

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica

Minera y Metalúrgica



ESTUDIO GEOLOGICO Y GLACIOLOGICO  
DEL NEVADO HUAYTAPALLANA Y  
SU INCIDENCIA EN LAS LAGUNAS  
CUENCA DEL RIO SHULLCAS  
HUANCAYO

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO GEOLOGO**

RUBEN MAZA RUBINA

Promoción "Bodas de Plata"

1989 - I

LIMA - PERU

1992

**ESTUDIO GEOLOGICO Y GLACIOLOGICO DEL NEVADO  
HUAYTAPALLANA Y SU INCIDENCIA EN LAS LAGUNAS CUENCA  
DEL RIO SHULLCAS-HUANCAYO**

**INDICE**

Indice .....	002
<b>I. INTRODUCCION</b>	
1.1. Objetivo y Alcance .....	008
1.2. Ubicación .....	008
1.2. Acceso .....	010
1.2. Información Básica .....	011
<b>II. ALUVION DEL 28 DE DICIEMBRE DE 1990</b>	
2.1. Introducción .....	013
2.2. Evaluación e Inspección del Aluvión .....	015
2.2.1. Origen y Efectos .....	017
2.2.1.1. Origen .....	017
2.2.1.2. Efectos .....	020
2.2.1.3. Efectos en Huancayo .....	029
<b>III. ASPECTOS GLACIOLOGICOS DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA</b>	
3.1. Introducción .....	035
3.2. Cordillera Huaytapallana .....	037
3.2.1. Extensión Volumen y Altitudes de la Cordillera Huaytapallana .....	039
3.2.2. Distribución de la Areas Glaciares en la Cordillera Huaytapallana .....	042
3.2.3. Clasificación de Glaciares .....	042
3.2.3.1. Apéndice de definiciones para la clasificación de los Gla- ciars .....	044
3.2.4. Tipos de Glaciares-Huaytapallana .....	045
3.2.5. Area y Orientación de los Glaciares de la Cordillera Huaytapallana .....	052
3.2.5.1. Area y Orientación de los Gla-	

	ciaras que drenan la cuenca de río Mantaro .....	056
3.2.5.2.	Area y Orientación de los Gla- ciaras que drenan la cuenca de río Shullcas .....	060
<b>IV. GEOLOGIA LOCAL</b>		
4.1.	Geomorfología .....	065
4.2.	Estratigrafía .....	068
4.2.1.	Complejo Huaytapallana .....	068
4.2.2.	Grupo Excelsior .....	069
4.2.3.	Grupo Copacabana .....	069
4.2.4.	Grupo Mitu .....	070
4.2.5.	Grupo Pucara .....	071
4.2.6.	Depósitos Cuaternarios .....	071
4.2.7.	Rocas Intrusivas .....	074
4.2.	Estructuras Geológicas .....	075
<b>V. SISMICA</b>		
5.1.	Zonas Sísmicas .....	079
5.2.	Rasgos Sísmicos en la cuenca del río Shullcas .	080
5.2.1.	Principales sísmos .....	086
5.2.2.	Parámetros sísmicos .....	087
<b>VI. GLACIOLOGIA</b>		
6.1.	Introducción .....	091
6.1.1.	Zonas de un Glaciar .....	095
6.2.	Observaciones Glaciológicas en la cuenca del río Shullcas .....	098
6.3.	Antecedentes de las mediciones de control Glaciológicas .....	105
6.3.1.	Cordillera Blanca .....	105
6.3.1.1.	Glaciar Yanamarey .....	108
6.4.	Mediciones de Control Glaciológico .....	112
6.4.1.	El retroceso de los Glaciares .....	113
6.4.2.	Mediciones de la variación de posición del frente .....	114

6.4.2.1. Fluctuaciones del frente - Glaciar 1D3522DGA1 .....	115
6.4.2.2. Fluctuaciones del frente - Glaciar 1D3522DGA2 .....	116
6.4.2.3. Fluctuaciones del frente - Glaciar 1D3522DGA5 .....	119
6.4.2.4. Fluctuaciones del frente - Glaciar Yanamarey .....	120
6.4.3. Balance Glaciar .....	124
6.4.3.1. Metodología .....	126
6.4.3.2. Balance de Masas del Glaciar Yanamarey .....	133
6.4.4. Velocidad de Flujo .....	133

## VII. METEOROLOGIA

7.1. Análisis meteorológico .....	146
7.1.1. Precipitación .....	146
7.1.2. Temperatura .....	158
7.1.3. Vientos .....	160
7.1.4. Radiación solar en el Nev. Huaytapallana	160
7.1.4.1. Insolación .....	162
7.1.5. Evaporación .....	163

## VIII. HIDROLOGIA

8.1. Aporte Hídrico de los Glaciares a la cuenca del río Shullcas .....	166
8.1.1. Balance Glaciar .....	166
8.2. Balance Hídrico del río Shullcas .....	173
8.2.1. Disponibilidad de agua en la cuenca del río Shullcas .....	173
8.2.2. Demandas de agua en la cuenca .....	173
8.2.3. Análisis de disponibilidad - demanda de agua en la cuenca .....	178
8.3. Análisis de máximas avenidas .....	183

## IX LAGUNAS IMPORTANTES EN LA CABECERA DE LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS

9.1. Laguna Chuspicocha .....	187
9.1.1. Batimetría e interpretación .....	191
9.1.2. Geología del vaso de la Laguna .....	195
9.1.2.1. Dique Morrénico .....	197
9.1.2.2. Roca Base .....	204
9.2. Laguna Lazuntay .....	211
9.2.1. Batimetría e interpretación .....	211
9.2.2. Geología del vaso de la laguna .....	216
9.2.2.1. Dique Morrénico .....	216
9.2.2.2. Roca Base .....	223
9.2.3. Avalancha de hielo o de roca hielo.....	230
9.2.3.1. Estimación de altura posible de olas por caídas de Avalan- chas .....	233
9.3. Laguna Runicocha .....	240
9.3.1. Geología del vaso de la laguna .....	240
9.3.2. Roca base .....	247

## X. ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ROCA BASE DE LOS GLACIARES

10.1. Estudio Geológico Estructural.....	248
10.1.1. Planeamiento del trabajo .....	249
10.1.2. Datos obtenidos .....	250
10.2. Representacion de estructuras mediante proyec- ciones Estereográficas .....	252
10.2.1. Red de Shmidt y Red Normal .....	253
10.3. Proceso Computarizado de los datos Lito- estructurales .....	253
10.3.1. Banco N°1 Roca Base del Glaciar DGA2 .	255
10.3.2. Banco N°2 Roca Base del Glaciar DGA2 .	267
10.3.3. Banco N°1 Roca Base del Glaciar DGA5 .	279
10.3.4. Banco N°2 Roca Base del Glaciar DGA5 .	292
10.3.5. Banco N°2 Roca Base del Glaciar DGA1 .	305

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	317
BIBLIOGRAFIA .....	333
ANEXOS .....	340

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

La presente tesis de grado plasma los trabajos complementarios de campo de la inspección y evaluación de daños que se realizó integrando la brigada de la UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA-HUARAZ a la zona de desastre días después de haber ocurrido el aluvión del río Shullcas-Huancayo el 28 de Diciembre de 1990.

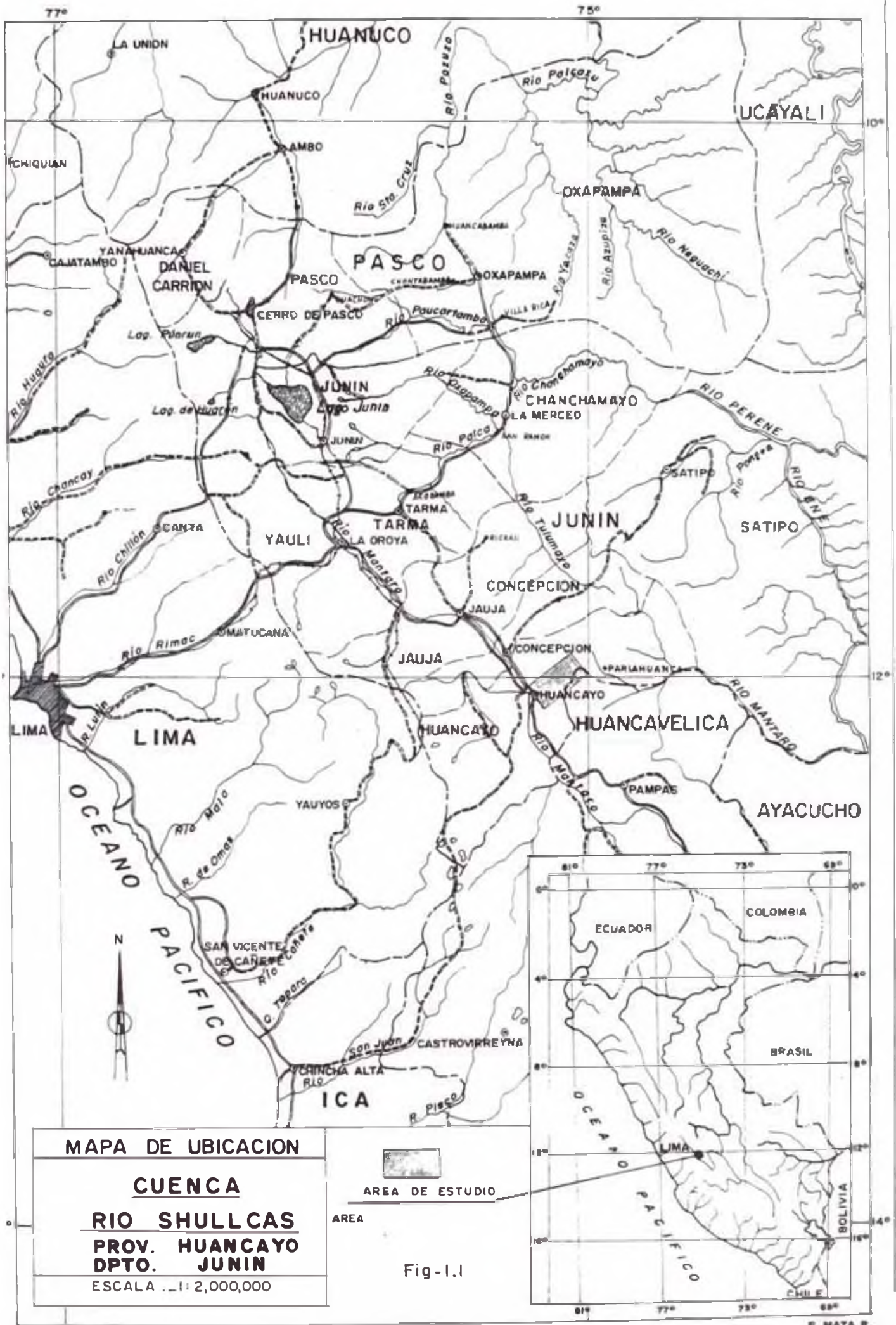
Al hacer la evaluación de daños tanto por tierra y por aire de toda la zona afectada por el aluvión, desde su origen en el área glaciar de la cordillera Huaytapallana que viene a constituir la cabecera de la cuenca del río Shullcas.

Donde se determinó que la causa de la catástrofe aluviónica fue una avalancha masiva de hielo y de roca que se desprendió de los glaciares colgados del nevado Huaytapallana, producto tanto de la dinámica del hielo asociado a factores sísmicos, geológicos, morfológicos y climáticos.

Dicha avalancha cayó sobre el vaso de la laguna Chuspicocha llegando a desbordarla con el consiguiente rompimiento de su dique morrénico frontal, para luego convertirse en un flujo aluviónico desbastador ocasionando zozobra y destrucción en todo el recorrido del río Shullcas y en especial en la ciudad de Huancayo.

Surge entonces la necesidad de prestar atención desde el punto de vista geológico a los embalses o lagunas y glaciológico a los glaciares de la cordillera Huaytapallana por la peligrosidad que significan.

Nuestro estudio es la base y parte de la geotecnia requerida en la protección de las instalaciones de infraes-





estructura y asentamientos poblacionales emplazadas en áreas de alto peligro y riesgo por desastres naturales.

### 1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo de la tesis está centrada en el estudio y análisis geológico y glaciológico en la cuenca del río Shullcas para obtener los argumentos técnicos y conocer las condiciones y características geológicas básicas así como el comportamiento de la dinámica de los glaciares.

Para determinar planteamientos y recomendaciones tendientes a definir medidas que permitan disminuir el riesgo ante eventos geodinámicos como la catástrofe aluviónica ocurrida el 28 de Diciembre de 1990, que tuvo sus orígenes en el área glaciaria de la cordillera Huaytapallana.

El estudio está centrado en la parte superior de la cuenca hidrográfica del río Shullcas, que se encuentra emplazada en el flanco Oeste de la cordillera Huaytapallana, en la cual se dará consideración a las áreas glaciares y embalses naturales o lagunas que drenan la cuenca del río Shullcas.

### 1.2. UBICACION

La cuenca del río Shullcas se ubica en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Acopalca. Fig. 1.1.

Sus coordenadas geográficas son:

11° 52' a 12° 04' Latitud Sur

75° 02' a 75° 12' Longitud Oeste

La cuenca del río Shullcas se encuentra ubicada en la vertiente occidental del nevado Huaytapallana. Los nacientes del río Shullcas está formado en su parte más alta por la Laguna Lazuntay, Chuspicocha, Ancapuachanan y Runicocha principalmente y otras cubetas en formación; que fluyen hacia la cuenca a través de la quebrada Chuspi y Anlayaco ambas quebradas se llegan a unir en el paraje Ucushcancha para dar origen al río Shullcas.

Al Suroeste de la hacienda Acopalca y en lo que puede considerarse la parte media de la cuenca también en la margen izquierda del río Shullcas confluye la quebrada Pacchapata por donde provienen las aguas de la laguna Huacracochoa.

Fisiográficamente, presenta características muy peculiares, ya que un buen porcentaje de área está constituida por nevados y por formaciones rocosas muy empinadas; existiendo muy poca vegetación, variando conforme disminuye su altitud, encontrándose mayor cobertura vegetal y menores pendientes, en la parte más baja.

A partir de la central Hidroeléctrica Chamisería se desarrollan numerosos asentamientos poblacionales en ambas márgenes del río Shullcas siendo los más importantes: La hacienda y pueblo de Chamisería, Pañaspampa y Vilcacoto y; en la parte más baja atravieza la ciudad de Huancayo donde existen una serie de barrios y asentamientos humanos que se emplazan en o cerca al cauce del río.

En la parte final confluye con el río Mantaro en su margen oriental.

Las características principales de la cuenca del río Shullcas son:

Punto más alto	: 5,557 msnm (cumbre del nevado Huaytapallana)
Punto más bajo	: 3,183 msnm (desembocadura del río Mantaro)
Longitud máxima	: 33.5 Km
Ancho máximo	: 12.5 Km
Ancho Promedio	: 9.2 Km
Area de la Cuenca	: 197.08 Km <sup>2</sup> .
Area Glaciar de la cuenca	: 6.59 Km <sup>2</sup> .
Pendiente Máxima	: 51% (Zona-glaciar laguna Chuspicocha)
Pendiente mínima	: 2% (varios tramos ver perfil longitudinal)
Pendiente promedio	: 4.7 % (entre la laguna Chuspicocha y el puente ferrocarril).

### 1.3. ACCESO

El acceso a la zona de estudio se efectúa de la siguiente manera:

Lima-Huancayo, a través de la carretera central de penetración a la zona central del Perú (310 Km).

- De Huancayo en dirección Noreste se penetra a la cuenca del río Shullcas a través de una carretera afirmada que

recorre paralela al río y pasa por los poblados de Vilcacoto, Pañaspampa, Chamiseria, Acopalca y se llega hasta el paraje Tinco (21 Km). A partir del cual existen dos vías de penetración a la cabecera de la cuenca del río Shullcas.

- Una es siguiendo el recorrido anterior con dirección hacia Pariahuanca hasta el lugar denominado Jaracocha (28 Km) donde existe una carretera afirmada de acceso a la laguna Lazuntay (32 Km).

La otra vía de acceso es a través de la carretera afirmada que va hacia la mina Reyna, que pasa por el cañón de Ayamachay, y llega hasta el paraje Chuspipampa (30 Km), de donde se sigue un camino de herradura hasta llegar a la laguna Chuspicocha (33 Km).

De esta manera se accede a la zona que constituye la cabecera de la cuenca del río Shullcas que está conformado por el flanco occidental del majestuoso nevado Huaytapallana donde está centrado nuestro estudio.

Es preciso indicar que en la actualidad, las principales vías de acceso antes mencionadas fueron destruidas, en tramos, por el aluvión que recorrió el río Shullcas.

#### **1.4. INFORMACION BASICA**

##### **Cartografía-Topografía**

Se ha empleado la siguiente información:

En la actualidad el Instituto Geográfico Nacional, publica hojas de la Carta Nacional, a escala 1: 100,000 realizados por fotogrametría, en base a aerofotografías tomadas el año 1962, cubriendo casi todos los macizos cubiertos de glaciares en la cordillera Huaytapallana.

- El servicio Cartográfico del Ministerio de Agricultura ha realizado un levantamiento por fotogrametría a la escala: 1: 25,000, en base a las aerofotografías USAF-AST 1962-63, delimitando las áreas glaciares de la cordillera Huaytapallana.
- Planos topográficos de las lagunas Chuspicocha y Lazuntay a escala 1: 2,000, elaborado por INGEOMIN-Glaciología y seguridad de lagunas- Huaraz, 1977.
- Planos topográficos y batimétricos de las lagunas Chuspicocha y Lazuntay, elaborado por INGEMMET-Glaciología y seguridad de lagunas-Huaraz, 1980.
- Planos a diferentes escalas, elaborado por Plan Meris, en sus estudios: "Diagnóstico del valle del Mantaro" y "Planteamientos Hidráulicos del sub-proyectos del valle del Mantaro".
- Serie de planos a diferentes escalas elaborados durante la etapa de emergencia por el aluvión del río Shullcas, 1991.

Fotografías aéreas del mosaico de la cordillera Huaytapallana y la cuenca del río Shullcas, líneas de vuelo USAF-AST-9 del 16-Jun-62 y 20-Nov-62.

- Filmación aérea, por helicóptero, y terrestre durante la inspección del aluvión del Shullcas-Glaciología e Hidrología, Huaraz; Defensa Civil-Huancayo y el comité de emergencia del Shullcas, 1991 Enero.

Toda esta documentación cartográfica, fotográfica y fílmica constituye un material invaluable para el presente estudio.

## CAPITULO II

ALUVION DEL

28 DE DICIEMBRE DE 1990

## CAPITULO II

### ALUVION DEL 28 DE DICIEMBRE DE 1990

#### 2.1. INTRODUCCION

El 28 de Diciembre de 1990 miles de familias que se emplazaban en las márgenes del río Shullcas, desde sus nacientes en el sector del nevado Huaytapallana hasta el corazón y zona céntrica de la Ciudad de Huancayo, fueron sorprendidos por una de las más grandes y dantescas tragedias ocurridos en la región en los últimos años, que estremeció la Ciudad de Huancayo aproximadamente a las 15:15 horas.

El desastre fué ocasionado por el sorpresivo y acelerado aumento del caudal del río Shullcas que llegó hasta 290 m<sup>3</sup>/seg medida en la estación de aforó de Vilcacoto. A consecuencia del desbordamiento de la Laguna Chuspicocha producto de una avalancha que se desprendió del flanco oeste del nevado Huaytapallana.

El río Shullcas se convirtió en torrentes de agua que furiosamente se salieron de su cauce, destruyendo todo lo que encontraba a su paso, en medio de la angustia y desesperación de miles de personas.

La muerte y la destrucción llegó sorpresivamente, "*Dios mio que está pasando ?*" fue la terrible interrogante que se hacían los miles de damnificados que impotentes no llegaban a comprender como las furiosas y torrentosas aguas del río Shullcas devoraban y arrazaban sus viviendas y pertenencias.

Ya no había nada que hacer, las embravecidas aguas del Shullcas provocó un panorama de llanto, deses-

Se hallan desaparecidos

MAS DE 2 MIL DAMNIFICADOS NECESITAN AYUDA INMEDIATA

Fuerte ruido precedio la terrible tragedia

Río Shullcas desató toda su furia

¡MUERTE, DOLOR Y DESTRUCCION!

Nadie sabra cuantos han desaparecido

- DECENAS DE MUERTOS Y DESAPARECIDOS
- RESCATAN CUATRO CADAVERES
- 300 CASAS BORRADAS DEL MAPA, CON MAS DE MIL DAMNIFICADOS
- AGUAS FURIOSAS SE LLEVARON ANIMALES, VEHICULOS, CULTIVOS, ARTEFACTOS ELECTRICOS, ETC.

EN CUALQUIER MOMENTO PUEDE OCURRIR UNA NUEVA TRAGEDIA

ALUD DE NIEVE DESBORDO A LA LAGUNA CHUSPICOCHA

Policia rescató 4 cadáveres

SHULLCAS ARRASO BARRIO SALCEDO Y AA.HH. SANTA ROSA

Peligrosamente aguas se almacenan en 2 lagunas

Aluvión aisló pueblos de Pariahuanca y Acobamba

Policia rescató 4 cadáveres

Anuncio Jefe Nacional de Defensa Civil  
Expertos en Deglaciación de Electro Perú  
Irán a Observar Falla Geológica Huaytapallana

Ultimo minuto  
RUPTURA DE PUENTE  
EMBALZO LAS AGUAS

El saldo trágico  
8 MUERTOS 30 HERIDOS Y 10 DESAPARECIDOS

¡Si, un aluvión puede hacer desaparecer a todo Huancayo!

Caída de glaciér amenaza con desbordar ríos en Huancayo  
Existente Latente Peligro de Desborde en Lagunas  
Se deben tomar medidas de seguridad  
Huancas exigen estar muy bien informados  
de Huaytapallana

Por desperfectos en el sistema de captación  
Nos quedamos sin agua potable  
Cresta de nieve del "Huaytapallana" inminente peligro

Fig - 2.1



peración y desolación. La tragedia dejó como terrible saldo, desaparecidos, viviendas destruidas y miles de damnificados. Quienes en medio de dramáticas escenas trataban de remover los escombros de sus destruidas viviendas. Ver Fig - 2.1.

La ayuda durante la emergencia estuvo orientada a socorrer a los damnificados principalmente por el INDECI, LA CRUZ ROJA y entidades de ayuda Nacional e Internacional, brindándoles alimentos, carpas, frazadas etc.; la atención se centró en el área urbana mientras que en las zonas rurales que quedaron aisladas por la destrucción de las vías de acceso, por lo que la ayuda llegó tarde y algunos casos nunca llegó.

## 2.2. EVALUACION E INSPECCION DEL ALUVION

A raíz del devastador aluvión que a través del río Shullcas a su paso dejó destrucción y dolor, se realizaron trabajos de inspección y evaluación de daños en toda la zona afectada y a la vez determinar el origen de la catástrofe, que hasta ese momento era incierta.

La evaluación de daños se hizo con la UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA /-Huaraz, en coordinación con la gerencia adjunta de ELECTROPERU S.A. y el Sistema Nacional de Defensa Civil-Lima. Y la región Andrés Avelino Cáceres.

En el equipo Técnico Científico conformado, intervinieron:

Ing. César Arguedas

Jefe del comité Científico Técnico del Instituto Nacional de Defensa Civil - Lima.

- Ing. Marco Zapata I. Jefe del Departamento de Glaciología y Geología de la UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA Huaraz.
- Ing. Jorge Villafana Director de Operaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil - Lima.
- Ing. Edwin Zorrilla D. Miembro del Comité de Emergencia Shullcas Huancayo.
- Ing. Tito Mallma C. Miembro del comité de Emergencia Shullcas Huancayo.

#### APOYO TECNICO

- Bach. Ruben Maza R. . Bach. en Ingeniería Geológica. (UNI) UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA -Huaraz.
- Bach. Armando Dopaz D. . Bach. en Ingeniería Civil (UNASAM) UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA - Huaraz.
- Sr. Alfredo Moreno S. .secretario Técnico Regional de la Oficina de Defensa Civil Región " Andrés Avelino Cáceres " - Huancayo.
- Sr. Gustavo Moreano M. - Miembro de la Oficina de Defensa Civil Región Andrés Avelino Cáceres " - Huancayo.
- Sr. Jesús Carvo Quijada. Miembro de la Oficina de Defensa Civil Región Andrés Avelino Cáceres " - Huancayo.

#### FILMACION:

- Sr. Ger Prakken Representante de la Iglesia Huancayo.

La labor encomendada al equipo estuvo orientada predominantemente a determinar las causas del aluvión, efectos del mismo y el planteamiento de recomendaciones y medidas que permitan disminuir el grado de riesgo y en lo posible otorgar seguridad física en una etapa de

emergencia para las poblaciones emplazadas en las zonas de influencia del río Shullcas.

Con el apoyo de un Helicóptero FAP del Ejército se efectuaron vuelos para la evaluación de daños a través de todo el recorrido del río Shullcas hasta sus nacientes en el flanco occidental del nevado Huaytapallana, llegándose a determinar que el origen del aluvión estaba en la laguna Chuspicocha, y desde el aire se apreciaba un cuadro impresionante debido al poder destructivo ocasionado por el desborde de la laguna.

Posteriormente luego de haber localizado el origen del aluvión, se tuvo que realizar una evaluación por tierra de toda la zona afectada a través de todo el recorrido del río Shullcas, desde la misma Ciudad de Huancayo hasta la laguna Chuspicocha en la base del nevado Huaytapallana.

Fue un trabajo difícil ya que en algunos sectores no se encontraban vías de acceso, porque todo había sido arrasado.

### **2.2.1. ORIGEN Y EFECTOS**

#### **AVALANCHA**

El aluvión ocurrido el 28 de Diciembre a lo largo del trayecto del río Shullcas, tuvo su origen aproximadamente a una altitud de 5,100 m.s.n.m., proveniente de la cara Oeste del nevado Huaytapallana Norte (5,486 m.s.n.m.), como consecuencia de una avalancha de roca-hielo que al desprenderse, incidió directamente sobre la parte posterior izquierda del vaso de la laguna Chuspicocha, produciendo adicionalmente el movimiento

y fuertes oleajes de agua que llegó a desbordar y erosionar el dique morrénico frontal de la laguna.

Según informaciones obtenidas de los lugareños cercanos, la avalancha se desprendió aproximadamente a las 13:00 horas.

El observatorio sísmico de Huayao-Huancayo, en esos instantes registraban réplicas de movimientos sísmicos (ver registro sísmico). Dichas vibraciones sísmicas estaban relacionadas con la falla activa Huaytapallana. Fig. 5.4.

Se ha observado directamente en el campo que las masas glaciares que alimentan la laguna Chuspicocha, ya están desconectadas del mismo producto del desprendimiento. Presentándose en calidad de colgantes con frentes muy agrietados y están experimentando un fuerte grado de ablación y retroceso.

En lo que corresponde específicamente a la misma zona de avalancha, ésta presenta características antes descritas, sumándose que el plano de contacto glaciar y la roca base es de fuerte pendiente y después de producido el desprendimiento las condiciones morfológicas han experimentado variación esto es notorio en su dique morrénico frontal y en la nueva línea perimetral del espejo de la laguna.

Se ha esquematizado un perfil observándose que el talud alcanzado por la avalancha es de  $45^\circ$  conformado por el material depositado por la misma, este talud se incrementa en  $70^\circ$  para luego convertirse en una pared vertical que corresponde



*FOTO N<sup>o</sup> 2.1: la destrucción fue total en el barrio Manchego Muñoz, zona céntrica de la ciudad de Huancayo. En este sector se produjo un gran represamiento aguas arriba del puente Ferrocarril ya que el ducto del mismo no puede soportar el gran caudal de las torrentosas y turbulentas aguas del río Shullcas. Llegando a taponearla y ocasionar un represamiento. (ENE - 91)*

a un farallón de roca Gneísica correspondiente a la roca base del glaciar, Planos Nos VCH-01, VCH-02.

Se estimó que el volumen inicial desprendido de roca-hielo y nieve fue del orden de los 1'800,000 m<sup>3</sup> y aun cuando se ha producido una descarga significativa, las masas glaciares que forman parte de la cubeta de la laguna Chuspicocha presentan todavía frentes colgantes y agrietados.

#### 2.2.1.2. **EFFECTOS**

La acción destructora del flujo aluviónico se presentó a lo largo del cauce principal del río Shullcas, erosionando los terrenos de cultivo ribereños, kilómetros de carretera, caminos, puentes; arrasando bosques de eucaliptos, destruyendo infraestructuras hidráulicas: bocatonas, canales, una central hidroeléctrica, etc.

En los centros poblados el impacto y los daños son mayores, sobre todo en la que corresponde a la vivienda y daños humanos. Foto 2.1.

El impacto del desastre también incidió en el aspecto económico y social de las poblaciones que directa o indirectamente están vinculadas con la cuenca del río Shullcas. Foto 2.2.



*FOTO NO 2.2: El aluvión del río Shullcas ocasionó destrucción, pérdidas incalculables y muerte en la ciudad de Huancayo, donde sólo quedaron árboles como mudos testigos de la catástrofe. (ENE - 91).*

### **Efectos sobre la laguna Chuspicocha**

Con la finalidad de establecer el estado final-actual, post avalancha de la laguna Chuspicocha, es preciso indicar que la trayectoria de la corriente inicial principal que generó el desprendimiento de roca-hielo y nieve, incidió en forma directa hacia la morrena lateral derecha, que debido a su estabilidad contuvo el impacto de la avalancha obligando a un cambio de dirección hacia el dique morrénico frontal el cual fue rebasado y erosionado, sobre todo en el talud externo que experimentó la pérdida aproximada de 300,000 m<sup>3</sup> de material morrénico incrementando el volumen del flujo aluviónico.

Se efectuaron mediciones y observaciones de campo determinándose.

- 1.- El nivel original del espejo de agua de la laguna había descendido 7 m. en vertical como consecuencia del desborde llegándose a evacuar 1'550,000 m<sup>3</sup> de agua.
- 2.- Parte del material producto de la avalancha ha quedado depositado formando un talud al pie del farallón de roca gneísica, en el sector posterior izquierdo de la laguna, modificando el perímetro original. De tal manera que el estado actual de la laguna



Chuspicocha nos muestra una morfología muy variada.

- 3.- Tanto en la parte posterior de la laguna así como en el dique morrénico erosionado se observó grandes bloques de hielo y roca, algunas de las cuales alcanzaban dimensiones hasta de 10 por 15m. las cuales fueron arrastradas por la avalancha.
- 4.- La laguna actualmente sigue desaguan- do mediante un canal natural abierto a través del dique morrénico desbor- dado que se inicia en el extremo suroeste del espejo de agua, haciendo notar que a una distancia de solo 80 m. se ubica el ápice del área erosionada en la cara exterior, en donde se tiene una caída fuerte de agua y está ocurriendo una erosión de carácter regresivo causado por el rebose.

### **Efectos a través del río Shullcas**

Se ha trazado el perfil longi- tudinal de la trayectoria del aluvión (ver plano N<sup>o</sup> PSH-01), notándose que a partir de la laguna Chuspicocha, hasta las confluencias de las quebradas Chuspi y Anlayaco la pendiente es suave (2%), en esta zona el grado de erosión fue bajo inclusive en algunas áreas quedó depositado material aluviónico.

Desde el punto de confluencia antes mencionado hasta el paraje Tinco la gradiente aumenta entre 7% - 10% y es a partir de Tinco en que el río Shullcas en gran parte de su recorrido se muestra como un valle encañonado, estrecho y encajonado con flancos escarpados, en el cual el río profundiza su cauce y ejerce una erosión lateral en los depósitos cuaternarios, lo que incidió en la desestabilización de los taludes y ha favorecido la velocidad de flujo aluviónico e incremento del volumen de arrastre del material.

Esto ha sido comprobado al haberse producido la destrucción de la carretera Tinco-Acopalca-Vilcacoto, así como numerosos derrumbes y los deslizamientos observados entre los Kms. 12 al 15 del 20 al 21 (punto referencial de partida de la carretera: Huancayo 0.00 Km.)

A continuación se describe en forma resumida la evaluación de los principales daños ocasionados entre Tinco, Acopalca y el poblado de Vilcacoto ocasionados por el flujo aluviónico.

**Tinco** (4,100 m.s.n.m. Km 21 carretera Huancayo-Pariahuanca)

En este sector no se encontró la plataforma de la carretera Tinco-Mina Reyna debido a que fue destruido, en este sector estaba ubicado el puente Tinco del

cual solo se encontró el estribo de la margen derecha.

**Hacienda Acopalca** (3,950 m.s.n.m. Km 18 carretera Huancayo- Pariahuanca).

Este pueblo está ubicado en la margen izquierda del río Shullcas no fue afectado mayormente, debido principalmente a la existencia de un macizo rocoso ubicado aguas arriba de Acopalca el cual varió el curso del flujo aluviónico protegiendo al pueblo.

Sin embargo cuando el flujo aluviónico volvió a su curso normal se produjo una erosión fuerte a la margen izquierda, de tal manera que actualmente existe un barranco cuyo borde superior ha quedado muy cerca a las viviendas del lado Este de Acopalca.

**Central Hidroeléctrica Chamiseria Nº 3**  
(3,600 m.s.n.m.)

La casa de fuerza de la Central Hidroeléctrica se emplaza prácticamente en el mismo cauce y en la margen derecha del río Shullcas la cual carecía de todo tipo de obras de protección ante avenidas extraordinarias.

Se pudo observar que la obra de infraestructura resistió eficazmente sin haberla desestabilizado, pero fue total-

mente inundada afectando las obras electromecánicas.

Cabe mencionar que frente a esta central se produjo un gran deslizamiento.

**Pueblo de Chamiseria** (3,550 m.s.n.m.)

En este sector las viviendas no fueron afectadas en gran magnitud por encontrarse a una altura considerable respecto al cauce del río, solo en algunos puntos se produjo socavamiento en las bases de las viviendas.

