DE ISOSISTAS DEL TERREMOTO  
DE LIMA DEL 17 / 7 / 1966  
AREA CUENCA DEL RIO RIMAC

— Línea Isosista  
Esc. 1/500000



MAPA DE ISOSISTAS DEL TERREMOTO

DE LIMA DEL 03 / 10 / 1974

AREA CUENCA DEL RIO RIMAC

— Línea Isosista  
Esc. 1/500000

Respecto a las construcciones de adobe, se puede concluir que los sismos de este siglo han confirmado que las construcciones hechas con muro de adobe no han podido resistir los terremotos. La mayoría de los muros de adobe han fallado lamentablemente, corroborando las observaciones realizadas anteriormente. Para sismos de intensidad mayor que VIII, estos muros son verdaderas trampas mortales, por ello se debe desalentar este tipo de construcciones.

En las poblaciones de Chaclacayo y Chosica, las construcciones de concreto armado y ladrillo han tenido un comportamiento bastante aceptable en edificaciones modernas y por tener la adecuada consistencia sismo-resistente.

Esta comprobado que un mismo sismo produce efectos muy diferentes en estructuras sustancialmente iguales, pero cimentadas en suelos con diferentes características; apreciándose en términos generales, y relativos, menos daños en aquellas edificaciones cimentadas sobre roca o conglomerado firme, respecto a las cimentadas sobre suelos blandos o con presencia de agua. En nuestra zona de estudio, la mayoría de poblaciones se hallan ubicadas sobre el cauce del río y en menor proporción en las laderas de los cerros aledaños, siendo todo este material relleno aluvial compuesto de un conglomerado compacto y que tiene comportamiento satisfactorio frente a la amplificación de la intensidad sísmica o al incremento del grado de

fuerza sísmica. Un peligro acechante constituye la construcción de casas, de pueblos jóvenes, al pie de las elevaciones en ambos márgenes del río Rímac, pues ante la eventual presentación de un sismo, pueden desprenderse material meteorizado de las laderas de estos cerros, como ya ha sucedido anteriormente en muchos terremotos, como el de 1904 de grado-8 MM en Matucana y ocasionar graves pérdidas humanas y materiales.

En el mapa respectivo mostrado, se ubican todas las zonas susceptibles a presentar peligro potencial (generalmente con desprendimiento de rocas) ante un eventual sismo, en base a consideraciones geotécnicas: ubicación, calidad del suelo, subsuelo y aspectos geológicos (principalmente de fallas recientes que pueden ser reactivadas).

## 5.2. FENOMENOS DE LA GEODINAMICA EXTERNA

### 5.2.1. Generalidades

Los procesos geodinámicos externos son aquellos procesos evolutivos que afectan a la corteza terrestre y son originados por fuerzas externas tales como perturbaciones atmosféricas o gravitacionales que se traducen en dos efectos: La remoción en masa en la cual intervienen factores tales como la gravedad, la pendiente, la naturaleza del terreno, el clima de la zona, el volumen de sedimento o material rocoso desprendido y los procesos de meteorización y agrietamiento, así el equilibrio está

tico queda alterado por acción : de la vibración, un sismo o por un mecanismo lento, Estos movimientos pueden ocurrir en materiales secos o empapados de agua y la roca puede actuar como un sólido plástico o rígido. También se le denomina movimiento de masas. En cambio, en el segundo efecto : - Los procesos hídricos, son generados por el agua y hielo; causando : huaycos, aluviones, etc. y son de naturaleza repentina y muchas veces son catastróficos. Aquí el agua juega un rol principal como agente de transportación; y también intervienen los factores antes mencionados para la remoción en masa.

En nuestra zona, los fenómenos geodinámicos deben considerarse como parámetros de condiciones de seguridad de la zona. Debemos considerar a las fallas antiguas y sistemas de fracturas como factores que incentivan un mayor intemperismo.

Los fenómenos geodinámicos están vinculados fundamentalmente a factores climáticos, ya que la morfología cambiante de la zona, sumado a las fuertes pendientes, predisponen la activación de algunos fenómenos geodinámicos como deslizamientos o derrumbes.

El factor litológico es importante de analizarlo por la diversidad de características físico-mecánicas composicionales de una roca, que hace que tenga distinto comportamiento frente al intemperismo en climas diferentes.

En la activación de un fenómeno de geodinámica externa, lo más común, es que intervenga más de un factor señalado.

En nuestra zona, los fenómenos son de diferente índole y muestran ciertos rasgos que nos hacen pensar que en el Pleistoceno la actividad geodinámica fue mucho mayor en comparación a lo que ocurre actualmente.

### 5. 2. 2. Remoción en Masa

#### 5. 2. 2. A. Deslizamiento de Tierras

Primeramente, definiremos lo que constituye un deslizamiento de tierras, que como corrimiento de tierra, es un tipo divulgado de destrucción de las pendientes naturales. Un deslizamiento de tierra es el movimiento de material detrítico pendiente abajo, sobre una superficie o plano de deslizamiento de material heterogéneo o anisotrópico.

Los detritus pueden ser cualquier material o combinación de materiales, como una masa de suelo, roca o mezcla de ambos.

El movimiento es de bloques o masa deslizando sobre una superficie de deslizamiento definida o claramente definida, cuya interfase es gobernada por fricción y cohesión.

En la zona donde se produce un deslizamiento se diferencian tres partes :

- La parte superior del talud inestable ; donde se observan grietas o fracturas tensionales llamadas raíz o circo de arranque.
- La parte central o cuerpo de deslizamiento : allí se observan la masa hundida o asentada en escalones que se desliza sobre una superficie de un semicírculo, llamado plano de deslizamiento.
- La parte inferior al pie del deslizamiento : donde se observa un combamiento de material acumulado, llamado lengua o pie.

Las causas de dicho movimiento pueden ser :

- Corte del talud natural o trinchera : este corte de la base de la pendiente sea por acción del hombre o por socavamiento fluvial u otra causa natural, rompe la estabilidad de las condiciones naturales del talud.
- Sobresaturación del terreno por agua : esto sucede al aumentar el gradiente hidráulico y las velocidades de las filtraciones de las aguas subterráneas, que tiene lugar durante la caída del nivel de crecida del río o al elevarse el nivel -



de las aguas sub-terráneas, después de las lluvias copiosas.

- Desintegración gradual e hidratación del afloramiento rocoso; debilitando las fuerzas de resistencia del macizo de rocas de la pendiente durante el proceso de meteorización, como resultado de la humectación, lixiviación por filtración y filtración osmótica.
- Los procesos gravitacionales y movimientos sísmicos.

Estos fenómenos casi no se manifiestan en nuestra zona, únicamente existen paleodeslizamientos que podrían causar represamiento del río Rímac, y que constituyen más que todo, un testimonio de la gran actividad geodinámica en el pasado.

Por otra parte para evitar deslizamientos en cualquier tipo de material, debe tratarse de aumentar la fricción interna del mismo. Así, en materiales porosos se tratará de bajar el contenido de agua, lo máximo que sea posible, mediante la construcción de canaletas de desagüe y túneles inclinados. En materiales suaves como la greda o arcilla arenosa, uno de los métodos más eficaces en la prevención de deslizamientos, es la construcción de pozos forados, colocados en hileras. Estos pozos deben atravesar la zona probable de deslizamiento, para luego ser rellenados de concreto.

### 5. 2. 2. B. Derrumbes

Los derrumbes o desplomes se caracterizan por presentar - deslizamientos rápidos y violentos de una masa de tierra, roca o mezcla de ambos.

Las causas son diversas y las mencionaremos

- La gravedad ( caída de bloques grandes y paquetes de ellas)
- Talud demasiado empinado o con altura excesiva.
- Socavamiento del talud inferior.
- Modificación o corte del talud natural desequilibrando su sus tentación inicial.
- Presencia de zonas de debilidad como grietas, fracturas, fallas, etc. , o material suelto en el talud.
- La precipitación pluvial y la actividad sísmica.
- Resistencia física débil del material o por el sobreuso de explosivos o uso inapropiado de ellos.

Estos fenómenos tienen amplia distribución a lo largo de nuestra zona dentro de la cuenca del río Rímac. No obstante, - no todos los casos constituyen gran riesgo para las obras de infraestructura cercanas como son : la carretera central, vía fé

rrea y edificaciones. Todas las causas mencionadas anteriormente, aparecen en nuestra zona de estudio, sobre todo la fuerte pendiente de la vertiente, añadido al factor humano que al construir carreteras y desarrollar actividades agrícolas y pecuarias, altera constantemente el estado de equilibrio natural de los taludes.

Casos típicos se observan en ambas márgenes del río Rímac, ( ver plano respectivo ) que en cortes transversales muestran coluviales y suelos residuales con pendiente de hasta  $34^{\circ}$  en promedio; es de mencionar también que los pastos naturales contribuyen a su estabilidad natural, pero se ven interrumpidas de crecer por factores climáticos principalmente.

Diversos asentamientos humanos, ferrocarril Central y obras de ingeniería están dentro de estos peligros y el presente estudio plantea soluciones que se enfocarán en el siguiente capítulo.

Otro fenómeno que es bastante importante de citar, son los **DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS** que depende del grado de fracturamiento de la roca, la litología, pendiente y el clima entre otros. Las rocas intrusivas presentes en la zona muestran amplio diaclasamiento, con disyunción esferoidal, que en su proceso más avanzado dejan **numerosos bloques libres** ( en estado de equilibrio crítico ), haciendo peligrar numerosos pueblos jóvenes ubicados en las laderas del río Rímac, siendo las causas que incentivan la activación de estos desprendimientos de roca son : la-

fuerte pendiente del talud, la fuerza de gravedad, los sismos y eventualmente las lluvias. De estos consideramos a los sismos como los que provocarían mayores situaciones de riesgo, ya que en estos casos los desprendimientos se producirían simultáneamente como lo ocurrido en los terremotos de 1970, 1974. En niveles medios y altos de la cuenca, las características de estos fenómenos son algo diferentes; allí, los taludes rocosos presentan una mayor cobertura detrítica que hasta cierto punto contribuye a estabilizar los bloques sueltos, pero cuando ocurren lluvias estacionales, el conjunto pierde cohesión, produciéndose desprendimientos.

Estos desprendimientos de rocas, también son producidos en forma artificial por acción del hombre, al abrir las carreteras haciendo uso de explosivos, produciendo las consabidas fracturas de rocas y disminución de la ligazón entre ellas.

#### 5. 2. 2.C. Hundimientos

Definiendo lo que es un hundimiento, diremos que es un movimiento de material detrítico seco o saturado o pendiente abajo, entre una masa relativamente homogénea o isotrópica. Los detritus pueden ser de cualquier material o combinación de ellos, vale decir, roca, suelo o roca-suelo, pero generalmente este material es igual al del plano de deslizamiento.

El movimiento (generalmente de corta distancia) es de una masa dentro de un cuerpo bastante homogéneo, sobre una su-

perficie gobernada por fricción y cohesión.

Este tipo de fenómeno no se ha reportado en esta zona materia de nuestro estudio, pero lo incluyo para tener una visión íntegra de todos aquellos fenómenos de remoción en masa que ocurren en otras partes de la cuenca.

#### 5. 2. 2. D. Asentamientos

Los asentamientos representan en sí, el descenso vertical de las masas de rocas mullidas o porosas en tramos próximos a los bloques, sin la formación de una superficie de deslizamiento continua. Es decir, no hay necesidad de un plano de falla bien definido, siendo el movimiento muy lento ladera abajo.

Su movimiento está gobernado por cohesión secundaria y fricción, siendo lento e involucrando material indistinto o combinación de ellos.

Este tipo de fenómeno geodinámico externo no se presenta en nuestra zona de estudio ni se han reportado en la cuenca del río Rímac en los últimos años, pero lo incluimos para tener una mayor ilustración de todos estos fenómenos.

### 5. 2. 3. Procesos Hídricos

#### 5. 2. 3. A. Huaycos

Los huaycos son las avenidas periódicas que anualmente se presentan en las laderas de los valles, a proximadamente entre los 1000 y 3000 m. s. n. m., a causa de fuertes lluvias después de un período largo de sequía, movilizando un material heterogéneo de lodo y rocas, con movimiento de lento a rápido y cuyas consecuencias son a veces destructores.

Se incluyen dentro de esta denominación a los huaycos propiamente dichos y a los llamados flujos de lodo, que a pesar de tener desplazamientos lentos están confinados a canales de escurrimiento por donde mayormente evacúan todo el material que llevan consigo.

Los huaycos constituyen un peligro potencial por su gran incidencia en las condiciones de seguridad de las principales obras de infraestructura, especialmente la vial y numerosos poblados que se encuentran esparcidos entre el valle, y ubicados dentro del cono de deyección de muchas quebradas. Además, sus efectos no sólo son locales, sino que generan situaciones de riesgo como represamientos momentáneos, inundaciones y erosión de riberas.

Los huaycos se presentan , según la frecuencia de su ocurrencia , bajo dos circunstancias :

Periódicos. - Cuando se producen normalmente , en cada temporada de lluvias.

Ocasionales . - Llamados también excepcionales. cuando se producen muy eventualmente, estando relacionado a lluvias también ocasionales.

Las variables que determinan la ocurrencia de huaycos en la cuenca del río Rímac son : la abundancia de lluvias durante un tiempo breve ( chaparrones copiosos que se producen cíclica y excepcionalmente, zonas de clima árido o semiárido con intensa presión, saturando los materiales inconsolidados de las laderas, produciéndose la remoción en masa por gravedad y acción hidráulica ); el desarrollo en los cursos altos o superiores de las quebradas del río, de rocas inestables a la meteorización física, que dan un material abundante en detritos pequeños; las pendientes considerables de los lechos de quebradas que superan  $3^{\circ}$  ( 5 % ) y a veces alcanzan hasta  $8^{\circ}$  ( 14 % ) y de  $22 - 50^{\circ}$  en las laderas las zonas de debilidad a causa de intensa fracturamiento; todo esto sumado a una escasa vegetación en las quebradas.

La masa hidráulica y las partículas grandes componen la corriente de piedra y fango. La masa hidráulica constituye una suspensión de pequeñas partículas de minerales ( arenas generalmen

de tonalitas ), que se mantienen por el torrente en estado de suspensión, gracias a su elevada hidrofilia, y en parte, como resultado de las grandes velocidades de desplazamiento que experimenta la torrente del huayco. Las partículas grandes que incluyen cantos rodados y bloques, se desplazan gracias a las grandes velocidades del torrente raudo de barro, ya que muchas veces uno se ha preguntado cómo es posible el transporte, por parte del huayco, de bloques de considerables volúmenes y tamaños. El proceso de desplazamiento se puede presentar en forma de movimiento a saltos, de diferente altura y longitud, siendo así, que al despegue de las partículas del fondo, generalmente le precede la oscilación. Con el aumento de la velocidad y de la consistencia del torrente, las primeras, en despegar del fondo y efectuar movimientos en forma de saltos, son las partículas más pequeñas. Así, aumenta el tiempo de estancia de estas partículas en la torrente; y aumentando también la cantidad de material detrítico en movimiento. La fuerza ascensional de la torrente que separa el material detrítico del fondo, es el resultado de la diferencia de velocidades de la periferia de las partículas en los límites inferior y superior ( generalmente la velocidad del torrente por debajo de la partícula, puede ser admitible como cero, determinándose la fuerza ascensional, sólo por la velocidad por encima de las partículas ). Posteriormente, el desplazamiento de las partículas en el torrente ocurre bajo la acción de la fuerza dinámica de la torrente. Estos sedimentos descienden hasta ocupar el lecho de la quebrada, que es el colector de tales procesos, para luego descender



destructoramente hacia niveles inferiores. En su trayecto producen erosión de riberas de las quebradas, sufren cambios bruscos en su dinámica y generándose estancamientos y desbordes.

Por lo general, la mayoría de los huaycos se producen entre Cocachacra y Matucana, sectores fuera de nuestra zona de estudio, pero se han reportado flujos de barro en varias quebradas al rededor de Chosica, cuyas pendientes oscilan entre 5° a 10°, pero son muy esporádicos, aunque considerables.