Aguas arriba está ubicada la bocatoma del canal que transporta las aguas del río Shullcas hacia la planta de tratamiento de SEDA-JUNIN, la cual quedó totalmente destruida, colmatada de bloque de rocas y sedimentos que transportaban el aluvión.

**Pueblo de Vilcacoto y Pañaspampa** (3,450 m.s.n.m.)

Se encuentra emplazada en la margen izquierda del río Shullcas, en el inicio del cono deyectivo del río y sobre terrazas aluviales formadas por el mismo.

Fue en este punto donde el aluvión generó un gran poder destructivo llegando arrazar las viviendas, la mayoría de las cuales eran construcciones de

adobe que se emplazaban en o cerca del cauce del río. **Foto 2.3.**

El puente Vilcacoto que une este pueblo con la comunidad de Cochab quedó destruido aislando a las comunidades de la margen derecha. **Foto 2.4.**

### **Carretera Vilcacoto-Acopalca-Tinco**

El aluvión que dejó una secuela de drama, dolor y llanto también sumió en la angustia a una veintena de pueblos que se encuentran en la zona de Pariahuanca y Acopalca los cuales quedaron aislados e incomunicados.

Los torrentes del río Shullcas destruyeron aproximadamente 15 kilómetros de plataforma de la carretera de penetración de la vía Huancayo-Acopalca.

Desde al anexo de Vilcacoto, Pañaspampa hasta el paraje Tinco, la carretera fue borrada en varios tramos, generando deslizamientos de gran magnitud debido al socavamiento del pie de su talud.

Se debe considerar que aguas arriba del paraje Tinco se encuentra el cañon Ayamachay, por donde atravezaba la carretera de penetración hacia el paraje Chuspipampa y hacia la mina Reyna la cual fue destruida ya que en este sector el aluvión generó una gran energía destructiva.



*FOTO Nº 2.3: Aguas arribas del puente ferrocarril en la ciudad de Huancayo, lugar donde se produjo el represamiento del aluvión ocasionando destrucción en el asentamiento huamno Santa Rosa. (ENE -91).*



*FOTO Nº 2.4: El puente ubicado en el anexo de Vilcañoto que servía de conexión entre la ciudad de Huancayo y las diferentes zonas rurales como la comunidad de Cochas fue arrasado por el aluvión, y las zonas rurales quedaron totalmente aisladas e incomunicadas. (ENE -91).*

### 2.2.1.3. EFFECTOS EN LA CIUDAD DE HUANCAYO EFFECTOS

Es evidente que en la Ciudad de Huancayo se está produciendo un denso desarrollo habitacional dentro de la influencia del río Shullcas exponiéndose a desastres naturales, si no se toman los criterios técnicos para su emplazamiento.

Esta fue la razón para que miles de familias que moraban en las márgenes del río Shullcas fueran sorprendidas por el elevado volumen de agua y lodo que rebasó el lecho del río.

Ante la angustia y la desesperación de los habitantes del barrio Salcedo, Asentamiento Humano Santa Rosa, Manchego Muñoz y otros puntos donde las viviendas construidas rústicamente fueron barridas por las furiosas aguas que arrasaban todo a su paso.

Los factores negativos que jugaron un papel importante en los daños materiales ocurridos en esta parte de la ciudad fueron el puente ferrocarril y el puente Centenario los cuales se constituyeron en verdaderos "cuellos de botella" a la llegada del aluvión. Ya que conforme pasaban los minutos, el terror cundía en toda la Ciudad al haberse taponeado los dos puentes, donde comenzaron a represarse las aguas. A esto contribuyó la cantidad de desechos, troncos y arboles que arrastraban las torrentosas aguas

impidiendo de esta manera el libre paso del río. **Fig. 2.2.**

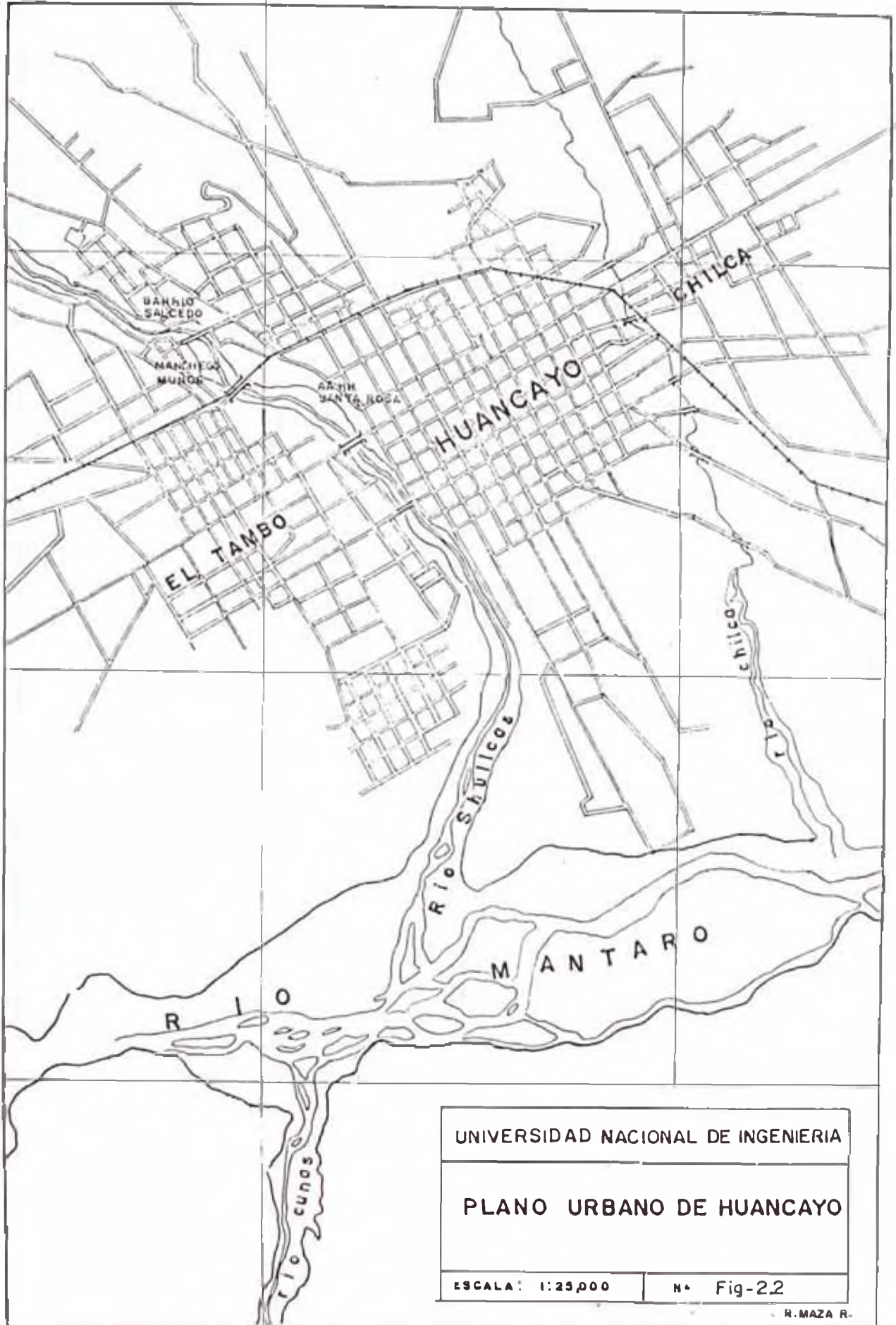




*FOTO Nº 2.5: Destrucción causada por el aluvión en los poblados de Pañaspampa - Vilcacoto y anexos de la ciudad de Huancayo, donde se aprecia que las viviendas sea emplazan en el área de inundación del río Shullcas. (ENE - 91)*



*FOTO Nº 2.6: Erosión causado por el flujo aluviónico en el poblado de Pañaspampa (Huancayo), el río Shullcas se había salido de su cauce hacia la margen izquierda, las viviendas fueron totalmente destruidas. En el perfil del basamento se aprecia material fuvio aluviónico. (ENE - 91)*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PLANO URBANO DE HUANCAYO

ESCALA: 1:25,000

Nº Fig-2.2

R. MAZA R.

CUADRO 2.1 RESUMEN DE DAÑOS CAUSADOS POR EL ALUVION DEL SHULLCAS

LOCALIDAD/ SECTOR	DAÑOS					
	HUMANOS		VIVIENDA			INFRAESTRUCTURAS
	Muertos	Heridos	100 %	50 %	25 %	
ACOFALCA- CHAMISERIA			4	-	-	-Colegio inundado parcialmente destruido -800 mts. carretera erosionada -3 puentes vehiculares destruidos -1 toma de hidroeléctrica arrasada -1 central hidroeléctrica destruida -1 toma y 30 m. canal de agua potable destruido Fotos 2.7, 2.8
PAÑASPAMPA CHULLPA- PALIAN	1	20	27	23	24	-2 puentes vehiculares rústicos destruidos -150 mts. de carretera arrasados -2 tomas de agua y parte de canal -1 ha. terreno cultivo arrasado -1/2 ha. bosque eucaliptos destruido Fotos 2.5, 2.6
COOPERATIVA CENTENARIO	-	-	1	3		-tubería de desagüe parcialmente dañados -muro de contención soterrados
BARRIO SALCEDO	7	1	18	81	24	-redes de agua y desagüe parcialmente dañados -colegio de menores inundado.
BARRIO BAJO MANCHEGO MUÑOZ			19	17	3	-instalaciones de agua y desagüe dañadas parcialmente Foto 2.1
AA.HH. SANTA ROSA			21	9	12	-instalaciones de agua y desagüe parcialmente dañadas.

## TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

Posterior a la evaluación e inspección del aluvión se realizó trabajos complementarios de campo en la cuenca del río Shullcas. Abarcando principalmente la cabecera o parte superior de la cuenca, en áreas adyacentes al nevado HUAYTAPALLANA y en las laguna CHUSPICOCHA, LAZUNTAY, RUNICOCHA Y ANCAPUACHANAN

Para la implementación de un estudio glaciológico y geológico de detalle en los frentes glaciares y su posterior evaluación en gabinete donde participamos:

### **INTERESADO EN EL PROYECTO DE TESIS:**

RUBEN MAZA R.                      Bach. en Ingeniería Geológica  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### **ASISTENTES:**

GUSTAVO VELEZ A.                Bach. en Ingeniería Geológica  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MANUEL SANCHEZ LL.            Bach. en Ingeniería Geológica  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### **ASESORAMIENTO:**

Ing<sup>o</sup> ALBERTO MARTINEZ V.    Profesor Principal de GEOTECNIA-  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGE-  
NIERIA

Dr. NESTOR TEVES R.            Profesor de la Escuela de GEO-  
LOGIA (FIGMM)  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGE-  
NIERIA

Mostrando los avances del proyecto de tesis "ESTUDIO GEOLOGICO Y GLACIOLOGICO DEL NEVADO HUAYTAPALLANA Y SU INCIDENCIA EN LAS LAGUNAS - CUENCA DEL RIO SHULLCAS -

## **TRABAJOS COMPLEMENTARIOS**

Posterior a la evaluación e inspección del aluvión se realizó trabajos complementarios de campo en la cuenca del río Shullcas. Abarcando principalmente la cabecera o parte superior de la cuenca, en áreas adyacentes al nevado HUAYTAPALLANA y en las laguna CHUSPICOCHA, LAZUNTAY, RUNICOCHA Y ANCAPUACHAN.

Para la implementación de un estudio glaciológico y geológico de detalle en los frentes glaciares y su posterior evaluación en gabinete donde participamos:

### **INTERESADO EN EL PROYECTO DE TESIS:**

**RUBEN MAZA RUBINA** Bach. en Ingeniería Geológica  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

### **ASISTENTES:**

**GUSTAVO VELEZ ARANA** Bach. en Ingeniería Geológica  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**MANUEL SANCHEZ LLANOS** Bach. en Ingeniería Geológica  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

### **ASESORAMIENTO:**

**Ingº ALBERTO MARTINEZ V.** Profesor Principal de GEOTECNIA -  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Dr. NESTOR TEVES R.** Profesor de la Escuela de GEOLOGIA (FIGMM)  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Mostrando los avances del proyecto de tesis "ESTUDIO GEOLOGICO Y GLACIOLOGICO DEL NEVADO HUAYTAPALLANA Y SU INCIDENCIA EN LAS LAGUNAS - CUENCA DEL RIO SHULLCAS -

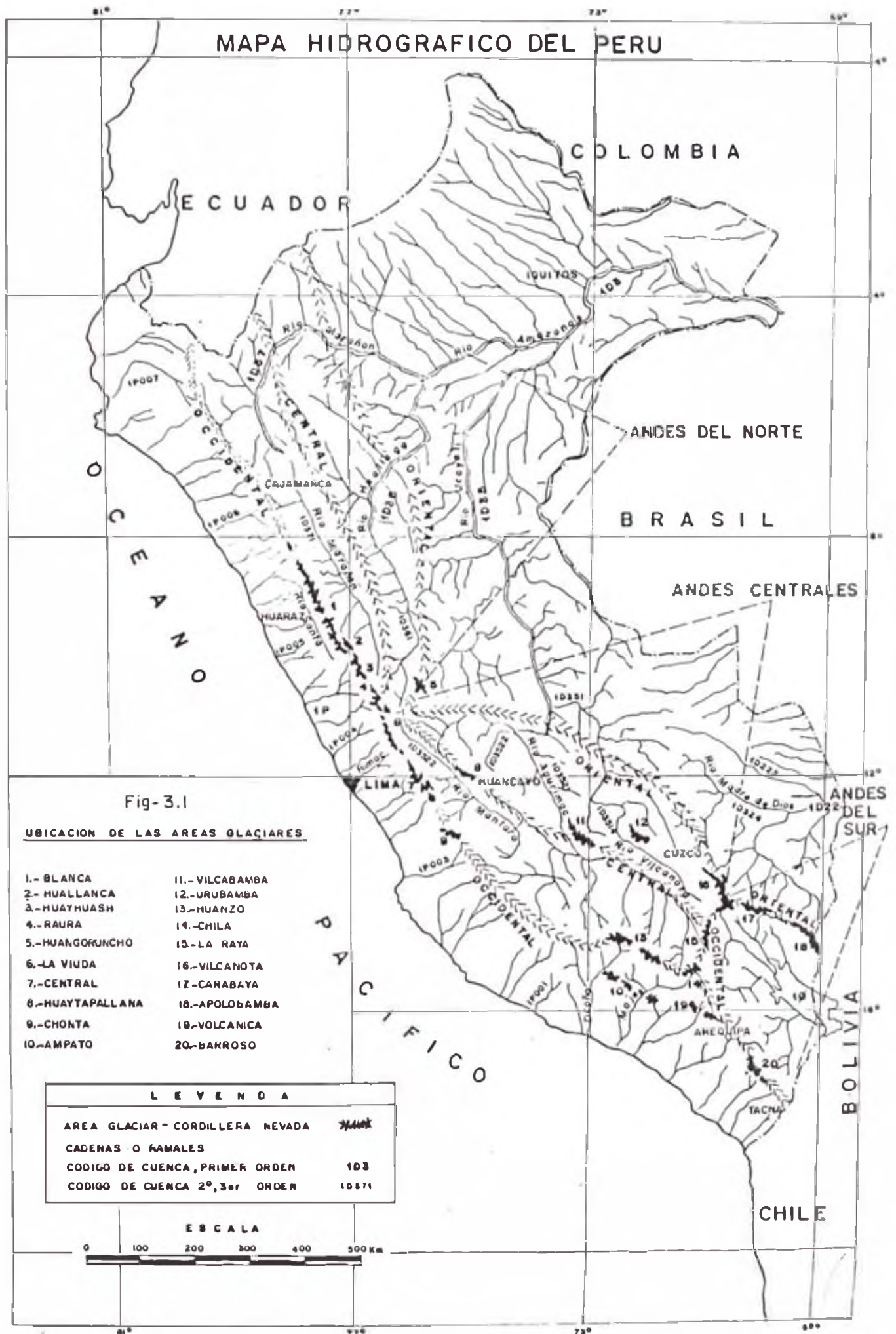
HUANCAYO". En la exposición a nombre de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGRNIBRIA. En la reunión de trabajo TECNICO CIENTIFICO Y DE DIAGNOSTICO DEL DESASTRE DE LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS.

Para el PROGRAMA DE PREVENCIOSN DE DESASTRES Y ATENCION DE EMERGENCIAS - PLAN "ALFA-CENTAURO" - INDECI - REGION ANDRES AVELINO CACERES - HUANCAYO.



*FOTO Nº 2.7 y 2.8: Vista aérea de la erosión causada por el flujo aluviónico a través del cauce del río Shullcas, ocasionando destrucción de la carretera de acceso Huancayo -Acopalca-Pariahuanca, depositando terrazas de material aluviónico. (ENE - 91)*







## CAPITULO III

ASPECTOS GLACIOLOGICOS DE LA

CORDILLERA HUAYTAPALLANA

## CAPITULO III

### ASPECTOS GLACIOLOGICOS DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA

#### 3.1. INTRODUCCION

La presencia de glaciares en determinada región geográfica, desempeña un rol muy importante en la hidrología de las cuencas.

Los glaciares constituyen verdaderas reservas naturales de agua estrechamente ligado a las condiciones climáticas locales o regionales de su entorno. Las variaciones o fluctuaciones del clima influyen notablemente en la vida de los glaciares. Su evolución o decrecimiento es una función directa de un delicado equilibrio entre la temperatura y la cantidad de precipitaciones sólidos (nieve).

Si el volumen de nieve caída en determinada cuenca glaciar en un tiempo dado (año hidrológico), sobrepasa al volumen de nieve y hielo que se funde en su superficie, éste crece y se desarrolla.

Este fenómeno se manifiesta en un incremento en toda su masa, aumentando de espesor y eliminando el exceso hacia las zonas bajas con el consiguiente crecimiento del frente o término. A este estado se dice que el glaciar está en "avance".

Cuando sucede el fenómeno contrario, el glaciar sufre una disminución de su masa, reflejado en un adelgazamiento del espesor y retroceso en sus límites inferiores, entonces se dice que esta en "receso".

El recurso hídrico es un elemento estrechamente ligado al desarrollo de los pueblos, tanto para la satis-

facción de sus necesidades primarias, como en su utilización para la generación de energía, producción de sus alimentos, etc.

En el Perú, país montañoso por excelencia por encontrarse atravesado por la cordillera de los andes (espina dorsal del Continente Sudamericano), existe 20 macizos cubiertos de glaciares.

Sus elevaciones alcanzan altitudes superiores a los 6,000 m.s.n.m.

La presencia de la cordillera de los andes en el Perú (pese a encontrarse íntegramente dentro de la región tropical sur), crea de esta manera, regiones climáticas muy diferenciadas entre sí: desde el caluroso y falto de precipitaciones de la zona costanera pasando por las regiones frías de puna y cordillera, hasta el caluroso y húmedo de la selva amazónica.

Las condiciones climáticas, preponderantemente frías, de las zonas altas cordilleranas han permitido la formación de grandes masas de hielo durante las glaciaciones del pasado, cuyos remanentes constituye las 20 cordilleras mencionadas. Uno de los exponentes es la cordillera Huaytapallana, a solo 11° de latitud sur.

### **3.2. CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

La cordillera Huaytapallana es el sistema de montañas cubiertas de glaciares centrales entre todas las cordilleras nevadas del Perú. Se encuentra ubicada en el ramal central de los andes centrales, Fig. 3.1.

La longitud de esta cordillera, desde los nevados correspondientes a las lagunas Yanacocha y

Verdecocha en la cuenca del río Perené y la subcuenca del río Tulumayo al Nor Oeste. Hasta los nevados correspondientes a las lagunas de Illaycocha en la cuenca del río Mantaro y la subcuenca del río San Fernando hacia el Sur Este. Con una orientación Norte  $30^{\circ}$  Oeste, encontrándose entre las coordenadas, en el plano N $^{\circ}$  01 se muestran las cuencas Hidrográficas de la cordillera Huaytapallana.

$11^{\circ} 35' - 11^{\circ} 58'$  Latitud Sur.

$74^{\circ} 48' - 75^{\circ} 17'$  Longitud Oeste.

Está constituido por una sucesión de cumbres nevadas interrumpidas en determinados sectores, 99 de los cuales superan los 5,000 metros de altitud sobre el nivel del mar.

La zona más espectacularmente cubierta de glaciares y donde se encuentran los picos más elevados, es aquella situada en la cabecera de la cuenca del río Shullcas al Nor Este de la Ciudad de Huancayo constituida por el grupo de nevados Chuspi, Talves, Huaytapallana, Lazuntay. Destacándose entre ellos los picos Norte y Sur del nevado Huaytapallana los mayores en altitud, cuyos flancos occidentales y orientales se hallan extensamente cubiertos de nieve.

Perpendicularmente a la orientación de la cordillera Huaytapallana, se halla cortada por numerosos valles denominados "quebradas", tanto en la vertiente occidental y oriental, una de las cuales llega a conformar la cuenca del río Shullcas que aumenta la espectacularidad del paisaje, proporcionando un contraste armonioso y bello, además que es un medio de acceso al corazón de la cordillera Huaytapallana.

Toda el área cubierta de glaciares, cubre una superficie de 59.08 Km<sup>2</sup>. Las aguas de fusión de estas masas de hielo son el origen de numerosos ríos que drenan hacia el río Mantaro a través de la vertiente occidental y son tributarios del río Perené por la vertiente Oriental.

Debido a la morfología del substrato rocoso de pendientes más suaves hacia el flanco occidental, los glaciares se presentan en mayor número y extensión hacia este lado, cubriendo un área de 41.22 Km<sup>2</sup>; mientras que hacia la vertiente oriental por la topografía mucho más abrupta, la superficie de hielo solo ocupa 17.86 Km<sup>2</sup>.

La cordillera Huaytapallana en el sector de la cuenca del río Shullcas son los de mayor facilidad de acceso desde la Ciudad de Huancayo y de los centros poblados de los valles inferiores, donde se puede llegar hasta el pie de sus cumbres en solo un día desde la Ciudad de Huancayo. Por estas ventajosas características, constituye una zona de atractivo turístico, poco difundido en la actualidad.

### **3.2. CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

#### **3.2.1. EXTENSION VOLUMEN Y ALTITUDES DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

A continuación presentamos el cuadro 3.1 comparativos de extensión y volumen y altitudes que existen entre la cordillera Huaytapallana y las ocho principales cordilleras con sus respectivas cuencas de drenaje.

CUADRO 3.1

Cordillera	Nº Glac.	Area Km <sup>2</sup>	h mts	Vol.x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1. BLANCA	722	723.37	31.25	22,604.863
2. HUALLANCA	56	20.91	20.68	432.536
3. HUAYHUASH	117	84.97	29.12	2,474.492
4. RAURA	92	55.20	24.95	1,377.290
5. LA VIUDA	129	28.60	14.90	426.083
6. CENTRAL	236	116.65	21.74	2,535.954
7. HUAGORUNCHO	80	23.40	17.20	401.652
8. HUAYTAPALLANA	152	59.08	19.41	1,146.728
9. CHONTA	95	17.85	14.30	255.009
TOTAL	1679	1130.03	28.01	31,654.607

**h** = Promedio de espesor del glaciar en metros.

$$h = a + b\sqrt{A}$$

Donde:

**h** = espesor promedio del hielo

**a y b** = parámetros arbitrarios determinados por experiencia

**A** = área del glaciar

Los valores encontrados para **a** y **b** son 5.4 y 15.2 respectivamente

CUADRO 3.2

ALTITUDES - NUEVE CORDILLERAS

CODIGO	CUENCA	CORDILLERA	RIO	MAXIMA	MINIMA	PROM. MAXIMA	PROM. MEDIA	PROM. MINIMA
1P005	PACIFICO	BLANCA	SANTA	6763	4225	5436	5099	4819
1P0051	"	"	PATIVILCA	5289	4725	5200	5019	4981
1D371	ATLANTICO	"	MARAÑON	6375	4225	5302	4900	4700
1P0051	PACIFICO	HUALLANCA	PATIVILCA	5310	4400	5179	4972	4807
1D371	ATLANTICO	"	MARAÑON	5353	4715	5104	4987	4810
1P0051	PACIFICO	HUAYHUASH	PATIVILCA	6617	4150	5343	5116	4906
1D371	ATLANTICO	"	MARAÑON	6617	4225	5530	5075	4831
1P0051	PACIFICO	RAURA	PATIVILCA	5375	4650	5232	5063	4889
1P0047	"	"	HUAURA	5625	4600	5227	5145	4872
1D371	ATLANTICO	"	MARAÑON	5500	4625	5200	4988	4810
1D361	"	"	HUALLAGA	5660	4700	5194	4969	4806
1P0047	PACIFICO	LA VIUDA	HUAURA	5275	4700	5095	4946	4839
1P0046	"	"	CHANCAY	5344	4650	5157	4965	4837
1P0045	"	"	CHILLON	5200	4700	5120	5025	4829
1P0044	"	"	RIMAC	5290	4790	5151	5036	4893
1D361	ATLANTICO	"	HUALLAGA	5300	4750	5107	4956	4886
1D3522	"	"	MANTARO	5350	4725	5131	5033	4924
1P0044	PACIFICO	CENTRAL	RIMAC	5650	4825	5355	5125	5019
1P0043	"	"	LURIN	5305	4825	5241	5039	4895
1P0042	"	"	MALA	5050	4725	5369	5127	4904
1P0041	"	"	CAÑETE	5075	4700	5335	5133	4970
1D3522	ATLANTICO	"	MANTARO	5700	4775	5360	5159	4974
1D3503	ATLANTICO	HUAGORUN-CHO	PERENE	5675	4425	5052	4802	4620
1D353	"	"	PACHITEA	5275	4500	4935	4761	4612
1D3522	ATLANTICO	HUAYTAPALLANA	MANTARO	5557	4400	5096	4806	4620
1D353	"	"	PERENE	5069	4525	5064	4896	4612
1P0035	PACIFICO	CHONTAL	CHINCHA	5255	4900	5135	4992	4908
1P0034	"	"	PISCO	5250	4700	5162	5003	4903
1D35444	ATLANTICO	"	PAMPAS	5290	4900	5150	5055	4988
1D3522	"	"	MANTARO	5275	4800	5128	5042	4927

### **3.2.2. DISTRIBUCION DE LAS AREAS GLACIARES EN LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

El área glaciar de la Cordillera Huaytapallana en forma global tanto como aporte Hídrico principalmente a la cuenca del río Mantaro y Perené se hallan distribuidas y codificadas según normas técnicas editadas por el SECRETARIADO TECNICO TEMPORAL para el INVENTARIO MUNDIAL DE GLACIARES por F. Muller, T. Caflish y G. Muller.

A continuación se presenta los cuadros 3.6 al 3.9 que identifican a las áreas glaciares de la cordillera Huaytapallana con sus principales parámetros de identificación, como también se presentan su ubicación en los planos Nº 02 al 06 respectivos. Dividida en subcuencas hidrográficas.

### **3.2.3. CLASIFICACION DE GLACIARES**

A cada glaciar se le asigna una clasificación de acuerdo a las características morfológicas para lo cual se ha elaborado el cuadro 3.3. Donde se propone una clasificación tipo matriz, cada glaciar codificado con un número de seis cifras, las cuales son las columnas verticales del cuadro: Los números individuales para cada cifra (en filas horizontales deben leerse de izquierda a derecha).



CUADRO 3.3

CLASIFICACION DE GLACIARES

	Digito 1 Clasificación Primaria	Digito 2 Forma	Digito 3 Características Frontales	Digito 4 Perfil Longitudinal	Digito 5 Mayor Fuente de Alimentación	Digito 6 Actividad de la lengua
0	Incierto o misc.	Incierto o misc.	Normal o misc.	Incierto o misc.	Incierto o misc.	Incierto
1	Hielo continental	Cuencas compuestas	Pedemontano	Parejo regular	Nieve y/o nieve transportada	Retroceso marcado
2	Campo de hielo	Cuencas compuestas	Frente expandido	Colgado	Avalanchas de hielo o nieve	Retroceso moderado
3	Capa de hielo	Cuenca simple	Lobulado expandido	En cascada	Hielo sobreimpuesto	Estacionario
4	Glaciar de salida	Circo	Desprendiendo	En caída		Avance moderado
5	Glaciar de valle	Nicho	Confluente	Interrumpido		Avance marcado
6	Glaciar de montaña	Cráter				Posible oleada
7	Pequeño glaciar campo de nieve	Delantal de hielo				Oleada
8	Barrera de hielo	Grupo				Oscilando
9	Glaciar rocoso	Remanente				

### 3.2.3.1. APENDICE DE DEFINICIONES PARA LA CLASIFICACION DE LOS GLACIARES

A continuación se dan algunas de las definiciones que se han tenido en cuenta para la clasificación de los glaciares en los cuadros 3.3 y 3.4 de acuerdo al tipo y forma.

#### TIPO

Campo de hielo (2).- Una masa de hielo más o menos horizontal que puede ser pequeña o de grandes dimensiones.

Capa de hielo (3).- Masa de hielo en forma de domo, de pendiente moderada y con flujo radial.

Glaciar de Valle (5).- Masa de hielo que fluye valle abajo encerrada entre paredes rocosas escarpadas o entre grandes morrenas laterales generalmente de cuenca bien definida.

Glaciar de Montaña (6).- Masa de hielo de cualquier forma, a veces similar a un glaciar de valle, pero más pequeña comúnmente están adheridas a los flancos de una montaña en un circo o nicho glaciar.

Glaciar rocoso (9).- Una masa de rocas con hielo intersticial que cubre los restos de un antiguo glaciar o también forma un glaciar reconstituido.

## **FORMA**

**Cuencas compuestas (1).**- Dos o más tributarios de un solo glaciar de valle.

**Cuenca Compuesta (2).**- Dos o más zonas de acumulación que alimenta un solo glaciar.

**Circo (4).**- Glaciar que ocupa una cuenca separada de paredes escarpadas en un flanco montañoso.

**Delantal de Hielo (7).**- Una masa de hielo de forma irregular generalmente de poco espesor, adheridas a las paredes escarpadas de una montaña.

**Grupo (8).**- Un número de masas de hielo similares muy próximas unos a otros y demasiado pequeños para considerarlos como unidades separadas.

### **3.2.4. TIPOS DE GLACIARES - HUAYTAPALLANA**

De acuerdo a la clasificación morfológica de los glaciares en la cordillera Huaytapallana, los glaciares casi en su totalidad son de corta longitud y pronunciada pendiente superficial, intensamente agrietados debido a las diferencias de tensión en el flujo nieve abajo.

Los glaciares más abundantes en número y extensión total, son los denominados de "montaña". Ver cuadro 3.5 llegando a constituir el 99.3% de

toda el área glaciar de la cordillera Huaytapallana, ya que la mayoría son masas de hielo sin ninguna forma definida en particular, que se hallan adheridas a los flancos de las montañas (generalmente cubren extensiones de fuerte pendiente) y superficie muy agrietada.

Cuando el frente termina al borde de un escarpamiento muy pronunciado de la roca subyacente, constituye "glaciares colgados", que son sumamente peligrosos como generadores de avalanchas, sobre todo cuando debajo de éste se halla una laguna de dique morrénico inestable, que puede colapsar debido al empuje de las aguas violentamente desplazadas por la caída de una avalancha de hielo.

Además de este tipo de glaciar que constituye la gran mayoría de la cordillera Huaytapallana, existe un glaciar de "valle" que viene a constituir el 0.7% de toda el área glaciar de la cordillera Huaytapallana, ver cuadro 3.5.

CUADRO 3.4

TIPOS DE GLACIARES - HUAYTAPALLANA

Tipo	Forma	Nº Glac.	Area Km <sup>2</sup>	Vol.x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
De Valle	Cuenca simple	1	0.83	15.961
De Montaña	Miscelánea	93	23.51	379.868
De Montaña	Cuencas compuestas	1	2.41	70.148
De Montaña	Cuenca compuesta	2	1.22	21.166
De Montaña	Cuenca simple	39	19.67	380.163
De Montaña	Circo	6	9.11	238.908
De Montaña	Nicho	9	2.28	36.192
De Montaña	Grupo	1	0.05	4.322
Totales		152	59.08	1,146.728

CUADRO 3.5

RESUMEN - TIPO DE GLACIARES

Cordillera	Tipo	Nº Glac.	%	Area Km <sup>2</sup>	%	Vol.x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	%
Huaytapallana	De Valle	1	0.7	0.83	1.4	15.961	1.4
	De Montaña	151	99.3	58.25	99.6	1,130.767	98.6
Total		152	100.0	59.08	100.0	1,146.728	100.0



CUADRO - 3.7

CORDILLERA HUAYTAPALLANA

CUADRO - 3.7 CORDILLERA HUAYTAPALLANA

CODIGO CUENCA	NOMBRE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	UTM NORTE	UTM ESTE	AREA Km2	ANCHO PROM. M	LONG. PROM. M	PIENT. C / AB	ALTITUD MAX - MED - MIN	CLASIFI CACION	MO MAPA N°	FOTOGRAFIA AEREA N°		
														AREA TOTAL	UTM NORTE
CUENCA: 103522 RIO MANTARO															
SUB-CUENCA: 103522F RIO HIJARI															
103522FF02		11°52.09'	74°52.50'	8668000	513600	0.82	1.0	0.8	1.1 NW	5162	4915	4600	630110	24n-111-NE	49303 33
103522FF01		11°52.50'	74°52.50'	8687220	513600	0.69	0.7	0.9	1.0 SE	5075	4750	4575	630110	"	49303 34
103522FF03		11°52.27'	74°52.00'	8687670	514515	0.16	0.3	0.3	0.8 SE	5156	4750	4620	650110	"	49303 35
103522FF04		11°52.31'	74°51.02'	8686680	516530	0.43	1.1	0.7	0.8 V	5050	4770	4625	600110	24n-111-SE	49303 36
103522FH01		11°53.13'	74°51.16'	8685160	516060	0.66	1.1	0.7	0.7 V	5080	4850	4615	600110	"	49303 37
103522FH02		11°53.97'	74°51.23'	8683600	515910	0.29	0.9	0.4	0.4 SE	4850	4760	4660	620110	"	49303 38
103522FH03		11°53.53'	74°50.70'	8684420	516870	0.71	1.0	0.5	1.1 SE	5250	4760	4510	620110	"	49303 39
103522FH04		11°53.38'	74°50.40'	8684710	517430	0.06	0.2	0.3	0.3 SE	4950	4725	4625	600110	"	49306 40
103522FH05		11°54.36'	74°49.21'	8682910	519610	0.26	0.7	0.3	0.3 V	5100	4875	4725	600110	"	49306 41
103522FH06		11°54.81'	74°49.23'	8682070	519530	1.00	0.6	1.8	1.8 NW	5025	4785	4490	650110	"	49306 42
103522FH07		11°55.19'	74°49.43'	8681370	519170	0.55	0.4	1.2	1.5 NW	5150	4930	4750	600110	"	49306 43
103522FH08		11°55.57'	74°49.63'	8680680	518840	0.27	0.4	0.8	1.0 NW	5175	4930	4750	600110	"	49306 44
103522FH09		11°55.76'	74°49.72'	8680320	518640	0.22	0.3	0.6	0.6 NW	5225	4910	4690	600110	"	49306 45
103522FH10		11°56.01'	74°49.85'	8679820	518420	0.58	0.8	1.2	1.2 V	5200	4900	4610	630110	"	49309 46
103522FH11		11°56.42'	74°50.07'	8679090	518020	0.11	0.8	0.2	0.2 SW	4780	4730	4675	600110	"	49307 47
103522FH12		11°56.73'	74°49.97'	8678500	518200	0.02	0.4	0.2	0.4 V	4875	4780	4620	600110	"	49307 48
103522FH13		11°57.21'	74°50.08'	8677640	518000	0.26	0.4	0.5	0.6 SE	4875	4735	4625	600110	"	49307 49
103522FH14		11°56.90'	74°49.86'	8678200	518380	0.16	0.4	0.3	0.4 SE	4825	4760	4600	600110	"	49307 50
103522FH15		11°56.65'	74°49.61'	8678660	518840	0.83	0.4	1.9	1.9 SE	5175	4770	4425	534110	"	49307 51
103522FH16		11°56.57'	74°49.44'	8678820	519150	0.03	0.1	0.4	0.5 S	4850	4815	4750	604210	"	49307 52
103522FH17		11°56.29'	74°49.36'	8679340	519280	0.04	0.1	0.4	0.4 S	4950	4805	4750	604210	"	49307 53
103522FH18		11°55.70'	74°49.23'	8680400	519500	0.04	0.2	0.3	0.3 SE	5000	4830	4750	604310	"	49037 54
103522FH19		11°55.61'	74°48.99'	8680580	520000	0.54	0.5	1.1	1.1 SE	5050	4753	4600	634310	"	49307 55
AREA TOTAL										76.62	Km2		MEDIA		

CODIGO CUENCA	NOMBRE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	UTM NORTE	UTM ESTE	AREA Km2	ANCHO PROM. M	LONG. PROM. M	PIENT. C / AB	ALTITUD MAX - MED - MIN	CLASIFI CACION	MO MAPA N°	FOTOGRAFIA AEREA N°		
														AREA TOTAL	UTM NORTE
CUENCA: 103522 RIO SAN FERNANDO															
CORDILLERA HUAYTAPALLANA															
103522GA01		11°55.08'	74°48.93'	8681560	520120	0.01	0.1	0.4	0.1 SE	4975	4930	4875	604310	24n-111-SE	49306 01
103522GA02		11°54.87'	74°48.87'	8681940	520220	0.04	0.1	0.4	0.4 SE	4810	4810	4650	604310	"	49306 02
103522GA03		11°54.40'	74°49.01'	8682820	519940	0.51	1.2	0.4	0.6 E	5005	4785	4625	630310	"	49306 03
103522GA04		11°53.90'	74°49.22'	8683740	519550	0.04	0.2	0.3	0.3 N	4925	4820	4725	600010	"	49306 04
103522GA05		11°53.29'	74°50.52'	8684860	517200	0.07	0.2	0.3	0.4 E	4975	4875	4800	600010	"	49303 05
103522GA06	LALACOTUNA	11°53.17'	74°50.76'	8685100	516770	0.07	0.2	0.3	0.4 NE	5250	5050	4790	600010	"	49303 06
103522GA07		11°52.68'	74°50.63'	8686000	517000	0.51	0.9	0.6	1.0 SE	5125	4830	4550	624310	"	49303 07
103522GA08		11°52.18'	74°50.49'	8686920	517220	0.86	0.9	1.0	1.1 SE	5240	4930	4600	634310	"	49303 08
103522GA09		11°52.08'	74°50.06'	8687080	518000	0.41	0.4	0.9	1.1 SE	5282	4800	4600	634310	"	49303 09
103522GA10		11°52.45'	74°49.84'	8687340	518400	0.19	0.3	0.6	0.6 SE	5000	4690	4500	634310	"	49303 10
103522GA11		11°52.24'	74°49.73'	8687700	518620	0.11	0.3	0.5	0.5 E	5160	4860	4700	634310	"	49303 11
103522GB01		11°52.22'	74°50.44'	8687800	517360	0.03	0.2	0.3	0.3 N	4925	4790	4625	600010	24n-111-NE	49303 12
103522GB02		11°52.27'	74°50.51'	8687660	517190	0.03	0.1	0.4	0.4 NW	5125	4930	4750	600010	"	49303 13
103522GB03		11°52.27'	74°50.91'	8687670	516490	0.49	0.7	1.1	1.1 NW	5200	4830	4650	634310	"	49303 14
103522GB04		11°52.00'	74°51.74'	8688190	515000	0.56	1.1	0.7	0.7 NE	5200	4800	4630	630110	"	49303 15
103522GB05		11°51.73'	74°51.99'	8688680	514520	0.27	0.2	1.0	1.2 NE	5250	4950	4700	634310	"	49303 16
103522GB06		11°51.33'	74°51.89'	8689420	514720	0.25	0.4	0.7	0.7 SE	5000	4790	4675	531110	"	49303 17
103522GC01		11°51.09'	74°51.72'	8689850	515020	0.11	0.3	0.4	0.4 E	4800	4690	4600	630110	"	49303 18
103522GC02		11°45.58'	74°56.69'	8600000	505100	0.18	0.7	0.7	0.7 SE	4760	4660	4450	600010	24n-111-NO	45529 19
103522GC03		11°45.24'	74°56.77'	8600620	504940	0.11	0.7	0.7	0.7 SE	4760	4660	4450	600010	"	45295 20
103522GC04		11°43.73'	74°56.14'	8702510	506110	0.57	1.1	0.5	0.6 S	4950	4750	4575	640010	24n-1V-50	4929C 21
103522GC05		11°44.12'	74°55.90'	8701300	506520	0.06	0.1	0.4	0.4 SW	4825	4675	4500	600010	"	49298 22
103522GC06		11°44.32'	74°55.68'	8701840	506950	0.09	0.4	0.3	0.3 SW	4650	4570	4490	600010	"	49298 23
103522GC07		11°43.31'	74°55.94'	8703280	506480	0.74	1.2	0.7	0.8 SE	5000	4760	4575	530010	"	49298 24
103522GC08		11°43.37'	74°56.25'	8704070	506790	0.13	0.7	0.2	0.3 NE	4825	4700	4600	600010	"	49298 25
AREA TOTAL										6.44	Km2		MEDIA		

CORDILLERA: HUAYTAPALLANA

SUB-CUENCA: 1035234 RIO TULLUMAYO

CUENCA: 1035034 RIO PERENE

CODIGO CUENCA	NOMBRE	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	UTM NORTE	UTM ESTE	AREA Km <sup>2</sup>	NCMO ROM KM	LONG. PROM. KM	LONG. MAX. KM	RIENT. C / AB	ALTITUD MAX - MED - MIN m. s. n. m.	CLASIFICACION	MAPA N° MO	FOTOREA AEREA 1962
1035234001		11°43.23'	74°56.33'	2704330	306180	0.57	0.7	0.2	1.1	N	4985	630010	24m-IV-50	49298 01
1035234002		11°43.43'	74°56.81'	2703710	305740	0.47	0.9	0.5	0.6	NW	5100	630010	"	49298 02
1035234003		11°43.92'	74°56.97'	2703060	305500	0.51	0.8	0.6	0.8	SW	4675	630010	"	49298 03
1035234004		11°44.29'	74°57.07'	2702380	305320	0.12	0.5	0.3	0.3	W	4930	630010	"	49298 04
1035234005		11°44.79'	74°58.37'	2701450	502160	0.03	0.2	0.1	0.1	NE	4900	600010	"	45529 05
1035234006		11°44.17'	74°58.87'	2702580	502060	0.12	0.5	0.2	0.3	W	4800	650010	"	45529 06
1035234007		11°44.46'	74°58.81'	2702070	502160	0.10	0.3	0.4	0.6	SW	4900	650010	"	45529 07
1035234008		11°44.85'	74°58.48'	2701350	502760	0.18	0.4	0.4	0.4	SW	4950	600010	"	45529 08
1035234009		11°45.20'	74°57.63'	2600680	503410	0.39	0.4	0.9	1.1	S	4920	650010	24m-III-NO	45529 09
1035234010		11°45.29'	74°57.22'	2600540	504130	0.11	0.3	0.5	0.5	SW	4750	650110	"	45529 10
1035234011		11°45.35'	74°56.95'	2600420	504630	0.16	0.4	0.6	0.6	SW	4800	600010	"	45529 11
1035234012		11°47.78'	74°59.62'	2695950	300680	0.21	0.6	0.2	0.2	NE	5075	600010	"	45529 12
1035234E01		11°47.09'	75°00.00'	2697200	300000	0.11	0.5	0.4	0.5	NW	4975	600010	"	45529 13
1035234E02		11°47.76'	74°59.80'	2690000	300360	0.81	1.5	0.6	0.6	W	5025	630010	"	42637 14
1035234E03		11°48.45'	74°59.59'	2694720	300740	0.43	1.3	0.3	0.5	W	5030	630010	"	45528 15
1035234E04		11°51.02'	75°02.59'	2689965	495290	0.26	0.0	0.4	0.6	NW	5100	600010	24m-I-NE	34594 16
1035234E05		11°50.92'	75°02.83'	2690165	494850	0.05	0.5	0.5	0.7	SW	4950	600010	"	14685 17
1035234E06		11°51.15'	75°02.81'	2689730	494920	0.28	0.8	0.8	0.6	NW	5165	600310	"	14685 18
1035234E07		11°51.82'	75°02.95'	2688500	494660	0.68	0.8	0.8	0.8	NW	4775	604310	"	14685 19
1035234E08		11°52.36'	75°03.21'	2687510	494190	0.67	0.8	0.8	0.8	NW	5382	604310	"	14685 20
1035234E09		11°52.70'	75°03.74'	2686890	493240	1.60	0.8	0.4	1.6	N	5462	640310	24m-I-SE	14685 21
1035234E10		11°52.03'	75°04.22'	2686820	492330	0.08	0.2	0.4	0.5	SE	5200	600010	24m-I-NE	14685 22
1035234E11		11°51.83'	75°04.26'	2686880	492256	0.05	0.4	0.4	0.4	E	5212	680010	"	14685 23
1035234E12		11°51.58'	75°04.31'	2688940	492170	0.03	0.4	0.4	0.4	E	5100	600010	"	14685 24
1035234E13		11°51.47'	75°04.42'	2689140	491825	0.04	0.3	0.4	0.3	E	5109	600010	"	14685 25
1035234E14		11°51.30'	75°04.49'	2689460	491830	0.08	0.2	0.4	0.4	E	5237	600010	"	14685 26
1035234E15		11°51.17'	75°04.65'	2689700	491550	0.08	0.2	0.4	0.5	NE	5200	600010	"	14685 27
1035234E16		11°50.92'	75°04.73'	2690165	491405	0.35	0.5	0.7	0.8	E	5245	600310	"	14685 28
1035234E17		11°50.64'	75°04.47'	2690670	491870	0.06	0.4	0.4	0.4	SE	4975	600010	"	14685 29
1035234E18		11°50.49'	75°04.41'	2690940	491980	0.31	0.4	0.8	0.8	NW	5000	600010	"	14684 30
1035234E19		11°50.62'	75°04.78'	2690700	491400	0.02	0.4	0.8	0.8	NE	5200	600310	"	14684 31
1035234E20		11°50.25'	75°05.03'	2691390	490850	0.55	0.5	1.0	1.1	E	5175	640310	"	14684 32
1035234E21		11°49.87'	75°05.18'	2692090	490590	0.32	0.4	0.9	0.6	N	5175	600310	"	14684 33
1035234E22		11°49.33'	75°05.34'	2693095	490310	0.35	0.4	0.9	1.0	SE	5300	600310	"	14683 34
1035234E23		11°49.03'	75°05.17'	2693705	490600	0.29	0.6	0.5	0.5	SE	5300	600310	"	14683 35
1035234E24		11°48.63'	75°04.95'	2694400	491000	0.31	0.8	0.4	0.6	SE	5250	600310	"	14683 36
1035234E25		11°48.43'	75°04.78'	2694765	491320	0.02	0.4	0.4	0.2	E	5100	600010	"	14683 37
1035234E26		11°48.30'	75°05.05'	2695000	490820	0.25	0.6	0.4	0.5	N	5200	600010	"	14683 38
1035234E27		11°48.02'	75°05.38'	2695520	490230	0.04	0.3	0.8	0.3	NW	5075	600010	"	14683 39
1035234E28	HUAYTAPALLANA	11°48.51'	75°05.30'	2694610	490365	1.20	1.5	0.8	0.9	NW	5300	634310	"	14683 40
1035234E29	TELLO	11°48.98'	75°05.57'	2693750	489880	0.25	0.4	0.6	0.9	W	5300	600110	"	14683 41
1035234E30	PANCHAMACO 1	11°46.58'	75°06.00'	2698160	489110	0.21	0.6	0.6	0.6	SW	4950	600010	"	14682 42
1035234E31	PANCHANACO 2	11°45.15'	75°05.92'	2698540	489240	0.09	0.7	0.6	0.3	N	4925	600010	"	14682 43
1035234F01		11°49.22'	75°05.59'	2693295	489860	0.44	0.7	0.6	0.9	SW	5225	604310	"	14682 44
1035234F02	MURADAYO 1	11°50.16'	75°05.37'	2691550	490250	0.64	1.0	0.6	0.8	W	5175	600310	"	14684 45
1035234F03	MURADAYO 2	11°50.75'	75°05.21'	2690465	490540	1.03	0.7	0.4	0.4	W	5245	604310	"	14684 46
1035234F04	SURU	11°39.82'	75°13.30'	2710605	475820	0.20	0.7	0.4	0.4	SW	5100	630010	24m-I-50	34506 47
1035234F05	PUTCA	11°40.43'	75°12.67'	2709475	476630	0.23	0.5	0.5	0.5	SW	5069	630010	"	34506 48

Cont. nua e la pagina siguiente.//.....

Mapa N°04 = 24m-1  
Mapa N°05 = 24m-11



CUADRO - 3.9

CORDILLERA HUAYTAPALLANA

CUENCA CUENCA NOMBRE LONGITUD NORTE UTM ESTE AREA Km2 MCHD ROM. LONC. LONC. LONC. RIENT. C / AB ALTITUD MAX - MFO - MIN m. n.m. CLASIFI MO MAPA N° FOTOGR N° AREA 1962

CUENCA: 103523 PTO PERENE		SUB-CUENCA: 1035234 RIO TULUMAYO										CORDILLERA: HUAYTAPALLANA									
CUENCA	NOMBRE	LATITUD SUP	LONGITUD NORTE	UTM NORTE	UTM ESTE	AREA Km2	MCHD ROM.	LONC. LONC.	LONC. LONC.	RIENT. C / AB	ALTITUD MAX - MFO - MIN m. n.m.	CLASIFI MO	MAPA N°	FOTOGR N°	AREA 1962						
1035234F06	YANAJA 1	11°40.98'	75°12.51'	8708460	476900	0.29	0.6	0.5	0.7	SW	5025	4890	630010	04	24m-1-50	34506					
1035234F07	YANAJA 2	11°40.69'	75°12.66'	8709000	477000	0.23	0.5	0.5	0.5	NE	5050	4800	630010	02	"	34506					
1035234F08		11°40.29'	75°12.69'	8709730	476930	0.02	0.1	0.1	0.1	SE	5069	4850	630010	02	"	34506					
1035234F09		11°40.26'	75°12.75'	8709850	476730	0.02	0.1	0.2	0.2	N	5069	4875	630010	02	"	34506					
1035234F10		11°37.38'	75°12.65'	8715080	477000	0.05	0.2	0.3	0.3	SE	4900	4800	630010	00	24m-1-NO	44984					
1035234F11		11°37.34'	75°12.45'	8715170	477370	0.05	0.2	0.3	0.4	SE	4850	4760	650010	00	"	44984					
1035234F12		11°37.44'	75°11.67'	8715000	478780	0.12	0.3	0.5	0.5	S	4870	4690	650010	00	"	44984					
1035234F01	MARAIRAZO	11°37.24'	75°11.80'	8715380	478580	0.22	0.4	0.5	0.7	NW	4870	4660	630010	00	"	44984					
1035234F02	MARAIPAZO 2	11°37.19'	75°12.35'	8715450	477560	0.37	0.4	0.9	1.0	E	4875	4675	630010	00	"	44984					
1035234F03	MARAIPAZO 3	11°37.10'	75°12.65'	8715630	477000	0.20	0.4	0.5	0.5	N	4875	4810	600010	00	"	44984					
1035234F04	MARAIPAZO 4	11°37.17'	75°12.87'	8715490	476610	0.59	0.1	0.6	0.8	SE	4900	4700	630010	02	"	44984					
1035234F05	VERDECOCCHA	11°35.88'	75°17.01'	8717870	469090	0.17	0.5	0.4	0.4	SW	4850	4755	630010	02	24m-1V-NE	34510					
1035234F06	YANACOCCHA	11°35.04'	75°16.92'	8719400	469240	0.17	0.4	0.4	0.4	SW	4780	4675	630010	02	"	34510					
AREA TOTAL.....						17.86	km2	MEDIA			5061	4886	4746								

Mapa N°06 = 24m-111

### **3.2.5 AREA Y ORIENTACION DE LOS GLACIARES DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA**

#### **ORIENTACION**

La orientación se signa aguas abajo de acuerdo a los ocho puntos cardinales (N, NE, E, SE, SW, W, NW), tanto de la zona de acumulación como la de ablación (ver cuadros adjuntos).

A continuación se hará un análisis de la orientación de las áreas glaciares de la cordillera Huaytapallana.

Si observamos el mapa de la cuenca hidrográficas de la cordillera Huaytapallana, podemos destacar la presencia de dos cuencas de drenaje que rigen el comportamiento de las áreas glaciares de la cordillera la cuál tiene un eje Nor Oeste de distribución (dirección andina).

Las cuencas en mención son la del río Mantaro que viene a constituir la vertiente occidental de la cordillera Huaytapallana y la cuenca del río Perené como vertiente oriental de la misma.

#### **ANALISIS**

De los cuadros 3.5 al 3.9 de distribución de los glaciares de la cordillera Huaytapallana, se ha elaborado el cuadro resumen de las áreas y orientaciones de sus 152 glaciares (ver cuadro adjunto) de donde se obtiene el diagrama de orientaciones mostradas en la Fig. 3.2.

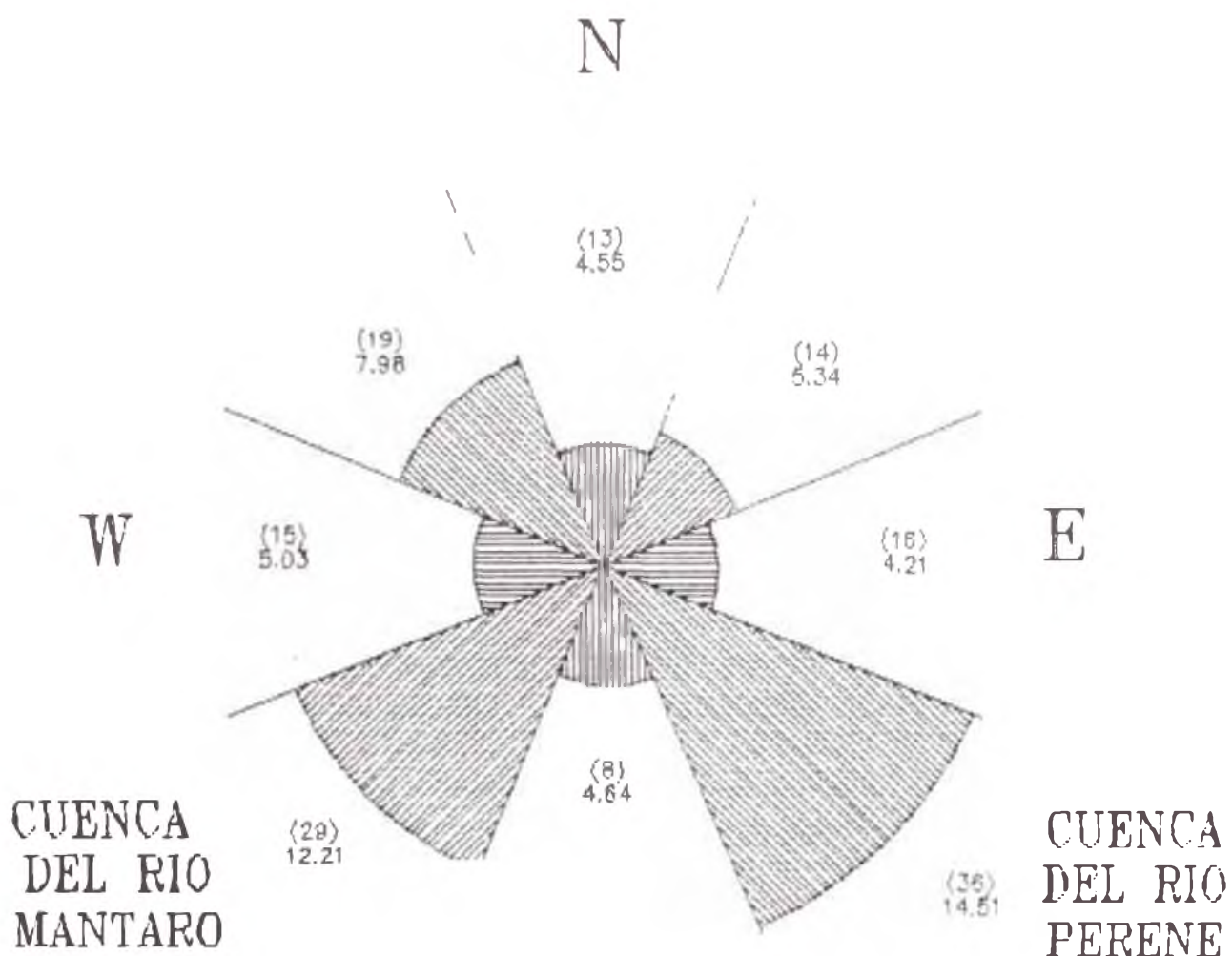
Del cual se concluye que, la distribución de las áreas glaciares de la cordillera tienen una orientación predominante SE y SW respectivamente

y es en estas direcciones donde la cordillera drena la cuenca del río Mantaro.

Por lo tanto el mayor porcentaje de fenómenos glaciares como acumulación, ablación, retroceso etc. se produce con dirección al río Mantaro.



*AREA Y ORIENTACION DE 152 GLACIARES  
DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLANA*



AREA TOTAL = 59.08 Km<sup>2</sup>

Fig 3.3

### **3.2.5.1 AREA Y ORIENTACION DE LOS GLACIARES QUE DRENAN LA CUENCA DEL RIO MANTARO**

Tomando como punto de partida de análisis anterior trataremos de enfocar y puntualizar nuestro análisis a las áreas que drenan la cuenca del río Mantaro.

#### **ANALISIS**

De los cuadros de distribución de los glaciares de la cordillera Huaytapallana, se ha elaborado el cuadro resumen de las áreas y orientaciones de los 91 glaciares que drenan la cuenca del río Mantaro (ver cuadro 3.11) de donde se obtiene el diagrama de orientaciones mostradas en la Fig. 3.3.

Donde se obtiene el SE y SW respectivamente como direcciones predominantes, recurriendo el mapa de distribución de glaciares podemos deducir que:

En la dirección SW es donde se ubica la cuenca del río Shullcas.

En la dirección SE es donde se ubica la cuenca del río Pariahuanca.

Por lo tanto es en estas direcciones donde los frentes glaciares sufren sus fenómenos más importantes de balance glaciar como ablación, acumulación, retroceso, avance etc.

Es por esta razón que en estas direcciones encontramos las lagunas Chuspicocha, Lazuntay, Runicocha y otras

cubetas en formación correspondientes a la cuenca del río Shullcas y las lagunas Carhuacocha y Cochagrande en la cuenca del río Pariahuanca.

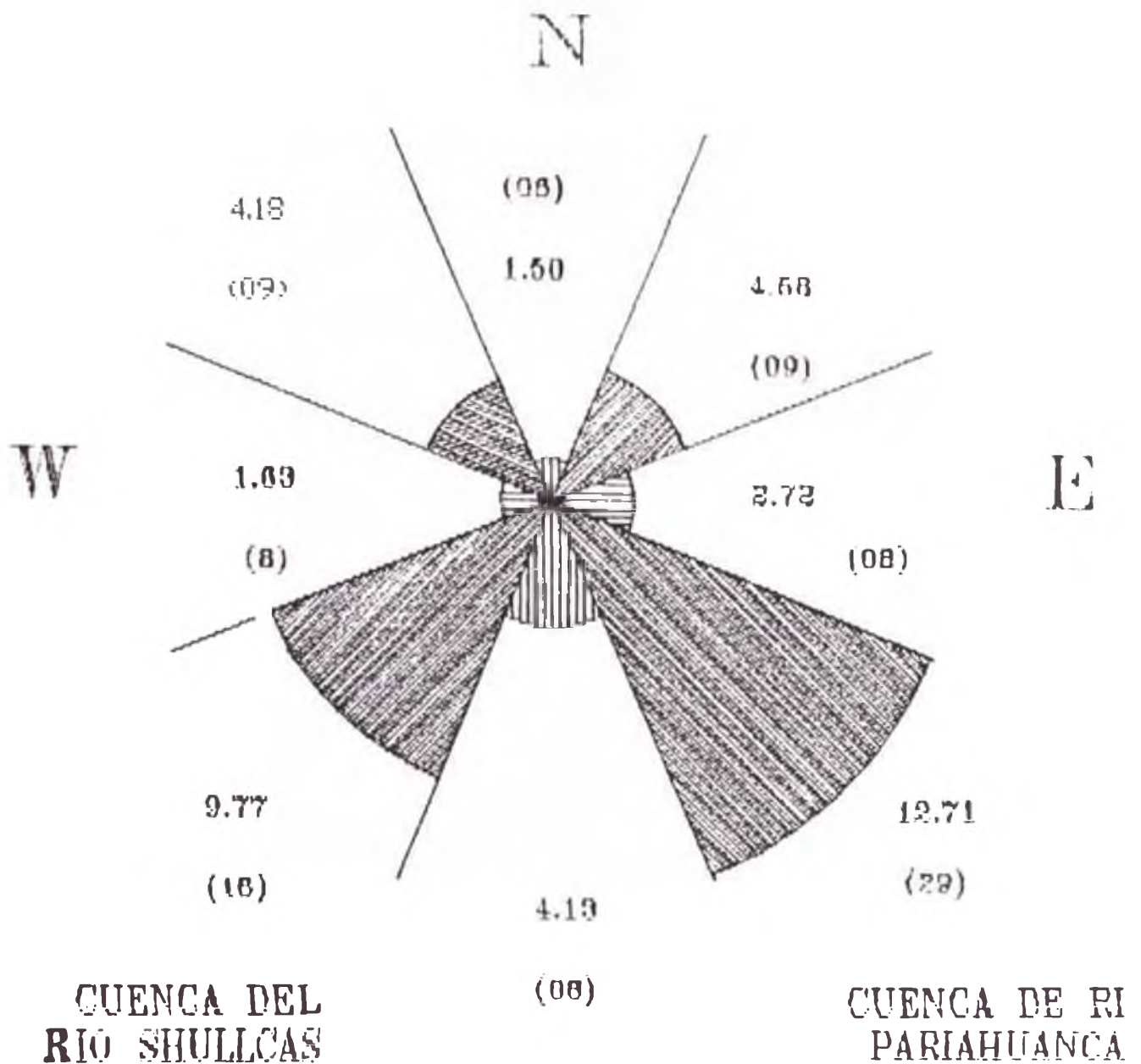
CUADRO 3.11

AREA DE ORIENTACION DE 91 GLACIARES DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLAMA QUE DREMAN A LA CUENCA DEL RIO MANTARO

CODISO - CUENCA	NORTE		NOR-ESTE		ESTE		SUR-ESTE		SUR		SUR-DESTE		DESTE		NOR-DESTE		TOTAL		
	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	Nº	AREA Km <sup>2</sup>	
CUENCA DE OCEANO ATLANTICO																			
103522 RIO MANTARO	6	1.50	9	4.58	8	2.72	29	12.71	6	4.13	16	9.77	8	1.63	9	4.18	91	41.22	
PORCENTAJE NUMERO	6.6		9.9		8.8		31.8		6.6		17.6		8.8		9.9		100		
PORCENTAJE AREA	3.60		11.1		6.6		30.80		18.1		23.70		4.8		10.1		100		



AREA Y ORIENTACION DE LOS 81  
GLACIARES QUE DRENAN LA  
CUENCA DEL RIO MANTARO



AREA TOTAL 41.22 Km<sup>2</sup>

Fig 3.2

### 3.2.5.1.1 **AREA Y ORIENTACION DE LOS GLACIARES QUE DRENAN LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS**

Anteriormente se ha hecho un tratamiento de las orientaciones de los glaciares tanto de toda la cordillera Huaytapallana en forma global y en toda su extensión, así como también tomando la cuenca los glaciares que drenan hacia la cuenca del río Mantaro.

En esta ocasión trataremos como unidad específica las áreas glaciares que se ubican en la cabecera de la cuenca del río Shullcas 1D3522DG.

Se han determinado diez áreas glaciares distribuidas en dos sub-cuencas 1D3522DGA y 1D3522DGB (ver plano N<sup>o</sup> CSH-03, CSH-04) se tiene ocho glaciares del 1D3522DGA1 al 1D3522DGA8 conformando los circos glaciares de las lagunas Runicocho, Ancapuachanan, Chuspicocha y Lazuntay que drenan a la cuenca del Shullcas a través de la quebradas Chuspi (DGA) y Anlayaco, además de los cuáles se tiene dos glaciares 1D3522DGB1 y 1D3522DGB2 que drenan a través de la quebrada Ronda (DGB). ver cuadro 3.12.

#### **ANALISIS**

Del cuadro de distribución y características de los glaciares correspondientes a la cuenca del río Shullcas con un total de 10 glaciares y un área total de 6,59 Km<sup>2</sup>. (ver cuadro 3.12) y distribuidas

CUADRO 3.12

CODIGO CUENCA	NOMBRE	LATITUD SUR	LONGITUD DESTE	UTM NORTE	UTM ESTE	AREA Km <sup>2</sup>	ANCHO PROM. Km.	LONG. PROM. Km.	LONG. MAX. Km.	ORIENT. AC/AB	ALTIUD MAX-MED-MIN m.s.n.m.	CLASIFI-CACION	NO. MAPA NO. AEREA 1962	NO. FOTOGR.
10352206A1	CHUSPI	11°52.98'	75°04.33'	8686585	492143	1.37	1.1	1.2	1.5	SW SW	5462 4975 4738	634310	42 240-11-SE	14686 01
10352206A2	TALVEZ HUAYT.	11°53.67'	75°03.40'	8885090	493815	2.41	2.7	1.1	1.2	SW SW	5557 5150 4758	634310	04 240-11-SE	14686 02
10352206A3		11°54.44'	75°03.70'	8783688	493250	0.87	0.2	0.4	0.4	W W	5338 5280 5075	634310	04 240-11-SE	14687 03
10352206A4		11°54.70'	75°03.80'	8683195	493268	0.23	0.3	0.8	0.9	S S	5338 5050 4850	658310	24 240-11-SE	14687 04
10352206A5	LAZUNTAY	11°54.73'	75°03.11'	8683140	493365	2.08	1.7	1.2	1.3	SW SW	5557 4788	644310	24 240-11-SE	14687 05
10352206A6		11°55.62'	75°02.98'	8681588	494688	0.05			0.2	W W	5227 5188	684818	04 240-11-SE	14688 06
10352206A7		11°55.89'	75°02.95'	8681888	494638	0.07			0.4	SW SW	5170 5188 5088	684310	04 240-11-SE	14688 07
10352206A8		11°56.28'	75°03.82'	8688678	494515	0.06			0.3	W W	5880 4975	688310	08 240-11-SE	14688 08
10352206B1		11°56.18'	75°03.89'	8688468	494688	0.05			0.3	W SW	5880 4975 4875	688210	02 240-11-SE	13688 09
10352206B2	YANA UCSHA	11°56.27'	75°02.98'	8688410	494750	0.20	0.4	0.5	0.6	S S	5885 4925 4775	688310	02 240-11-SE	14688 10
	AREA TOTAL...					6.59	Km <sup>2</sup>		MEDIA		5288 5054 4885			

CORDILLERA HUAYTAPALLANA

SUB-CUENCA: 1035220 RIO SHULLCAS

CUENCA: 103522 RIO MANTARO

como se observa en el plano NO CSH-03. Se elaboró el cuadro 3.13 y diagrama de orientaciones mostradas en el gráfico.