Casos así, ha ocurrido en la quebrada Quirio a 2 Km. de Chosica aguas abajo del río Rímac; quebrada de cuenca de recepción amplia y de una longitud aproximada de 6 Km.. En su evolución morfológica, el lecho de ella tenía su drenaje directo hacia el río Rímac, y según datos proporcionados a través de los años, han ocurrido huaycos de grandes proporciones como atestiguan las huellas de flujos de lodo que se observa a lo largo de ella. En los años 1925, 1970, 1976, el flujo llegó hasta la altura de la carrretera actual; y en el cauce de la desembocadura de esta quebrada, se encuentra emplazada peligrosamente el pueblo joven Nicolás de Piérola, expuesto a este tipo de fenómenos.

En la quebrada Pedregal, ubicada aproximadamente en el Km. 37 de la Carretera Central, se halla emplazado el pueblo joven - San Antonio, el cual sufre serios perjuicios por los huaycos esporádicos que se presentan. Y por último, existen numerosos asen -

tamientos humanos que se hallan emplazados en cauces de desembocadura de muchas quebradas de nuestra zona de estudio ; y por tanto corren el riesgo de sufrir daños por parte de estos fenómenos geodinámicos externos.

### Estadística de Huaycos

Los huaycos esporádicos han tenido mayor desarrollo en el curso inferior del río Rímac durante los siguientes años :

|         |       |
|---------|-------|
| Febrero | 1925  |
| Febrero | 1950  |
| Febrero | 1952  |
| Marzo   | 1954  |
| Marzo   | 1955  |
| Enero   | 1959  |
| Enero   | 1970  |
| Enero   | 1972  |
| Enero   | 1976. |

| Quebradas                | <u>Quebradas Principales donde ocurren Huaycos</u> |                                     | Cota | Frecuencia |
|--------------------------|--|-------------------------------------|------|------------|
|                          | Longitud ( Km. )                                   | <u>Enero - Marzo</u><br>Pendiente % |      |            |
| California               | 4  | 10                                  | 800  | esporádico |
| La Cantuta               | 6  | 10-13                               | 850  | esporádico |
| Quirio                   | 4.5  | 10-14                               | 900  | esporádico |
| San Antonio ( Pedregal ) | 6.0  | 12-14                               | 950  | esporádico |
| La Ronda                 | 5.0  | 12-13                               | 1050 | temporal   |

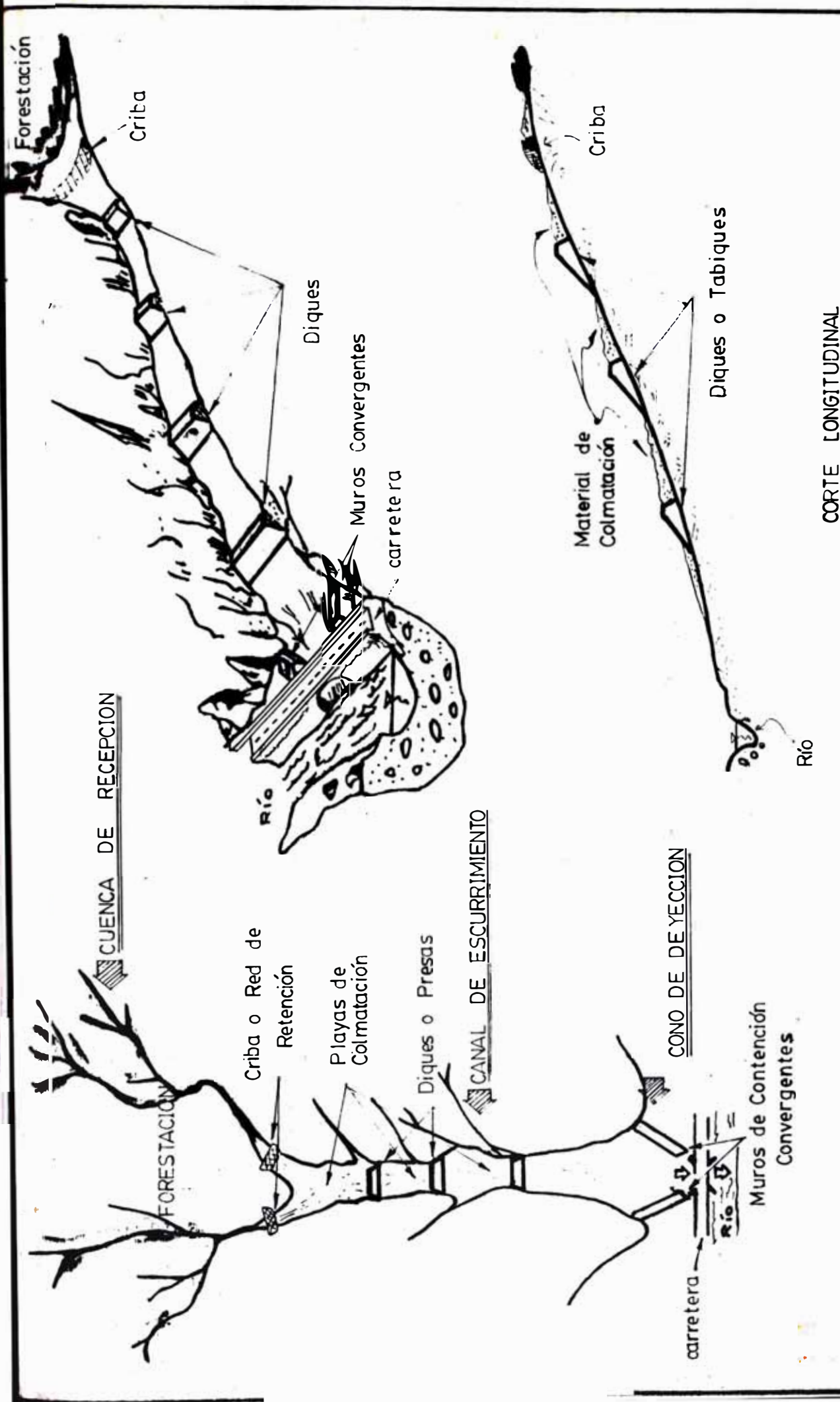
### Partes que Constituyen un Torrente

Se puede distinguir tres partes constitutivas de un torrente ( término más general que abarca huayco, alud, aluvión ). Estas tres partes son

La Cuenca de Recepción . - Es la parte de captación del material inicial, con que el huayco en este caso, comenzará su carrera hacia abajo. Su magnitud dependerá de las características geológicas, geomorfológicas, climatológicas y sísmicas que contribuyan a movilizar los materiales que pierden estabilidad; por lo general, estas zonas están en plena evolución y son inestables; predomina la erosión de fondo y tiene fuertes pendientes, y presentan lluvias copiosas.

El Canal de Escurrimiento . - Es la zona profunda, donde la sección transversal es reducida por el efecto de la erosión de fondo y donde alcanza la mayor velocidad. Hay derrumbes de taludes laterales del cauce aportando material.

El Cono de Deyección Es la zona donde se acumula todo el material del torrente, formando depósitos en forma de abanico. Su velocidad puede ser de muy lenta a muy alta, dependiendo del tipo de material, volumen y características de las pendientes que forman su cauce, que por lo general son altas y en nuestra zona de estudio llegan con velocidades relativamente altas, pero de poco volumen, respecto a zonas más altas del río Rímac.



ORGANIZACION DE DIQUES ANTIHUYACOS

CORTE LONGITUDINAL

Fig. 17

### Soluciones Propuestas

Entre las medidas de precaución o prevención de los huaycos -  
figuran : La conservación y restablecimiento de la vegetación en -  
la región de su alimentación , vale decir, en la cuenca de recep -  
ción; así también debe proyectarse una cortina de vegetación entre -  
el área comprendida aguas abajo del dique de contención y el área a -  
protegerse de la zona urbana, cuyo objetivo es amortiguar el flujo -  
de avenidas rápidas y disminuir la erosión en cárcavas en el área -  
afectada por un huayco; igualmente se debe estabilizar el suelo de -  
los flancos de los cerros, para el caso de fenómenos de remoción -  
en masa.

Entre las medidas ingenieriles, se puede organizar un siste -  
ma de tabique o diques de represa transversales al cauce motañoso,  
sobre todo en las partes más estrechas de una quebrada y en general  
adecuándose a las condiciones locales del terreno, Su estructura -  
debe ser de poca altura y de gran base para dificultar su asentamiento  
en caso de socavamiento. Con la ayuda de estos diques se logra:  
retener una parte de las masas de barro y piedra que ruedan hacia -  
abajo y que se acumulen delante del tabique en forma de cuña o pla -  
ya de colmatación. Cuando los diques de represa se rellenan de a -  
luviación del huayco, el fondo del cauce adquiere una estructura escalo -  
nada ; resultando estar compuesto de tramos aislados de menor pen -  
diente y de saltos, terminando estas playas de colmatación justo al  
pie de la otra superior, allí podemos considerar que la corrección -

es casi total. Un torrente que se mueva por semejante cauce, disminuye su potencia destructora, como resultado de la pérdida de energía por rozamiento con el fondo del dique de represa y por los golpes durante la caída vertical de la masa de la riada de barro de un escalón a otro.

Estos diques pueden ser de concreto, enrocado o de concreto ciclópeo que es bastante costoso. El cuerpo de la obra puede estar compuesto de bloques de roca de medio metro de diámetro, con gravas entre ellas y reforzadas con concreto, para tener mayor resistencia al empuje o presión del flujo.

Otra medida adicional, es el desquinche de rocas inseguras o inestables que se exponen en los flancos de los cerros de pendientes fuertes y limpieza de cauce de la quebrada.

Otra propuesta, es construir una criba o red de retención en la cuenca de recepción del torrente. Allí los materiales detenidos con la red se inmovilizan, y posteriormente cuando viene una segunda avenida, estos elementos chocan con el primero, inmovilizándose a su vez y así sucesivamente sin intervención de la resistencia de la red; realizándose así, un proceso de colmatación acumulativa, independiente de la resistencia del obstáculo artificial, en este caso, la criba.

Para la protección de las carreteras contra su destrucción, se construyen canalones de hormigón, por los que se desagua el torren

te por debajo de la carretera. La idea es concentrar o captar la creciente laminar que drena una quebrada, en un solo, canal de descarga, mediante la construcción de terraplenes en forma divergente, aguas arriba del eje de la carretera.

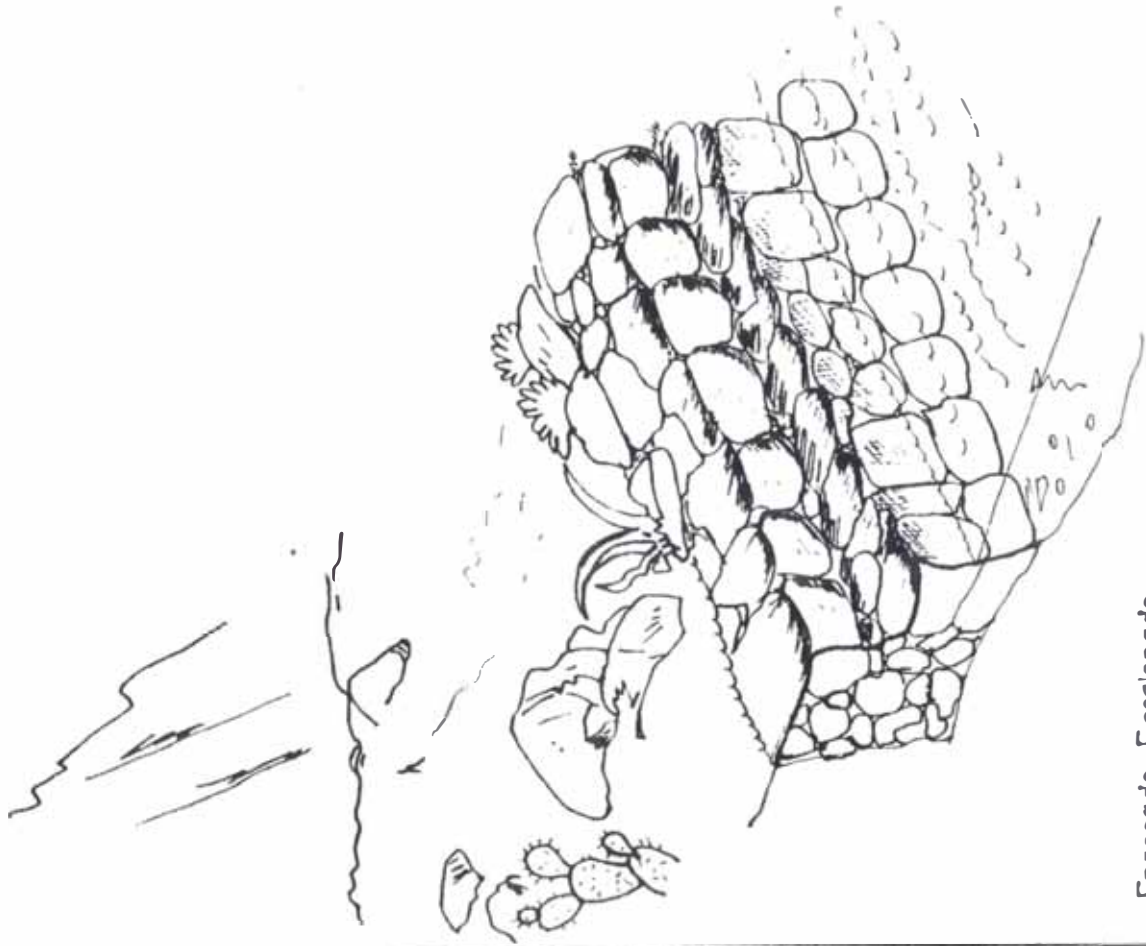
La lucha contra estos huaycos es bastante cara, pero económicamente se compensa, por la protección y seguridad dada a las poblaciones y obras de ingeniería. Por último, a partir de 1978, en países desarrollados, se utilizan dispositivos automáticos para observar el surgimiento y desplazamiento de huaycos; esto es, mediante los radioadvertidores de flujos de barro.

#### 5.2.3.B. Erosión de Riberas

El fenómeno de erosión de ribera transcurre bajo la acción de las corrientes de agua. Para el movimiento de las masas de las corrientes de agua son suficientes declives insignificantes, inferiores en muchas veces a los requeridos para los procesos de acarreo, por lo que estos fenómenos están difundidos en regiones llanas y montañosas. Sus causas directas son las crecientes que ocurren en cada temporada de lluvia y las variaciones de la dinámica fluvial.