De donde se deduce que la orientación más preponderante es hacia el escurrimiento del río Shullcas (SW), por lo tanto es en esta orientación, Fig. 3.4 donde se produce los fenómenos de balance glaciar, es por esto que constituyen un potencial altamente peligroso debido a que los fenómenos glaciares son los que originan las avalanchas. De aquí la importancia que tiene el hacer un tratamiento especial de los glaciares en mención fundamentalmente para la seguridad de la cuenca del río Shullcas

**AREA Y ORIENTACION DE LOS 10  
GLACIARES QUE DRENAN LA CUENCA  
DEL RIO SHULLCAS**

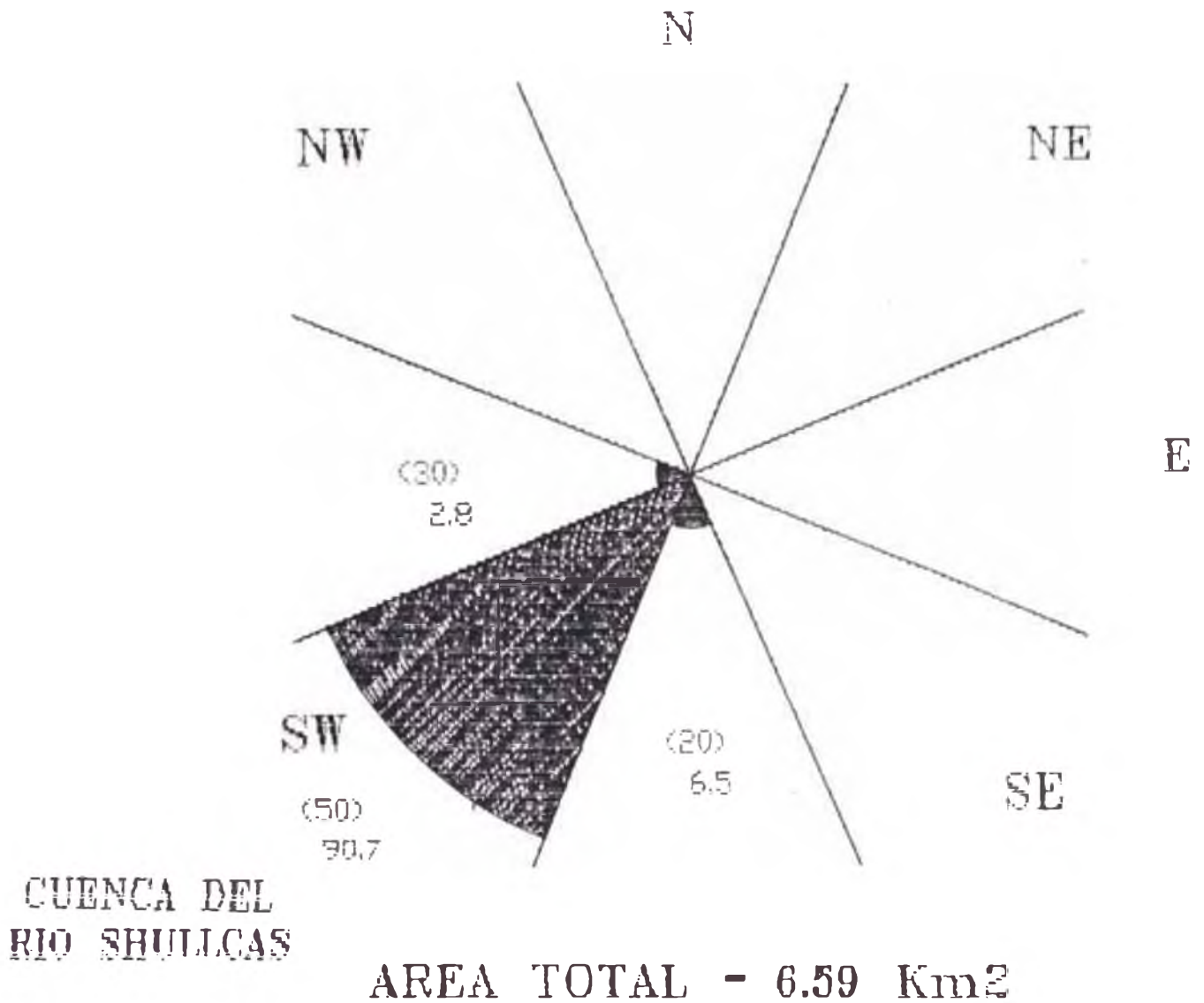


Fig 3.4

CUADRO 3.13

AREA Y ORIENTACION DE 10 GLACIARRES DE LA CORDILLERA HUAYTAPALLAMA  
QUE DRNAN LA CIUENCA DEL RIO SHUALICAS

CODIGO - CUENCA	SUR		SUR-OESTE		OESTE		TOTAL	
	Nº	AREA Km2	Nº	AREA Km2	Nº	AREA Km2	Nº	AREA Km2
CUENCA DEL RIO SHULICAS	0.2	0.43	0.5	5.98	0.3	0.18	10	6.59
1D3522DGA/B TOTAL								
PORCENTAJE NUMERICO %	20		50		30		100	
PORCENTAJE AREA %		6.5		90.7		2.8		1.00

# CAPITULO IV

## GEOLOGIA LOCAL

## CAPITULO IV

### GEOLOGIA LOCAL

#### 4.1 Geomorfología

El flanco occidental de la cordillera Huaytapallana que corresponde a las nacientes del río Shullcas, se caracteriza por presentar una topografía abrupta, Plano Nº CSH-01 con elevaciones hasta los 5557 m.s.n.m. que corresponde a la cumbre del nevado Huaytapallana, en cuya base se encuentra los vasos de las lagunas Chuspicocha, Lazuntay, Runicocha y Ancapuachanan y otras cubetas menores encerradas por depósitos morrénicos y fluvioglaciares.

La roca base del área glacial presenta farallones con paredes verticales que alcanzan desniveles de 250 a 300m. las cuáles son notorias en el sector correspondiente a la laguna Chuspicocha.

La cuenca del río Shullcas como todas las de la vertiente occidental de la cordillera Huaytapallana, están enmarcadas dentro de un mismo patrón geológico, es decir atraviezan rocas paleozóicas y mesozoicas de naturaleza sedimentaria y volcánica, rocas intrusivas y las rocas precambianas correspondientes al complejo metamórfico Huaytapallana.

Las diferentes resistencias de estas litologías a los agentes de erosión, principalmente el agua, devienen en una configuración característica en el curso longitudinal de la cuenca y que para el caso del río Shullcas se expresan así:



- **El Curso Superior**, que corresponde al área sobre la cota de los 4200 m.s.n.m., es fuertemente modelado por una acción reciente del hielo, con secciones típicas de valles en U, con pendientes laterales y de fondo muy suaves, que no dan origen a inestabilidades importantes; aunque el emplazamiento de las lagunas en la cabecera, en la base de las áreas glaciares lo hacen potencialmente peligrosas ante futuras avalanchas.
  
- **El Curso Medio**, entre la cota 4,200 y el vértice del cono de deyección (3600 msnm) definido por una morfología abrupta, de valle estrecho en forma de "V" de fuertes pendientes laterales y de fondo, donde hay la mayor concentración de agua de precipitación permitiendo de esta manera la generación y evolución de los fenómenos de geodinámica externa tales como los deslizamientos y derrumbes hasta concentrarse en el cauce principal del río.

**El Curso Inferior**, correspondiente al abanico o cono de deyección del río Shullcas, con su vértice a la altura del poblado de Chamisería en cuya parte central se ubica la ciudad de Huancayo hasta su desembocadura en el río Mantaro. Se caracteriza por una morfología abierta, de suave pendiente, que permite la deposición de todo el material acarreado por el río en la cuenca.

La topografía del área ha sido modelada por los siguientes agentes :

**Fluvial**, por precipitaciones sólidas o líquidas que durante los meses de Diciembre a Marzo, son más frecuentes. Las aguas disuelven los minerales

de las rocas modificando sus estructuras, lo que facilitan la erosión y cambio de relieve topográfico.

**Temperatura**, los cambios bruscos que se producen entre el día y la noche, que descienden por debajo de los 0°C, produce debilitamiento de las rocas, por los diversos índices de temperatura el agua se congela, y cuando esto ocurre dentro de fisuras o fracturas de las rocas, ejerce presión sobre ellas debilitándolas y facilitando el rompimiento en bloques.

**Meteorización**, los componentes de la atmósfera como el oxígeno, hidrógeno, anhídrico carbónico; solos o combinados principalmente con el agua, actúan sobre los diversos minerales que conforman las rocas oxidándolos y transformándolos; acciones que facilitan la disgregación dando lugar a la formación de depósitos inconsolidados de diversa naturaleza.

**Glaciación**, en el pasado la acción glaciaria ha sido muy intensa en la región se manifiesta por el modelado del terreno con formas características de esta actividad y la acumulación de depósitos morrénicos, tanto laterales como frontales, con formación de lagunas, entre las que se encuentran Lazuntay, Chuspicocha, Ancapuachanan y Runicocha principalmente que son motivo del presente estudio.

Las lagunas mencionadas constituyen parte de circos glaciares, y que reciben permanentemente las aguas de deshielo de sus respectivas áreas glaciares las mismas que tienen una acción de desgaste sobre las rocas sobreyacentes.

**Tempestades**, conjuntamente con las precipitaciones pluviales, se producen descargas

eléctricas de diversas intensidades que producen debilitamiento o fracturamiento de las rocas. Las descargas eléctricas se producen con mayor frecuencia en los lugares donde hay mayor concentración de minerales férricos.

Vientos, este agente actúa con menos intensidad que los anteriores, su acción es transportar las partículas de las rocas o suelos, formando otro tipo de depósitos.

## 4.2 **ESTRATIGRAFIA**

En el área de la cuenca del río Shullcas se han reconocido y diferenciado las siguientes unidades litológicas. (ver plano geológico de la cuenca. Plano CSH-02).

### 4.2.1 **Complejo Huavtapallana**

Esta unidad es la más antigua y es de edad Pre-Cámbrico. Consiste en una serie variable de rocas cristalinas metamórficas. Las observaciones de campo indican que parte de estas rocas fueron originalmente sedimentarias, las que por acción de un metamorfismo intenso se transformaron a gneis, esquistos micáceos, anfibolitas, orto-gneis.

También se presentan cristales de biotita de 3 a 4 cm. y feldespatos potásicos de 8 a 10 cm. dentro de una masa cuarzosa. Los gneis y micaesquistos tienen foliación definida, con rumbo N 55°W y buzamiento de 80° a 85° SW.

Las rocas del complejo Huaytapallana vienen a constituir la roca base de los glaciares de la cordillera Huaytapallana correspondientes a la cuenca del río Shullcas.

#### 4.2.2 Grupo Excelsior

Esta unidad Devónica, se compone esencialmente de sedimentos tipo "flisch" compuestas por bancos de areniscas de color gris oscuro o negro, separados por lechos de lutitas micáceas negras. En la mayoría de los afloramientos las rocas están muy alteradas, allí las areniscas se han tornado de color ocre y las lutitas blanquiscas a lilas.

Dichas series está bien expuestas a lo largo de una faja anticlinal de rumbo N 50° W que se extiende entre Chamiseria y el pueblo de Acopalca (ángulo SE de la hoja de Jauja). También existen afloramiento al Nor Oeste de Huancayo.

#### 4.2.3 Grupo Copacabana

Consiste de areniscas conglomerádicas de colores grises y negruzcos, lutitas arenosas y areniscas bien metamorfozadas y calizas grises detríticas y microconglomerados.

Estas series afloran en una larga faja de 1 a 2 Km. de ancho que sigue aproximadamente la carretera que une la Hda. Acopalca con la Hda. Huari, se presenta ban-

cos calcáreos de 2 a 3 m. con rumbos de N 50º a 65º al SW.

Estas rocas son de edad Pérmico Inferior del Paleozoico.

#### 4.2.4 Grupo Mitu

El grupo Mitu tiene buena exposición en el área, consiste en conglomerados, areniscas, lutitas, lavas andesíticas, teniendo en común todas estas rocas un color predominante que varía entre el rojo ladrillo y el violeta.

Las variaciones laterales de litología en el Mitu son muy grandes, las facies y los espesores de los componentes detríticos varían muy rápidamente, igual sucede con los niveles volcánicos que varían de espesor y de ubicación de un sitio a otro.

Cuando los niveles volcánicos del Mitu se encuentran metamorfizados se observa también una coloración verdosa, estas características son notorias en los sectores adyacentes a las lagunas muy cerca de su contacto con el complejo Huaytapallana.

Los rumbos de las capas varían de N 50º a 70º W, con buzamientos que varían de 50º a 65º al SW.

La edad del Mitu es parcialmente Pérmico continuando hasta comienzos del triásico.

#### 4.2.5 Grupo Pucará

En la cuenca del río Shullcas el grupo Pucará tiene afloramiento alargados con un rumbo NW - SE, con potencias de 200 a 500 m, son observados en la confluencia de las quebradas Anlayaco y Chuspi y en el cañón Ayamachay con sus potentes estratos.

Está compuesto por areniscas conglomerádicas, limolitas, lutitas con intercalaciones de calizas de colores grises, en parte laminadas y en parte macizas.

La edad del grupo Pucará es Jurásico.

#### 4.2.6 Depósitos Cuaternarios

##### Formación Jauja

Esta formación ha sido definida por Dollfus y aflora en varias localidades de la cuenca del río Shullcas, las mejores exposiciones se presentan en el camino que une la Hda. Acopalca con la laguna Huacracochoa en el sector de la margen izquierda del río Shullcas y en la quebrada Yananya en el sector derecho.

La formación cuyo grosor pasa de 200 m, es bastante típica; comprende conglomerados basales cubiertos por areniscas finas y lutitas silíceas ricas en diatomitas. Las areniscas y lutitas son lacustres, parte de los sedimentos Jauja muestran los efectos de

un plegamiento nítido que afecta también las terrazas suprayacentes.

A la formación Jauja se le atribuye una edad Pleistocénica.

### **Áreas Glaciadas**

En el área de la cordillera Huaytapallana se reconocen rasgos topográficos modelados por la acción glaciaria, Plano CSH-05.

Existen nieves persistentes, destacando sus nevados con pendientes escarpadas, sus cumbres pasan los 5000 m.s.n.m. Estas cumbres forman una cadena de nieve y hielo continuo de más de 7 Km de largo, que sigue una dirección NW, correspondiente a la cuenca del río Shullcas. Las laderas de las nieves descienden bruscamente hasta un promedio de 4,600 m.s.n.m.

La acción glaciaria también es evidente por la presencia de circos glaciares, valles en U, crestas dentadas, lagunas glaciares y morrenas.

En las nacientes de las quebradas Chuspi y Anlayaco se emplazan las lagunas Chuspicocha, Ancapuachanan, Runicocha y la laguna Lazuntay respectivamente.

### **Morrenas**

Estos depósitos inconsolidados, están constituidos por materiales arrancados de

las laderas del macizo rocoso Huaytapallana y según la acción mecánica del glaciar, estas morrenas son laterales, de fondo y frontales.

Estos depósitos son de composición heterogénea, sus componentes son bloques de rocas, de forma angulosa y de tamaños diferentes, están englobados dentro de grava, arena y arena limosa y arcillas.

Las márgenes de las lagunas mencionadas, así como su presa natural, están conformados por material morrénico.

#### **Depósitos Fluviales**

Son depósitos existentes en los cauces actuales de los cursos de agua se caracterizan por la presencia de elementos de granulometría gruesa y por las fuertes pendientes que predominan en el área, no se acumulan arenas ni sedimentos finos.

#### **Depósitos Lacustres**

Se localizan en los perímetros de las lagunas, es el resultado de la sedimentación de arena, limo y arcillas en el vaso de las lagunas.

#### **Depósitos recientes de ladera**

Los conos de escombros recientes se reconocen porque los bloques y fragmentos de rocas, presenten superficies desprovistas de costras y de cubierta vegetal, en algunos



casos son activos, y de continuo aporte como es el caso en la mayoría de las laderas del macizo Huaytapallana, que con la acción de la gravedad y las precipitaciones pluviales, fácilmente se deslizan constituyéndose zonas inestables.

#### 4.2.7 Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas ocupan una extensión reducida en el área de la cuenca del río Shullcas.

Estas intrusiones afloran en un faja NW-SE de 4 a 5 Km de ancho que pasa a pocos kilómetros al este de Huancayo.

La composición de las rocas varía entre una dacita y de una tonalita, encontrándose también microgranitos y microgranodioritas; estas rocas por lo general están muy alteradas y su color va de gris a pardusco hasta verdusco.

Las intrusiones pasan lateralmente a riolitas y dacitas que se intercalan como siles y/o coladas en las series sedimentarias del grupo Mito, este hecho llevó a deducir que existe una relación genética entre ellos, y en consecuencia atribuimos a ambos una edad Permiana superior a Triásica inferior (edad Mito).

### 4.3 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

Las rocas del área han sido afectadas por diferentes movimientos tectónicos, modificando la naturaleza original de las mismas, deformándolas y fracturándolas mediante fracturas y fallas.

Como resultado de estos eventos diastróficos, el área presenta una serie de pliegues y fallas.

En general todas las estructuras están orientadas en dirección NW - SE coincidentes con el alineamiento andino.

**LA FALLA ACTIVA HUAYTAPALLANA**, cuya traza corre por el flanco occidental del macizo del mismo nombre. Es una falla de tipo inversa de rumbo N 300 - 400 W, con un buzamiento estimado de 600 a 700 al NE que pasa cercanas a las lagunas Chuspicocha, Lazuntay y Runicocha (Plano N0 CSH-05).

En los sismos ocurridos con mayor intensidad en la localidad de Pariahuanca, en Julio y Octubre de 1969, se observó que el primero fue acompañado por una rotura superficial de 40 cm. de desplazamiento vertical, en la traza de la falla Huaytapallana. Durante el segundo sismo, la misma falla fue reactivada y tuvo un desplazamiento vertical de 1.6m y 0.70 m. de desplazamiento horizontal; estos hechos demuestran que esta falla es activa.

En el área además de estas fallas se presentan fallas transversales con dirección NE - SW.

Plegamientos anticlinales y sinclinales se presentan en las rocas del grupo Mitu, son de formas asimétricas, sus ejes tienen direcciones NW -SE, pasa

por las quebradas Chuspi y Anlayaco (sinclina) y camino hacia la Hda. Acopalca (anticlinales). Además se presentan otros pliegues menores que siguen la misma dirección como el anticlinal y sinclinal que se observa cerca al pueblo de Vilcacoto.

# CAPITULO V

SISMICA

## CAPITULO V

### SISMICA

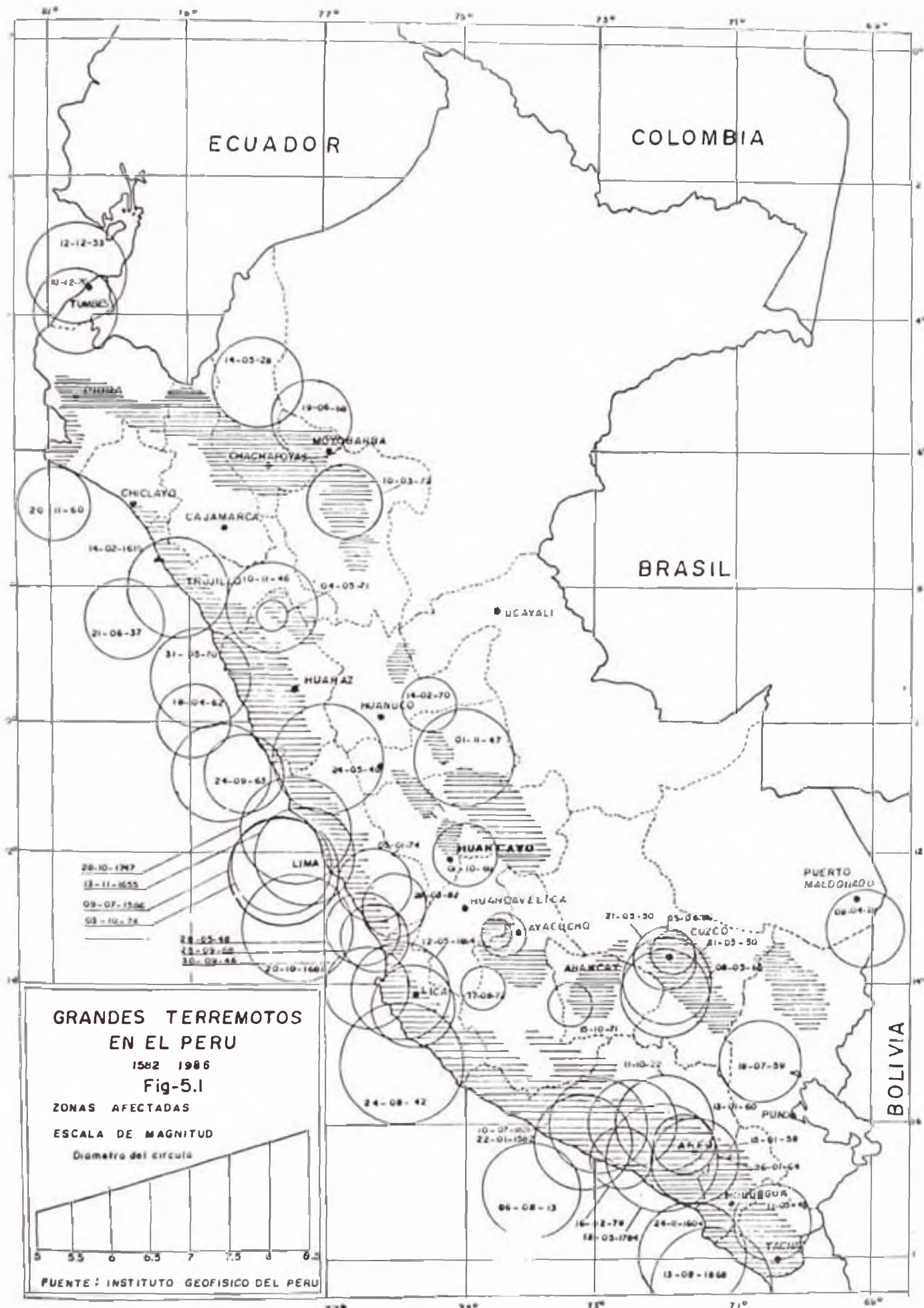
El Perú se encuentra ubicada en una zona de gran actividad sísmica. El área y los niveles de sismicidad pueden atribuirse directamente a la estructura de la corteza del país. El litoral peruano extiende cerca del borde destructivo de la placa oceánica de Nazca; donde linda frente a la placa continental (sudamericana).

Un análisis de los focos sísmicos muestra que dicha actividad concuerda con las direcciones generales de los mayores aspectos fisiográficos y geológicos del área (ver Fig. 5.1) de grandes terremotos en el Perú.

- 1) La fosa sudamericana Perú-Chile orientada aproximadamente N 30° W en el área Norte y N 55° W en el lado sur. La inflexión está cerca de los 14°30'S. La intensidad de la liberación de energía es moderada pero con mayor frecuencia.
- 2) Las cadenas andinas, orientadas aproximadamente N 32° W y N 63° W en las áreas del Norte y Sur respectivamente con dos inflexiones: Una de los 5°S (Inflexión Huancabamba) otra a los 13°S (Inflexión de Abancay).

Desde la latitud 4° hasta 13°, la liberación de energía es casi nula, por lo cual se piensa que la inclinación de la placa de Nazca es de aproximadamente 10°NE que no permite llegar a la astenosfera que es la causa del vulcanismo.

- 3) Los sistemas de fallamientos mayores (zona subandina y andina), con rumbos de N 22° a 26°W en el área Norte y N 68°W en el sur. El sistema de fallamiento subandino indica una inflexión cerca al paralelo 12°30'S ( I. Abancay ).



La liberación de energía es moderada y poco frecuente. Se considera que el factor primordial es la reactivación de las fallas.

- 4) Los afloramientos de rocas intrusivas a lo largo de la costa (cadena andina occidental y batolito costanero) que se orientan N20°W y N55°W en las áreas del Norte y Sur respectivamente con dos inflexiones mencionada. A partir de la Inflexión de Abancay hasta el Sur de Chile, se piensa que la placa de Nazca tiene una inclinación de 25° a 35°NE y que puede estar en contacto con la astenosfera y en consecuencia de ésta la existencia de vulcanismo e intensa actividad sísmica.
- 5) Los volcanes cuaternarios en el área Sur se distribuyen a lo largo de una línea con dirección N60°W.

### 5.1. Zonas Sísmicas

La distribución de los casos de actividad sísmica junto con las consideraciones fisiográficas, geológicas y tectónicas del país, ha hecho posible que se identifiquen cinco zonas sísmicas (tres de la costa y dos continentales) diferenciándose las de la costa debido a la penetración del buzamiento de la placa de Nazca bajo la masa continental.

Zona 1 : En el área Norte-Oeste, se caracteriza por la gran concentración de sismos superficiales e intermedios.

Zona 2 : Tectónicamente similar a la zona 1, aunque en lo que refiere a actividad sísmica se parece a la zona 3. Será separada de esta última por la zona de transición que se encuentra situada en el tramo Norte de la loma de Nazca.

Zona 3 : Muestra una distribución uniforme de profundidades locales que se acrecientan progresivamente en la

relación con la distancia al litoral, a igual que la zona 5, muestra características fisiográficas y tectónicas únicas.

**Zona 4 y 5:** Se caracteriza por la gran cantidad de sistemas de fallas regionales que tiene una dirección N-S cerca del punto de unión entre los bloques Cenozoicos, Mesozoicos y paleozoicos.

Tanto las líneas de isoenergía (igual distribución de energía) como la distribución de focos sísmicos indican una dirección general de sismicidad de N30°W en el área Norte y N60°W en el Sur.

La zona de estudio (ver Fig. 5.2 al 5.3b de regionalización sísmica y de zonas sísmicas), corresponde al sector de la falla Central y a la zona N° 4 donde se encuentran sistemas de fallas regionales.

Es el centro de una alta actividad sísmica por encontrarse dentro de la curva de liberación de energía sísmica de  $1,000 \times 10^{19}$  erg. por  $10 \times 10$  (lat x long) y magnitudes menores de 6 a 7 (escala Richter).

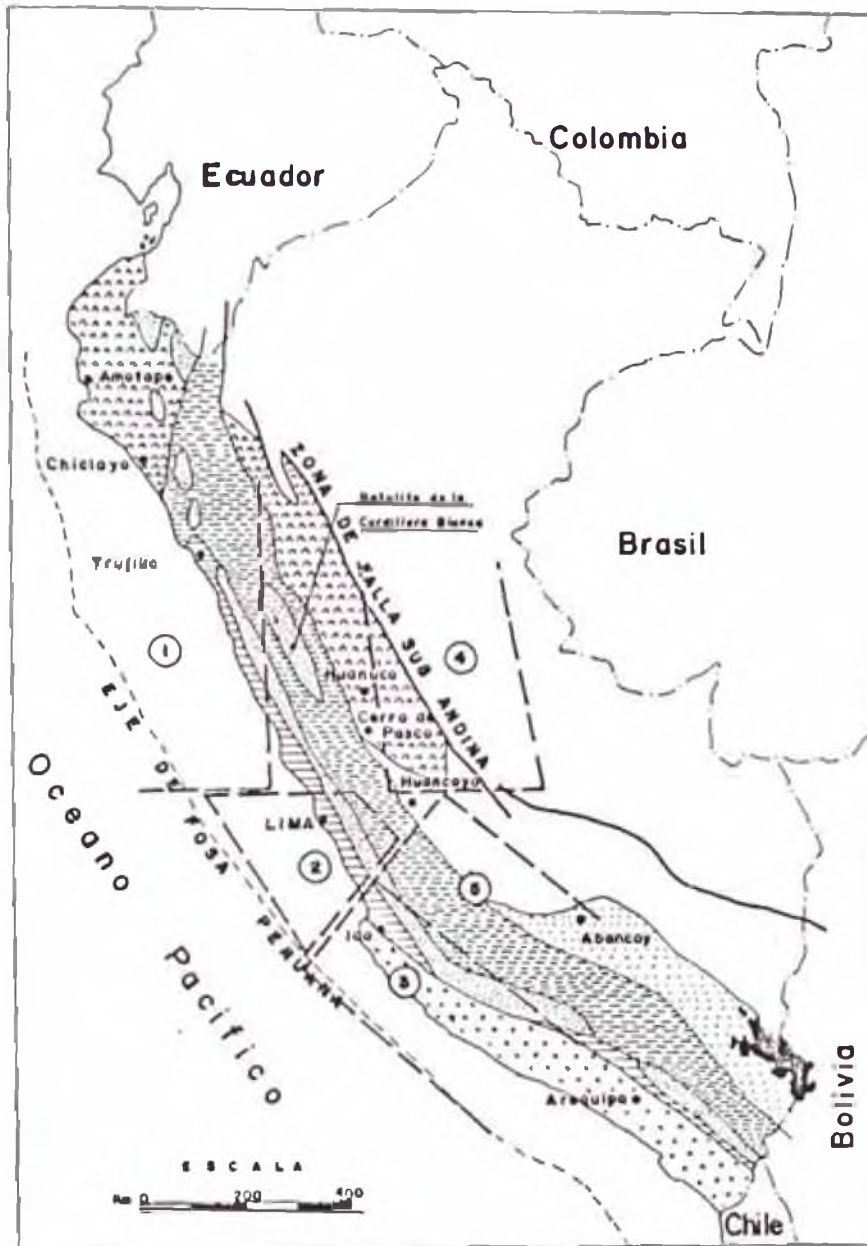
Es por esta razón que se debe considerar su influencia sísmica sobre las áreas glaciares de la cordillera Huaytapallana.

## 5.2. RASGOS SISMICOS EN LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS

Es importante indicar que la avalancha que dió origen al aluvión del 28 de Diciembre de 1990 se produjo por efectos de carácter gravitacional y por movimiento sísmico debido a la reactivación de la falla Huaytapallana, como puede observarse en el registro sísmico del Observatorio Sísmico de Huayao-Huancayo. Fig. 5.4.



# ZONAS SISMICAS



## GEOLOGIA DE LOS ANDES PERUANOS

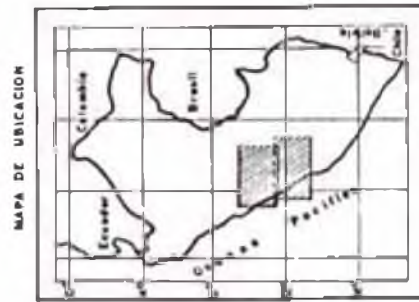
### LEYENDA



Fig-5.2

SECTOR: HUANCAYO - HUARAZ

MAPA DE REGIONALIZACION SISMICA



LEYENDA

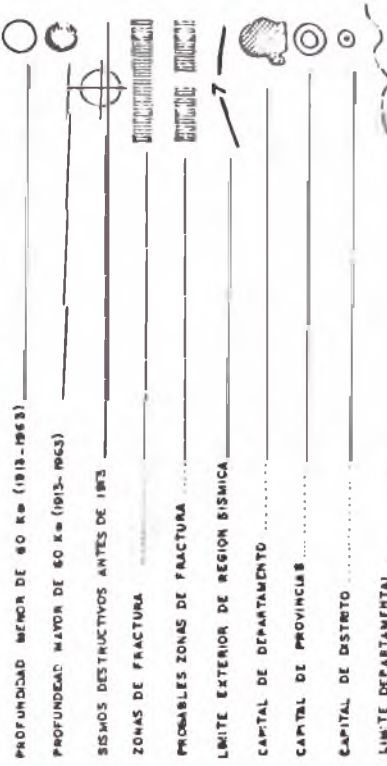
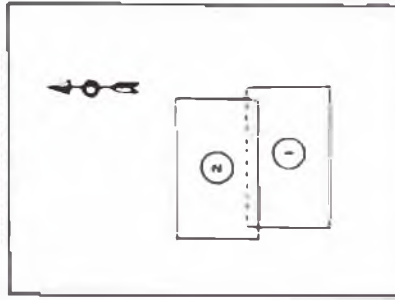


DIAGRAMA DE EMPALMES



ESCALA 1 : 1 000 000

Fig-5.3

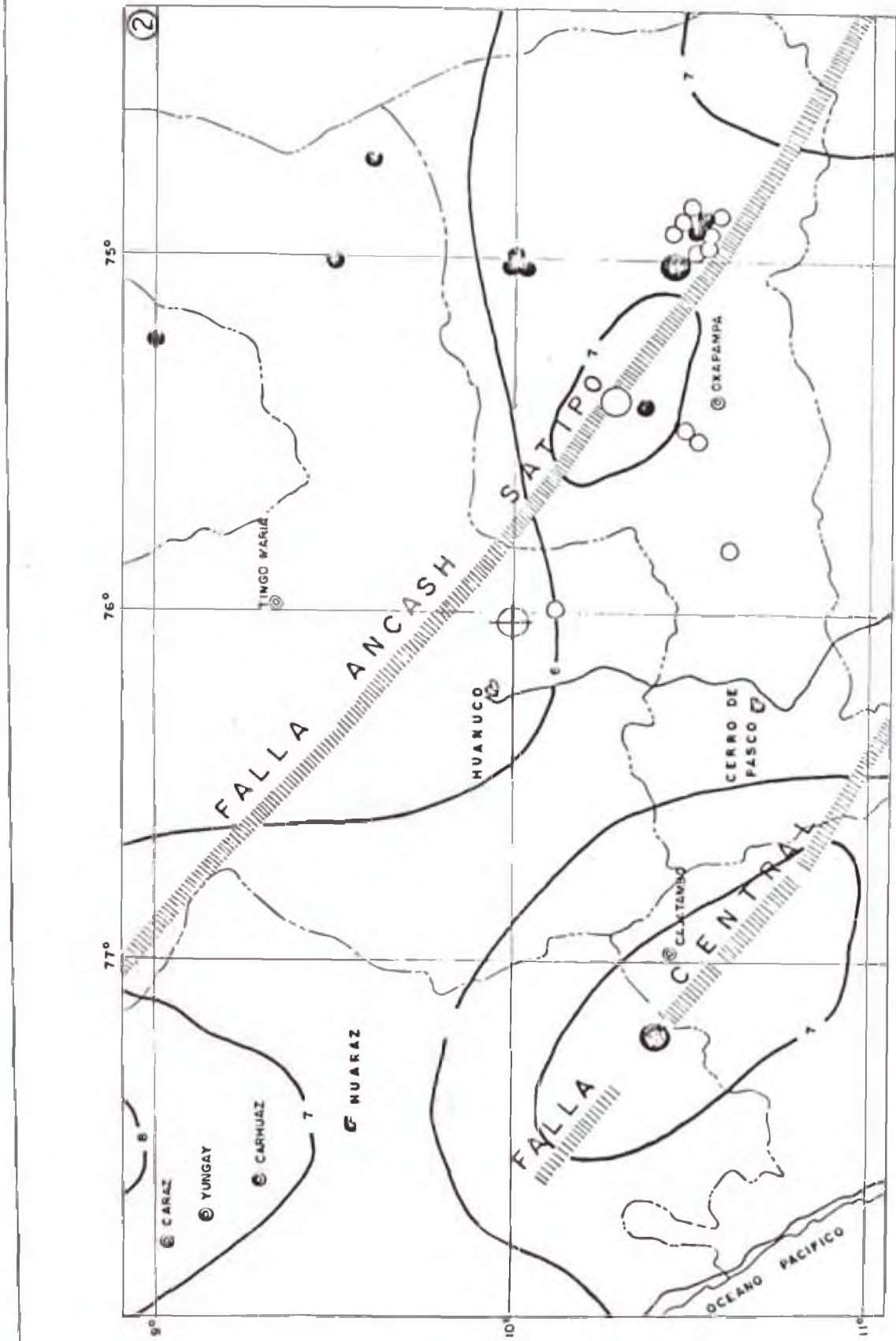


Fig - 5.3a

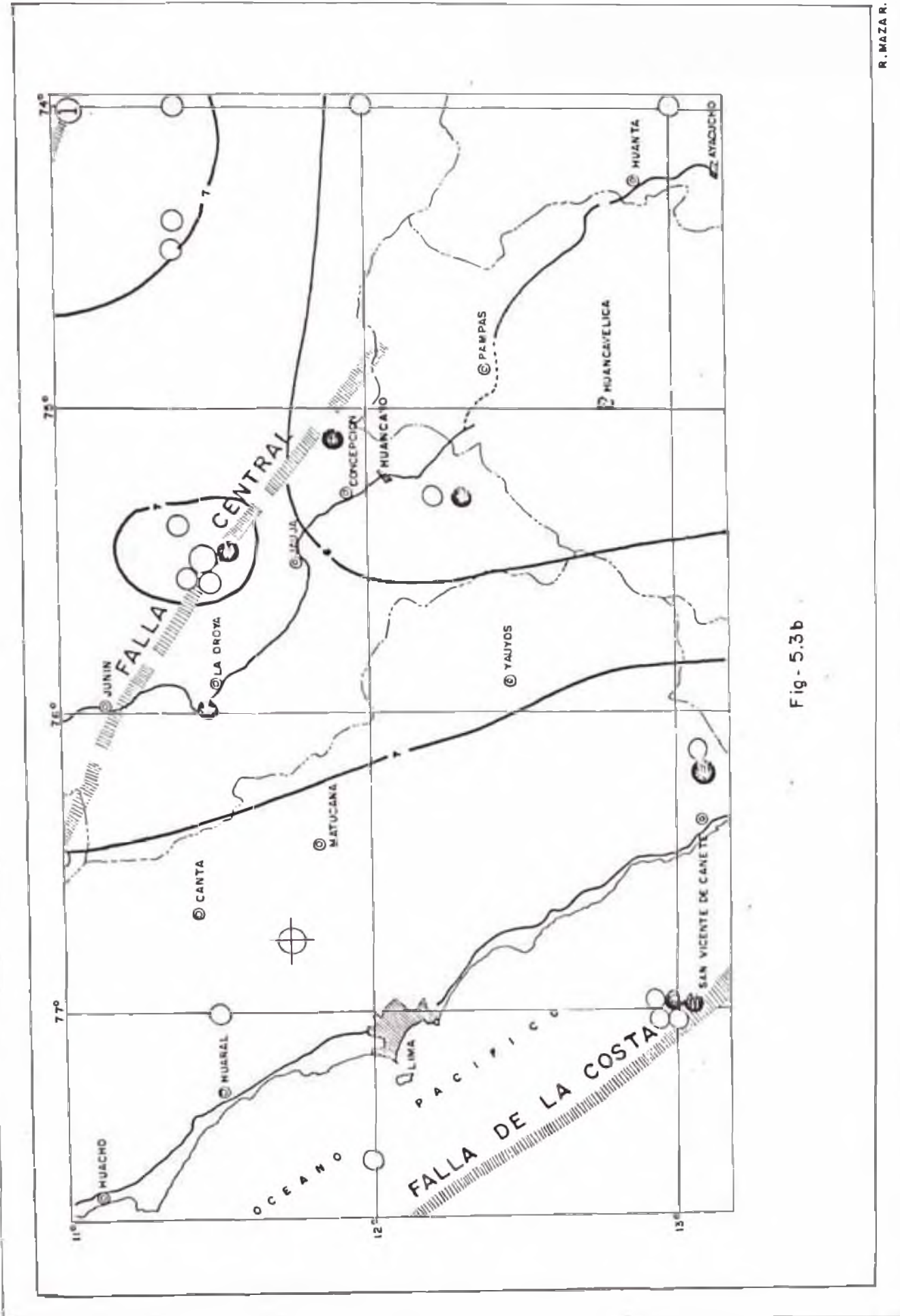


Fig - 5.3b

↑ UP

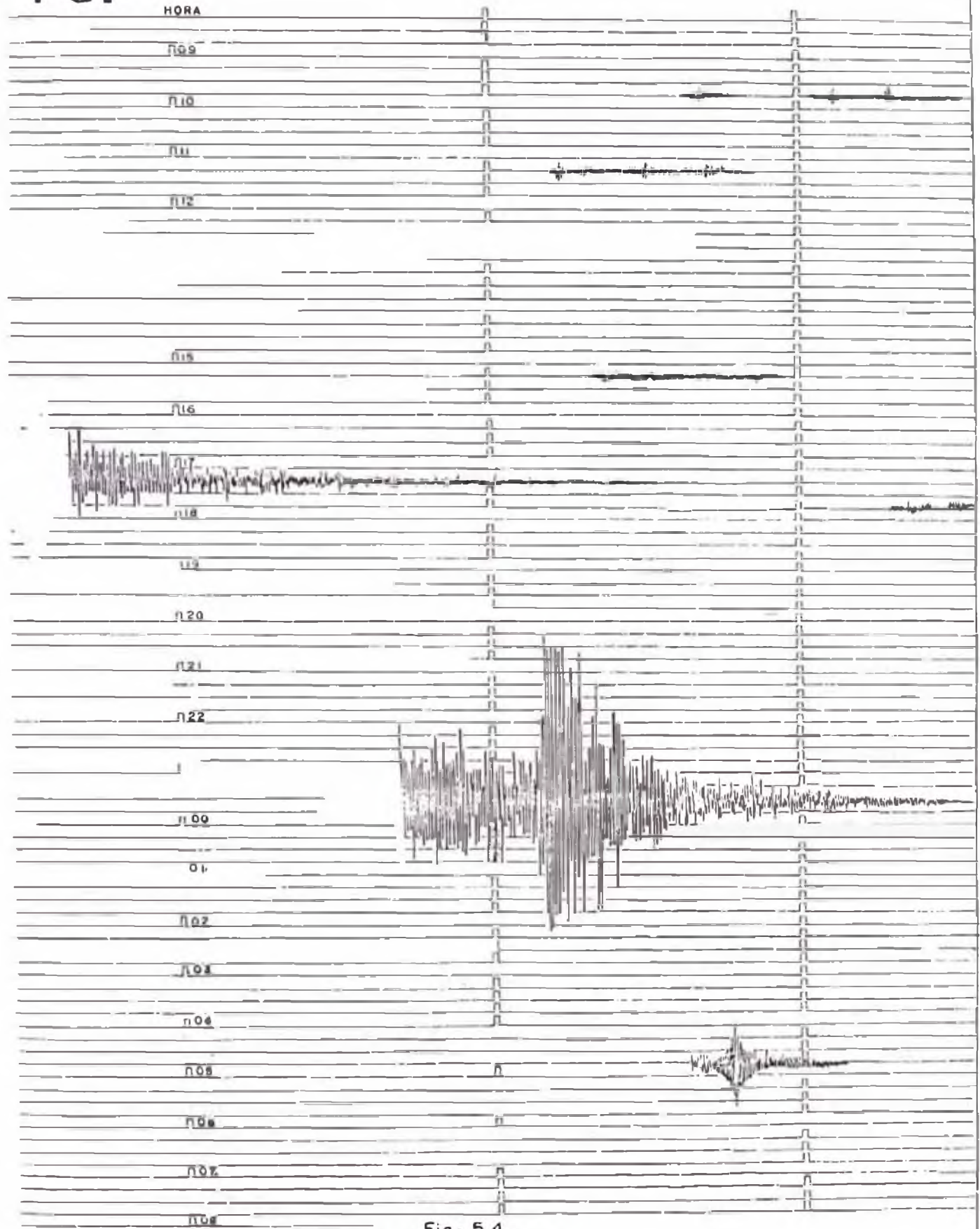


Fig - 5.4  
ESTACION SISMICA  
HUAYAO HUANCAYO  
REGISTRO SISMICO

DIA: 28-DIC-90 HORA: 08:07  
AL  
DIA: 29-DIC-90 HORA: 08:00

Se debe tomar en cuenta la presencia de una serie de fallas que cortan transversalmente la cuenca del río Shullcas como se puede observar en el plano geológico de la cuenca, especialmente de la falla activa Huaytapallana que corre paralela al flanco occidental de la cordillera Huaytapallana y se encuentra ubicada muy cerca de las Lagunas Lazuntay, Chuspicocha, y Runicocha (ver plano geológico CSH-05 del sector superior de la cuenca), una reactivación de la falla mencionada daría lugar a movimientos sísmicos y dependiendo de la magnitud de éstas se generarían desprendimientos de las áreas glaciares, sobre todo las que se encuentran en calidad de colgantes en el sector de las lagunas antes mencionadas.

#### **5.2.1. Principales Sismos**

De la información consignada en el boletín 3-serie C que trata sobre la historia de los sismos más notables en el Perú entre los años 1513-1974 (E. Silgado-INGEOMIN), se reporta lo siguiente:

##### **23 de Julio de 1969 a las 22 Horas**

Un sismo de magnitud 5.6 y de profundidad de 1.0 Km, causó ligeros daños en las construcciones rurales de los caseríos y pueblos de Chulifruta, Lampa, Pomamanta y Pariahuanca en los andes orientales, distantes en promedio unos 50 Km, al NE de Huancayo. Después del movimiento de tierra, se observó en las quebradas del Nevado Huaytapallana (5,500 m.s.n.m.), un desplazamiento vertical del terreno. Según DEZA (1971) el bloque NE se levantó unos cuantos centímetros respecto del bloque SW.

### **19 de Octubre de 1969 a las 00:06 horas.**

Otro sismo, esta vez de magnitud 6.2, volvió a sacudir la región conmovida en el mes de julio. Murieron 130 personas y numerosos heridos. Quedaron dañadas las viviendas de abobe, adobon y piedra, de los caserios y distritos ya citados.

En Huancayo la intensidad fue de grado V Esc. M.M. De las paredes altas se produjeron derrumbes, en el terreno hubo agrietamientos y cambios de nivel Hidrostático evidenciado por la desecación de cuatro lagunas.

Un efecto primario, advertido por los campesinos del lugar como una intensa grieta después del sismo de del 23 de Julio, fué la escarpa de falla estudiada por la comisión que enviara al lugar el Instituto Geofísico en la primera quincena del mes de Octubre.

DEZA (1970) informó que la falla producida el 23 de Julio fué reactivada posteriormente, en un punto situado a 6.5 Km, al NE de la Hacienda Acopalca. Alcanzó un desplazamiento vertical de 1.6 m. y en dos lugares situados a 1 Km. al SE y 2.5 Km al SE de ese punto, se pudo medir un desplazamiento horizontal de 0.70 m. la falla tenía un rumbo de N 60° W y un buzamiento de 65° NE extendiendose unos 16 Km. Desde el 23 de Julio hasta el 31 de Diciembre, el observatorio de Huancayo registró más de 2,000 réplicas provenientes de esa región.

#### **5.2.2. Parámetros Sísmicos**

Una vez definido los niveles de intensidad correspondiente a la cuenca del río

Shullcas, deben ser convertidos en niveles de aceleración máxima Horizontal, utilizando relaciones promedio entre las expresiones correspondientes al Japón y al Oeste de Estados Unidos, sugeridos por MURPHY y O'BRIEN (1978) en base a correlaciones entre datos instrumentales y macrosísmicos a nivel mundial o también puede ser utilizadas las relaciones de aceleración-intensidad como la propuesta por COULTER, Waldron y Devine (1973), que se representan en la figura adjunta.

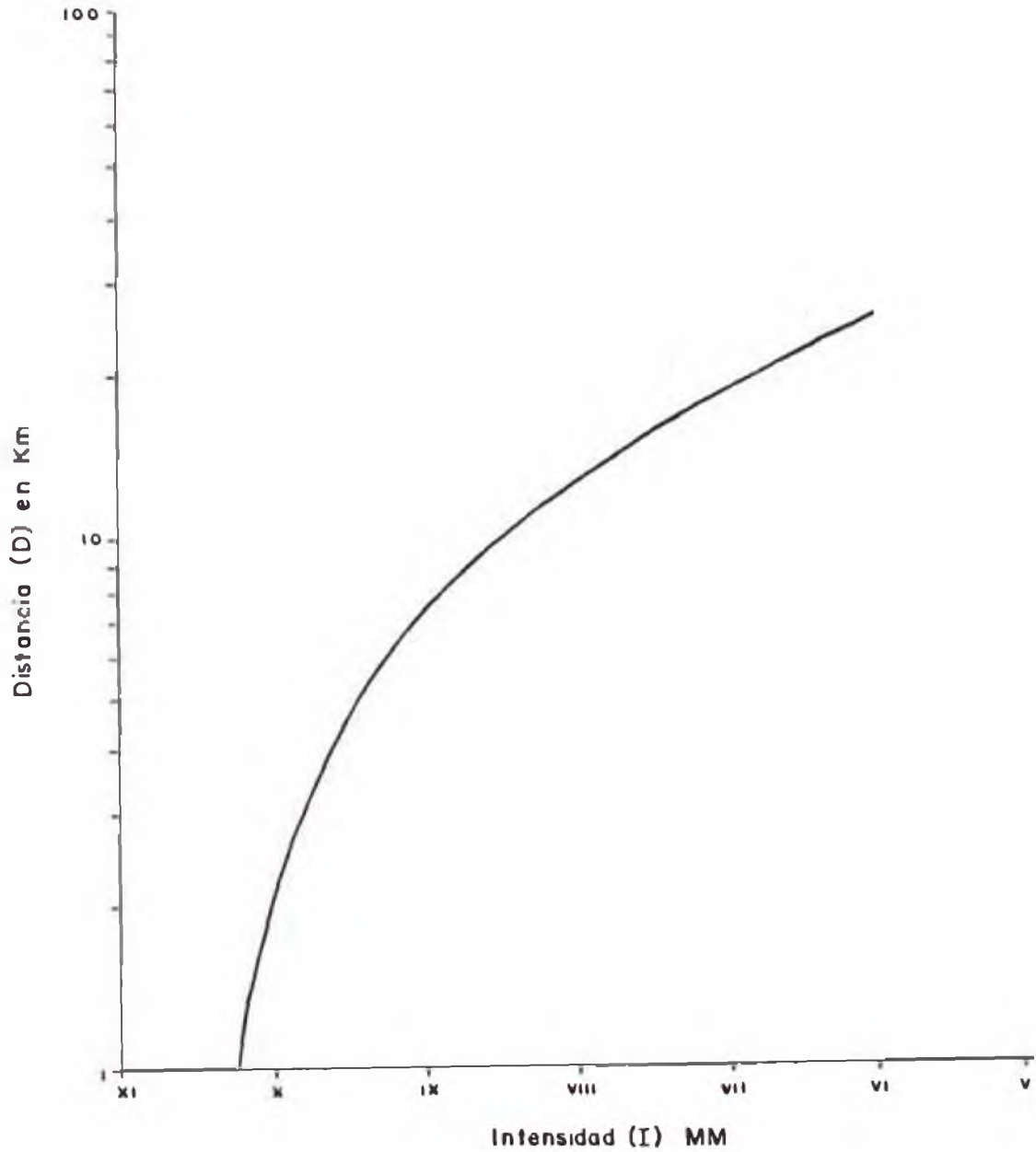
Para el cálculo de la intensidad se ha considerado un sismo de referencia con intensidad epicentral máxima  $I = XI$  MM y la atenuación indicada en la **figura 5.5**, obtenidas para sismos peruanos relacionados a fallas activas.

Las aceleraciones correspondientes son indicadas en la **figura 5.6** de acuerdo a las condiciones geológicas



SISMO DE LA FALLA HUAYTAPALLANA  
(01.10.1969)

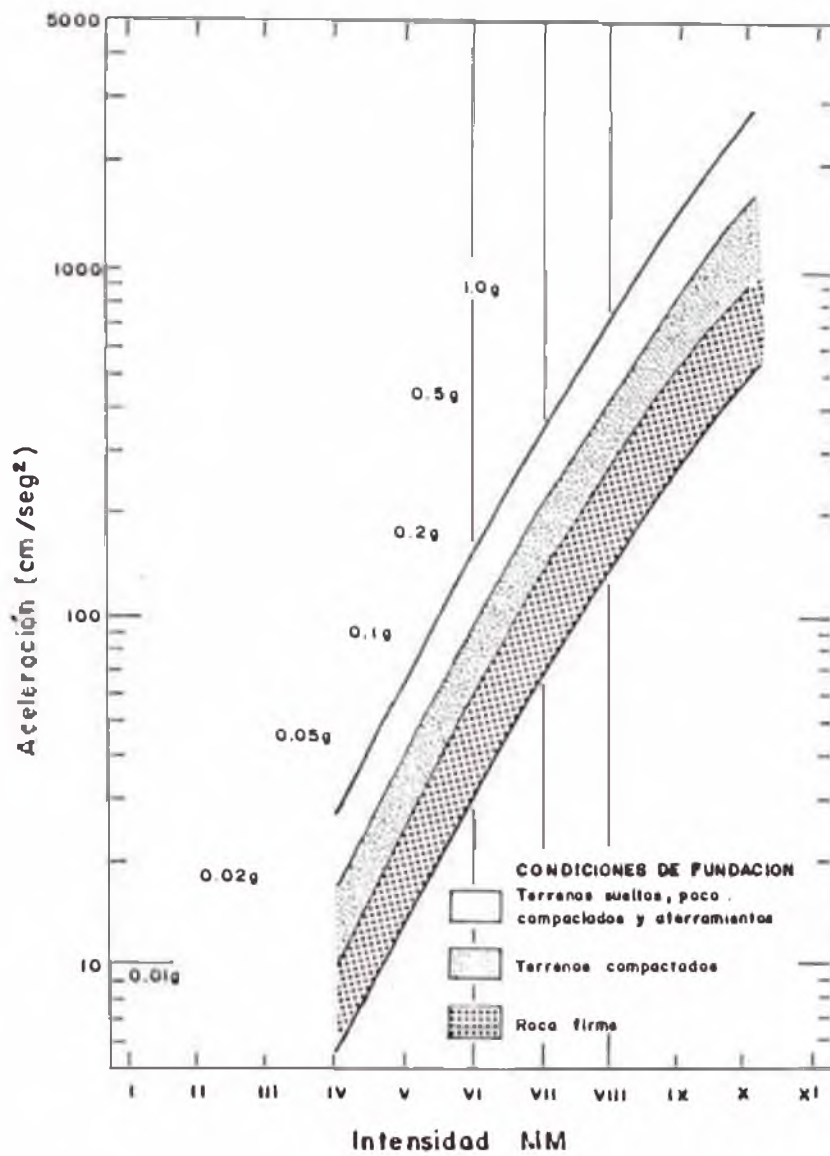
$$\ln I = 2.35 - 0.021 D \quad r = 0.98$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

RELACIONES DE ATENUACIONES DE INTENSIDADES PARA SISMOS SUPERFICIALES.  
( $h < 20$  Km)

FUENTE: ELECTROPERU Fig-5.5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

RELACION ENTRE ACELERACION-INTENSIDAD

Fig - 5.6

FUENTE

COULTER WALDRON Y DEVINE - 1973

# CAPITULO VI

GLACIOLOGIA

# CAPITULO VI

## GLACIOLOGIA

### 6.1. INTRODUCCION

#### ¿Qué es un glaciar?

Un glaciar es un recurso natural de agua sólida (nieve, nevisca, hielo), permanente a la escala humana, que se encuentra en una continua renovación y movimiento por el juego combinado de la acumulación (precipitación de nieve, nieve transportada por el viento o por las avalanchas) y de la ablación (fusión).

Fluye permanentemente de las partes altas donde la acumulación lo alimenta hacia las zonas bajas donde la ablación domina; el mayor gasto de hielo por el flujo, ocurre allí donde el balance (acumulación - ablación) es nulo, que se denomina línea de equilibrio o línea de nevisca.

El origen y la permanencia de los glaciares se debe preponderantemente a la interacción de ciertos factores climáticos y geográficos bien definidos, a saber; bajas temperaturas, abundantes precipitaciones sólidas, mínima evaporación, ubicación y elevación sobre el nivel del mar. Cuando estas condiciones son favorables, los glaciares se desarrollan y crecen; de lo contrario disminuyen en extensión y espesor y decaen.

Los glaciares son uno de los elementos inusuales más espectaculares de la geografía. Su influencia sobre la tierra es muchos más grande de lo que se cree, aunque cubren solamente 10% de la superficie de los continentes a escala global y contienen menos del 3% del agua existente sobre la superficie de la tierra.

Zona de acumulación

Zonas de pérdida  
ablación

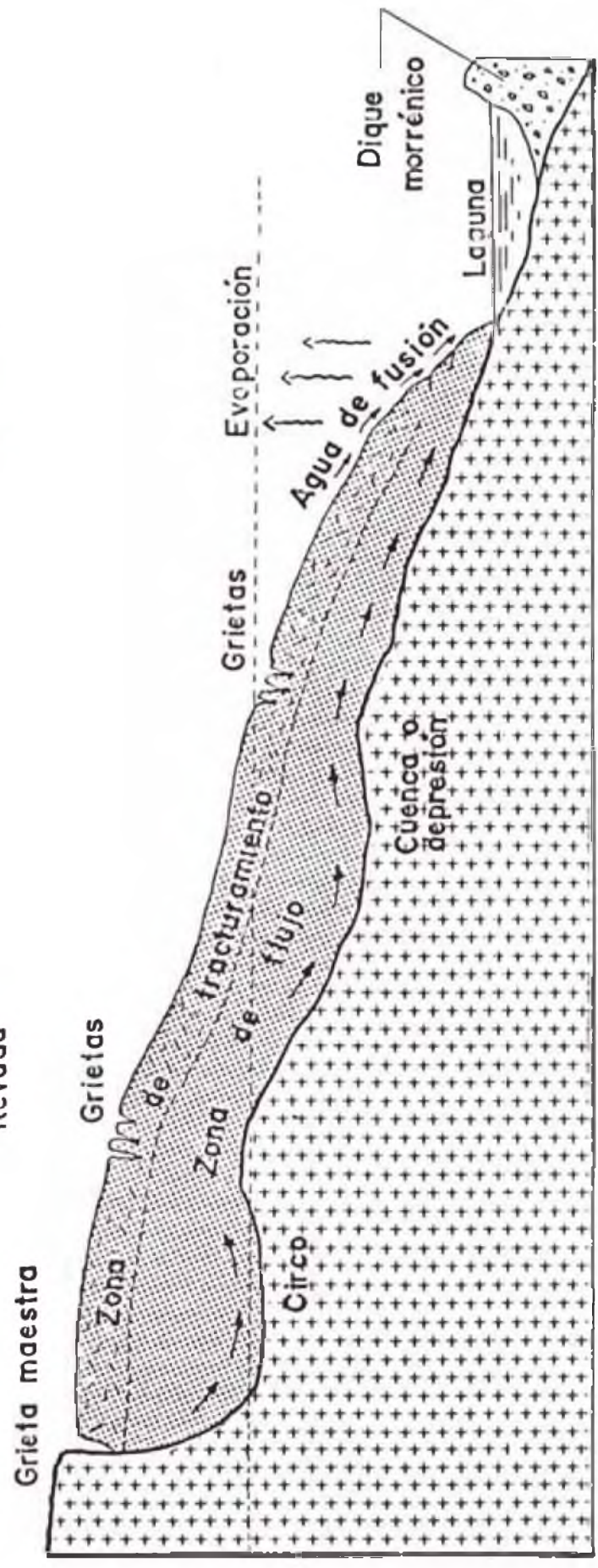


Fig - 6.1

Zonas de pérdida  
ablación

Zona de acumulación

Nevada

Grieta maestra

Grietas

Zona de  
fracturamiento  
de flujo

Zona de  
flujo

Circo

Grietas

Evaporación

Cuenca o  
depression

Agua de fusión

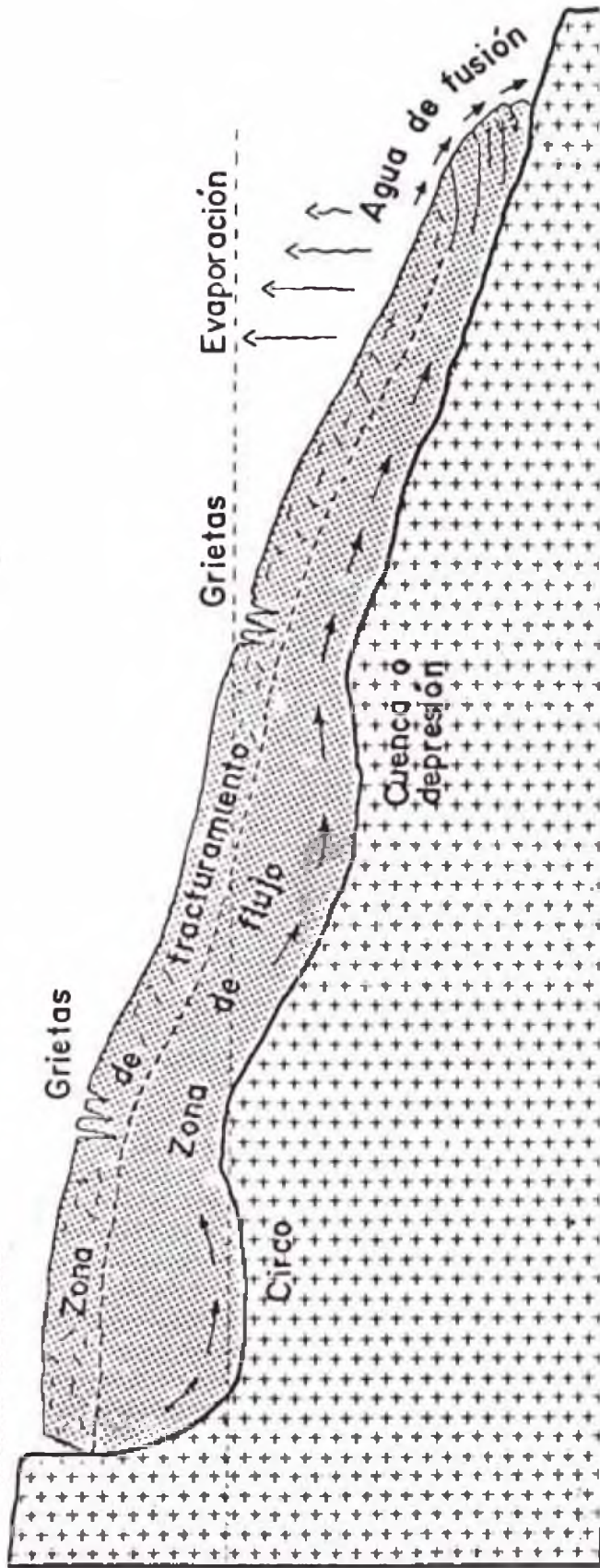


Fig - 6.2

Hace muchos miles de años durante las grandes eras glaciares que éstos, cubrían 30% de la superficie terrestre y se estima que constituían el 8% del total del agua. Los más grandes glaciares, aquellas sábanas de hielo de Groenlandia y la Antartida, influyen notablemente en el clima de extensas zonas de globo terrestre.

El estado y comportamiento de los glaciares es de interés común en todo el mundo por las consideraciones antes mencionadas. Cuando las masas de los glaciares aumentan globalmente, el nivel medio del mar disminuye y cuando ocurre lo contrario, el nivel del mar se eleva, debido a la fusión y en consecuencia mayor aporte hídrico.

Los glaciares son sensibles y dinámicos. Se mueven y responden en variadas, diferentes y sutiles formas a los cambios en su entorno. Registran cuidadosa y escrupulosamente los efectos de los diferentes elementos meteorológicos. En muchos casos son mucho mejores en este aspecto que el hombre, con todos los sofisticados instrumentos que su intelecto le ha permitido desarrollar. Los campos de hielo o cualquier gran masa de hielo, registran detalladamente el estado del clima, así como nos puede decir cuál fue este hace centenares o miles de años.

Por sí mismo, los glaciares son hermosos y misteriosos. Por su acción han sido capaces de crear algunos de los más espectaculares escenarios sobre la tierra. Han sido más extensos y numerosos en el pasado y no hay motivo para pensar que no pueden volver a desarrollarse nuevamente en el futuro.

### 6.1.1 ZONAS DE UN GLACIAR

#### La zona de Acumulación

La lluvia cae raramente en niveles superiores a los 5,000 m.s.n.m., sobre esa altitud se encuentra la zona nival donde predominan las precipitaciones sólidas, es decir, la nieve en sus diferentes formas. En todos los flancos de la cordillera sobre los 5,000 metros la nieve se deposita y se mantiene sobreviviendo aún los años más secos. En esta zona donde se produce la lenta transformación de la nieve en hielo por recristalización acompañada de un aumento del volumen.

En años excepcionalmente húmedos esta nieve se acumula hasta por sobre los tres metros de espesor. Dada la ubicación de la cordillera Huaytapallana, dentro de la región tropical del hemisferio sur, la ablación o fusión de la nieve y el hielo se manifiesta durante todo el año; con mayor incidencia durante la temporada lluviosa que coincide con los meses calurosos del verano austral.

El agua de fusión percola dentro de la nieve durante el día para recongelarse nuevamente en la noche por el descenso de temperatura por efecto físico destructivo (metamorfismo destructivo), sobre todo en los meses secos. Los granos de nieve se agrandan progresivamente hasta convertirse en nevisca, que es el estado intermedio o de transición por el que atravieza la nieve hasta convertirse en hielo glaciario.



Cuando la nieve se deposita en capas gruesas protegidas de la influencia exterior, la transformación a neviza y luego a hielo glaciar es más lenta y se dice que es un efecto físico.

La acumulación no se distribuye en forma uniforme en toda la superficie glaciar, pues está sujeta a los vientos predominantes que arrastran la nieve recién caída de las pendientes pronunciadas hacia zonas de reposo, donde forman capas de mayor espesor.

Las capas de nieve anuales se depositan sobre la nevisca del año anterior formando estratos de diferente espesor, separadas de bandas de nieve oscura, que representan la deposición de polvo durante la temporada seca (la diferencia de espesor se debe únicamente a la menor o mayor cantidad de precipitación que ha recibido el glaciar durante determinado año y a factores como el transporte por el viento, aludes, etc.)

Toda la masa de hielo formada en las zonas de acumulaciones fluye hacia las partes inferiores bajo el efecto de su mismo peso, descendiendo hacia niveles en los que predomina la ablación, donde desaparece no solo la nieve fresca y la nevisca del año anterior sino también el hielo antiguo.

En resumen se puede definir como zona de acumulación, aquellas partes del glaciar donde las precipitaciones sólidas superan en cantidad a la fusión. Generalmente, en años predominantemente húmedos, la nieve fresca cubre enteramente toda la superficie de los hielos hasta el borde mismo de los glaciares.

La fusión va removiendo estas capas nuevas hasta niveles más altos. Este límite de las nieves frescas antes del inicio de la siguiente temporada de precipitaciones se denomina línea de nevisca, que corresponde aproximadamente a la línea de equilibrio entre la zona de acumulación y de ablación. Fig. 6.1. y 6.2.

La línea de nevisca que separa las dos zonas del glaciar es variable en altitud, dependiendo enteramente del estado del clima durante el año. Se encontrará a niveles inferiores en años con abundantes precipitaciones, elevándose por el contrario en años secos por el balance predominantemente negativo.

### **La zona de ablación**

En contraste con aquellos glaciares situados en latitudes medias, donde las estaciones del año son bien marcadas, en que el invierno se presenta con temperaturas muy bajas y altas precipitaciones y veranos muy calurosos, se puede definir con bastante precisión las temporadas de acumulación y ablación. En los glaciares tropicales como en la cordillera Huaytapallana no es posible aplicar los mismos términos usados para las zonas de latitudes medias, por el clima notablemente diferente.