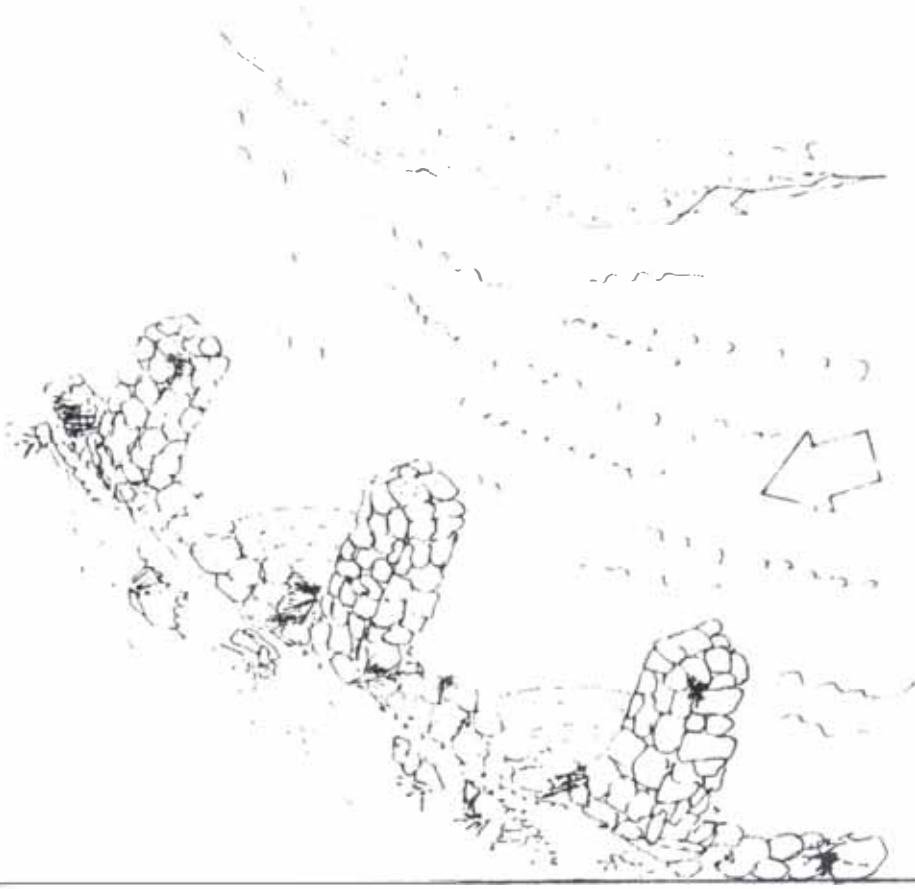
En las condiciones del desplazamiento turbulento o también llamado vortiginoso ( movimiento del agua en forma circular o en espiral ) de la corriente del agua y de la movilidad de los sedimentos del lecho, se crean condiciones para la desviación del eje din

Proteccion de ribera



Enrocado Escalonado

Proteccion de ribera



Sistema de Espigones

Fig. 18



mico de flujo. El resultado de ésto, es la formación de recodos en la línea de orilla y la formación de placeres y bancos. En los sitios de viraje del eje dinámico, debido a la inercia el agua, el río se precipita hacia la orilla cóncava ( más deprimida en el medio que en los extremos ) y la derrubia. Al impactar la gran cantidad de salidas arrastrados en los bordes con efectos colaterales que se reflejan en la destrucción de terraplenes de carretera, campos de cultivo y viviendas ubicadas al borde del río. Y en la orilla opuesta tiene lugar la acumulación de los sedimentos, hecho que está ligado con el surgimiento de corrientes transversales de fondo, desde la parte del flujo hacia la contraria convexa. Como consecuencia, el valle de la corriente adquiere una estructura asimétrica; la orilla que se derrubia se convierte en orilla escarpada, frecuentemente abrupta, y, por lo tanto inestable; y la orilla opuesta es suave y estará constituida por los sedimentos de la lengua o playa de tierra ribereña.

En las épocas de avenidas se presenta la mayor fuerza erosiva de la corriente de agua, así como también mayor transporte.

Este fenómeno se presenta en mayor o menor grado en casi todo el trayecto del río Rímac y demás afluentes.

En la mayoría de casos, la erosión afecta a la riberas naturales y en otros, a riberas formadas por rellenos artificiales, que usualmente sirven como plataforma de algunos tramos de la vía férrea y carreteras.

Citaremos casos de erosión de ribera presentados en nuestro sector de estudio :

- En el Centro Vacacional Huampaní , altura del Km. 26 de la carretera Central; al penetrar las aguas del río Rímac, en una curva cóncava de su margen derecha, tiende a erosionar las bases de la primera terraza en una longitud aproximada de 150 mts. , cada vez que el río aumenta su caudal.
- A la altura del Km. 27.800 de la nueva autopista Lima - Ricardo Palma ( a la que siempre nos referiremos ), que corresponde al Km. 24.800 de la Carretera Central, existen viviendas ubicadas en el lecho de inundación del río, margen izquierda , al final de la calle Las Camelias del distrito de Chaclacayo, presentándose una significativa erosión en una longitud aproximadamente de 25 mts.
- A la altura del Km. 29.400 , margen izquierda del río Rímac, hay una erosión de ribera, próxima al terraplén de la línea férrea en una longitud de 55 mts.
- Por el Km. 29.5 , frente a la Urbanización Las Vegas, en la margen derecha, existe erosión de ribera.
- A la altura del Km. 33, por las quebradas del Country Club El Bosque y Yanacoto, existe una erosión en la margen derecha del río, sobre una ribera fluvio-aluvional cortada a pique

de unos 30 a 40 mts., respectivamente, sobre la cual pa  
sa la carretera, expuesta a derrumbes y deslizamientos.

- Entre las quebradas Yanacoto y Santa María, Km. 33.5, -  
existe una erosión de ribera en la margen izquierda del río -  
Rímac sobre unos 20 m. ; y muy cercano al terraplén don -  
de está ubicada la línea férrea del Ferrocarril Central.

- Existencia de erosión de ribera no significativa, en el Km. -  
36. margen derecha y margen izquierda del río Rímac, por-  
el puente La Cantuta.

- En la margen izquierda del río Rímac, Km. 37, frente a la  
Universidad Enrique Guzmán y Valle, sobre un borde abrupto  
de 3 m. de altura, hay presencia de erosión, notándose  
grietas de derrumbe en dicho costado y mucha humedad; sien-  
do peligroso transitar por el camino que pasa sobre ella. La  
longitud aproximada es de 40 m.

- En el Km. 38 de la carretera Central, frente a la Asocia -  
ción Pro-vivienda La Cantuta, margen derecha del río Rímac, -  
hay una ribera abrupta de 5 m. de altura, erosionándose por  
acción del río Rímac.

- En la ciudad de Chosica, mayormente la erosión de riberas -  
no constituye problema notable, por estar canalizado el cau-  
ce del río Rímac en la mayor parte de su recorrido por esta-

ciudad. Sólo señalaremos algunos puntos de atención como por ejemplo : frente al pueblo joven Rímac, existe una ribera cóncava, y la cual soporta la acción erosiva del río ( margen izquierda del río ). Así también se presenta este fenómeno en dos tramos por la Asociación Casa Huerta Chosica, margen izquierda del río Rímac y cerca de la vía férrea ( long. 20 m. ), en el primer tramo ; y 30 m. , en el segundo tramo, asimismo, entre ellas, pero por la margen derecha, frente al Camal Municipal N° 12.

## CAPITULO VI

### 6. LAS INUNDACIONES Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

#### 6.1. GENERALIDADES

La inundación, como fenómeno geodinámico externo, ocurre cuando el caudal de agua de escorrentía supera la capacidad volumétrica portante del cauce de un río, rebalsándose sobre zonas aledañas y causando los consabidos perjuicios humanos y materiales.

Los factores que tienen decisiva influencia en el grado de intensidad de una inundación, tienen que ver con la cantidad de agua que lleva un río, y ésta a su vez relacionada con el clima; y las características morfológicas del cauce o lecho del río.

Si bien es cierto que las zonas ribereñas deben estar exclusivamente reservadas para la conducción natural del cauce, frecuentemente estas zonas son dedicadas a otras actividades, como la agricultura, viviendas, o industrias, trayendo consigo un incremento del monto total de daños que pueden ser causados por las inundaciones.

#### 6.2. CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LAS INUNDACIONES EN EL SECTOR CHOSICA - CHACLACAYO

Las características específicas que presentan las inunda-

ciones en el sector de nuestro estudio Chosica - Chaclacayo, podemos resumirlos en los siguientes puntos :

- La ocurrencia periódica de estas inundaciones, son ocasionadas por crecidas del río Rímac; principalmente en los meses de Enero, Febrero y Marzo, época de lluvia en la Sierra.
- La mayor parte de estas inundaciones, potencialmente afectan una franja cuyo ancho oscila entre 600 y 1000 m. dentro de la cuenca baja del río Rímac, lugar donde el valle se ensancha y en los que no siempre se cuenta con terrazas lo suficientemente altas para proteger los desbordes.
- En una gran mayoría de casos las inundaciones acontecidas en este sector, afectan a asentamientos humanos ubicados en tierras bajas, aledañas al cauce del río Rímac.
- Estas inundaciones afectan igualmente a chacras, terrenos de cultivo y parcelas en general, localizados dentro del lecho de inundación del río.
- El modo de ocurrencia de estas inundaciones, pueden ser tanto intempestivamente, es decir, de la noche a la mañana ante una crecida súbita del río, como también lentamente o subida de nivel con remansos.
- Las zonas susceptibles a inundaciones en la parte de Chosica -

y de mayor peligro potencial se encuentran localizados en los Kms. 32.5, 33. 34 Carretera Central, casi a la altura del frente del cono de deyección de la Quebrada La Cantuta. Allí, el río presenta características meándricas ( meandro de valle o meandro encajado ) con zonas de erosión de riberas en el lado cóncavo y de deposición en el lado convexo, zona donde la corriente del río es más lenta a diferencia del primero.

- A partir del Km. 36 de la Carretera Central, el lecho mayor o sector inundable, que comprende la vegetación y asentamientos humanos, se angosta en casi la mitad del ancho anterior.

- Es decir, hasta el Km. 36 de la Carretera Central, es mayor el peligro de inundación que se cierne sobre sembríos y casas ubicadas en el lecho mayor del río Rímac, por tener una mayor área de inundación, así como también un mayor explayamiento de este lecho de inundación o lecho mayor.

- Otras de las características de estas inundaciones, es que traen consigo mucha sedimentación, notándose que los muros de contención de concreto levantados como medida de protección, sólo cumple su cometido durante cierto tiempo, ya que la sedimentación ha reducido su altura útil, produciéndose desbordes.

Las inundaciones también pueden ser causadas por huaycos provenientes de quebradas de grandes longitudes de la margen izquierda y derecha del río; que con acumulaciones de materiales, troncos, etc. interrumpen el flujo de agua del río, desviándolo hacia zonas más bajas, produciendo desbordes e inundaciones.

### 6.3. ZONIFICACION DEL AREA

La zonificación significa trazar límites de situaciones de riesgo, lo cual es un difícil intento de ajustarse a la realidad de los hechos por la complejidad de todos los parámetros tomados en cuenta en la cuenca del río Rímac y la para efectuar la zonificación del área de estudio frente a las inundaciones, hemos tomado en cuenta criterios o factores geomorfológicos, la dinámica fluvial, hidrológicos, litológicos, topográficos y meteorológicos.

Los factores geomorfológicos nos dan la idea precisa acerca de las formas del terreno dentro del valle, que puedan permitir una mayor o menor zona inundable, según sea la altitud de la terraza u otra unidad morfogénica.

La dinámica fluvial está estrechamente relacionada con el mayor o menor caudal que porta el río, éste a su vez relacionado con el clima (factor meteorológico).

El factor litológico vinculado a la capacidad de las rocas aflorantes frente a la acción mecánica de los fenómenos naturales.



El factor topográfico incide mucho teniendo en cuenta que el agua siempre busca invadir zonas llanas de depresión, es decir, de menor cota.

Es así, que hemos tomado cada uno de estos factores interrelacionándolos y determinando, primeramente, los tramos afectados y luego las áreas potencialmente vulnerables a este tipo de fenómeno natural; a continuación desarrollaremos estos dos puntos :

#### 6.3.1. Tramos Afectados

Son aquellos tramos, en donde por su historial geodinámico han presentado inundaciones ante moderados caudales del río Rímac; estas zonas sensibles a desbordes e inundaciones están ubicadas en terrazas bajas y con escasa cobertura vegetal.

A continuación describiremos puntualmente cada una de ellas

A la altura del Km. 26.5, el Centro Vacacional Huampaní ha sufrido ciertos aniegos ante crecidas del río Rímac, afectando una longitud aproximada de 150 m. ( ver mapa ).

En la ciudad de Chaclacayo, específicamente la zona de Marco Cápac, línea férrea en una longitud de 100 m. ,

ha sido afectado por inundaciones del río Rímac, razón de ello es que la ONA ha reforestado a lo largo de esta zona entre el terraplén ribereño y las viviendas, pero aún estas plantas están pequeñas para cumplir su función, notándose filtraciones de agua que atraviesan el terraplén, no comprometiendo todavía a las viviendas y pequeñas parcelas.

- Km. 33 de la carretera Central, margen izquierda del río Rímac; comprende a parcelas, línea férrea y terrenos privados que han sufrido de inundaciones en modo significativo.
- En el sector Chosica, al ubicarse esta ciudad en una zona plana, sobre depósitos aluviales del río Rímac y en parte sobre terrenos con suave inclinación, producto de la acumulación de materiales coluviales y proluviales provenientes de las laderas y quebradas de régimen eventual ubicadas en ambos flancos del valle. El ancho promedio del valle es aproximadamente de 1.3 Km., pudiéndose apreciar nítidamente hasta 3 niveles de terrazas; produciéndose estos problemas de inundación en la terraza más baja, que bien podría denominarse área de inundación. Siendo causa de ello, la irregular forma de canalización del río Rímac, sea por ganar tierras urbanizables o por intereses particulares. Es decir no hubo criterio técnico, que por ejemplo, debería considerar dimensionamiento de muros en relación a los caudales máximos y avenidas ; y de diseños que contemplen solu -

ciones integrales de todo el sector. Por estas razones, se observan estrangulamientos del cauce en algunos tramos, que en épocas de avenidas son los puntos más neurálgicos por donde se desborden las aguas del río, afectando las viviendas, generalmente precarias, situadas en sus riberas. Casos de estrangulamiento de cauce en la ciudad de Chosica se pueden apreciar en : la zona entre el pueblo joven Rímac y la Asociación Pro-vivienda La Cantuta, por el Mercado 28 de Julio, al final de la calle Callao, frente a San Martín de Porres; por el Centro de Salud de Chosica; a 50 m. aguas abajo de la Empresa Eléctrica Santa Rosa; sectores en donde, por ganar terreno al río, han angostado su cauce y causando desbordes ante crecidas súbitas y excepcionales del río Rímac.

Otra zona de inundación es en el Km. 35.5, por Santa María, en una longitud aproximada de 120 m. afectando terrenos privados. También en los Kms. 36, 36.5, terrenos afectados por inundaciones ( parcelas y lotes urbanos ), por la margen derecha del río Rímac. En los Kms. 37, 37.5, tanto por la margen derecha como por la izquierda se producen desbordes, sobre todo ante crecidas y avenidas que se producen por las quebradas La Cantuta y últimamente de la quebrada Pedregal. Por el Km. 40, igualmente se producen desbordes en la zona de la Asociación Huerta de Chosica. En el Km. 39, al lado opuesto de la Urbanización San Fernando Alto, es decir, margen derecha del río Rímac, existe

una zona afectada por inundaciones, en una longitud aproximada de 250 m., dicha zona comprende lotes urbanos.

### 6.3.2. Areas Vulnerables

Las áreas vulnerables, son aquellas zonas sobre las cuales las posibilidades de inundación son reales, por estar ubicadas en amplitud de valle y sobre terrazas bajas, muchas de ellas tienen muros de mampostería o terraplenos deteriorados, sin el debido mantenimiento y que bruscas alteraciones climáticas pueden acelerar estos procesos de desbordes e inundaciones del río Rímac. A continuación los mencionaremos :

Zona del Km. 29 margen derecha del río Rímac, sobre una terraza de longitud aproximada de 30 m., lugar donde se encuentran caballerizas.

Km. 29.5, puede desbordarse el río, afectando terrenos eriazos en la margen izquierda del río Rímac.

A la altura del Km. 33, quebrada del Country Club El Bosque, por la margen izquierda del río Rímac, constituye un peligro sobre zonas de propiedad privada.

En Chosica a la altura de la cuarta cuadra de la Av. Lima Norte, margen izquierda del río Rímac, constituye un tramo vulnerable a un desborde.

Frente a la Asociación Casa Huerta Chosica, margen izquierda del río Rímac ( Kms. 40, 41 ), amenaza la vía férrea y terrenos urbanos, no existiendo canalización del río, al igual que en la margen derecha, Km. 41.5, Urbanización Villa don Bosco.

En general podemos remitirnos al mapa respectivo, para visualizar otras zonas susceptibles de desborde e inundación, con un bajo riesgo geodinámico.