En las zonas montañosas de los trópicos el verano del hemisferio coincide con la época de grandes precipitaciones, mientras que la temporada seca corresponde al invierno. Por esta característica climática de las regiones altas de los andes, no podemos definir como temporada de

ablación sólo a la estación seca, pues, este fenómeno ocurre durante todo el año y en magnitud ligeramente mayor durante la estación lluviosa.

Evidentemente, será mayor en las zonas inferiores de albedo bajo y cercanas a terrenos rocosos y descubiertos, donde la absorción de energía calorífica es mayor.

Durante las temporadas secas se observa que la coloración blanca del hielo cambia a un tono más oscuro en las zonas bajas. Esto se debe, a que la nieve y el hielo de estas partes han sido removidas por fusión, quedando expuesta la superficie sucia del año anterior, cuya tonalidad oscura se debe a la deposición de polvo transportado por los vientos durante los meses secos del año.

Propiamente zona de ablación se denomina, a aquella parte del glaciar donde la masa total de la nieve y hielo que se fusiona en determinado tiempo, supera cuantitativamente a la masa aportada por las precipitaciones; es decir, el balance en esta zona es negativo.

## **6.2. OBSERVACIONES GLACIOLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS**

Esta cuenca afluente del río Mantaro es una de las más extensas de la cordillera Huaytapallana. El área que interesa al presente estudio corresponde a la cabecera de la cuenca, considerándose como boca de la cuenca el desagüe de las lagunas: Lazuntay, Chuapicocha, Ancapuachanan y Runicocha; es decir, la parte superior desde una altitud de 4,650 m.s.n.m. donde se ubica las

nacientes del río que fluyen en dirección suroeste en la cuenca.

El área glaciaria se encuentra encerrada por las montañas nevadas correspondientes a los picos del nevado Chuspi, talvés, por el noroeste y los nevados Huaytapallana, Lazuntay y Yana Ucscha por el sureste.

El área cubierta de glaciares es de 6.59 Km<sup>2</sup>, que representa un 3.34% de la superficie de la cuenca. En el Inventario Nacional de glaciares, la cuenca del río Shullcas se encuentra codificada con el N° 1D3522DG, estando numerados los diez glaciares del DGA1 al DGB2, tal como puede observarse en el cuadro N° 3.12 y el plano CSH-03.

El área glaciaria está constituido por cuerpos de hielo de morfología variada, predominando aquellos glaciares clasificados como de montaña, o sea de forma indefinida pegados a los flancos. Los 10 glaciares individuales son de este tipo que fluyen encerrados entre las abruptas paredes montañosas y en algunos casos la lengua glaciaria está generalmente flanqueada por formaciones morrénicas muy desarrolladas.

#### **GLACIAR 1D3522DGA1 (NEVADO CHUSPI)**

Este glaciar se halla situado en el extremo Norte entre los glaciares de la cabecera de la cuenca del río Shullcas y forma parte del flanco occidental del nevado Chuspi.

La posición geográfica del glaciar corresponde a las coordenadas 11° 53' 08" de latitud sur y 75° 04' 21" de longitud Oeste.

La morfología del glaciar muestra las características de un glaciar de montaña cuya extensión superficial abarca un área de 1.37 Km<sup>2</sup> con una orientación Suroeste valle abajo.

El glaciar se extiende desde una altitud de 5,462 m.s.n.m., cumbre del nevado Chuspi, hasta el frente glaciar que se encuentra a una altitud promedio de 4,785 m.s.n.m. en cuya base se encuentra la laguna Runicocha.

La zona de ablación presenta una pendiente de 42° con gran ocurrencia de grietas profundas de gran tamaño donde se midió los principales sistemas de agrietamiento; estas estructuras se presentan con mayor frecuencia en los bordes de la lengua glaciar y transversales a su eje principal. En la zona de acumulación, existen escarpes escalonados de rumbo general Noroeste con buzamientos pronunciados en promedio 55° al Suroeste; los cuales, facilitan caídas de avalanchas de volúmenes considerables evidenciando un acelerado movimiento glaciar. En el sector superior a partir de la rimaya existen masas de hielo colgantes adheridos al macizo rocoso.

#### **GLACIAR 1D3522DGA2 (NEVADO HUAYTAPALLANA-NEVADO TALVES)**

Este glaciar se encuentra en la parte central del grupo de glaciares de la cabecera de la cuenca del río Shullcas y forma parte del flanco occidental de los nevados Huaytapallana y Talves.

La posición geográfica del glaciar corresponde a las coordenadas 11° 54' 07" de latitud Sur y 75° 03' 40" de longitud Oeste.

La morfología del glaciar, muestra las características de un glaciar de montaña conformando un

circo glaciar limitado por la cumbre del nevado Huaytapallana hacia el Sur y del nevado Talvés por el norte, abarcando un área de 2.41 Km<sup>2</sup> extendiéndose una longitud de 2.2 Km. con un ancho promedio de 1 Km. con una orientación Suroeste.

El sector que forma parte del flanco occidental del nevado, Talvés 5,313 m.s.n.m. hasta una altitud promedio de 4,750 m. en el frente glaciar. En su parte superior a partir de la rimaya presenta masas de hielo en calidad de colgantes, la superficie glaciar en la zona de acumulación presenta fuerte pendiente 50-60° y escarpas de deslizamiento escalonados que tienen una dirección general Noroeste. La parte terminal o zona de ablación se encuentra ligeramant colgada, donde se observan numerosas grietas de tensión.

La zona inferior se encuentra cubiertos de escombros rocosos constituyendo propiamente la lengua glaciar que se encuentra rodeada de potentes morrenas laterales y frontales correspondientes a la laguna Ancapuachanan que se encuentra en pleno desarrollo.

El sector que forma parte del flanco Noroccidental del nevado Huaytapallana, se extiende entre las cotas 5,557 m.s.n.m. cumbre del nevado Huaytapallana sur hasta una altitud promedio de 4,680 m.s.n.m. en el frente glaciar en cuya base se encuentra la laguna Chuspicocha.

Mediante el análisis de fotografías aéreas (ver mosaico de la cordillera Huaytapallana 1962), donde se observa que la parte terminal del glaciar se mantenía en contacto con la laguna Chuspicocha, se pudo determinar que esta parte del área glaciar formaba un sector crítico para la generación de avalanchas ya que desde la rimaya en la parte superior hasta la base de la pared rocosa el

glaciar presentaba superficies muy escalonadas con un intenso fracturamiento de las capas de hielo que aislaban bloques inestables, evidenciando un acelerado movimiento glaciar que motivarían frecuentes avalanchas hacia la laguna Chuspicocha.

Se determinó la existencia de dos sistemas de fracturas profundas el glaciar de rumbo Noreste y NOroeste que contribuyeron a la inestabilidad de este sector los cuales se ponen en evidencia después de producida la avalancha.

Es de este sector donde se produjo la avalancha del 28 - dic 1990 que tuvo su origen aproximadamente a los 5,100 m.s.n.m. en la cara Oeste del nevado Huaytapallana Norte 5,486 m.s.n.m. que al desprenderse incidió directamente sobre la parte posterior izquierda del espejo de agua de la laguna Chuspicocha, produciendo adicionalmente el movimiento que desbordó la laguna.

### **GLACIAR 1D3522DGA3**

Es un pequeño glaciar de montaña que se encuentra adherido a las pendientes rocosas en la base del flanco occidental del nevado Huaytapallana sur.

La posición geográfica del glaciar corresponde a las coordenadas 11° 54' 44" de latitud sur y 75° 04' 10" de longitud oeste.

Cubre una superficie de 0.07 km<sup>2</sup> con una orientación oeste, se extiende desde una altitud de 5075m hasta 5200 manm con una pendiente promedio de 26° la parte terminal se presenta en forma de una lengua glaciar que termina en un escarpamiento rocoso observándose profusión de grietas transversales casi en toda su extensión.

**GLACIAR 1D3522DGA4**

Es un glaciar de montaña encerrado en una depresión rocosa que llega a formar parte de una pequeña quebrada en el extremo derecho del circo glaciar del nevado Lazuntay.

La posición geográfica corresponde a las coordenadas  $11^{\circ} 55' 10''$  de latitud sur y  $75^{\circ} 04' 10''$  de longitud oeste.

Cubre un área de 0.23 Km<sup>2</sup> que se extiende desde una altitud de 5330 m. punto prominente hasta el frente glaciar que se encuentra a 4850 msnm de altitud.

La zona superior de acumulación presenta numerosas grietas transversales hasta la rimaya, mostrando su acelerada actividad, tiene una pendiente promedio de  $47^{\circ}$  mientras que en la zona de la lengua, propiamente dicha, tiene una pendiente de  $30^{\circ}$ . La zona inferior se encuentra encerrada por un arco morrénico bien desarrollado. Sus aguas de fusión llegan a la laguna Lazuntay por infiltración.

**GLACIAR 1D3522DGA5 (NEVADO HUAYTAPALLANA-NEVADO LAZUNTAY)**

Este glaciar forma parte del flanco occidental nevado Lazuntay y corresponde al sector sur del nevado Huaytapallana.

La posición geográfica del glaciar está determinado por las coordenadas  $11^{\circ} 55' 13''$  de latitud sur y  $75^{\circ} 03' 11''$  de longitud oeste.

Es un extenso glaciar de montaña, con una superficie de 2.08 km<sup>2</sup> que se extiende en dirección Suroeste desde una altitud de 5557 msnm. hasta el frente glaciar que se encuentra a una altitud promedio de 4700



msnm y en contacto con el espejo de agua de la laguna Lazuntay.

En el sector superior, presenta una rimaya de gran profundidad, determinando la gran actividad del glaciar, la zona de acumulación se encuentra encerrada en un circo glaciar formado por las cumbres del nevado Huaytapallana hacia el norte y la del nevado Lazuntay hacia el Sur; cuya superficie se encuentra muy agrietada en toda su extensión con una gran frecuencia de escarpes y de grietas transversales de rumbo general Noroeste hacia el frente del glaciar que se encuentra en contacto con la laguna Lazuntay.

#### **GLACIARES 1D3522DGA6 / 1D3522DGA7 / 1D3522DGA8**

Estos son típicos glaciares de montaña que se encuentran adheridos a las pendientes rocosas. En el extremo Sur de la cabecera de la cuenca del río Shullcas se extienden desde una altitud de 5227 hasta una altitud promedio de 4975 msnm, donde se ubican las partes terminales de sus áreas glaciares.

Entre los tres glaciares cubren una superficie de 0.18 km<sup>2</sup>, los cuales presentan una orientación Oeste-Sureste y Oeste respectivamente.

Son cuerpos delgados de glaciares que aparentemente por su pequeña masa no tienen movimiento, en sus zonas inferiores se muestran compactos con alta frecuencia de grietas, constituyen remanentes de un glaciar mayor de épocas pasadas que ha retrocedido fuertemente.

### **GLACIARES 1D3522DGB1 / 1D3522DGB2**

Estos son dos glaciares de morfología muy similar y forma parte del flanco occidental de la cumbre del nevado Yana Ucsha, descienden en dirección Suroeste y Sur respectivamente desde una altitud de 5085 hasta 4775m.

Cubren una superficie de 0.25 km<sup>2</sup> presentan pendientes escarpadas pero con poca potencia de hielo.

## **6.3. ANTECEDENTE DE LAS MEDICIONES DE CONTROL GLACIOLOGICO**

### **6.3.1. CORDILLERA BLANCA**

La cordillera blanca, es el macizo montañoso más septentrional del país, el más extensamente cubierto de glaciares (723 km<sup>2</sup>).

Se encuentra situado en el ramal occidental de los Andes del Norte, entre los paralelos 8° 08' a 10°. Se extiende de Sur a Norte con dirección 30° Noroeste a lo largo aproximadamente de 200 km de longitud. Es estrecha y abrupta en dirección Este-Oeste; cortada por numerosos valles perpendiculares tanto en sus flancos occidentales como hacia el oriente.

La cordillera blanca forma con la cordillera negra, al occidente, el extenso valle interandino del Santa, por el que discurre el río Santa, en un recorrido de 320 km, desde su nacimiento en la laguna Conococha hasta su desembocadura en el mar.

Las numerosas cumbres que la conforman, 27 de los cuales sobrepasan los 6,000 metros y más de un centenar sobre los 5,000 metros. se

encuentran casi enteramente cubierta de glaciares, cuyo exponente es el nevado Huascarán de 6,768 metros de altitud, constituyendo la elevación máxima en el territorio peruano.

El interés que ha despertado esta cordillera, en propios y extraños, ha sido, por una parte, su gran accesibilidad para la práctica del montañismo y por otra, por haber sido escenario durante los últimos 45 años de terribles catástrofes geodinámicas de origen glaciar, con miles de pérdidas en vidas humanas y daños incalculables en los valles afectados que se detallan en el Cuadro 6.1.

A raíz de estas catástrofes, el gobierno peruano creó LA COMISION DE CONTROL DE LAGUNAS DE LA CORDILLERA BLANCA, con la finalidad de realizar un estudio integral de todas las lagunas, determinando aquellas que significaran un peligro potencial.

Es a partir del año de 1,968, con la creación del DEPARTAMENTO DE GLACIOLOGIA en la entonces CORPORACION PERUANA DEL SANTA, que se inicia las observaciones y mediciones sistemáticas, labor que fue continuada por ELECTROPERU e INGEMMET y por la oficina de GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS (ELECTROPERU /HUARAZ). Hoy en día las observaciones glaciológicas lo realiza la UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA ELECTROPERU-HUARAZ.

Se escogieron algunos glaciares con el objeto de conocer los parámetros que rigen su comportamiento (desde un punto de vista netamente hidrológico).

CUADRO 6.1  
ALGUNOS DATOS DE AVALANCHAS DE HIELO OCURRIDOS EN LA CORDILLERA BLANCA

AÑO	UBICACION	TIPO DE FENOMENO	RESULTADOS	VOLUMEN
1725	Huandoy lado oeste	Avalancha-aluvi3n	Sepult3 al pueblo de Ancash	
1702	Valle Quilcay	Avalancha-aluvi3n	Inundaci3n de Huaraz	
1883	Lag. Rajucolta (Desborde)	Avalancha-aluvi3n	Daños en Macashca	
1938	Lag. Arteza (Desborde)	Avalancha-aluvi3n	Lleg3 hasta Tinco Carhuaz	4'000,000 m <sup>3</sup>
1941	Lag. Palcacocha (Desborde)	Avalancha-aluvi3n	Destruy3 Huaraz 5,000 muertos	4'000,000 m <sup>3</sup>
1945	Lag. Ayhuñaraju	Avalancha-aluvi3n	Destruy3 Chavín	
1950	Lag. Jancarurish (Desborde)	Avalancha-aluvi3n	Afect3 la central de Huallanca y ferrocarril Huallanca	
1951	(2) Lag. Artezoncocha	Avalancha-aluvi3n	Aument3 la laguna Par3n	1'200,000 m <sup>3</sup> 2'800,000 m <sup>3</sup>
1952	Lag. Pacliash (Desborde)	Avalancha-aluvi3n	Lleg3 hasta Paltay	
1962	Huascarán Norte	Avalancha-aluvi3n	Destrucci3n de Ranrahirca 4,000 personas muertas.	
1962	Nevados San Juan	Avalancha-aluvi3n	Huari, 10 muertos en Olayán destrucci3n de casas.	
1970	Huascarán Norte	Avalancha-aluvi3n	Destrucci3n de Yungay 18,000 muertos	70-100 millones m <sup>3</sup> 50-100 millones m <sup>3</sup>
1970	Huascarán Norte	Avalancha-aluvi3n	Repres3 la laguna Llanganuco Alta	7'000,000 m <sup>3</sup>
1979	Ndo. Copa Grande	Avalancha	Daños en la quebrada Paccharuri	7'000,000 m <sup>3</sup>

FUENTE: Oficina de Glaciología y Seguridad de Lagunas, ELECTROPERU-Huaraz

Estos glaciares fueron seleccionados porque cada uno de ellos presenta características morfológicas bien definidas para un estudio glaciológico; otros por la peligrosidad que significan, dentro de los cuales están los glaciares colgados que son el origen de avalanchas.

Estos estudios son de utilidad en la prevención de catástrofes que pueden afectar las instalaciones de infraestructura y asentamientos humanos en los valles inferiores.

Con la finalidad de establecer una correlación de datos hidrológicos y glaciológicos se ha seleccionado de entre los glaciares en estudio el glaciar Yanamarey, por presentar características morfológicas y climáticas similares a los glaciares de la cordillera Huaytallana y en particular con los glaciares de la cabecera de la cuenca del río Shullcas, es de notar que los frentes glaciares en la cuenca Shullcas se encuentran a altitudes similares al del glaciar Yanamarey que ha continuación detallamos.

#### **6.3.1.1. GLACIAR YANAMAREY**

Este glaciar de 1.26 km<sup>2</sup> de superficie, se encuentra ubicado en las nacientes de un pequeño valle del mismo nombre, en el extremo norte del grupo meridional de la Cordillera Blanca dentro de la circunscripción de la provincia de Recuay en el departamento de Ancash.

La posición geográfica del glaciar corresponde a las coordenadas 9°

39' 26" de latitud Sur y 77° 16' 20" de longitud Oeste (**Fig. 6.3 y 6.4**).

se extiende en una longitud de máxima de 1.6 km con un ancho de 500 metros, desde una altitud de 5,200 m. hasta 4,600 m. en el frente o término con una orientación Suroeste (**Fig. 6.4**).

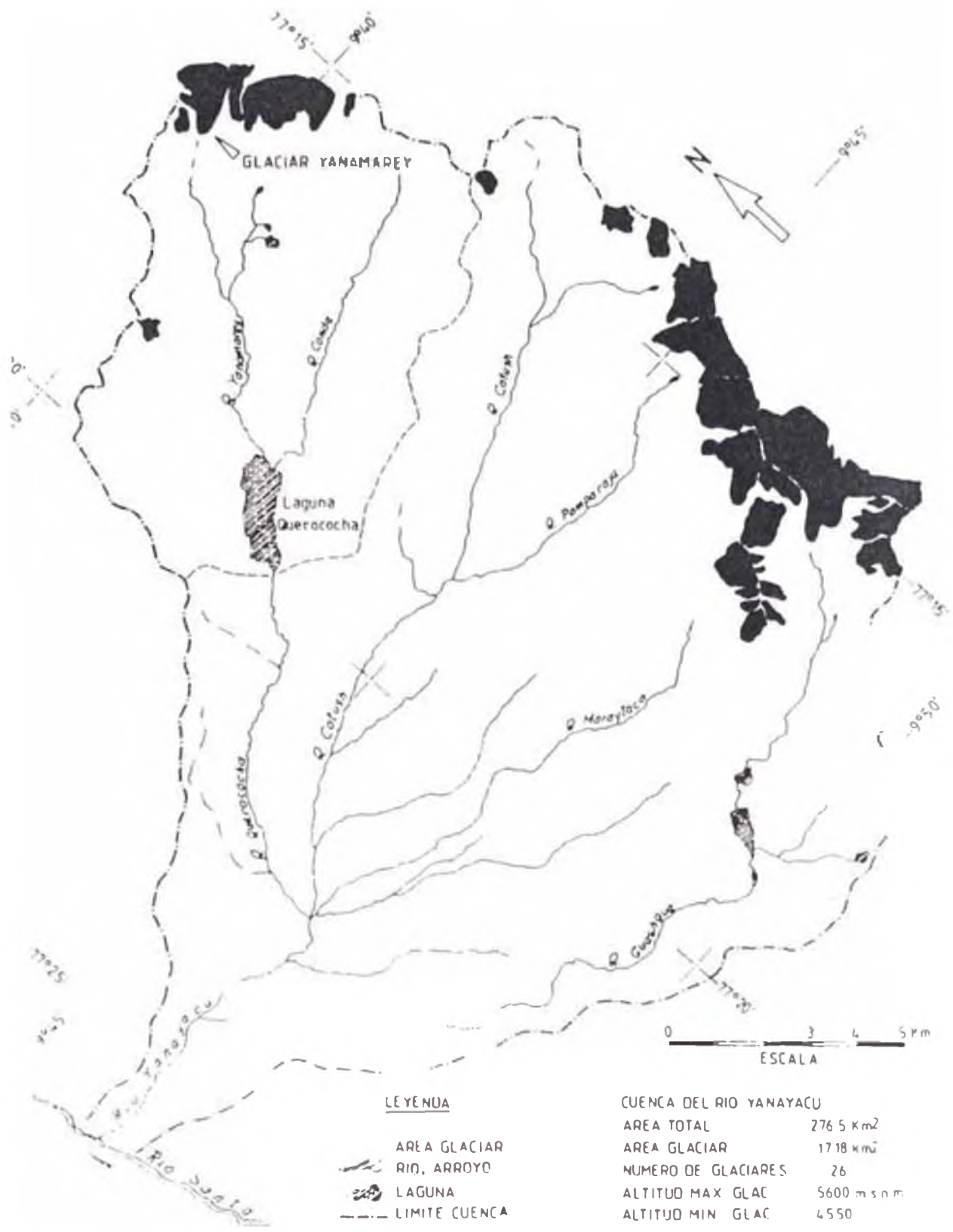
La superficie del glaciar presenta una pendiente moderada y uniforme en su zona baja y central, con escasa ocurrencia de grietas. La zona de acumulación es pequeña y de fuerte pendiente hacia el extremo norte con profusión de grietas.

El frente termina abruptamente en un escarpamiento vertical de hielo, sobre una laguna de reciente formación y en pleno desarrollo debido al retroceso del glaciar.

Este glaciar como muchos otros se encuentra con un acentuado fenómeno de retroceso de su frente, activado aun más por el contacto con el agua de la laguna.

El mayor espesor de hielo encontrado en este glaciar es de 104 metros (**Thompson L. Informe electroperú**).

Las aguas de fusión de este glaciar drenan hacia la laguna Querococha, cuyo desagüe fluye hacia el río Yanayacu, que desemboca al río Santa en las proximidades del poblado de Ticapampa.



F . 6.3 : Mapa hidrográfico de la cuenca del rio Yanayacu, mostrando la ubicación del glaciar Yanamarey (Cordillera Blanca).

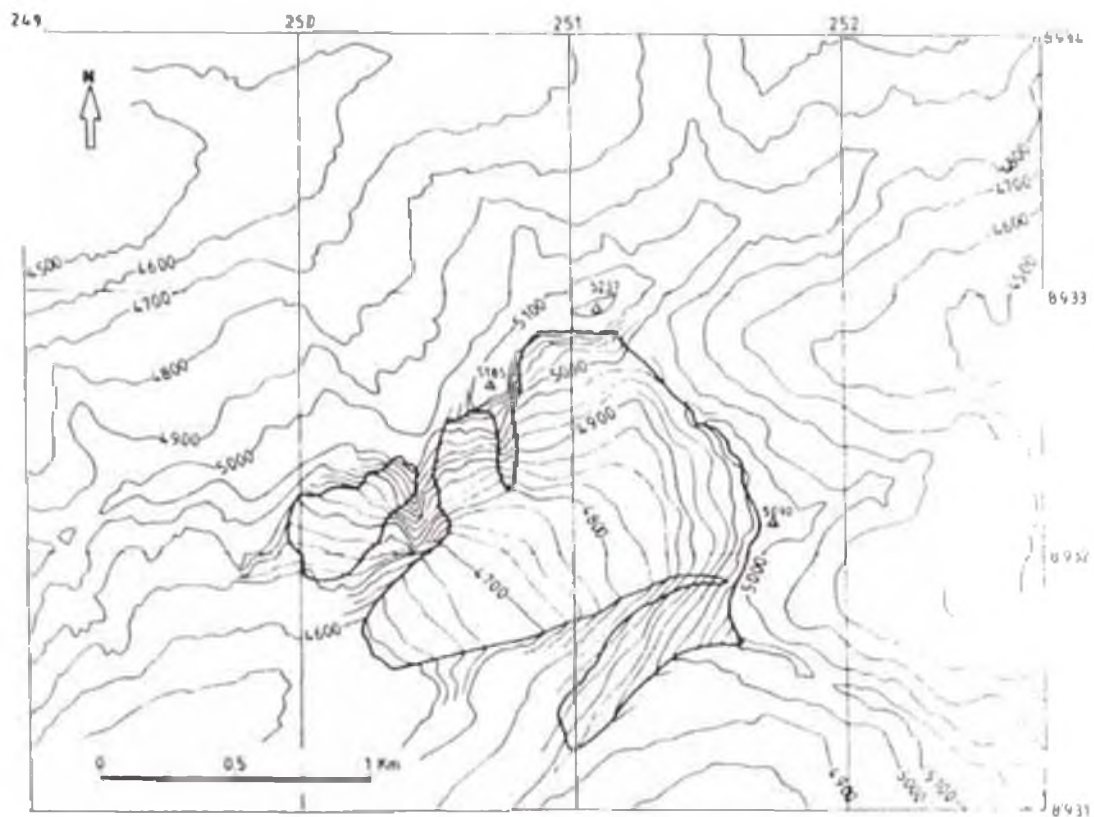


Fig. 6.4 Glaciar Yanamarey, reproducción del mapa 1 : 25,000 (Servicio Cartográfico del Ministerio de Agricultura).



#### 6.4. MEDICIONES DE CONTROL GLACIOLOGICO

Como se dijo anteriormente, los glaciares son muy sensitivos a los cambios climáticos en su entorno, su respuesta a estos cambios es tanto más rápida como pequeña es la masa de hielo. A los glaciares les tomará mayor tiempo reaccionar a estas diferencias.

Para determinar la dinámica de comportamiento de un glaciar, es necesario conocer ciertos parámetros factibles de medición, que correlacionados a determinadas variables como altitud, elementos metereológicos, posición, orientación, velocidad de flujo, etc. nos proporcionarán elementos de juicio para conocer la dinámica del comportamiento.

Del resultado de estas mediciones se puede deducir cuantitativamente el estado de salud de una masa de hielo, cuando no es posible realizar tales mediciones en conjunto, se puede conocer lo que está sucediendo en el glaciar, por medio de simples mediciones de la variación de longitud del frente terminal de un glaciar.

De esta manera si se sabe que un glaciar está en retroceso; es decir, que sus límites inferiores tienden a retraerse disminuyendo en longitud, es debido a que está sufriendo las consecuencias de un balance negativo con pérdida de parte de su masa total. Si sucede el fenómeno contrario, es decir las mediciones nos demuestran un avance o alargamiento de la longitud de la lengua; esto significa que el glaciar ha tenido varios años de balance positivo, donde el incremento o ganancia de masa ha sido mayor a la pérdida por fusión, reflejándose este fenómeno en un incremento de masa, cuyo exceso el glaciar tratará de evacuar hacia niveles más bajos.

Por simples mediciones del frente, no es posible conocer cuantitativamente el estado del glaciar, por cuanto no se está midiendo el balance, pero este sistema nos permita saber en forma cualitativa lo que está ocurriendo.

Además de estas variaciones en longitud, el glaciar experimenta también variaciones en el espesor, que cuando ocurre balances positivos consecutivos, se traduce en una propagación del exceso de masa, con el consiguiente incremento en longitud y espesor.)

#### 6.4.1. EL RETROCESO DE LOS GLACIARES

Los glaciares andinos, así como aquellos en diferentes regiones del planeta, se encuentran en un estado de retroceso general.

La cordillera Huaytapallana y las demás áreas glaciares en el Perú, se está observando un marcado proceso de retroceso; acentuando en estos últimos tiempos a causa de las perturbaciones de orden climático.

La observación de dos series de aerofotografías con un buen lapso de tiempo entre la toma de cada una de ellas, nos proporciona una prueba de estas variaciones. En vista que la cordillera Huaytapallana tiene una sola línea de vuelo tomadas por el servicio Aerofotográfico nacional en 1,962 hemos establecido comparaciones con los trabajos de campo y nos muestra una marcada disminución en el área de los glaciares. Extensas zonas antes cubiertas de hielo, se encuentran desnudas distinguiéndose claramente la roca recientemente expuesta de aquella más antigua por la diferencia de coloración.

Las lenguas glaciares, que descienden por debajo de las nieves persistentes, son las que ofrecen las pruebas más evidentes de este proceso. Se observa que aquellas que no tienen una cobertura de escombros rocosos que las protegen de la fuerte radiación solar, han retrocedido notablemente. En caso de encontrarse estas lenguas entre potentes morrenas, lo suficientemente cohesionadas por material fino, dan origen al surgimiento de una nueva laguna como es el caso del glaciar LD3522DGA1 en la cuenca del río Shullcas.

Algunas lagunas ya en proceso de formación, han sufrido un incremento considerable en su extensión, como es el caso de la laguna Ancapua-chanan, proceso que se mantiene hasta el presente.

#### 6.4.2. MEDICIONES DE LA VARIACION DE POSICION DEL FRENTE

Para conocer las variaciones de posición del frente o término, se realiza cada año un levantamiento topográfico del límite del hielo; desde puntos exprofesamente establecidos en terreno firme fuera del área glaciar.

La restitución de este levantamiento dará por resultado una variación de la forma del frente. Si esta restitución se halla por debajo de la línea original, representará un crecimiento o "avance"; en caso contrario significará un "retroceso". El área de terreno comprendido entre dos mediciones consecutivas dividida entre la distancia del ancho del frente nos proporciona una magnitud que representa la variación en un tiempo dado.

6.4.2.1. **FLUCTUACIONES DEL FRENTE-GLACIAR**  
**1D3522DGA1 NEVADO CHUSPI:**

En el plano N° LRN-03, se puede ver los contornos topográficos de las fluctuaciones del frente glaciar del año 1,962 y 1,991.

Los límites del frente glaciar correspondientes al año 1,962, se ha determinado de las aerofotografías respectivas mientras que el contorno topográfico correspondiente al año 1,991 se levantó a partir de la base A1'-A1".

Mediante el análisis de la variación de los frentes el glaciar ha sufrido un notable retroceso que ha dado origen al surgimiento de la laguna Runicocha, la cual no existía hasta el año 1,962 (ver mosaico aerofotográfico). Durante las etapas de avance y retroceso el glaciar ha depositado grupos de morrenas, evidenciando períodos y niveles de actividad glaciar, dichos frentes morrénicos hoy en día forma parte del dique frontal de la laguna RUNICOCHA.

Se ha llegado a determinar un coeficiente promedio de actividad de retroceso de 15.4 metros por año.

**El Frente Glaciar**

El frente glaciar, en un perímetro de unos 800-900 m es de forma concava hacia la laguna RUNICOCHA y donde aparecen numerosas grietas; estas estruc-

turas facilitan caídas frecuentes de avalanchas de volúmenes considerables. El sector de mayor cuidado en este glaciar es la masa de hielo colgada que baja por el lado derecho y que tiene un ancho de 150 m. y un espesor de 25 m. cuyo frente está agrietado y con huellas de desprendimientos anteriores.

El desnivel entre el frente glaciar y la laguna RUNICOCHA es de 15 m. por lo que un eventual desprendimiento de avalanchas de un volumen considerable del glaciar colgado llegaría fácilmente hacia la laguna que en la actualidad no se encuentra en contacto con el glaciar, la cual sería comprometida por un posible rebalse.

Este fenómeno podría originarse en caso de un fuerte sismo y/o cambio de condiciones climáticas que son factores determinantes para la estabilidad de los glaciares.

#### **6.4.2.2. FLUCTUACIONES DEL FRENTE-GLACIAR 1D3522D-GA2 (NEV. TALVES -NEV. HUAYTAPALLANA )**

En el plano N<sup>o</sup> LCH-05, se muestra las variaciones de posición del frente del glaciar DGA2 desde el año 1962.

La posición del frente del año 1962, se ha deducido de la observación de aerofotografías tomadas ese año. El contorno topográfico del año 1980 fue determinado por la oficina de Glaciología

y Seguridad de lagunas INGEMMET. El límite del área glaciar posterior a la avalancha fue determinado por intersección de visuales a partir de la base A2'-A2" el 7-Jul-91.

El hecho de haberse hallado el frente de este glaciar en contacto con la laguna Chuspicocha ha originado un notable receso de la zona terminal la cual ha acelerado el proceso por desprendimiento de bloques de hielo en especial, del sector izquierdo donde se ha determinado un intenso fracturamiento de la roca base, sector por donde se generó la avalancha que dió origen al aluvión.

El vaso de la laguna Chuspicocha está formado por morrenas, producto del avance y/o retroceso de los frentes, algunas de las cuales fueron determinadas por interpretación de curvas batimétricas. En el plano N<sup>o</sup> LCH-04 se muestran los ejes de las morrenas.

Se ha determinado un coeficiente de actividad promedio de 11.3 metros de retroceso por año.

### **El frente glaciar**

El frente del sector NOR-OESTE presenta una lengua glaciar cuyo eje principal tiene un rumbo N 35<sup>o</sup> E, un ancho promedio de 70 m. y un espesor estimado de 15 m. Desde la base de la

pared rocosa hasta la porción media de la lengua glaciaria, presenta superficies muy escalonadas con un intenso fracturamiento evidenciando un acelerado movimiento, pero sin mostrar evidencias de producción de avalanchas.

En el sector SUR-ESTE por donde se generó la avalancha que desbordó la laguna de Chuspicocha, el frente se encuentra colgado con un ancho aproximado de 300 m. y un espesor estimado de 30-40 m., lo que es considerado como una zona crítica, debido a que esta zona se encuentra inestabilizada producto de la avalancha.

La roca base se encuentra con paredes verticales y con un intenso fracturamiento. Debido a la alta frecuencia de grietas en las capas del glaciar, han quedado aislados bloques de hielo inestables, que motivarían frecuentes avalanchas que comprometerían la laguna Chuspicocha.

Es posible, bajo condiciones favorables como un fuerte sismo, la ocurrencia de avalanchas de ambos frentes que movilizarían volúmenes de gran magnitud.