#### 6.4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES DE LAS INUNDACIONES EN LOS RIOS DE LA COSTA

La frecuencia con que ocurren las inundaciones en todos los ríos de nuestro país y el constante crecimiento de los daños ocurridos por ellos, nos hace pensar en la búsqueda de ciertas soluciones para por lo menos reducir los efectos destructivos que traen consigo. Si bien es cierto que la zonas ribereñas deben estar exclusivamente reservados para la conducción natural del cauce, frecuentemente estas zonas son dedicadas a otras actividades como la agricultura, industria o vivienda trayendo consigo un incremento del monto total de daños que pueden ser causadas por las inundaciones.

Y considerando que los centros poblados más importantes, centros de producción agrícolas e industrial del Perú están en la Costa del Océano Pacífico con un futuro de expansión y despegue acelerado, las inundaciones representan un acápite especial y el planteamiento de las soluciones han sido analizados dentro del Modelo Geotécnico.

Y así, las soluciones planteadas aquí se fundamentan básica mente en dos puntos

1. El control del curso de agua mediante :
  - 1.1. Encauzamiento, sea con muros de contención, terraplenado o malecones, etc.
  - 1.2. Control del caudal del río.
  - 1.3. Limpieza del cauce mediante dragados,
  - 1.4. Reforestación.
2. La planificación o zonificación del uso de las áreas de inundación, toda vez que por escasez de recursos no se pueden controlar totalmente las inundaciones.

Seguidamente desarrollaremos cada uno de estos puntos

### 1. Control del Curso de Agua

El control de las inundaciones debe comenzar donde se originan las lluvias y la escorrentía ; y terminar cuando ella ha llegado al mar sin ocasionar daños. Por lo tanto el trabajo de impedir las inundaciones, no sólo consiste en ejecutar grandes obras de ingeniería a lo largo de los principales ríos, sino también en tratar la superficie del área de la cuenca, de modo que podamos obtener un paso libre del agua y la máxima infiltración de acuerdo con el uso apropiado de las tierras,

sea para cultivo, pastos, bosques u otros fines.

En el control del curso de agua, a su vez intervienen los siguientes aspectos :

### 1. 1. Encauzamiento del Río

El encauzamiento del río tiene la finalidad de evitar erosión de riberas y desbordes del río frente a una sobrecarga del mismo. El encauzamiento del río debe hacerse mediante la construcción de terrazas, muros de contención, malecones, zanjas de absorción y, canales de desviación.

Hasta el momento un gran sector del río Rímac que pasa por la ciudad de Chosica, se halla canalizado y es deseable que se prosiga con esta obra, dentro de un sistema de drenaje integral.

### 1. 2. Control del Caudal del Río

El control del caudal del río está encaminado sobre todo a evitar la sobrecarga hídrica del río, es decir, aminorar el volumen de agua que trae consigo el río y así contrarrestar erosiones en las riberas del cauce, inundaciones, etc.

Para la operación de control de muchas corrientes y sus tributarios principales se requieren de cortes, revestimientos, diques marginales, aliviaderos, diques de retardación y otras mejoras de canales.

En muchas vertientes, las condiciones físicas son a veces excepcionalmente favorables para reducir el daño de las inundaciones, aumentando la infiltración del agua de lluvia en el suelo. En otras áreas, donde los suelos son finos e impermeables y los taludes esencialmente pronunciados, las condiciones para la absorción del agua no son favorables y se necesitan medidas adicionales para el retardamiento del agua, además de medidas requeridas para la protección normal de tierras de cultivo y otros contra la erosión. Las pequeñas presas de retención en las cabeceras de los canales de desagüe y cárcavas, cumplirían un gran papel para el control del caudal de la corriente, añadiéndose a esto, una recomendación especial para el campo de cultivo: hacer el arado en contornos y esparcimiento del agua.

Así el trabajo efectuado corriente arriba, reteniendo más agua en el suelo y retardando la escorrentía, suplementa la efectividad de las operaciones de control corriente abajo.

Tanto el control del caudal y el encauzamiento del río deben formar parte de un sistema de drenaje superficial, cuyo objeto es de evitar que el agua de escorrentía llegue a erosionar la explanación o a empapar el suelo; y eliminar las aguas tanto de inundación como las de lluvias. Para ello se recurre a las obras antes mencionadas como de captación (cunetas, de base, cunetas de coronación, colectores, trincheras, tajeos, etc.), conducción (que sirven para trasladar el agua de un curso de un lado al otro a través de la carretera, y son las alcantarillas de loza, de marco o



de techo, sifones o badenes , etc. ) y de descarga ( obras regidas por condiciones hidráulicas que son necesarias para efectuar la descarga ).

Así las principales ciudades tendrían un sistema de drenaje que abarque las activas quebradas tributarias del río Rímac, para el cual llevarían sus aguas de modo controlado, respetando el-cauce natural de las aguas.

Por otro lado, el caudal del río , al ser variable y suceder se como función de numerosas variables físicas : cuantía, distribución y forma de las precipitaciones pluviales, temperatura, humedad atmosférica y variables del suelo : vegetación ; y que a su vez dependen de otras en definitiva, como la radiación solar, estados eléctricos y magnéticos que presiden a la sucesión climática- y siendo la acción de aquellos tan compleja y variada de posibilidad; el establecer relación causa-efecto es casi imposible y sobre todo al no contar con los medios apropiados para tales estimaciones.

### 1.3. Limpieza del Cauce Mediante Dragados

La extracción de materiales detríticos a lo largo del río por medio de palas mecánicas, en forma periódica; y antes del comienzo de las avenidas y sobre todo en lugares colmatados de sedimentos del lecho de inundación que puedan provocar un rebalsamiento y por consiguiente una inundación, es lo más recomendable

dentro de las medidas a desarrollarse para el control y prevención de las inundaciones.

#### 1.4. Reforestación

La reforestación es la parte fundamentalmente vegetativa y tiene por objeto el control de la erosión superficial, para evitar el arrastre de sedimentos que pueden ocasionar la obstrucción de tuberías, azolver canales y reducir la capacidad de las represas para el control de las inundaciones.

Es necesario dar este tratamiento vegetativo intenso a las áreas inclinadas, estas tierras escarpadas sí son menos productivas pueden ser destinadas para una cubierta permanente de hierbas o árboles. Pueden plantarse árboles cuando la yerba esté fallando en la retención del suelo. Las cárcavas pueden ser transformadas en desagües recubiertos de hierbas o pastos valiosos como el " Kudzú ". El uso de estas especies " Kudzú " y Lespedeza, producen grandes cambios favorables en el uso de tierra severamente erosionadas, tanto por cárcavas como por láminas.

Existen ejemplos en otros países, de tierras que hace muy poco tiempo se consideraban demasiado pobres, escarpadas y erosionadas para la agricultura, aún algunas áreas que no se podía usar para nada, están ahora supliendo excelentes pastos con esas valiosas plantas, reteniendo y mejorando el suelo, retardando la escorrentía, reduciendo los efectos de la erosión y aumentando la producción agrícola.

Las hierbas, especialmente las formadas de céspedes, son un medio poderoso para detener la lluvia donde ésta golpea la tierra, por lo que es uno de los mejores medios conocidos para impedir la erosión.

Uno observa a menudo fluir agua clara o casi clara en un área bien recubierta de hierba después de una lluvia intensa. Por el contrario, nunca fluye agua clara de taludes sin protección, en este caso el agua es siempre fangosa y el fango proviene del suelo lavado del terreno.

Existen casos muy ilustrativos en la efectividad de las hierbas en retener el suelo y almacenarlo allí mismo, por ejemplo la pérdida de suelo en cultivo limpio en una zona de EE.UU. fue 536 veces mayor respecto a la misma clase de tierra protegida con hierba; y la mayor pérdida de agua en campos de cultivo limpio, sobrepasó en 5 veces la pérdida correspondiente de aguas en campos cubiertos de hierba ( Estadística del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ).

Por lo tanto, esta conservación se basa en su mayor parte en el control de la escorrentía de la lluvia. Este control de la escorrentía; por medio de cambios de la tierra erosionada y escarpada en cultivos limpios, a hierbas o árboles; sumado a las otras medidas prácticas nombradas en acápites anteriores, como el uso de terrazas, zanjas a nivel, cultivo en fajas, utilización de residuos de cosechas como un " Mulch " protector de superficie, dan

como resultado el almacenamiento de gran parte de la lluvia que de otro modo se habrían escurrido en las corrientes cercanas, para aumentar las inundaciones.

## 2. La Planificación o Zonificación del Uso del Area de Inundación

En nuestro medio debido a la escasez de recursos económicos, régimen irregular de los ríos y el vasto de nuestros sistemas orográficos, es casi imposible prever las medidas de control a todas las zonas sujetas a esta clase de daños. Por ello se deben tomar medidas correctivas y preventivas con el objeto de adaptar las actividades del hombre sobre las zonas de inundación al régimen de los ríos. Estas medidas generalmente, conocidas como zonificación o planificación del uso de las áreas de inundación, pueden ayudar a resolver ciertos problemas o hacer su solución más sencilla.

El fundamento principal de la planificación de las zonas de inundación, está en poder reconocer el potencial de una crecida y el peligro que ésta trae consigo dentro de las áreas inundables. Si fuera necesario, se debería dar ciertos dispositivos legales a las comunidades en cuanto al desarrollo de sus respectivas zonas de inundación, si es que así se alcanzara una marcada reducción de daños.

Para la planificación de las zonas de inundación se requerirá de ciertos datos básicos sobre el régimen de las corrientes de los ríos, en particular de la magnitud de las descargas esperadas y de la frecuencia de su ocurrencia, así como de las áreas que serán inundadas.

Los ríos de las Costa, un total de 38, necesitan unos más que otros de esta planificación y que para su mejor desarrollo tendrán que colaborar en el trabajo todas las autoridades públicas y privadas que de una u otra forma se ven involucrados en las actividades desarrolladas dentro de las zonas de inundación.

El resultado final en la planificación de las zonas de inundación viene a ser un mapa que muestre las áreas inundables por crecidas de varias frecuencias. Las áreas inundables en cada ribera se determinan por transferencia de las alturas de las superficie de agua hacia un mapa, para una determinada frecuencia. Claro está que la delineación exacta de las áreas inundables no es posible y por consiguiente no constituye una garantía para otra clase de estudios. Por ello, cuando se requiere de determinaciones precisas de estas áreas, es necesario llevar a cabo estudios de campo más detallados. Y así, el plano de inundaciones nos proporcionará una idea global de las áreas sujetas a inundación y la frecuencia esperada de esas inundaciones.

#### 6.5. PLANES DE CONTROL EN LOS TRAMOS AFECTADOS

Los planes de control de tramos afectados dentro de nuestro sector de estudio, se inscriben dentro de las soluciones generales a las inundaciones de los ríos de la costa, analizados anteriormente, pero bajo algunos detalles que los dan las características específicas que presenta nuestra zona.

La canalización del río Rímac, sobre todo en zonas urbanas de Chosica y Chaclacayo, constituye una necesidad latente; igualmente en centros de recreación y esparcimiento como el Country Club El Bosque, El Centro Vacacional Huampaní, es necesario la construcción de obras de protección ribereñas contando con la ayuda del sector privado interesado.

Respecto a la reforestación, se debe mencionar que en Chosica Km. 38.5 de la carretera Central, debido a lo pronunciado de la pendiente, la sequía, susceptibilidad a la erosión, un suelo con bajo contenido de nutrientes vegetales y sumado a su poca profundidad, factores tales que hace a este terreno poco apropiado para cultivos en hileras o surcos, pero sí de vegetación de crecimiento denso como hierbas y leguminosas y que según cálculos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables se halló que existen un total de 17.5 millones de Has. en el país, adecuadas para este tipo de plantas, y 88,700 Has. comprendidas en las zonas de montañas áridas, semiáridas y sub-húmedas reforestables en la cuenca del río Rímac.

A continuación presentamos un cuadro de los tramos afectados y los planes de control respectivos propuestos :

El tramo afectado, Km. 26.5, Centro Vacacional Huampaní, se debe reforzar el terraplén en la margen derecha del río Rímac, aproximadamente 150 m. y reforestar esta zona a fin de evitar el lavado de material y suelos.

- Un área vulnerable a desbordes e inundaciones es el que se encuentra por el Km. 29 ( margen derecha del río Rímac ) donde debe construirse un terraplén para la protección de terrenos rústicos y caballerizas.
  
- Por los Kms. 29.5 y 33 ( margen izquierda del río Rímac ), la existencia de terrazas bajas hace necesario la construcción de terraplenes, además de limpiar el cauce y reforestar dichas zonas.
  
- En la zona Manco Cápac ( Chaclacayo ), se debe construir un canal de desviación entre el terraplén y la línea férrea para conducir las aguas filtradas del río Rímac.
  
- En el Km. 33, construir un terraplén ( margen izquierda del río Rímac ) de longitud aproximada 200 m. y limpiar el cauce mediante dragados.
  
- En la ciudad de Chosica, se debe primeramente limpiar el cauce en las zonas de su estrangulamiento , como son : - P.J. Rímac, Mercado 28 de Julio, final de la calle Callao, frente a San Martín de Porres, por el Centro de Salud de Chosica, Empresa Eléctrica de Santa Rosa ( lugares de referencia para localizar las zonas materia de discusión ), además deben reforzarse los malecones contrarrestando el socavamiento y elevando la altura del muro.

- En el Km. 35.5 aledaño a Santa María ( margen derecha - del río Rímac ), debe construirse un terraplén de longitud - aproximada 120 m. y reforestar para evitar los desbordes del río.
  
- En los Kms. 37, 37.5 , donde desembocan las quebradas- Pedregal ( margen derecha ) y La Cantuta ( margen izquier da ), debe conectarse el drenaje de ambas quebradas con el río, construyendo para tal efecto canales y reforestando las desembocaduras, además de erradicar las casas ubicadas - en terrazas bajas próximas al río.
  
- En los Kms. 36, 36.5 ( margen derecha del río Rímac ) - se debe construir un terraplén y reforestar las zonas ribere ñas.
  
- En los Kms. 39, 40 de la carretera Central, tomando co mo referencia la Urbanización San Fernando Alto y la Casa- Huerta de Chosica respectivamente, debe continuarse la ca nalización del río Rímac con criterios técnicos, además de de la reforestación ribereña.
  
- Frente a la Asociación Casa Huerta de Chosica, margen iz quierda del río Rímac ( Kms. 40, 41 ) debe construirse - diques con una altura suficiente de 2.5 m.
  
- Estas soluciones dadas puntualmente a cada problema, dada



la situación de emergencia y vulnerabilidad de estas zonas - críticas, además de la erradicación de viviendas muy próximas a los ríos, están enmarcadas dentro de la necesidad de efectuar una canalización con sus respectivos drenajes - desde el puente Ricardo Palma hasta el puente del Centro Vacacional Huampaní, con lo cual se daría solución a las inundaciones como a los fenómenos de erosión de riberas.

#### 6.6. MEDIDAS DE CONTROL Y TIPO DE OBRAS PROYECTADAS

Dentro de las medidas de control propuestas, figuran las obras de ingeniería a efectuarse tanto en los tramos afectados que están en situación de emergencia como las áreas vulnerables que - están en situación amenazante. Luego, tenemos la fase funda - mentalmente vegetativa, que tiene por objeto el control de la ero - sión superficial.

Algo importante de recalcar es la importancia que debe darse a la inacción que a la acción misma, ya que hoy en día el costo de la acción es mucho mayor que el costo de la inacción, frente a estos problemas de la geodinámica externa.

A continuación desarrollamos una descripción de las princi - pales obras de protección y corrección considerados para solucio - nar los problemas, no tan sólo de inundaciones, sino con alcance - hacia otros problemas que se circunscriben dentro de la geodinámi - ca externa que afectan a centros poblados, industrias, vías de co - municación y terrenos de cultivo; ellos son :

#### 6. 6. 1. Muros de Concreto

Los muros de concreto son estructuras compuestas por mezclas de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua, pudiendo estar armados de fierro, roca; pudiendo también estar anclados o bulbados al terreno para tener una mayor resistencia a los esfuerzos de corte.