En la base del flanco oeste del Nevado Huaytapallana Norte lugar de donde se desprendió la avalancha hacia la laguna Chuspicocha existen dos fracturas profundas de aproximadamente 50m. de

altura por 10 m. de ancho, a una cota de 5100 m. presenta un rumbo de S5200 E y un buzamiento de 750 NE.

#### 6.4.2.3. **FLUCTUACIONES DEL FRENTE-GLACIAR 1D3522D-GA5 (NEV. HUAYTAPALLANA - NEV LAZUNTAY )**

El plano N<sup>o</sup> LLZ-03, muestra las fluctuaciones del frente del glaciar DGA5 del año 1962 y 1991.

El contorno topográfico del año 1962 fue determinado de las aerofotografías respectivas, mientras que el frente actual se levantó mediante intersección de visuales a partir de la base A5'-A5", posterior a la avalancha producida en la laguna Chuspicocha para su contro respectivo.

El vaso de la laguna Lazuntay lo conforman morrenas que son producto del avance y/o retroceso del frente glaciar, se puede notar las diferentes etapas de evolución de la laguna Lazuntay lo conforman morrenas que son producto del avance y/o retroceso del frente glaciar, se puede notar las diferentes etapas de evolución de la laguna Lazuntay, las curvas batimétricas nos permiten determinar los ejes morrénicos.

Del análisis de los contornos topográficos se ha llegado a determinar un coeficiente de actividad de 10.86 metros de retroceso por año en promedio.



### Frente glaciar

El frente glaciar al encontrarse en contacto con la laguna Lazuntay ha sufrido un receso considerable de manera que el frente ha quedado colgado donde se notan numerosas fracturas profundas que aislan bloques de hielo de volúmenes considerables; así mismo, son visibles huellas frescas de caídas de avalanchas. En este sector las capas de hielo tienen espesores estimados de 20-25m.

Un eventual desprendimiento de masas de hielo del sector más crítico (frente colgado) podría movilizar volúmenes de gran magnitud que comprometería la seguridad de la laguna.

Este fenómeno se produciría en caso de un fuerte sismo o cambio notable en las condiciones climáticas.

#### **6.4.2.4 FLUCTUACIONES DEL FRENTE-GLACIAR YANAMAREY**

En el cuadro y el plano N<sup>o</sup> YN-01, se muestran las variaciones de posición del frente del glaciar Yanamarey desde el año 1948.

La posición del frente en los años 1948 y 1962, se han deducido de la observación de aerofotografías tomadas durante esos años.

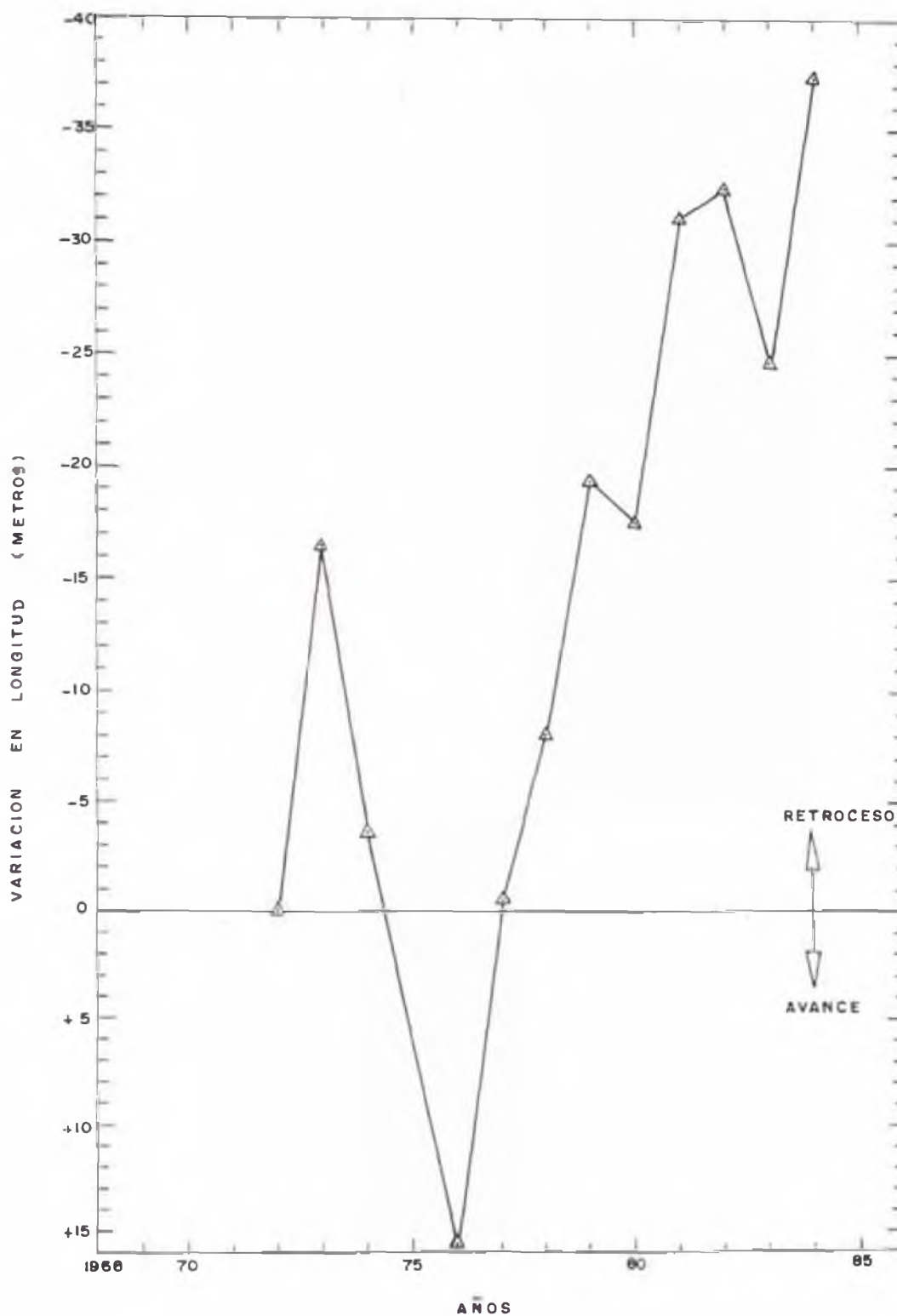
Las mediciones regulares anuales, se están realizando a partir de 1972, encontrando mayormente un retroceso acelerado en los últimos años. El único avance registrado corresponde al período comprendido entre 1974 y 1976.

El hecho de hallarse al frente de este glaciar en contacto con una laguna originada por el receso de la zona terminal, acelera el proceso por desprendimiento de bloques de hielo; de manera que los valores de retroceso estarán incrementándose por este fenómeno en una magnitud no determinada.

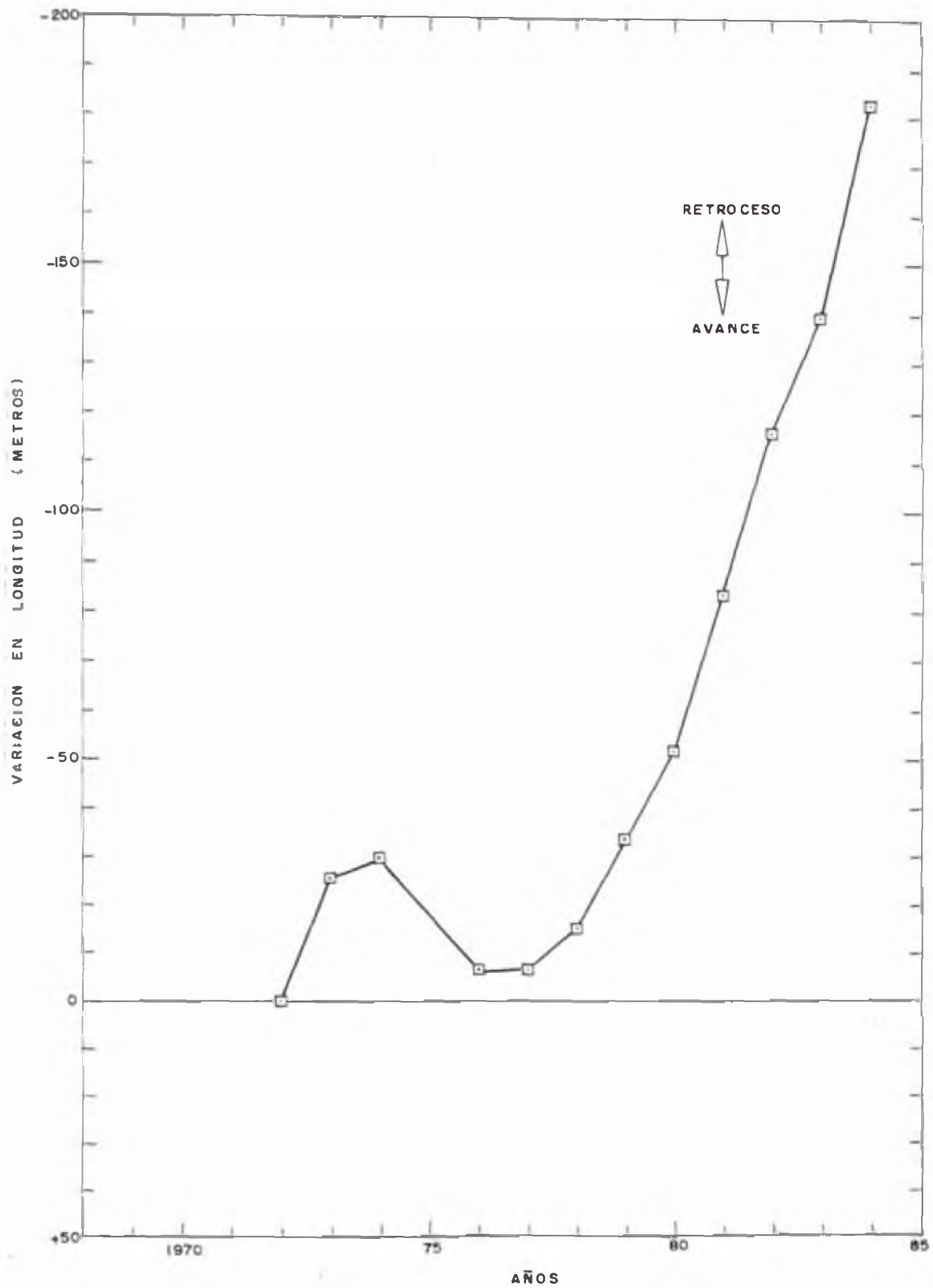
Donde se ha obtenido un retroceso promedio de 15 metros por año. Cuadro 6.2. y Fig. 6.5. y 6.6.

**CUADRO 6.2**  
**VARIANTES DEL FRENTE EN EL GLACIAR YANAMARBY**

AÑO	RETROCESO (m.)	AVANCE (m.)	ACUMULADO (m.)
72			
73	- 26.2		- 26.2
74	- 3.4		- 29.6
76		+ 23.3	- 6.3
77	- 0.6		- 6.9
78	- 8.2		- 15.1
79	- 18.5		- 33.6
80	- 18.1		- 51.7
81	- 32.0		- 83.7
82	- 32.3		-116.0
83	- 23.6		-139.6
84	- 43.0		-182.6
85	- 38.9		-221.5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 GLACIAR YANAMARE Y  
 FLUCTUACIONES ANUALES DEL  
 FRENTE GLACIAR  
 Fi - 6.6  
 FUENTE: ELECTROPERU  
 GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

GLACIAR YANAMAREY

FLUCTUACIONES ANUALES ACUMULADAS  
DEL FRENTE GLACIAR

F' - 6.

FUENTE: ELECTROPERU  
GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS

### 6.4.3 BALANCE GLACIAR

La existencia de una masa de hielo, además de factores puramente geográficos, se debe principalmente a factores climáticos. El clima local y regional juegan un papel muy importante en la vida de los glaciares. Esta interacción del clima es el mecanismo de equilibrio de las masas de hielo (acumulación versus ablación) se denomina "balance glaciario".

En condiciones climáticas idealmente estables, podríamos imaginar que la masa que ingresa por medio de las precipitaciones (nieve granizo) y que sobrevive un año de fusión en las zonas altas de los glaciares, se mantuviera cuantitativamente igual a la que se fusiona en toda el área, mayormente en las zonas bajas; el intercambio de masa no afectaría al glaciar, manteniéndolo estable todo el tiempo. Estas condiciones difícilmente se presentan en la naturaleza; por el contrario los glaciares se encuentran sometidos constantemente a los efectos de las variaciones del clima, por ser hecho éstos (los glaciares) una consecuencia de éste.

En años de clima favorable, con altas precipitaciones, abundancia de nubosidad, poca evaporación y temperaturas bajas, los glaciares medran, desarrollándose y creciendo, tanto en longitud como en espesor; pues el balance hídrico les será favorable, por cuanto el intercambio de masa arrojará un saldo positivo.

Por el contrario en años de sequía constante, pocas precipitaciones, días soleados sin nubes e incremento de la temperatura del aire; la

fusión del hielo será muy grande superando al ingreso debido a las precipitaciones. En estas condiciones la masa total sufre un decremento y en consecuencia el glaciar tiende a retrasarse disminuyendo en longitud y espesor y aportando una mayor cantidad de agua a las cuencas vertientes.

En cada uno de estos casos, la línea de equilibrio, o sea aquella parte del glaciar que separa ambas zonas, donde el balance se compensa, variará en altitud; es decir descenderá cuando el balance es positivo por el mayor incremento de masa y elevándose cuando el balance es negativo, pues mayor cantidad de nieve y hielo habrán sido removidos de la superficie glaciar.

En épocas pasadas cuando los glaciares llegaron a desarrollarse y extenderse cubriendo enormes áreas de la tierra, se debieron justamente a una deterioración del clima a favor de estos. Las huellas dejadas por estas gigantescas masas se encuentran por doquier en el mundo, tanto en la zonas de latitudes medias, como en las antiplanicies tropicales de América y otros continentes.

En la cordillera Huaytapallana estos restos son las grandes morrenas que salen de las quebradas, fuera del macizo rocoso de la cordillera y que podemos observar tanto en los flancos occidentales como orientales de esta.

El balance domina la vida de los glaciares, como consecuencia de la variaciones del clima. Para conocer el balance, es necesario medir cada año las variaciones en acumulación en las zonas altas, como también las variaciones de la ablación.

En las zonas de acumulación, la ganancia se obtiene pesando en una perforación una columna de nieve que ha quedado de la precipitación al final del año hidrológico. Más abajo, en la zona de ablación, la cantidad de hielo que se ha fusionado, se mide con ayuda de una cantidad de balizas (estacas), plantadas a 10 o 15 metros de profundidad por medio de una sonda de chorro de vapor. La insurgencia de la estaca debido a la fusión se mide tantas veces como sea necesario, hasta completar un año.

Estas balizas, sirven además para medir la velocidad de flujo glaciar, por relevamiento topográfico de las mismas. Los diferentes valores de fusión obtenidos en estas balizas, permiten calcular el balance del glaciar y determinar la cantidad de masa que ha ganado o perdido en un año hidrológico.

El balance de masas, en un tiempo dado, es diferente de un glaciar a otro, debido a sus propias características (exposición, altitud, pendiente, etc.). Pero en el curso de un prolongado período de tiempo presentan una similitud en la variación anual del balance sobre regiones enteras, constituyendo el reflejo de las variaciones climáticas representadas por las precipitaciones y la temperatura.

#### 6.4.3.1 **METODOLOGIA**

Los métodos adoptados para la recopilación de datos en el terreno, son aquellos recomendados en las siguientes publicaciones: "*MEDICIONES DE BALANCE DE MASAS MANUAL TRABAJO DE CAMPO*" por G.

Ostrem y A. Stanley, 1966; e "*HIDROLOGIA DE HIELOS Y NIEVES EN AMERICA LATINA*" por L. Lliboutry, 1971.

Ambos métodos difieren en la forma, pero fundamentalmente persiguen el mismo objetivo, que es la determinación del balance.

En nuestro medio, teniendo en cuenta las peculiaridades del clima, sin estaciones verdaderamente marcadas, con abundantes precipitaciones de verano e insolación casi todo el año; se ha adoptado el método de fecha fija, escogiendo el mes de Setiembre como el inicio de la serie de mediciones de balance, por considerar que este mes es el final de la temporada de estío y se inician las primeras lluvias.

Lo anterior tiene por objeto sobre todo, medir el balance en la zona de acumulación, teniendo en cuenta que gran parte de la nieve fresca depositada durante la misma temporada de lluvias y la mayor masa durante los meses secos de mayor insolación. Una parte de la precipitación sólida depositada queda en las zonas altas del glaciar, lo que representa el balance de acumulación.

La acumulación se mide, cuando es posible, en la zonas accesibles por medio de excavaciones de pozos hasta encontrar de la neviza del año anterior. El espesor de nieve nueva encontrada representa el balance en ese punto. La equivalencia en



agua de los diferentes puntos medidos que integrados al área de acumulación, dará por resultado el balance neto.

### **DESARROLLO DE LOS TRABAJOS SOBRE EL TERRENO**

De acuerdo al programa de campo, éstas han sido desarrolladas; ciñéndose a fechas más o menos fijas, por exigirlo así la naturaleza de las mediciones.

En el glaciar Yanamarey, se están realizando mediciones de balance, velocidad de desplazamiento y fluctuaciones del frente; de manera que este glaciar ha sido visitado dos veces al año, la primera en el mes de Mayo y la segunda visita en el mes de Setiembre.

La naturaleza de los trabajos de campo pueden resumirse de la siguiente manera:

- 1.- Perforación térmica para fijación de estacas en la zona de ablación.
- 2.- Medición del balance sobre estas estacas.
- 3.- Excavación de pozos en la zona de acumulación para la medición del balance.
- 4.- Medición topográfica de las estacas para determinar la ubicación de cada una de ellas.

5.- Levantamiento taquimétrico del perímetro del frente glaciar para conocer las fluctuaciones anuales.

Debido a la morfología extremadamente abrupta de nuestros glaciares, la medición del balance en la zona de acumulación, plantea algunas dificultades por la abundante presencia de grietas. De hecho la experiencia nos ha demostrado la impracticabilidad del uso de estacas, que frecuentemente son barridas por las avalanchas de hielo o cubiertas enteramente por nieve fresca.

La fusión del hielo en las partes bajas e intermedias que denominamos zona de ablación, se realiza durante todo el año, en una magnitud mayor o menor dependiendo del año climático. La medición de este fenómeno se efectúa por medio de las estacas de ablación, que consiste en varillas de maderas de 2.5 cm. de diámetro y 2 metros de longitud, unidas entre sí por una junta de alambre hasta formar un solo cuerpo de 10 a 12 metros de largo. Fig. 6.7

Estas estacas son introducidas en agujeros perforados en el hielo por una sonda a chorro de vapor, dejando sobre la superficie una fracción de ellas, que servirá para ubicar su posición mediante un relevamiento topográfico. Las estacas son distribuidas sobre la superficie del glaciar a lo largo del eje longitudinal hasta una altitud por encima de la línea de

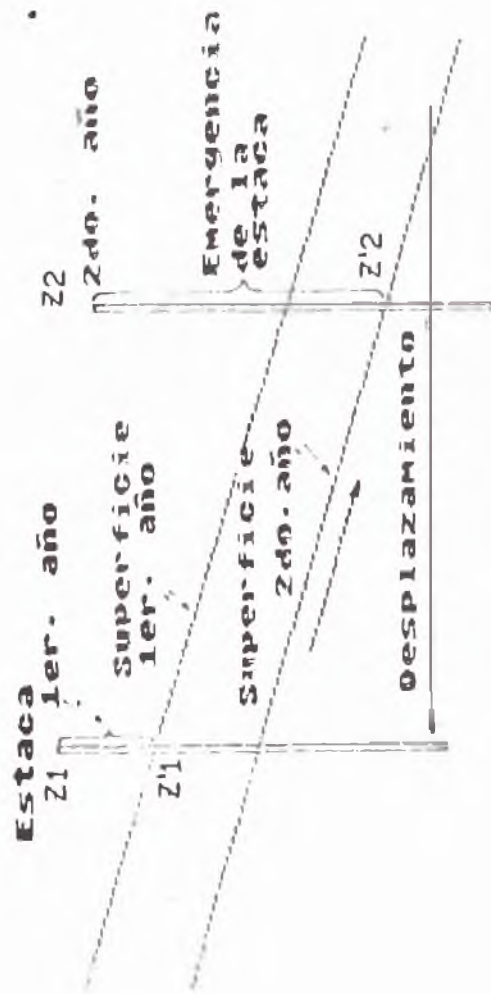


Fig. 6.7 Esquema de la emergencia de una estaca fijada en una perforación en el hielo en un determinado tiempo, debido a la fusión de la superficie. Así mismo, la estaca sufre un desplazamiento de su ubicación original por el flujo de la masa de hielo corriente abajo.

nevisca del año anterior, con otras dispuestas en sentido transversal.

El balance anual entre ambas mediciones, estará dado por la magnitud de emergencia de la estaca por la fusión del hielo en la superficie circundante, que podemos definir como sigue:

$$b = (Z_2 - Z_2') - (Z_1 - Z_1') \text{ metros hielo/año}$$

Partiendo del gráfico Fig. 6.7.

Las variaciones de altitud de la línea de equilibrio (ALE) en el Glaciar Yanamarey se dan en el Cuadro 6.11 y Fig. 6.8 y 6.9.

**CUADRO - 6.3**

**GLACIAR YANAMAREY**

**CUADRO DE BALANCE - PERIODO 1983 -1984**

BALIZA Nº	ELEVACION m.s.n.m.	27.9.83/26.6.84		26.9.84/25.9.84		TOTAL 363 dias	TOTAL m.hielo/ ano	TOTAL Equiv. Aguá/ano
		272 d.	cm/dia	91 d.	cm/dia			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4B	4613	2.84	1.0	2.58	2.8	5.42	5.45	4.85
6	4632	-	-	-	-	3.16	3.18	2.83
6A	4634	-	-	0.83	0.9	-	-	-
6A	4636	-	-	1.12	1.2	-	-	-
9	4657	-	-	-	-	2.84	2.85	2.54
9A	4655	0.20	-	1.33	1.5	1.59	1.60	1.42
9B	4650	-	-	-	-	2.64	2.65	2.36
9C	4646	-	-	-	-	3.20	3.22	2.86
9D	4657	1.89	0.7	1.13	1.2	3.02	3.04	2.70
13A	4690	-	-	-	-	1.53	1.54	1.37
13B	4678	-	-	-	-	1.14	1.15	1.02
16	4734	-	-	-	-	1.34	1.35	1.20
16B	4730	0.20	-	0.52	-	0.72	0.72	0.64
21	4777	-	-	-	-	0.61	0.61	0.54
33	4804	-	-	-	-	0.69	0.69	0.61

Coeficiente de regresion            m =    - 0.01755  
 Origen                                    b =    84.189  
 Coeficiente de correlacion        r =    0.816726  
 Altitud de la línea de  
 equilibrio, balance = 0                = 4,795.66

CUADRO - 6.4

GLACIAR YANAMAREY - ACUMULACION PERIODO 1983-1984

BALIZA Nº	ELEVACION m. s. n. m.	ACUMULACION mtrs/ano	DENSIDAD PROMEDIO gr/cm <sup>3</sup>	EQUIVALENCIA EN AGUA mtrs/ano
6A	4,636	0.19	0.510	0.10
9B	4,650	0.12		0.06
9C	4,646	0.14		0.07
9D	4,657	0.19		0.10
13B	4,677	0.13		0.07
16	4,734	0.83		0.42
16B	4,730	0.46		0.23
21	4,777	0.69		0.35

CUADRO - 6.5

GLACIAR YANAMAREY

CUADRO DE CALCULOS DEL BALANCE DE MASAS - PERIODO 1983-1984

Elevacion m.s.n.m.	Area $10^4 \text{ m}^2$	Acumulacion		Ablacion		Balance	
		m/año	$10^4 \text{ m}^3$	m/año	$10^4 \text{ m}^3$	m/año	$10^4 \text{ m}^3$
4600-4625	0.39	+ 0.02		- 3.00	1.17	- 3.00	- 1.17
4625-4650	6.85	0.08	+ 0.55	2.54	18.08	- 2.56	- 17.54
4650-4675	5.25	0.14	0.73	2.26	11.86	- 2.12	- 11.13
4675-4700	5.20	0.20	1.04	1.88	9.78	- 1.68	- 8.74
4700-4725	5.47	0.26	1.42	1.50	8.20	- 1.24	- 6.78
4725-4750	5.43	0.32	1.74	1.12	6.08	- 0.80	- 4.34
4750-4775	6.13	0.38	2.33	0.74	4.54	- 0.36	- 2.21
4775-4800	6.00	0.44	2.64			+ 0.44	+ 2.64
4800-4825	7.00	0.50	3.50			0.50	3.50
4825-4850	3.75	0.56	2.10			0.56	2.10
4850-4875	6.80	0.62	4.21			0.62	4.21
4875-4900	9.25	0.68	6.29			0.68	6.29
4900-4925	10.37	0.74	7.67			0.74	7.67
4925-4950	9.00	0.80	7.20			0.80	7.20
4950-4975	10.00	0.87	8.70			0.87	8.70
4975-5000	6.35	0.93	5.90			0.93	5.90
5000-5050	10.65	1.05	11.18			1.05	11.18
5050-5100	3.47	1.17	4.06			1.17	4.06
5100-5150	1.13	1.29	1.46			1.29	1.46
5150-5200	0.75	1.41	1.06			1.41	1.06
5200-5225	0.13	1.47	0.19			1.47	0.19
	119.37		+ 73.97		- 59.71		+ 14.26



CUADRO - 6.6

GLACIAR YANAMAREY

CUADRO DE VELOCIDADES - PERIODO 1983-1984

ALIZ	FECHA DE TROL	COORDENADAS			CAMBIO DE NIVEL	AZIMUT	DESPLAZAMIENTO m.	VELOCIDAD 363 d.	VELOCIDAD m./año
		NORTE	ESTE	ELEVACION					
4B	29.9.83	717.017	489.325	4619.186					
	27.9.84	712.600	475.160	611.621	7.565	252° 41'	14.84	16.65	16.75
6	29.9.83	832.045	513.762	4637.750					
	7.9.84	825.812	500.922	631.795	5.955	244° 06'	14.27	15.46	15.55
9	29.9.83	831.774	626.024	4660.077					
	29.9.84	824.728	615.209	656.912	3.165	236° 55'	12.91	13.29	13.36
9A	29.9.83	773.454	664.784	4656.989					
	27.9.84	764.692	656.760	654.703	2.286	222° 29'	11.88	12.10	12.17
13A	29.9.83	956.783	733.974	4693.918					
	27.9.84	947.477	723.389	690.370	3.548	228° 41'	14.09	14.53	14.61
13B	29.9.83	784.023	872.530	4680.007					
	28.6.84	781.651	870.377	677.902					
	27.9.84	781.092	870.240	676.683	3.324	218° 00'	3.72	4.99	5.02
16B	29.9.83	871.513	980.221	4731.566					
	27.9.84	866.508	977.176	730.097	1.469	211° 18'	5.86	6.04	6.07

CUADRO - 6.7

GLACIAR YANAMAREY

CUADRO DE BALANCE DE ABLACION - PERIODO 1984-1985

BALIZA Nº	ELEVACION m.s.n.m.	25.9.84/21.5.85		21.5.85/10.9.85		TOTAL 350 días	TOTAL m.hielo/ año	TOTAL Equiv. Agua/año
		238 d.	cm/día	112 d.	cm/día			
	2	3	4	5	6	7	8	9
6A	4628	3.76	1.6	0.13	0.1	3.89	4.06	3.61
6a	4631	3.15	1.3			3.15	3.28	2.92
9A	4652	3.14	1.3	1.24	1.1	4.38	4.57	4.06
9B	4648	2.49	1.0	0.93	0.8	3.42	3.57	3.17
9C	4643			0.54				
9D	4655	2.41	1.0	0.66	0.6	3.07	3.20	2.85
9E	4653	2.47	1.0			2.47	2.57	2.29
9F	4657	2.68	1.1			2.68	2.79	2.49
11	4666	1.98	0.8		1.2	1.98	2.06	1.84
13	4693	2.23	0.9			2.23	2.32	2.07
13B	4674	1.73	0.7	0.11		1.84	1.92	1.71
16	4727	0.30						
21	4777			0.23	0.2	0.23	0.24	0.21
31	4814			0.18	0.2	0.18	0.19	0.17
40	4831			0.05		0.05	0.05	0.05

Coeficiente de regresion      m =    - 0.017072  
 Origen                                b =      82.191  
 Coeficiente de correlacion      r =      0.909149  
 Altitud de la linea de  
 equilibrio, balance = 0              = 4,814.33

CUADRO - 6.8

LACI YANAMAREY - ACUMULACION PERIODO 1984-1985

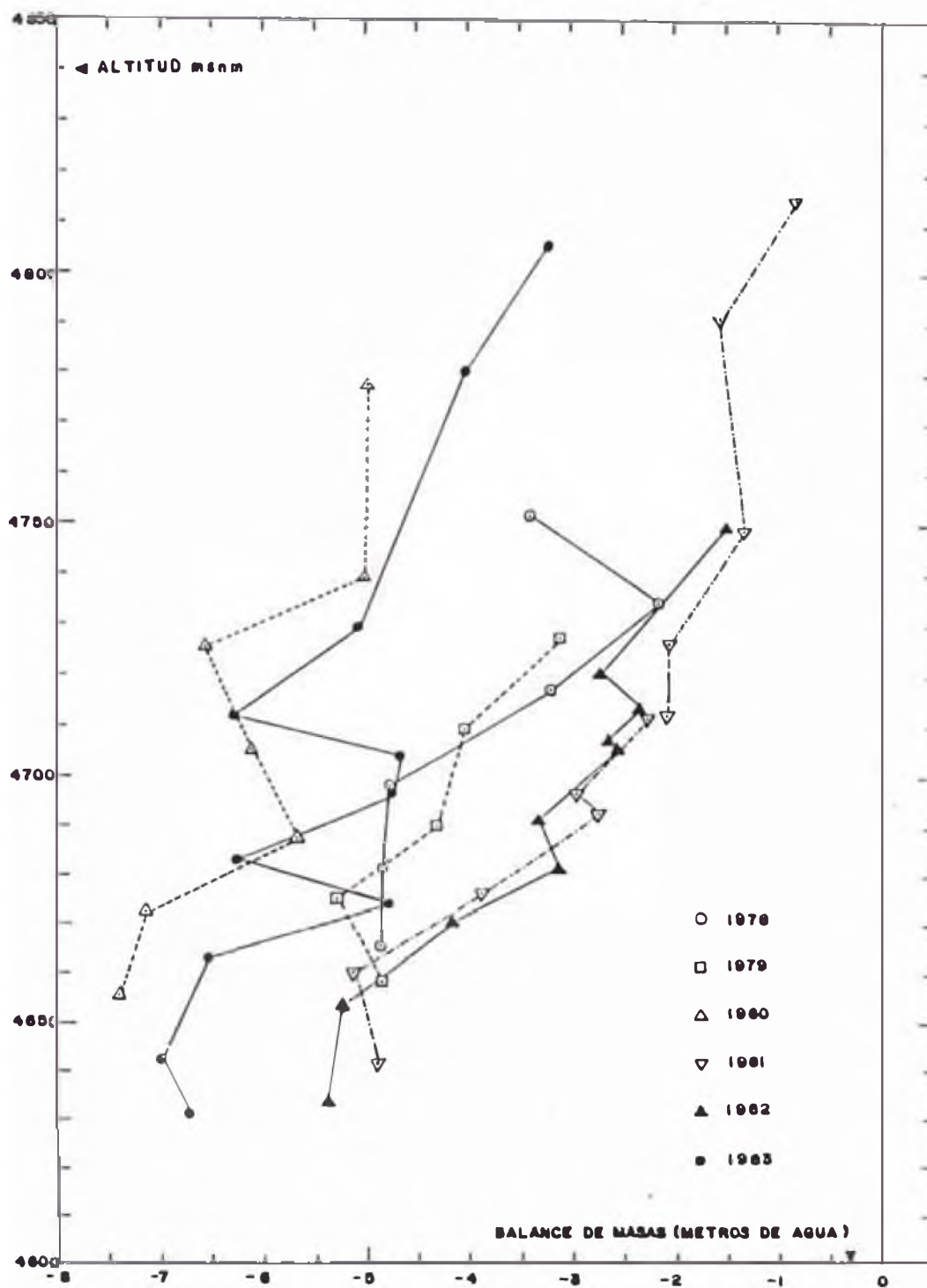
BALIZA Nº	ELEVACION m. s. n. m.	ACUMULACION mtrs/ano	DENSIDAD PROMEDIO gr/cm <sup>-3</sup>	EQUIVALENCIA EN AGUA mtrs/ano
6a	4,631	0.27	0.510	0.14
9E	5,653	0.07		0.03
9F	4,657	0.46		0.23
11	4,666	0.07		0.03
13	4,693	0.08		0.04
13A	4,693	0.10		0.05
21	4,777	0.23		0.12
24	4,792	0.32		0.16
31	4,801	0.41		0.21
34	4,827	0.20		0.10
44	4,873	0.01		-
50	4,966	2.12		1.08
54	4,961	1.10		0.56