Su objetivo es de ofrecer resistencia a los deslizamientos de material suelto y mueble como bloques de roca y retener desplazamientos de macizos rocosos. Su costo económico es elevado y sólo se utiliza en casos especiales como inestabilidad de zonas locales producidas por fallas geológicas o zonas alteradas.

Además son recomendables para ser utilizados en áreas donde su cimentación se produzca directamente sobre el lecho rocoso o depósitos fluviales o coluviales de alto grado de compactación; no siendo aplicables para zonas donde el fenómeno de geodinámica externa que deben soportar, sean de gran magnitud.

También pueden aplicarse en áreas de derrumbes, así como para evitar la erosión de riberas y mejorar el alineamiento en sector donde no se desee o no sea posible cortar taludes sin comprometer su estabilidad.

Para inundaciones, un muro de contención no funciona

na bien en un lecho compuesto de arena, limo, ya que su gran peso y el socavamiento en su base por la corriente de agua, lo impiden, por lo que se le utiliza al pie del talud o a media ladera.

### 6.2.2. Muros de Mampostería

Son estructuras compuestas por materiales rocosos ensamblados unos con otros y se dividen en dos tipos :

Muros de Mampostería Seca : Es un tipo de muro construido de fragmentos rocosos colocados al pie del talud con un ancho y alto tal que le permita la estabilidad de la estructura y pueda cumplir su objetivo.

La disposición del material compuesto de roca dura, no degradable, anguloso y de un mínimo de 0.50 m. de diámetro, es mediante una colocación bien ensamblada, de modo que éstos puedan incrustarse perfectamente unos con otros, o con el fin de construir un todo bien alineado y compacto. Se usan en áreas de caídas de fragmentos y derrumbes de roca de poca magnitud y material detrítico.

Muros de Mampostería de Albañilería : Estos muros utilizan como base para su construcción fragmentos rocosos duros y no degradables cuyo diámetro no debe ser menor de 0.50 m, así mismo deberán colocarse

mediante un cuidadoso ensamble de los bloques, los que se ligarán con un compuesto de cemento y arena.

El muro debe ser diseñado considerando un relleno filtrante detrás de él y sus respectivos tubos que permitan el desague del agua que capte el filtro.

Estos muros pueden utilizarse al pie de taludes para protegerlos de derrumbes, erosiones, etc., igualmente para rectificar ejes y para protección de los fenómenos de socavación por acción erosiva de los ríos.

### 6.6.3. Enrocados

Consiste en la construcción de escolleras con bloques naturales de roca; para defender de las erosiones, los trechos de calzada situados en las márgenes de los cursos de agua.

Su uso está reservado generalmente en las áreas donde existen disponibilidad de grandes bloques de roca fresca, resistente, no alterable bajo la acción de las aguas y que no presenten planos de exfoliación o grietas, es decir, alta resistencia mecánica y alta estabilidad mecánica.

La forma espacial del enrocado es parecida a un tronco de pirámide recta, es decir, con una base de ancho suficiente que permita la defensa de la orilla de la acción erosiva de las aguas, este ancho disminuirá progresivamente hacia arriba.

Estas escolleras deberán construirse con bloques de dimensiones aproximadas de  $0.50 \text{ m}^3$  en la parte inferior; y en el núcleo, no menores de  $1 \text{ m}^3$ ; las partes superiores y las laterales expuestas deberán encajarse perfectamente unos con otros y con formar una totalidad bien delineada.

#### 6.6.4. Enmallados

Los enmallados son redes constituídos por mallas de alambre galvanizados ( recubierto con zinc ) de diversas esquadriñas, adoptándose la más conveniente según el tamaño de la piedra disponible para su relleno. El espesor del alambre debe ser el adecuado ( mayor de 3 mm ) y la resistencia a la tensión mayor de  $40 \text{ Kg/cm}^2$ .

Cumple la doble función de sostén y drenaje, pudiendo utilizarse para la protección de taludes poco estables o que estén sujetos a erosiones superficiales, así como en correcciones fluviales y de torrentes. Especialmente cuando hay erosión retrogresiva y socavamiento en riberas de los ríos; las rocas y moles colocadas para frenar este proceso erosivo, deben estar enmalladas.

#### 6.6.5. Terraplenes

Los terraplenes son estructuras de material de relleno ( montículo de material mueble ), cuya granulometría es variada, vale decir : bloques, rocas, gravas, arenas, arcillas y limos, desechando en lo posible cantos rodados por tener menos agarre pa

ra el ensamblaje con otros materiales.

La finalidad de un terraplén es variada, pudiendo construirse con fines de irrigación, para canales o presas (estructuras de presas) y para carreteras.

Muchos terraplenes colapsan generalmente por falta de exploración en el subsuelo y la falta de compactación aplicada sobre el terraplén.

Frente a las inundaciones, los terraplenes tienen la finalidad de controlar la escorrentía superficial; y su construcción debe formar parte de un plan mucho más general, uniéndose a la edificación de otras obras como zanjas de absorción, canales de desviación, etc., con el fin entre otras cosas, de disminuir la presión hidráulica que ejerce la corriente de agua hacia el terraplén.

#### 6.6.6. Contrafuertes

La colocación de contrafuertes es un método muy utilizado para contener deslizamiento de material reciente (coluviales, fluvio-glaciares, etc.) y rocas fracturadas. Así como también para proteger el talud en asentamientos, debido a que cumple función de drenaje.

Los contrafuertes o cuñas de rocas se colocan, previa remoción de material ubicado al pie del talud, uniformemente distri-

buídos y deben ser rocas duras no degradables como areniscas, caliza, granito, etc., que reemplazan a las rocas desprendidas y extraídas de la remoción previa.

Además, la roca deberá tener un tamaño máximo de 1 m. y por lo menos un 50 % del volumen de la roca tendrá que estar uniformemente distribuido entre 0.3 a 1 m. de diámetro y no más de un 10 % del volumen deberá tener menos de 50 mm. de diámetro

#### 6.6.7. Forestación

La forestación es una medida de control de la escorrentía superficial, actúa en primer lugar como paraguas que mitiga la caída de las gotas del aguacero. En segundo lugar, como una esponja que absorbe el agua, incluso el exceso (infiltración),

Por lo tanto, el encespedado de los taludes y la plantación de árboles cuando las hierbas estén fallando en la retención del suelo, son medidas bastante eficientes para cumplir nuestro propósito.

Como anteriormente ya hemos mencionado (acápites 6.4-1.4) las especies perennes del género Lespedeza y el Kudzú son las leguminosas más recomendables en el tratamiento vegetal que debe darse a los suelos.

Si bien es cierto que la reforestación es cara, calculándo-

se el costo de una hectárea reforestada, según terreno a reforestar y las especies a plantar , en 200 a 400 dólares ( de I/.- 6,000 a I/. 12,000 según cambio actual ), es imprescindible llevarla a cabo, sobre todo en lugares críticos, integrandolo a un plan general de prevención de riesgos ambientales.



## CAPITULO VII

### 7. POBLACIONES Y OBRAS PRINCIPALES VULNERABLES

#### 7. 1. GENERALIDADES

En este capítulo mencionaremos las poblaciones y las principales obras vulnerables frente a las inundaciones y en general frente a los fenómenos de la geodinámica externa. Sabemos que, el emplazamiento de asentamientos humanos - obras civiles, obras viales, centros agrícolas, etc., se han efectuado, en principio, basados únicamente en aspectos topográficos, geográficos y recursos humanos y a la accesibilidad del área, no tomando en consideración el factor fundamental del comportamiento geológico-geodinámico de cada área frente a la acción de catástrofe, para garantizar la inversión y la seguridad física de estas obras, con propósitos de buscar el bienestar social productivo.

Y aún sigue esta mala planificación urbana : nuevos pueblos jóvenes, ante la migración andina a la costa, edifican sus precarias viviendas en la periferia de ciudades, tan es así que Chosica y Chaclacayo han crecido enormemente, tanto a lo largo como hacia los taludes de los cerros. Por otro lado muchos agricultores efectúan sus sembríos en zonas libres dejadas por el río, sin pensar que una avenida fuerte - podría arruinar sus cultivos.

A continuación desarrollamos las características de centros poblados y de obras vulnerables a estos peligros, localizados en nuestro sector de estudio.

## 7. 2. CARACTERISTICAS DE LOS CENTROS POBLADOS UBICADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

A continuación hacemos una lista de los principales centros poblados a partir de Chosica, en dirección del flujo de la corriente del río Rímac, así tenemos :

### Pueblo Joven Buenos Aires

Ubicado en la desembocadura de la unión de 3 pequeñas quebradas por la margen derecha del río Rímac, aproximadamente 1000 m. s. n. m. ; es propenso a sufrir huaycos provenientes de estas quebradas y de derrumbes y desprendimientos de rocas intemperizadas, que pueden ser incentivadas por actividad sísmica.

### Urbanización Villa Don Bosco

Ubicado cerca de la futura cooperativa de Vivienda Bata Sol, Km. 41.5 de la carretera Central, por el lado derecho del río Rímac; debiéndose canalizar todo este sector para prevenir desbordes.

### Pueblo Joven Santa Cruz Piedra Grande

Localizado al pie de la margen izquierda del valle del río Rímac, vulnerable a derrumbes de rocas meteorizadas, siendo menos

ter el desquinche de ellas y la reforestación.

#### Asociación de Vivienda Ancash

Ubicado dentro del lecho de inundación de la quebrada La Ronda, al igual que el Fundo La Ronda, por lo tanto vulnerable a huaycos de magnitudes peligrosas; los flujos de lodos se producen temporalmente y discurren por un canal de drenaje natural que deberá ampliarse.

#### Pueblo Joven Trinchera de Moyopampa

Localizado sobre una pequeña quebrada al lado derecho del río Rímac, también susceptible a pequeñas avenidas y derrumbes.

#### Pueblo Joven Buenos Aires

Ubicada a la margen derecha del río Rímac, al lado de la Central Hidroeléctrica Moyopampa ( Juan Carosio ), Km. 40 de la carretera Central ; vulnerable a derrumbes de rocas meteorizadas, el desquinche y forestación sería lo ideal para esta zona.

#### Chosica

Fundada por Emilio del Solar hace más de medio siglo, conocida como " Villa del Sol ", apacible y encantadora ciudad que ofrece sol durante casi todo el año, ubicada en el Km. 38.5 ( a partir del puente Huáscar ) y 40 Km. de Lima ( contado a partir del puente Balta ). Su crecimiento en los últimos decenios ha sido desmedido, caótico y sin pauta de planificación urbana; es -

decir se formaron PPJJ en laderas de valle, lechos de quebradas; zonas de indudable riesgo geodinámico.

La ciudad misma de Chosica, está protegida por el Cerro-Chosica ( 1200 m. s. n. m. ) de huaycos y avenidas, urgiendo sólo la mejora de la canalización por la ciudad para evitar desbordes - en puntos de estrangulamiento de cauce y terminarla en aquellos - tramos que falta; sumándose a ésto una forestación en las laderas del valle para evitar desprendimientos de rocas, etc.

#### Pueblo Joven La Libertad

Emplazado en la ladera derecha del Valle , al final de la Av. Libertad de Chosica, siendo necesario su forestación y des<sub>u</sub>quinche de roca meteorizada y debiéndose canalizar posibles avenidas de la quebrada Libertad, cercana a ella.

#### Pueblo Joven San Juan de Bellavista, Mariscal Castilla, Santo Domingo

Ubicados sobre quebradas paralelas, en la margen izquierda del valle del río Rímac, encontrándose expuestos a procesos - geodinámicos por hallarse al pie de las faldas de los cerros con - pendientes de 25 a 30° , propensos a caídas de rocas por efec - to de la gravedad. Cabe señalar que la Urbanización San Fernando Alto está ubicado al pie de la desembocadura ( ruta de drenaje) de la quebrada del Pueblo Joven Mariscal Castilla, e igualmente - la Cooperativa de Vivienda Villa Sol Ltda. 178 y la Universidad

Nacional de Educación se hallan en la ruta de drenaje de la quebrada del Pueblo Joven Santo Domingo. En todos estos casos debe - construirse sistema de drenajes que permitan evacuaciones de huaycos o avenidas, sumadas a la reforestación en las partes superiores de las quebradas.

#### Urbanización La Cantuta

Ubicada en el Km. 36 de la carretera Central, margen izquierda del río Rímac, dentro del lecho de deyección de la quebrada La Cantuta; es necesario ampliar y limpiar el cauce de escurrimiento de aguas de esta quebrada y reforestar aguas arriba - sobre todo en la cuenca de recepción.

#### Pueblo Joven San Antonio de Pedregal Alto

Ubicado aproximadamente en el Km 37 de la carretera Central, sobre la quebrada Pedregal ( margen derecha del río Rímac ) ubicándose en su desembocadura el Pueblo Joven San Miguel de Pedregal Bajo.

Este pueblo joven se ha emplazado sin ningún sentido de seguridad geodinámica; últimamente ( 09 - 03 - 87 ) fue afectada seriamente por huaycos de enormes proporciones con las consabidas secuelas de daños humanos y materiales. Urge por lo tanto, - reubicar las viviendas en terrazas más altas, pero sobre todo construir un canal de desagüe con los requerimientos técnicos, que se conecte con el río Rímac y lograr la reforestación en la cuenca de-

recepción de la quebrada donde se nota erosión por cárcavas.

#### Pueblo Joven Nicolás de Piérola

Está ubicado en la quebrada Quirio ( margen derecha del río Rímac ), quebrada de amplia cuenca de recepción y de una longitud de 6 Km. ; durante su evolución morfológica el lecho de ella tenía drenaje directo hacia el río Rímac, pero los flujos de lodo ocurridos anteriormente lo ha taponeado y lo peligroso es que encima de ella, se han construido viviendas. A esta vulnerabilidad por la ubicación de este pueblo joven, se suma el hecho que no tiene canal de drenaje hacia el río Rímac y de carecer de cobertura vegetal aguas arriba de esta quebrada, donde se produce erosión por cárcavas.

#### Urbanización Santa María

Localizada en el Km. 34.5 de la carretera Central, en una zona distante del cono de deyección de la quebrada Santa María, margen derecha del río Rímac, que se bifurca en dos ramales, en las que se ha constituido un canal de conducción de avenidas y se ha reforestado toda la zona. Constituye un ejemplo de seguridad geodinámica.

#### California

Emplazada en la quebrada California ( margen izquierda del río Rímac, por lo tanto vulnerable a fenómenos de procesos hídricos ( huaycos, flujos de lodo, etc. ), que muchas veces han-

ocasionado daños considerables; urge la construcción de un canal de drenaje para conducir estos flujos.

### Los Angeles

Emplazado en la margen izquierda del río Rímac, al pie de la falda de los Cerros Chacacayo; constituye un ejemplo de prevención ante desprendimientos de roca por la reforestación emprendida en la ladera del cerro y hasta 100 m. por arriba.

### Chacrasana

Zona residencial, se halla en la margen derecha del río Rímac, a un lado de la desembocadura de una pequeña quebrada; se halla con excelente cobertura vegetal.

### Urbanizaciones Garcilazo de la Vega, Los Angeles y Los Cóndores

Se hallan emplazados en el cauce de la quebrada Los Cóndores, ubicada en la margen izquierda del río Rímac, con buena cobertura vegetal, pero propensa a procesos geodinámicos (huaycos, avenidas).

### Urbanización Las Vegas

Esta urbanización, se halla bien emplazada, sobre una terraza alta a la margen derecha del río Rímac, librándose de desbordes del río y alejada de desembocaduras de quebradas. Se comunica con ella por un desvío de la carretera Central, pasando el

puente Los Angeles.

### Chaclacayo

De altitud 770 m. s. n. m., es la capital del distrito de su mismo nombre, lugar residencial de campo, reposo y recreo aunque también ha experimentado un crecimiento por la formación de varios pueblos jóvenes. Frente a la ciudad, al otro lado del río se encuentra el Centro Vacacional de Huampaní ( Km. 26 de la carretera Central ), seguido de la población de Huampaní Alto, entre otros. Los problemas geodinámicos que pueden presentarse son : vulnerabilidad tanto de los terrenos bajos, a causa de desbordes del río Rímac, como de los Pueblos Jóvenes Sta. Inés, 3 de Octubre y otros ubicados en la falda de los Cerros Chaclacayo, a causa de desprendimientos de rocas; considerándose a los sismos los que provocarían mayores situaciones de riesgo, ya que provocarían desprendimientos simultáneos de rocas.

### 7.3. CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS UBICADAS EN DICHA ZONA

Las siguientes son las principales obras ubicadas en nuestra zona de estudio

Central Hidroeléctrica de Moyopampa ( 63,000 Kw ) .- Comienza desde Carossio en la toma de Callahuanca ( Barba Blanca ), a la margen derecha del río Santa Eulalia, a 1395 m. s. n. m., llegando hasta Chosica, distante 13 km.



a) Túnel y Caída : El túnel se inicia en la margen derecha - del río Sta. Eulalia ( longitud : 12.5 Km. , caída de 430 m. ).

Morfología : El túnel atraviesa los Cerros Buena Vista, - Piedra Larga, Chosica, cuya configuración morfológica - está determinada por laderas de pendiente abrupta entre - 30 a 35 ° aproximadamente. La caída se ubica en el C° Chosica sobre una pendiente de aproximadamente 48 °.

Roca de Basamento : Es una roca intrusiva de tipo tonalíti - co-diorítico de textura holocristalina, color gris claro de grano grueso-medio, intemperizado por alteración de fel - despastos, presentan descamación, estructura tabular y meteorización esferoidal.

Estructura : La roca está afectada por sistemas de fractu - ras, predominando las oblicuas y las verticales, encon - trándose subordinadas otras fracturas menores que lo divi - den en bloques. En conjunto la masa rocosa es compac - ta, aumentando esta compacidad a profundidad. Como - material de construcción es bueno por su gran competencia mecánica.

Riesgo Geodinámico : Fenómenos de geodinámica no afec - tan al túnel. Los fenómenos de geodinámica externa pue - den afectarlo, dependiendo en todo caso de la magnitud del

efecto y del tipo de construcción de la obra.

- b) Casa de Máquinas : Esta emplazada sobre una terraza aluvial del río Rímac, en la ciudad de Chosica ( Moyopampa) a 880 m. s. n. m. y a 45 Km. de Lima.

Morfología : Está emplazado sobre una terraza fluvial del río Rímac, en la margen derecha de la unidad morfológica valle, limitado por los cerros escarpados y abruptos, y alargados, dando una topografía agreste.

Terreno de Fundación : Es un suelo poco potente de depósitos fluvio-aluviales compuestos de gravas, cantos, englobados en matriz areno-arcilloso, poco compacto, de permeabilidad mediana. Este suelo ha sido mejorado por compactación antes de instalarse las obras.

Riesgo Geodinámico : Puede haber desprendimiento de rocas sueltas sobre todo en épocas de lluvias y por incentiva ción sísmica.

Central Hidroeléctrica de Huampaní . ( 33,000 Kw ). - Comienza - en la toma ubicada en la margen derecha del río Rímac a 850 m. s. n. m. y a 45 Km. de Lima, y termina en Huampaní , Chacacayo ( distante 10 Kms. ). Las aguas que la mueven son las que provienen de la Central de Moyopampa, captadas inmediatamente después de esta Central, en la ciudad de Chosica.

a) Toma :

Morfología : Está emplazada sobre el lecho del río Rímac donde el valle es amplio en ambos flancos. Existen varios cerros altos, de talud abrupto a moderado que terminan en formas aguadas y elongadas.

Roca de Basamento : Es roca intrusiva tipo tonalita-diorita de color gris claro, de grano grueso a medio, intemperizado, por alteración de feldespato. Su competencia mecánica y condiciones geotécnicas son consideradas buenas.

Terreno de Fundación : Instalado sobre depósito fluvial, constituido por gravas, cantos redondos con arenas, gruesas y finas, poco compactos y de alta permeabilidad. Como material de construcción es buena. Antes de instalarse la obra se ha mejorado sus condiciones geodinámicas.

Riesgo Geodinámico : Las crecidas ocasionales del río Rímac pueden causar erosión fluvial e inundación, afectando las estructuras de la toma.

b) Canal, Túnel y Caída : Emplazada en la margen derecha del río Rímac y comprende un canal de 2.4 Km. de longitud, un túnel de 6 Kms. y una tubería de presión de 175 m. de caída.

Morfología El canal discurre al pie de las laderas de los cerros Quirio y Santa María, luego empalmándose con el túnel a través de los cerros Santa María y Huampañí.

Roca de Basamento : Es roca intrusiva : tonalita y diorita, intemperizada y alterada en superficie, con procesos de descamación y disyunción esferoidal.

Estructuras : La masa rocosa se encuentra atravesado por sistemas de fracturas perpendiculares entre sí, y subordinadas a ellas, se tienen fracturas secundarias. La masa rocosa presenta condiciones geológicas y geotécnicas muy favorables, ya que el fisuramiento disminuye rápidamente con la profundidad. Como material de construcción es buena.

Terreno de Fundación : El canal discurre en aproximadamente 1.5 Km. sobre el material fluvial que tiene las mismas características descritas anteriormente, pero mejorándose las condiciones para la construcción de la obra. El canal discurre aproximadamente 1 Km. como conducto abierto sobre material rocoso de condiciones físicas y mecánicas muy apreciables, y de ídem para el túnel.

Riesgo geodinámico : Sobre el canal, que discurre al pie de las laderas, se producen desprendimiento de rocas por-

efecto de lluvias o por acción sísmica. El túnel y caída no presentan problemas.

- c) Casa de Máquinas : Ubicada en Huampaní Alto, margen derecha del río Rímac y a 35 Km. de Lima.

Morfología Está sobre una terraza aluvial del río Rímac

Roca de Basamento : Tiene iguales características anteriormente descritas para el túnel y caída.

Estructura De similares características descritas para el túnel.

Terreno de Fundación : Instalado sobre una terraza fluvioaluvial, conformada por una mezcla heterogénea y heterométrica de fragmentos rocosos sub-angulosos a redondeados, gravas, cantos y bolos en matriz areno - arcillosa, compacta, de permeabilidad media

Riesgo geodinámico : Limitado a desprendimientos ocasionales de rocas sueltas en la parte alta del C° Huampaní, en época de lluvia o movimientos sísmicos, pero sin comprometer la seguridad de la obra.

## Puentes

### Los Angeles

Ubicación : Altura del Km. 27.5 de la carretera Central.

Longitud 80 m.

Tipo : Concreto armado, de tipo aporticado de 3 crujiás ( espacios entre pilares y estribos ), con vigas acarteladas ( disposición adoptada en sus extremos para aumentar su resistencia al esfuerzo constante.) La superficie de rodadura ( tablero de calzada ), es de concreto armado, de 10 m. de ancho y 1.2 m. de veredas, lleva pared de tubos metálicos que en algunos tramos se encuentran deteriorados, pero en líneas generales la superestructura se encuentra en buenas condiciones .

Recomendaciones Sugeridas : Reforzar y reparar obras de protección existentes en ambas márgenes, las cuales en las últimas avenidas se dañaron. Debiéndose emplazarse aproximadamente 50m. aguas arriba y 50 m. aguas abajo.

La Cantuta

Longitud 40 m.

Tipo : Concreto armado aporticado.

Sirve de conexión entre el distrito de la Cantuta y la carretera Central. Esta estructura es de cemento armado aporticado de 2 tramos de 20 m. c/u. , con vigas apoyadas sobre estribos laterales y un pilar intermedio de albañilería de piedra. La superficie de rodadura es de una sola vía de 250 m. de ancho ,

lleva sardinel de 60 m. y barandas tipo celosías ( enrejado de listones ) de 1 m. de alto, todo de concreto armado.

La superestructura se halla en buenas condiciones, igualmente los estribos que llevan muros de protección y encauzamiento de albañilería de piedra.

Puente de la Plaza de Armas de Chosica

Longitud : 20 m.

Tipo : Concreto armado, simplemente apoyado.

La estructura vial que sirve para unir el pueblo joven de la margen izquierda María Parado de Bellido con la zona céntrica de la ciudad de Chosica tiene un ancho de pavimento de 3m., sus barandas son de celosía de concreto armado ( un sólo lado ) mientras que el otro lado ha sido derribado. Las vigas de concreto armado, están apoyados sobre muros laterales que además sirven de encauzamiento del río. Toda la estructura se halla en buenas condiciones, y a 10 m. aguas arriba se ubica el puente peatonal con losa de concreto armado de 2m. de ancho, apoyados sobre vigas metálicas de 25 m. de luz, además llevan barandas de protección. Las vigas están descansando en muros de albañilería de piedra que están fracturados.

Recomendación : Reparar los muros que están deteriorados proyectando un mejor alabeo ( combadura ) de sus aletas, a fin

de evitar la formación de turbulencia y salto hidráulico que podría producirse por el bajo nivel de los muros ante crecidas del río. - Se ha visto que el puente no soporta satisfactoriamente la intensidad de tráfico que circula durante el día por ser de una sola vía, - por lo tanto debe construirse obras que diversifiquen el tránsito.

### Carretera Central

La carretera Central principal vía de acceso a la capital de la República proveniente de la sierra y selva central, de una longitud de 132 Kms. transcurre por las laderas inferiores y medias de ambas márgenes del río Rímac, es asfaltada en casi su totalidad con excepción en tramos que soportan avenidas, huaycos en temporadas de lluvias. En nuestro sector de estudio, uno de los problemas álgidos que existen es que la carretera pasa por sectores urbanos sumamente poblados y no permite la rapidez del desplazamiento, por lo que el Concejo Provincial de Lima a través de INVERMET ( Fondo Metropolitano de Inversiones ) se propone la construcción de la nueva autopista Lima - Ricardo Palma que discurrirá por la margen derecha del río Rímac.

### Ferrocarril Central

Esta vía recorre gran parte de su trayecto en forma paralela a la carretera Central. Transcurre por ambas márgenes del río Rímac, casi pegado sobre él y sobre depósitos del tipo aluvial constituido por fragmentos subredondeados a redondeados-



de naturaleza variable ( intrusivos, volcánicos, etc. ) en una matriz arenosa a limo arenosa, que en general son poco coherentes. En el sector de Chosica, se han practicado cortes en rocas intrusivas ( granodioritas ) que superficialmente se encuentran fracturadas y meteorizadas.

Los problemas de geodinámica externa que la afectan se circunscriben a la erosión de riberas y desbordes del río, sobre todo en las áreas de Huampaní y Sta. Ana de Chaclacayo; donde es necesario efectuar obras de protección de riberas o reforzamiento de las existentes; y el material para ejecutar estas obras se localizan en los cerros aledaños.

## CAPITULO VIII

### 8. MATERIALES DE CONSTRUCCION

#### 8. 1. GENERALIDADES

Dentro de los materiales usados en construcción, ubicados a lo largo del río Rímac en nuestro sector de estudio, figuran rocas ígneas ( granitos, andesitas, dioritas, tonalitas, granodioritas ) y sedimentos detríticos como arena, grava : conformantes del lecho fluvial

Algo importante en la evaluación de los materiales de construcción, estriba en sus propiedades físicas ( resistencia, estabilidad, etc. ), químicas, en la disponibilidad del material, su volumen, su calidad y por último su localización cercana a las vías de comunicación.

Hay todos estos materiales a lo largo del curso del río y en sus quebradas tributarias. Su extracción y explotación se puede realizar por medios mecánicos y a tajo abierto; el acceso estaría facilitado por las trochas o carreteras ya existentes.

#### 8. 2. UBICACION DE CANTERAS

Son los que se extraen cerca de una obra.

- Rocas tonalita, granodiorita : un lugar posible de ex-

plotarlo como material de construcción está ubicado en el Km. de la carretera Central, con un volumen de  $40 \times 20 \times 10 \text{ m}^3$  de material removido, para explotarse en forma convencional; mediante explosivos, la parte infrayente. La zona es de fácil acceso, tomando el desvío de la carretera Central para la urbanización Las Vegas ( Chaclacayo ), que queda pasando el puente Los Angeles.

Rocas tonalita, granodiorita : ubicado aproximadamente en el Km. 31.5 de la carretera Central, por la falda derecha del río Rímac, presentándose una zona propicia para la explotación de materiales de construcción, mediante explosivos. Acceso, por caminos sin apisonar, que comunican con la carretera Central.

Roca tonalita, granodiorita, diorita : ubicados al fondo de la quebrada California, pudiéndose explotar con voladura de rocas en forma racional y de paso aprovechando eliminar el problema de desprendimiento de rocas existente en dicho lugar.

Roca tonalita, diorita, en grandes volúmenes ; al fondo de la quebrada de Los Cóndores, ladera izquierda mirando al río Rímac, con previa remoción del material meteorizado superficial. Su explotación es con explosivos y acceso fácil usando las calles de la urbanización Los Cóndores.

Roca gabro-diorita, diorita, tonalita al fondo de la quebra-

da Santa María; puede explotarse con explosivos, este gran volumen de material, como vía de acceso existe un desvío a la altura del Km. 35.5 de la carretera Central.

- Roca gabro-diorita, diorita : existe una zona ubicada al fondo de la quebrada La Cantuta, ladera derecha mirando al río, con previa remoción del material meteorizado y explotándolo con voladura de rocas, puede muy bien tenerse a disposición ingentes volúmenes de roca en buenas condiciones geotécnicas. El acceso es fácil, ya que existe una vía de comunicación por la urbanización La Cantuta.

### 8.3. CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los materiales de construcción, descritos anteriormente, tienen las siguientes características físicas :

**Tonalita** Como roca ígnea, plutónica tiene una alta resistencia mecánica y una alta estabilidad mecánica, con un esfuerzo de compresión de 1000 a 50 Kg/cm<sup>2</sup>, es decir de 60000 a 5000 PSI y un esfuerzo de tracción de 0,02 - 0,04 del esfuerzo de compresión.

Por razón del clima, la tonalita superficial, sometido a intemperismo físico, se halla fisurado y permeable, con resistencia a la compresión menor de 50 Kg/cm<sup>2</sup> y con índices de resistencia mecánica bajos; pero mejorando a profundidad.

Andesita Es una roca volcánica que como roca soporte se utiliza por sus características de durabilidad física y química. Soporta esfuerzos de compresión hasta  $18000 \text{ Kg/cm}^2$  y de tracción hasta de  $200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Soporta el ataque químico de las aguas superficiales como  $\text{CO}_2$ , carbonatos, etc

Es bastante recomendable como material para defensas ribereñas y obras portuarias.

Diorita Es una roca gris con uniformidad cristalina, de gran competencia mecánica y tiene una resistencia a la compresión de  $1600 \times 10^5$  Pascal hasta  $3100 \times 10^5$  Pascales. Si bien alterada y meteorizada, a profundidad es ideal como material de construcción.

Arenas y gravas del río Están por lo general bien seleccionadas y limpias y de buen calidad ; pudiendo ser utilizados como agregados a la preparación del concreto.

Estas arenas son transportadas por la corriente de agua como resultado de la desintegración de rocas granodioríticas, tonalíticas y diorita.

Las gravas y sedimentos finos pueden utilizarse como material de relleno en obras de defensa, pudiendo extraerse de los conos aluviales, que se encuentran rellenando las principales

quebradas del valle del río Rímac.

| Roca         | Particularidad                | Resistencia a la               |                       |                        | Módulos de              |             |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------|
|              |                               | Compresión<br>$\times 10^5$ Pa | Tensión               | Corte                  | Elast. $E \times 10^6$  | Pois. $\nu$ |
| Tonalita     | Holocrist. gr. fino y medio.  | 1200-2400                      | 2942000               | $25 \times 10^6$       | 0.21                    | 0.15        |
|              |                               |                                | -4898080              | $37 \times 10^6$       | 0.61                    | 0.24        |
| Granodiorita | De grano grueso, porfídico    | 800-2800                       | Pa<br>( 427-711 PSI ) | Pa<br>(3700-4800 PSI ) | $\text{Kg/cm}^2$<br>0.4 | 0.27        |
| Andesita     |                               | 800-2600                       | -                     | $2 \times 10^7$ Pa     | 0.4                     | 0.16        |
|              |                               |                                |                       | (2838 PSI )            | 0.54                    | 0.18        |
| Diorita      | Holocrista. de gr. fino y med | 1400-2800                      |                       |                        | 0.55                    |             |
|              | Porfídicas y de gra. grueso   | 1600-3100                      |                       |                        |                         |             |
| Gabro        | de grano grueso               | 1000                           |                       |                        |                         |             |
|              |                               | 3200                           |                       |                        |                         |             |

$$\frac{1 \text{ new}}{\text{m}^2} = \frac{1}{6889} \quad ; \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ new /m}^2 \quad ; \quad 1 \text{ Kgf/cm}^2 = 14.19 \text{ PSI.}$$

## 8.4. METODOS DE EXPLOTACION

### 8.4.1. Convencional

Este tipo de método de explotación se aplica de acuerdo con las características en que se encuentra el material que se desea extraer, las cuales no necesitan mayor remoción, por cuanto el material está casi listo para su extracción, empleándose solo : picos, palas, barre - tas, carretillas y aún máquinas retroexcavadoras. Es - tos materiales de préstamo son generalmente materiales de construcción como arenas, gravas, cantos y rocas a piladas que han quedado de algunos cortes de taludes y obras anteriores, pero en nuestra zona no los hay.

Las arenas, gravas se hallan en el lecho del río como relleno, así como en las quebradas principales, formando capas detriticas fáciles para su extracción.

### 8.4.2. Explosivos

En este método se utiliza los explosivos para la voladura de rocas, ya que éstas se hallan formando parte del macizo rocoso o se hallan en volúmenes individualmente grandes ( bloques ) que impiden su transporte. Se les explota por bancos, con cortes o voladura a cielo abierto

En cuanto a explosivos, el uso de la dinamita está bien generalizado, siendo la dinamita común una mezcla -

de nitroglicerina, aserrín de madera y nitrato de sodio. La nitroglicerina o trinitrato de glicerilo absorbida por sílice o sustancias porosas (tierras de infusorios o de Kiesselgur) es un cuerpo inerte, en el caso de la sílice es la diatomea, con ellas se obtiene una masa pastosa que explota en presencia de un detonante, se usa básicamente el fulminante eléctrico de tipo instantáneo de duración aproximada de 6 - 7 milisegundos.

También se usa el Anfo por su bajo costo. El Anfo es una mezcla de nitrato de Amonio con un porcentaje de petróleo, es mucho más seguro y también de alto poder explosivo, aunque menor que la dinamita, es lo suficiente para nuestro objetivo.

La colocación de los explosivos se hace en base a criterios de volumen de roca que se desea extraer, dureza, forma en que se presenta y procurando su máxima fragmentación.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. La zona materia de estudio Chosica - Chaclacayo, como parte de la cuenca hidrográfica del río Rímac y que atraviesa la principal vía de comunicación de la capital de la República con la sierra central y llano amazónico, es un importante y vital tramo, por lo cual el tránsito debe ser expedito, rápido en el desplazamiento y resguardado de problemas de desbordes, inundaciones, etc.
2. La zona de estudio posee un clima cálido moderado, ligeramente húmedo, con una temperatura fluctuante entre 17 y 18.7° como media anual.
3. La evolución morfológica de la zona de estudio, en los últimos 200,000 años ha tenido como causa fundamental los procesos geomórficos, es decir, el proceso de sedimentación evidenciado por la formación de terrazas de potentes espesores.
4. En la zona de estudio se han definido hasta 4 unidades geomorfológicas, en base a similitud de formas.
5. Las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio, comprenden rocas intrusivas (tonalita, granodiorita, -

gabrodioritas, dioritas ) pertenecientes al Batolito de la Costa - y sedimentos recientes pertenecientes al Cuaternario .

6. El fallamiento de las rocas intrusivas se agrupan en 3 familias: N 20 - 30 °W sinextral, N 70 - 80 ° W sinextral, N 30 - 40° E - dextral.
7. La zona de estudio pertenece a la zona alta de la cuenca baja del río Rímac y tiene una precipitación promedio de 21.6 mm. /a - ño y hay un 50 % de probabilidades que ocurran precipitaciones entre 9 y 34 mm.
8. En la estación de aforos del río Rímac , sector Chosica es teóricamente probable que se registre una descarga máxima de 75 m<sup>3</sup>/s cada año, de 171 m<sup>3</sup>/s cada 5 años y de 210 m<sup>3</sup>/s cada 20 años.
9. La fuente de alimentación de recarga en los acuíferos de los reservorios de aguas subterráneas , procede del mismo río Rímac, y las infiltraciones de las aguas de las precipitaciones - pluviales son escasas y de poca intensidad.
10. La densidad de drenaje y caudal de las quebradas tributarias de la margen derecha del río Rímac, son mayores que los de la margen izquierda, así también ocupan mayor área, mayor longitud y pendientes más suaves.
11. La zona materia de estudio, dentro del margen de la tectóni -

ca global, se halla en un área de alta actividad sísmica como parte del cinturón circumpacífico, zona sísmica I según el mapa de zonificación sísmica del Perú del RNC " Normas de Diseño Sismo-resistentes " del Ministerio de Vivienda y Construcción ( 1977 ).

12. De los registros de sismicidad histórica, se observa que entre 1586 y 1974 ocurrieron 11 sismos destructores, siendo el terremoto del 28 - 10 - 1746, el más catastrófico con una magnitud de 8.4 ( X - XI de Mercalli modificado ) y una aceleración que puede haber superado los  $400 \text{ cm/s}^2$ .
13. La ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa son manifestaciones de la evolución natural en la cuenca, que está vinculada a factores climatológicos, morfológicos y litológicos. Dentro de estos fenómenos se han observado derrumbes, desprendimientos de rocas, erosión de riberas, inundaciones, huaycos, siendo estos últimos los de mayor incidencia en las condiciones de seguridad de poblaciones y obras de infraestructura especialmente la vial.
14. A lo largo de la zona de estudio hay evidencias de antiguos represamientos, como por ejemplo en el sector de la Cantuta, que demuestran una intensa actividad geodinámica en el pasado.
15. El cauce del río Rímac es el gran receptor de todo el material-

detrítico que arrastran tanto el mismo río como las quebradas afluentes, por lo que su perfil de equilibrio tiende a variar anualmente.

16. La ocurrencia periódica de inundaciones son ocasionadas por crecidas del río Rímac, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo, época de lluvia en la Sierra; excepcionales son los casos de rebalse de aguas por acción de huayco o avenidas de las quebradas tributarias de grandes longitudes.
17. La mayor parte de las inundaciones potencialmente afectan una franja cuyo ancho oscila entre 600 y 1000 m. en terrazas bajas del río Rímac.
18. En la mayoría de casos las inundaciones se presentan aisladamente, pero creando situaciones críticas en la seguridad de los numerosos pueblos jóvenes y campos de cultivo en menor proporción, ubicados en la ribera del río Rímac.
19. En la zonificación del área para trazar límites de situaciones de riesgo de inundación se ha tomado en cuenta la dinámica fluvial, factores geomorfológicos, topográficos, climatológicos entre otros.
20. Se ha determinado 2 zonas de riesgo de ocurrencia de inundación: los tramos afectados son los Kms 26.5, 33, 33.5, 36.5, 36.5, 37, 37.5, 38.5 de la Carretera Central, en donde el his

torial de inundaciones es vasto; y los tramos vulnerables son los Kms. 29, 29.5, 33, 39, 40, 41 de la vía en referencia donde pueden ocurrir inundaciones.

21. Las zonas sensibles a desborde e inundación están ubicadas - principalmente a terrazas bajas con escasa cobertura vegetal y zonas de estrangulamiento del cuace del río Rímac en zonas ya canalizadas.
22. Las áreas que ocupan las centrales hidroeléctricas , no muestran indicios de procesos de geodinámica externa de gran magnitud que pueda comprometer su seguridad física, salvo algunos desprendimientos de rocas inestables.
23. El emplazamiento de muchos pueblos jóvenes se ha efectuado sin tomar en cuenta el comportamiento geológico-geodinámico de cada área propensa a catástrofes y otros factores que garanticen la inversión y seguridad física de ellas. Los casos más frecuentes son : el emplazamiento de viviendas en pleno lecho de quebradas, en la falda de cerros y en las márgenes de las riberas de los ríos.
24. De todas las obras de ingeniería que se ubican en la zona de estudio, las de la línea férrea son las más vulnerables.
25. El tramo de la carretera central, que pasa por nuestra zo -

na de estudio, está libre de fenómenos de desbordes e inundaciones.

26. Los materiales de construcción son rocas intrusivas del Batolito de la Costa ( tonalita, granodiorita, gabro-diorita y diorita ). Su explotación puede efectuarse descortezando con explosivos la parte superficial metcorizada.

## RECOMENDACIONES

1. Con respecto a los derrumbes que se presentan en nuestra zona de estudio, se recomienda una forestación de árboles y si la situación es de material suelto que sobrepasa el muro de contención, se debe proceder a eliminar éste exceso y adicionar un área libre para caídas futuras. Adicionalmente se recomienda un mantenimiento periódico en las partes bajas de los taludes y la realización de peinados de talud.
2. En los casos de erosión de ribera , presentados en los Kms. 26, 27, 28, 29, 29.5, 33, 33.5, 36, 37, 38, 40 de la carretera Central, se recomienda la construcción de un muro de defensa y el encauzamiento mediante la acumulación de materiales sólidos en la margen afectada y si hay derrumbes, se recomienda reforzar enrocados.
3. En las áreas de desprendimientos de rocas como las meteorizadas, fragmentadas, y las inestables, que comprometen la seguridad física de numerosos pueblos jóvenes tanto de Chosica y de Chaclacayo ( ver mapa respectivo ), se recomienda la colocación de señales, el desquinche y eliminación de fragmentos y bloques sueltos. En lo posible debe emplearse métodos manuales, evitando el uso de explosivos para evitar desestabilizar la parte no comprometida.

4. En relación a los huaycos, torrentes o flujos de lodo se recomienda :

Como primera medida, efectuar un encauzamiento, construyendo un canal de drenaje de huaycos. Debiendo tener un mantenimiento periódico estos canales a fin de que no se colmate y evite su escurrimiento.

Se debe conservar y reestablecer la vegetación en la región de alimentación del huayco, igualmente en las riberas para defender zonas urbanas. Debiéndose tomar especial cuidado o consideración a las quebradas Pedregal, Quirio, La Cantura, California, La Ronda y Yanacoto.

En el caso de los pueblos jóvenes masivos que ocupan lechos de quebradas como Nicolás de Piérola, y Quirio, debe pensarse en soluciones ingenieriles organizando un sistema de tabiques o diques de represamiento transversales al cauce torrentoso para retener las masas de barro y piedra que ruedan hacia abajo.

El costo de estas obras están plenamente justificables con las extensas zonas urbanas que se tiene que defender.

Además se recomienda construir pontones para que el huayco o avenidas pasen directamente al río.

En caso de huaycos antiguos, pero que pueden traer ma



terial en el futuro, se debe eliminar el material, limpiar el cauce de la quebrada.

6. En los casos de desbordes e inundaciones se recomienda :

La erradicación de viviendas que están ubicadas en terrazas bajas, al nivel del río Rímac, dando ciertos dispositivos legales a las comunidades en cuanto al desarrollo en sus respectivas zonas de inundaciones.

Reforestar las riberas del río, con árboles de raíces profundas, un buen ejemplo lo constituye el realizado por la ONA en la zona de Manco Cápac ( Chaclacayo).

Limpieza del cauce del río Rímac mediante dragados especialmente en los Kms. 26.5, 33, 33.5, 36, 36.5, 37, 37.5, 38.5 de la carretera Central ( como referencia ).

Encauzamiento del río Rímac, mediante la construcción de terrazas, malecones, canales de desviación, etc; y en los lugares donde el río está canalizado, se recomienda reforzarlas defensas existentes con criterios técnicos, para que no ocurra casos de estrangulamiento de cauce con efectos lamentables.

En las zonas de estrangulamiento de cauce ( altura del P.J. Rímac, Mercado 28 de Julio, Final de calle Callao, frente a San Martín de Porres, por el Centro de-

Salud de Chosica, y Empresa Eléctrica de Santa Rosa ), recomendamos limpieza del cauce, aprovechando los meses de sequía, reforzar y elevar la altura del muro - ribereño.

Se recomienda propiciar un sistema de drenaje formado por canales de escurrimiento con dimensionamiento apropiado de las quebradas tributarias que van a unirse con el río, especialmente alrededor de Chosica, Santa-María, La Cantuta y demás quebradas en general.

## BIBLIOGRAFIA

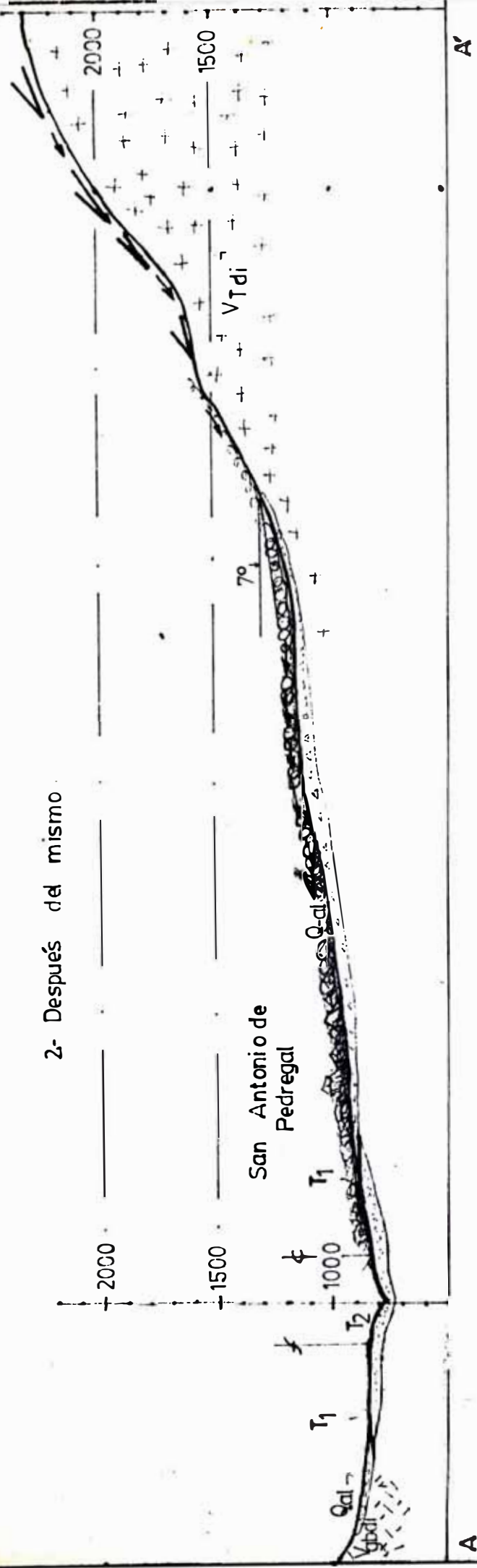
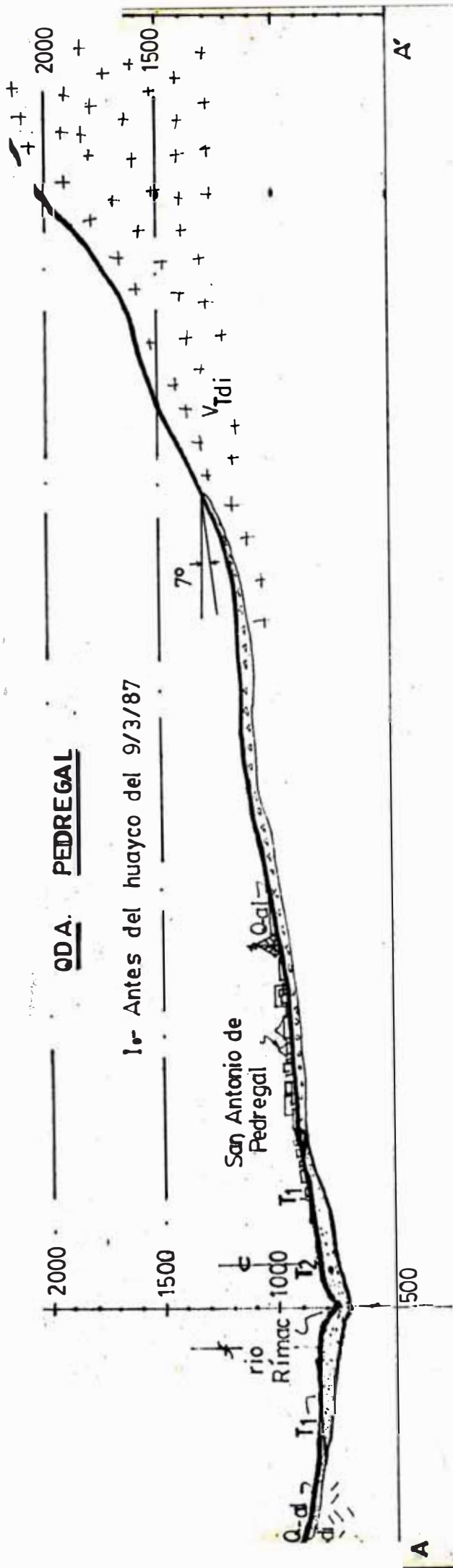
1. AMIEL, R. 1964. Características Hidrográficas de los ríos Rímac y Chillón. Tesis UNMSM. Lima - Perú.
2. BARANDIARAN, J. 1983. Evaluación Geológica-Geotécnica de la carretera Oroya-Huánuco. Tesis UNI. Lima, Perú.
3. BECERRIL, E. 1959. La regulación de los ríos. Direcc. de Irrigación Madrid, España.
4. BENNET, H. 1961. Medios para el control de las inundaciones. Direcc. de Recursos Naturales Renovables. UNA. Lima, Perú.
5. CASIMIRO, E. 1985. Estudio Microtectónico de rocas intrusivas del Batholito de la Costa ( Area de Chosica ). Revista El Ingeniero Geólogo 35(23): 41-55.
6. COBBING, J; PITCHER, W. 1979. The coastal Batholite of Central Perú. Bol 7, Ser. D Estudios Especiales. Geological Society of London Jour.(128): 421-460.
7. CRUZADO, T. 1970. Aportes de Geología Aplicada en construcción de carreteras. Tesis UNMSM. Lima-Perú.
8. DE LAS CASAS, J. 1975. Terremotos del siglo XX en Lima. Reunión Andina de Seg. Sísmica. PUC; CI-

- DA. Lima, Perú. 16 pp.
9. DOLORES, S. 1976. Estudio Geodinámico sobre condiciones de Seg. Física de centros poblados en el valle del río Rímac. Tesis UNMSM. Lima, Perú.
  10. GAGO, H. 1959. Informe Geológico preliminar del cauce inferior de la qda. Santa Eulalia. Tesis UNMSM. Lima, Perú.
  11. GAVIÑO, C. 1967. Introducción al estudio de las rocas del Bartolito Costanero, valle del río Rímac. Tesis UNMSM Lima, Perú.
  12. GEOLOGICAL SURVEY U.S. 1965. Análisis de frecuencias de avenidas. Inundaciones.
  13. GUEVARA, E. 1970. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos para el planeamiento de control de inundaciones. Dir. Gral. de Aguas, Suelos e Irrig; Minist. de Agric.
  14. INGEMMET. 1982. Estudio Geotécnico de Seguridad Física de las grandes obras de Ingeniería, que se ubican en el curso principal del río Rímac. Convenio CNDCMEN. 260 pp.
  15. KOBE, H. W. 1973. Granodiorita orbicular de la qda. Santa María. Bol. de la SGP (43): 25-41.
  16. KRYNINE, D.; JUDD, W. 1972. Principios de la Geología y Geotécnica para Ingenieros. 3ra. ed. Edit. Omega.

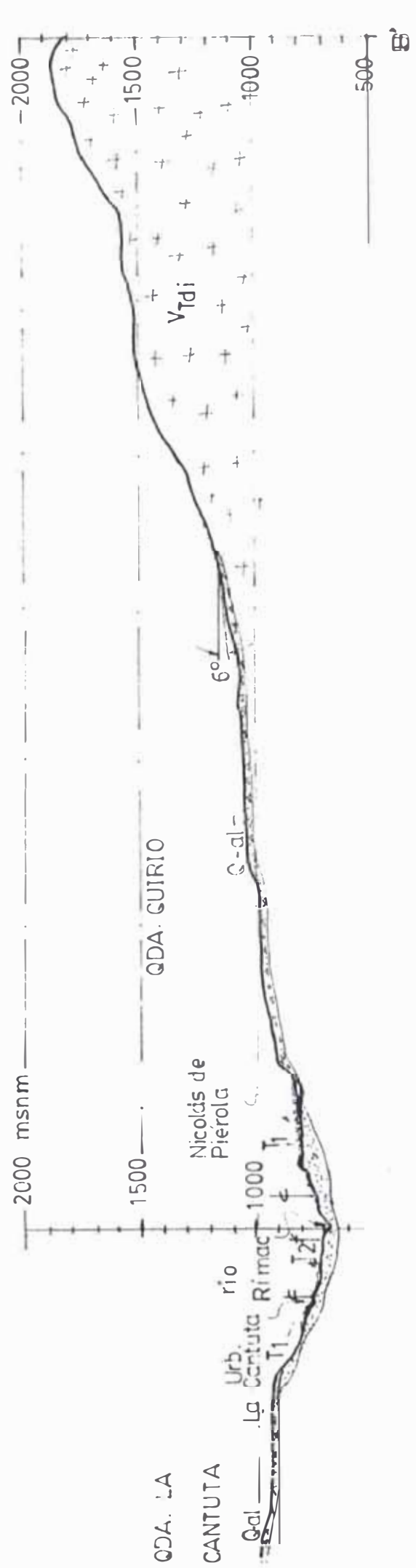
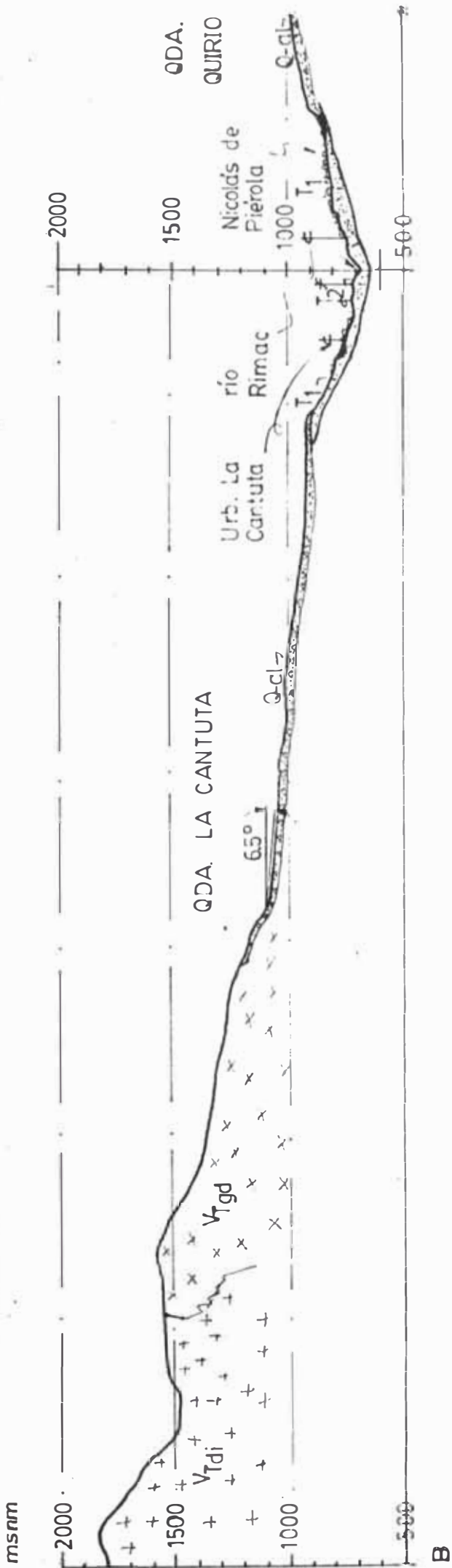
Barcelona. 829 pp.

17. LEGGET, R. 1950. Geología para Ingenieros, relaciones entre los estudios geológicos y la ingeniería. 1ra. ed. Edit. Gili. Barcelona. 608 pp.
18. LEOPOLD, L; GORDON, W; MILLER, J. 1964. Fluvial processes in Geomorphology. 1ra. ed. Edit. Freeman. San Fco. 522 pp.
19. MARTINEZ, A. 1986. Modelo del estudio Geotécnico Básico de huacos, aluviones, alud-aluviones e inundaciones. III Congr. Nac. de Ing. Cajamarca, Perú. CIP. 35-38 p.
20. MARTINEZ, A. 1970. Análisis sobre huacos, aluviones, alud-aluviones ante el efecto sísmico en el Perú- Terremoto del 31 de Mayo de 1970. Reunión Andina de Seg. Sísmica. PUC, CIDA. Lima, Perú. 21 pp.
21. MARTINEZ, A. 1978. Enseñanzas y reflexiones sobre problemas geotécnicos en el Perú. Pub. LGGA # 70, UNI. 20pp.
22. MARTINEZ, A. 1980. Apreciaciones Geotécnicas al Mapa de Regionalización Sísmica del Perú. Pub. LGGA 87 UNI. 12 pp.
23. MEINZER, O. 1942. Hidrology. Dover Publications, Inc. New York. XI, 712 pp.
24. NOBLE, D ; MEGARD, F. et al. 1978. Eocene uplift and un-

- roofing of the Coastal Batholith near Lima, Central Perú. Jour. of Geol. The Univ. of Chicago Press. Illinois, US. (86) : 403-405.
25. PANIUKOV, P. N. 1981. Geología Aplicada a la Ingeniería. 1ra. ed. Edit. MIR. Moscú. 319 pp.
  26. PATIÑO, R. 1968. Algunas características petrográficas del Batolito Costero (Lima). Tesis UNMSM. Lima, Perú.
  27. RICE, R. J. 1933. Fundamentos de Geomorfología. Edit. Parinifo. Madrid. 329. pp.
  28. SOVERI, U. 1960. Applied Geology. Intern. Geol. Congress Report 21 Sess. Norden Part XX. Edit. Utpu Soveri & Ole Perthelsen. 93 pp.
  29. TAYPE, V. 1984. Apuntes de clases sobre Geología Aplicada a construcciones. UNI, FIGMM.
  30. VALDERRAMA, G. J. 1970. Estudio de aguas subterráneas del valle del Lurin. Tesis UNMSM. Lima, Perú.
  31. WAHLER, W. A. Riesgos ambientales, su manejo y reconocimiento. Est. Nro.5 - Est. Nro.8, Oleoducto Nor-Peruano. Rep. Básic. DEETCO. Lima, Perú. 45 pp.

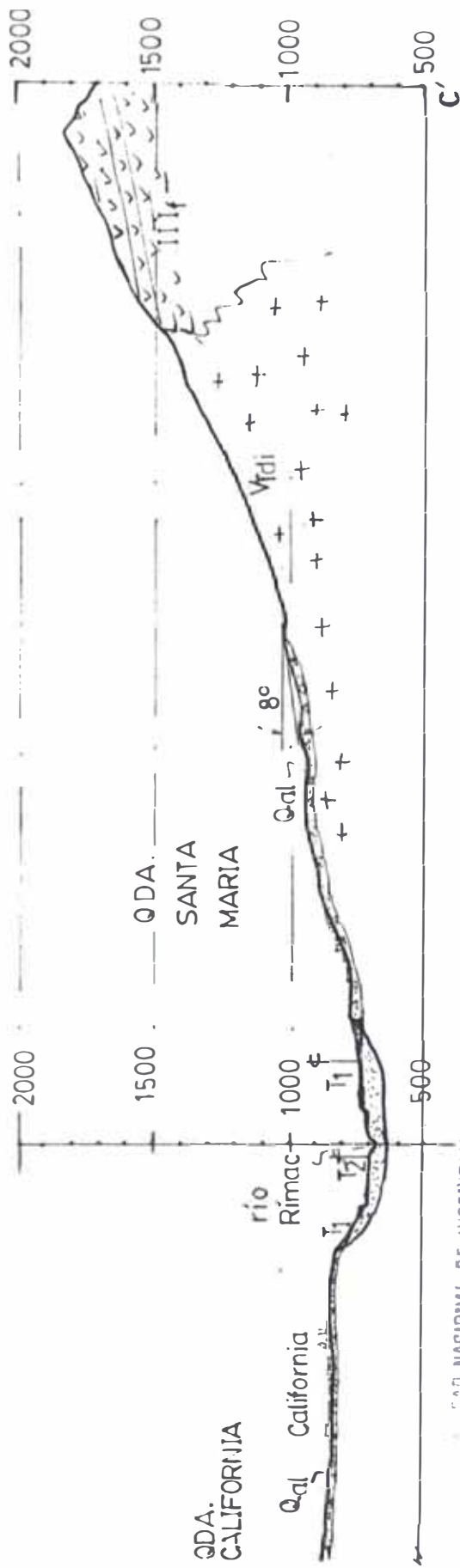
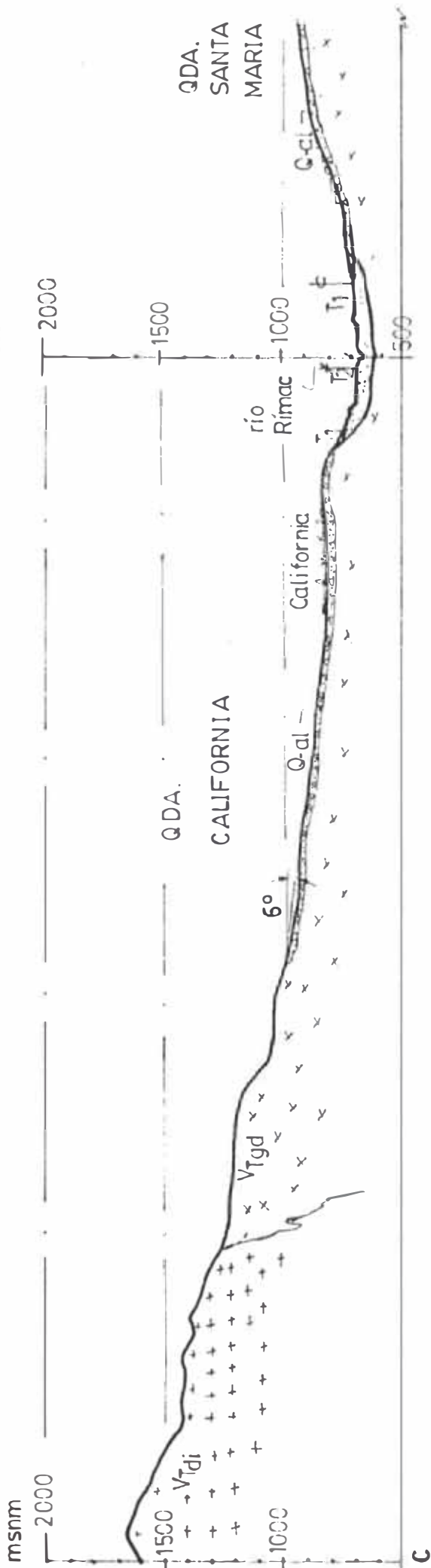


CORTES TRANSVERSALES DEL RIO RIMAC  
A-A' ESC. 1/25,000



CORTE TRANSVERSAL B-B' AL RIO RIMAC ESC. 1:25000





INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA  
BIBLIOTECA CENTRAL

ESC.: 1/25000

C - C'

CORTE TRANSVERSAL

JEFATURA