**CUADRO - 6.9**

**GLACIAR YANAMAREY**

CUADRO DE CALCULOS DEL BALANCE DE MASAS - PERIODO 1984-1985

Elevacion m.s.n.m.	Area $10^1 \text{ m}^2$	Acumulacion		Ablacion		Balance	
		m/ano	$10^1 \text{ m}^3$	m/ano	$10^1 \text{ m}^3$	m/ano	$10^1 \text{ m}^3$
4600-4625	0.19			- 3.23	0.66	- 3.23	- 0.61
4625-4650	2.31			2.80	6.47	- 2.80	- 6.47
4650-4675	5.25	+ 0.05	0.26	2.43	12.76	- 2.38	- 12.50
4675-4700	5.20	0.10	0.52	2.05	10.66	- 1.95	- 10.14
4700-4725	5.47	0.16	0.87	1.68	9.19	- 1.52	- 8.32
4725-4750	5.43	0.25	1.14	1.35	7.33	- 1.10	- 6.19
4750-4775	6.13	0.26	1.59	0.93	5.70	- 0.67	- 4.11
4775-4800	6.00	0.31	1.86	0.55	3.30	- 0.24	- 1.44
4800-4825	7.00	0.46	2.52			+ 0.36	+ 2.52
4825-4850	3.75	0.42	1.57			0.42	1.57
4850-4875	6.80	0.47	3.20			0.47	3.20
4875-4900	9.25	0.52	4.81			0.52	4.81
4900-4925	10.37	0.57	5.91			0.57	5.91
4925-4950	9.00	0.62	5.58			0.62	5.58
4950-4975	10.00	0.67	6.70			0.67	6.70
4975-5000	6.35	0.73	4.63			0.73	4.63
5000-5050	10.65	0.83	8.84			0.83	8.84
5050-5100	3.47	0.93	3.23			0.93	3.23
5100-5150	1.13	1.04	1.17			1.04	1.17
5150-5200	0.75	1.14	0.85			1.14	0.85
5200-5225	0.13	1.19	0.15			1.19	0.15
	114.63		+ 55.40		- 56.07		- 0.67



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 GLACIAR YANAMAREY  
 DISTRIBUCION DEL BALANCE EN FUNCION  
 DE LA ALTITUD  
 i - 6.8

FUENTE: ELECTROPERU  
 GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS

CUADRO - 6.10

GLACIAR YANAMAREY

CUADRO DE VELOCIDADES - PERIODO 1984-1985

BALI N°	FECHA DE CONTROL	C O O R D E N A D A S			CAMBIO DE NIVEL	AZIMUT	DESPLAZA MIENTO m .	VELOCIDAD 363 d.	VELOCIDAD n./ano
		NORTE	ESTE	ELEVACION					
6A	27.9.84	904.253	451.903	4634.254					
	12.9.85	897.433	444.649	629.062	5.192	226°46'	9.96	11.23	11.29
9A	27.9.84	764.692	656.760	4654.703					
	12.9.85	757.055	650.047	651.476	3.227	221°19'	10.17	10.67	10.73
9C	27.9.84	696.312	700.521	4645.817					
	12.9.85	693.770	701.099	643.092	2.725	251°06'	7.84	8.30	8.65
9E	27.9.84	938.422	558.374	4656.845					
	12.9.85	932.154	549.714	653.214	3.631	234°06'	10.69	11.29	11.77
11	27.9.84	865.664	692.740	4669.916					
	12.9.85	656.087	682.849	665.371	4.345	225°55'	13.77	14.74	15.05
13B	27.9.84	781.092	870.240	4676.683					
	12.9.85	777.132	866.907	673.931	2.752	220°05'	5.18	5.86	6.11
16A	27.9.84	056.653	847.882	4734.577					
	12.9.85	045.316	836.189	731.590	2.987	225°53'	16.29	16.56	17.27
21	27.9.84	920.947	146.385	4777.119					
	12.9.85	918.382	142.846	776.462	0.657	234°04'	4.37	4.42	4.61
24	27.9.84	243.158	015.193	4795.426					
	12.9.85	231.201	006.756	790.739	4.687	215°12'	14.63	15.37	16.34
31	27.9.84	045.600	254.705	4802.715					
	12.9.85	044.837	249.732	801.555	1.160	261°16'	5.03	5.16	5.38
44	27.9.84	358.483	345.537	4875.963					
	12.9.85	354.633	340.170	871.954	4.009	234°21'	6.60	7.73	8.06
50	27.9.84	215.822	577.593	4965.593					
	12.9.85	214.822	576.750	964.642	0.951	259°00'	5.24	5.32	5.75

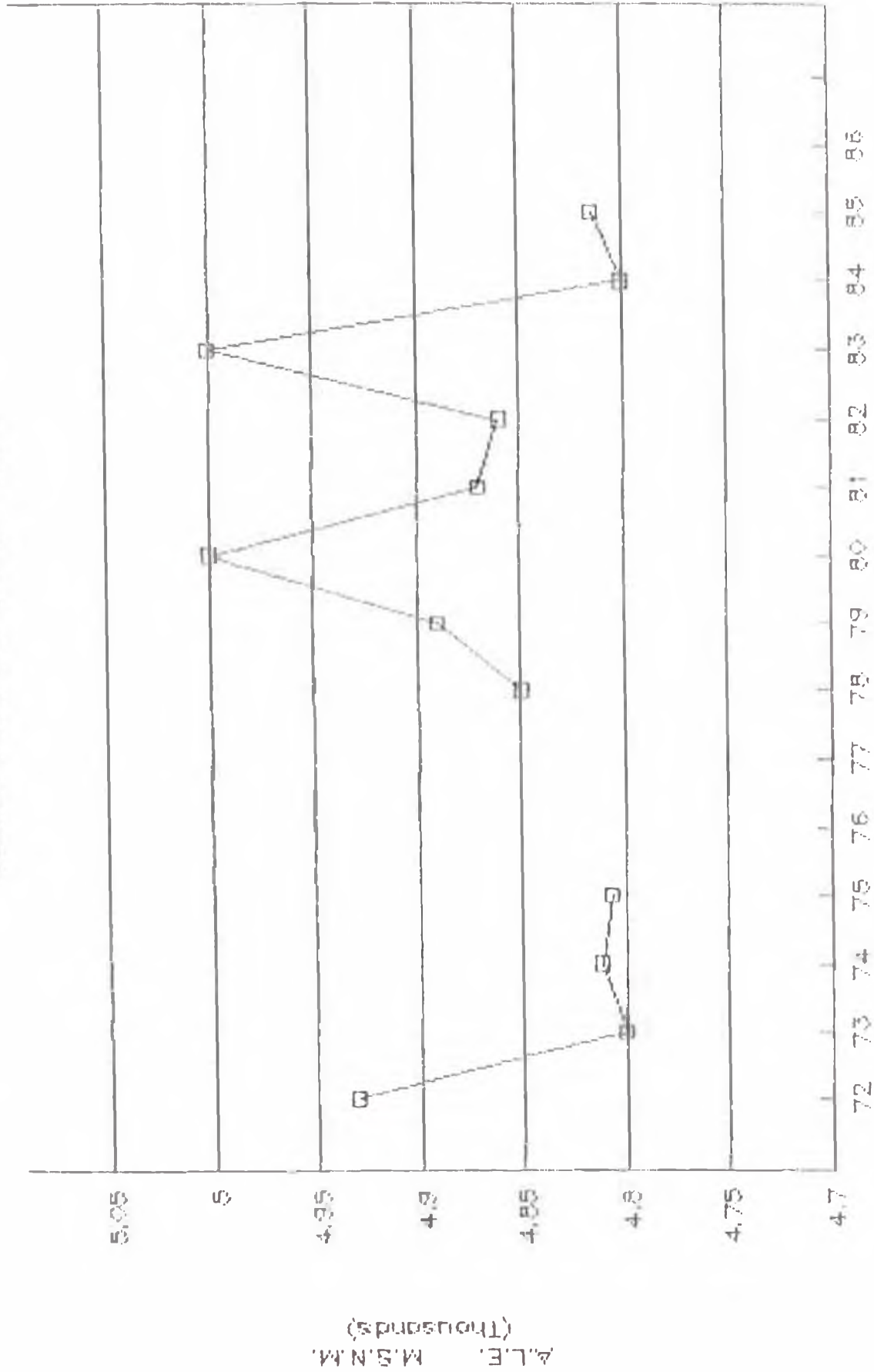
P 1/1	ALE
72	4930
73	4800
74	4811
75	4806
76	NA
77	NA
78	4850
79	4890
80	5000
81	4870
82	4860
83	5000
84	4800
85	4814
86	NA

**CUADRO** : Variaciones de altitud de la línea de equilibrio en el glaciar Yanamarey de 1972 a 1986.  
**(N° 6.11)**

**ALE=** Altitud línea de equilibrio.

# VARIACION DE LA LINEA DE EQUILIBRIO

GLACIAR TANAMAREY (1972 - 1986)



AÑOS

Fig - 6.9



# CAPITULO VII

METEOROLOGIA

## **CAP TULO VII**

### **METEOROLOGIA**

La información meteorológica utilizada ha sido del **Servivio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI** y del **Instituto Nacional de Investigaciones Energéticas INIRELECTROPERU**, tanto en Huancayo como en Lima. Las estaciones consideradas son las que figuran en el cuadro N° 7.1. y su ubicación respectiva se muestra en el plano N° CSH-03.

#### **7.1. ANALISIS METEOROLOGICO**

Los parámetros meteorológicos analizados son: Precipitación, Temperatura, Vientos, Evaporación y Radiación Solar.

##### **7.1.1. PRECIPITACION**

Las estaciones utilizadas para el análisis de precipitación fueron: **Huaytapallana, Ingenio y Huayao.**

La estación Huaytapallana se encuentra paralizada y hemos uniformizado la información para tener un periodo común de 20 años comprendido entre 1964 y 1983.

En los cuadros 7.2 al 7.4 se presentan los registros de precipitación total mensual de las estaciones Huaytapallana, Ingenio y Huayao con sus respectivos Histogramas de precipitación mensual. **Fig. 7.1 al 7.3a.**

CUADRO No 7.1

RELACION DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS UTILIZADAS

ESTACION	TIPO	UBICACION			COORDENADAS			ALTITUD m.s.n.m.	PERIODO DE REGISTROS
		DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	LAT. S.	LONG.O			
Huaytapallana	PLU	Jun In	Huancayo	Parlhuanca	12° 01'	75° 02'	4,400	1965-1983	
Pasqueria Ingenio	PLU	Jun In	Huancayo	Ingenio	11° 53'	75° 16'	4,300	1964-1983	
Huayao	C P	Jun In	Huancayo	Huacac	12° 02'	75° 19'	3,350	1951-1983	

CP = Climatologico Principal

PLU = Pluviometrica



PRECIPITACION MEDIA (mm)  
ESTACION HUAYTAPALLANA

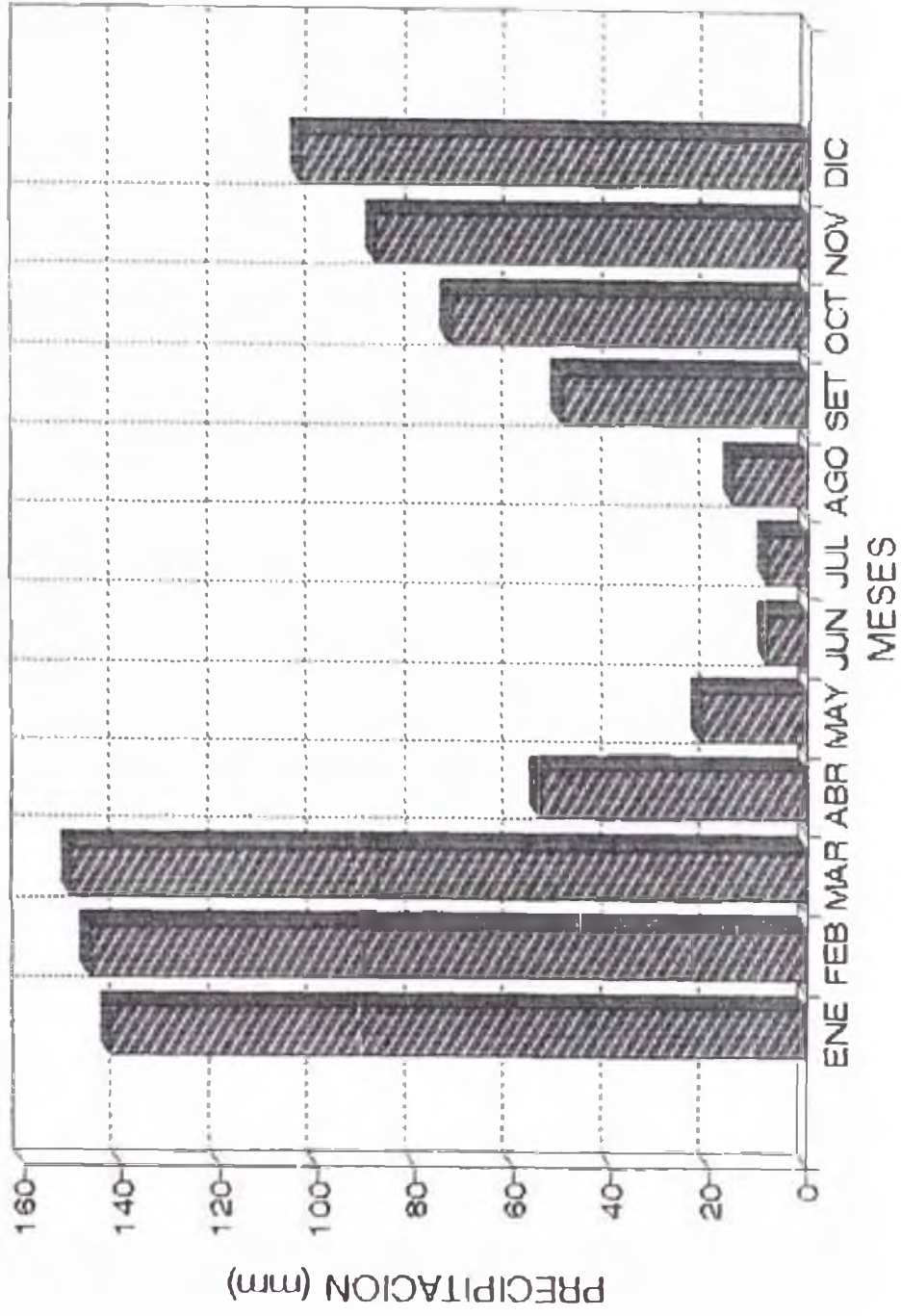


Fig - 7.1a

PRECIPITACION MEDIA (mm)  
ESTACION HUAYTAPALLANA

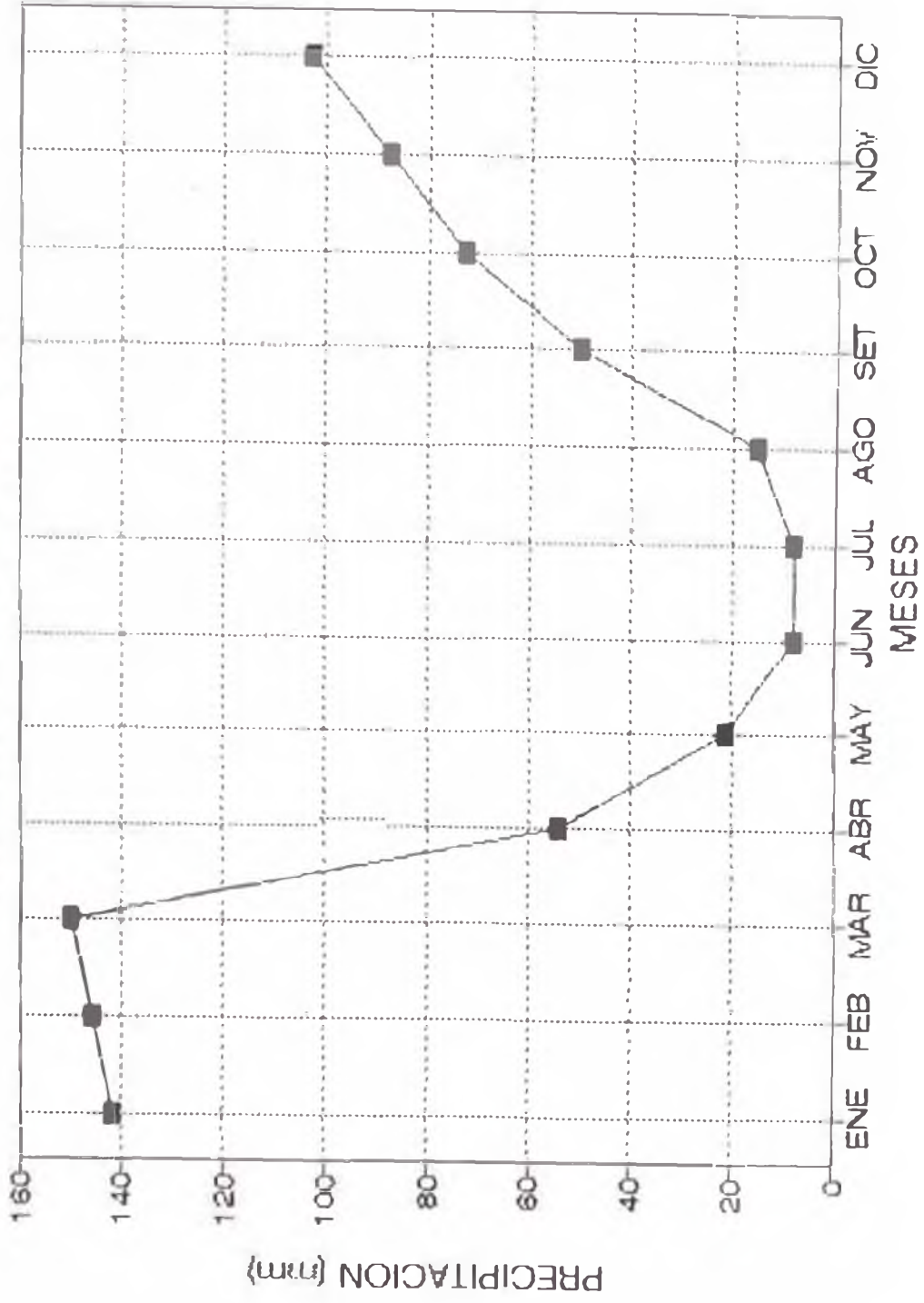


Fig - 7.1 b



PRECIPITACION MEDIA (mm)  
ESTACION INGENIO

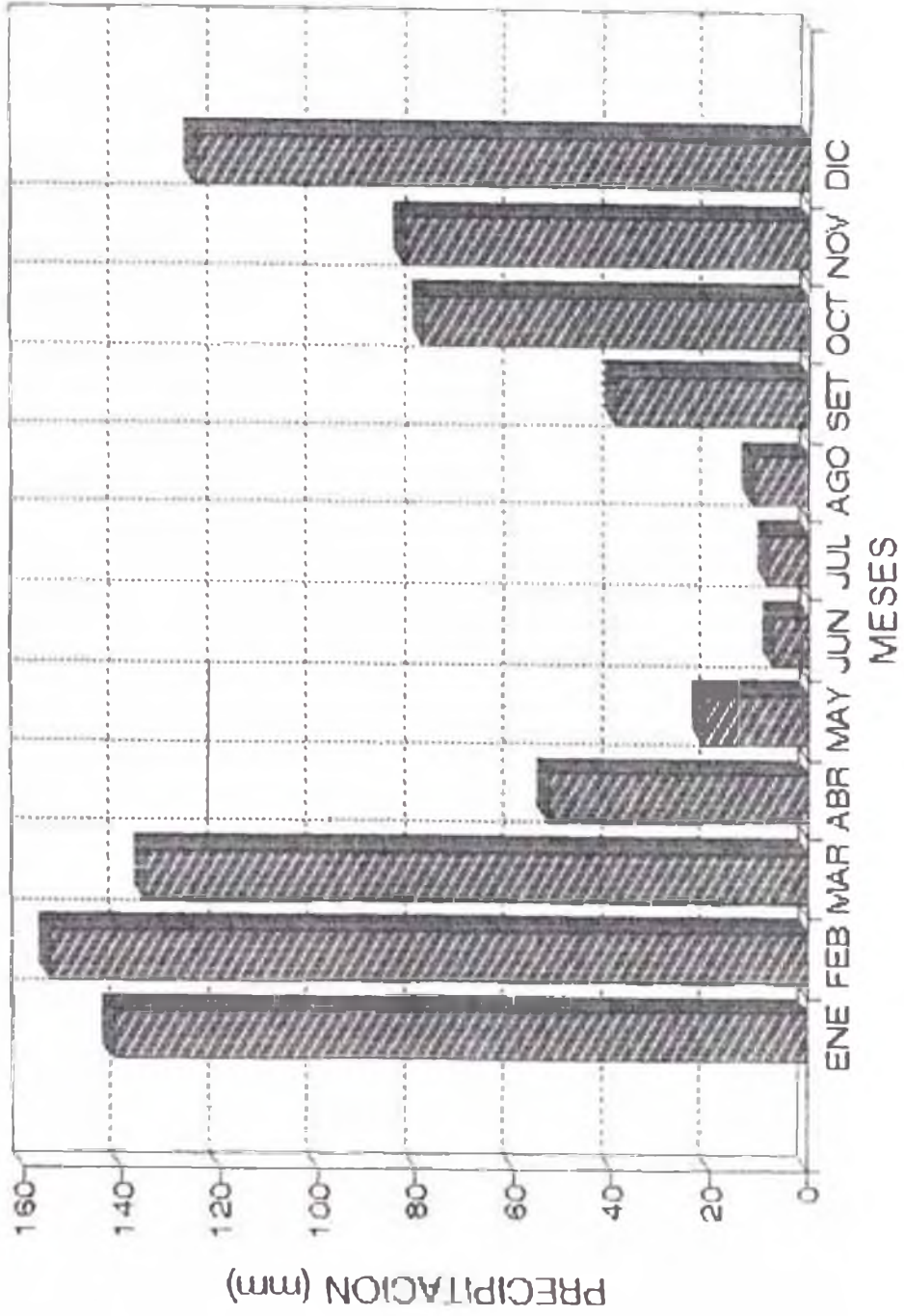


Fig - 7.2a



PRECIPITACION DI (mm)  
ESTACION INGENIO

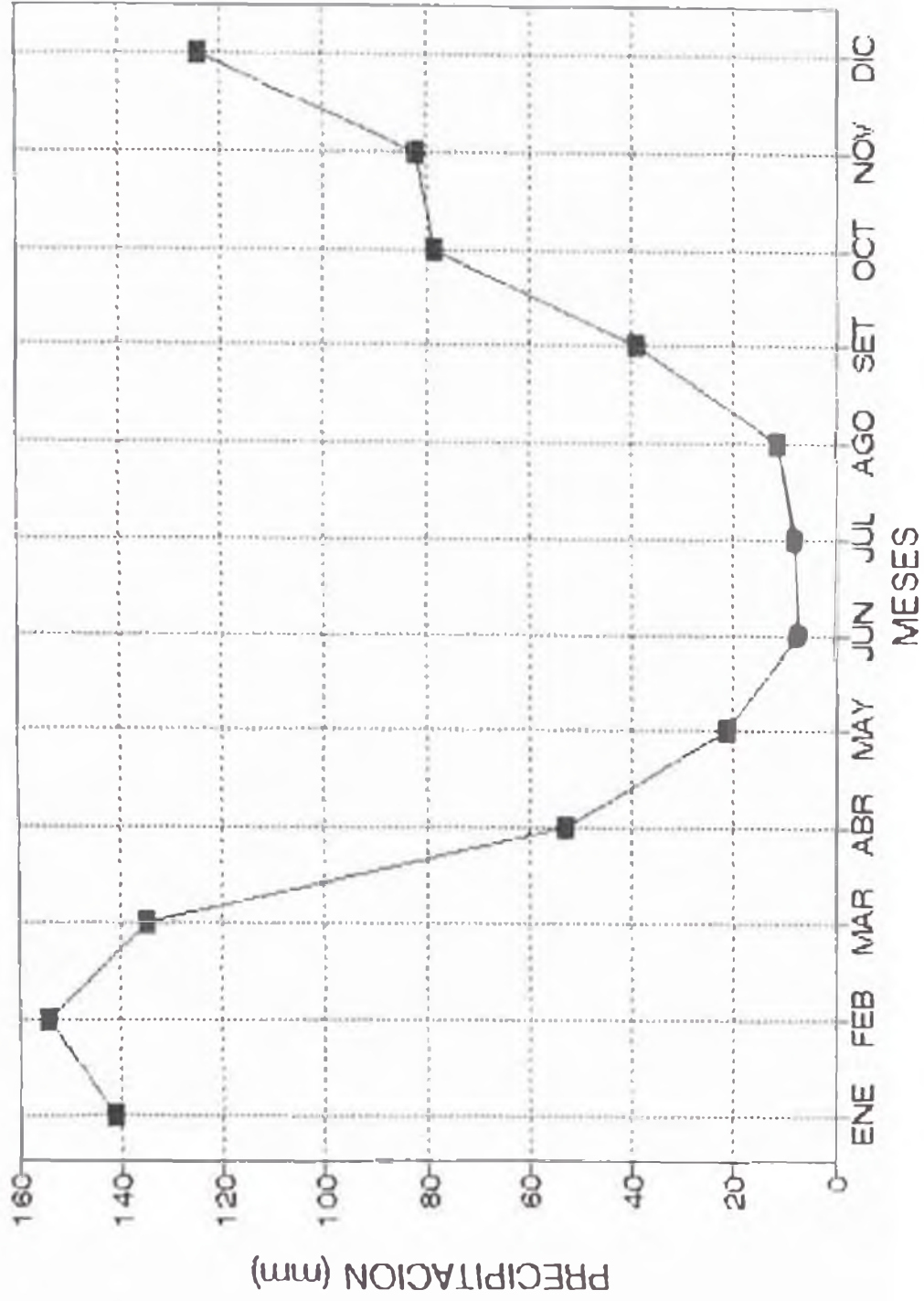


Fig - 7.2 b



PRECIPITACION MEDIA (mm)  
ESTACION HUAYAO

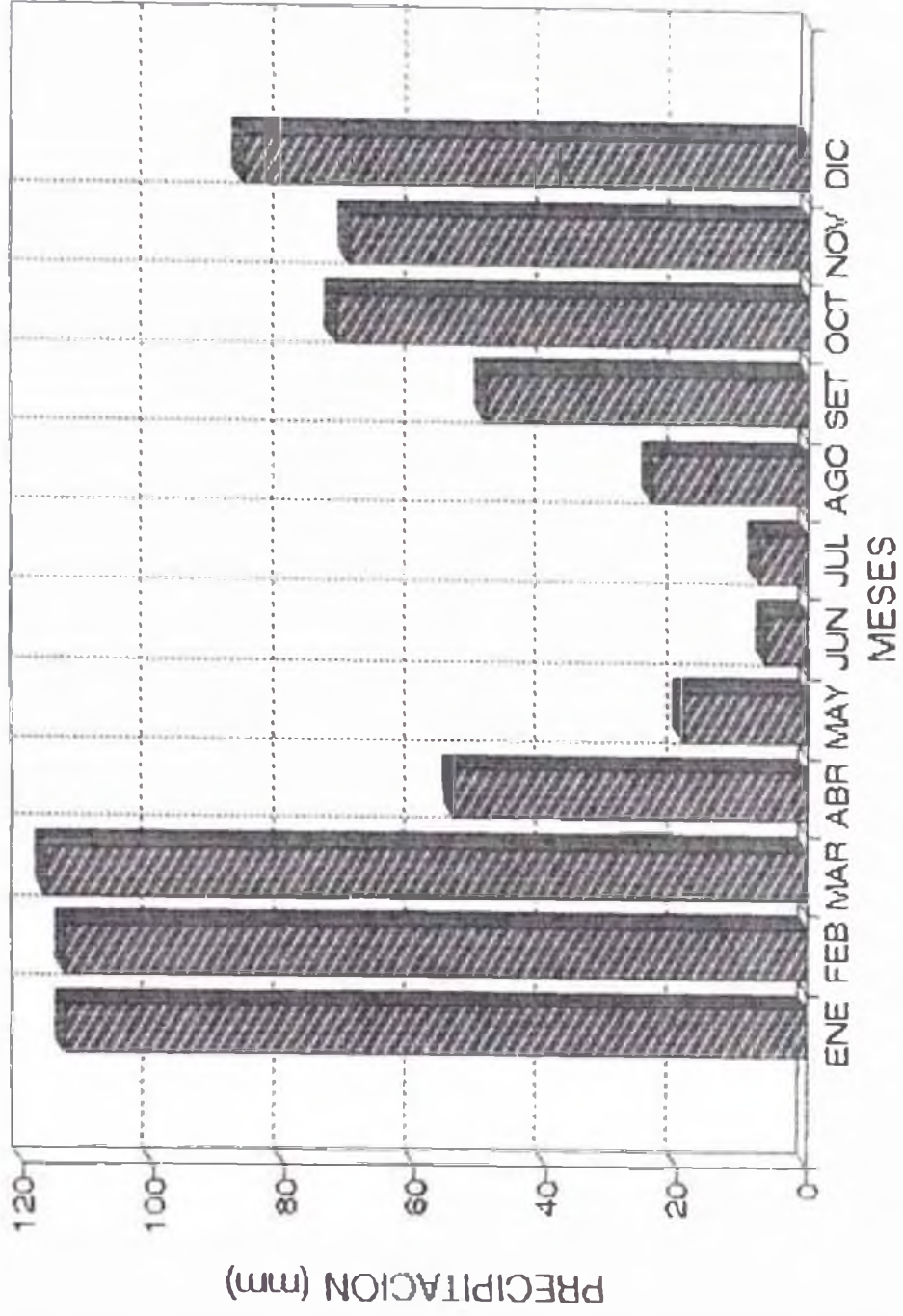


Fig-7.3a

PRECIPITACION (mm)  
ESTACION HUAYAYO

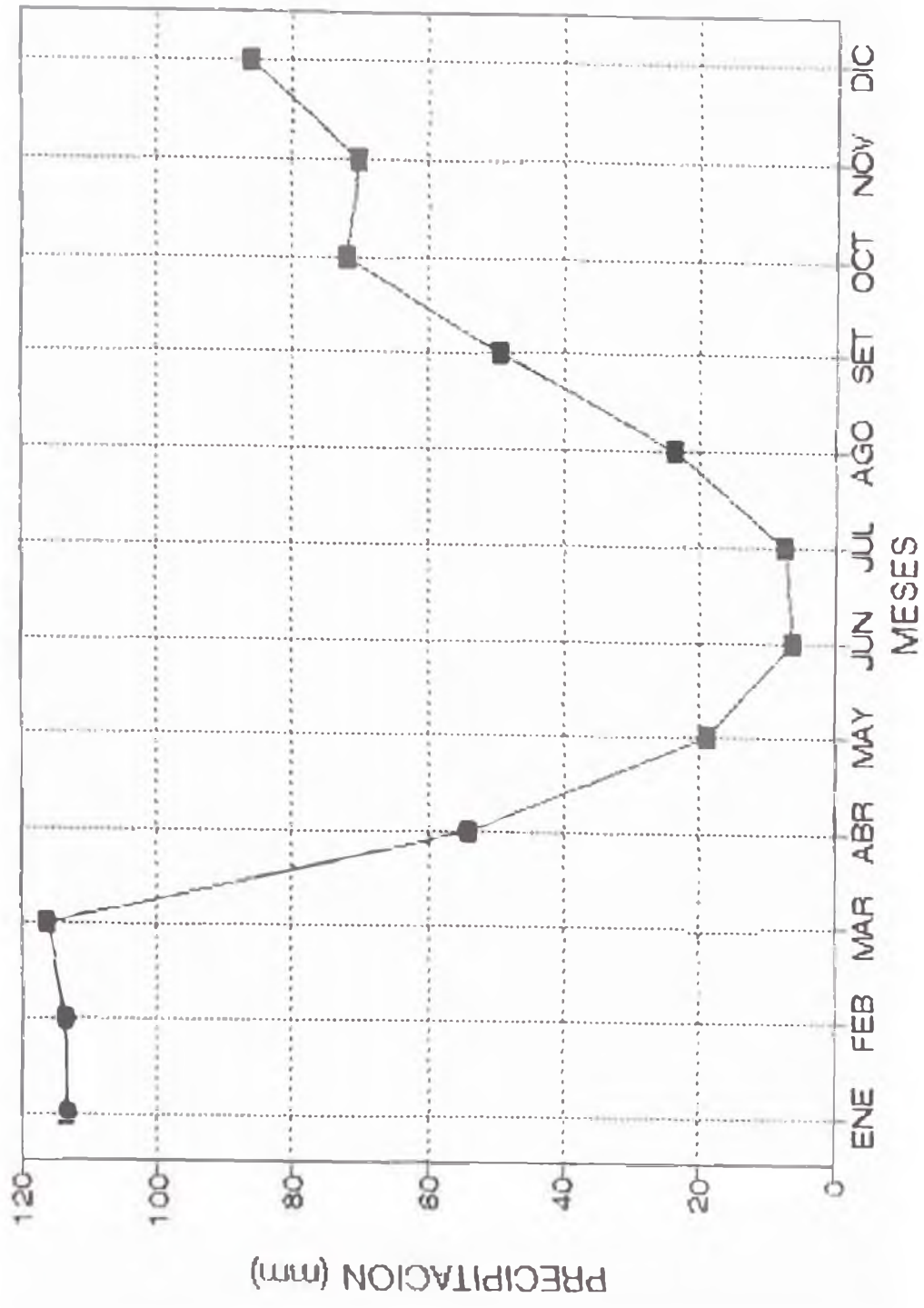


Fig - 7.3 b

Puede observarse que existe una variación muy marcada en el tiempo, ya que son solamente dos las estaciones anuales netamente definidas: lluviosa, entre los meses de Noviembre a Marzo y seca, entre los meses de Abril a Octubre.

En general las precipitaciones sólidas superan a las lluvias en altitudes superiores a 4000 metros, pero la nieve que cubre las laderas por debajo de la línea de nieves persistentes, tienen una duración efímera debido al alto grado de insolación y a la radiación solar incidente sobre la superficie glaciaria. Así mismo la cobertura de nubes es intermitente, aún así en las temporadas de lluvias.

#### 7.1.2. TEMPERATURA

El comportamiento del clima en el área del nevado Huaytapallana es muy peculiar con elevadas temperaturas durante el día y descensos bruscos en la noche hasta por debajo del punto de congelamiento; lo que da origen a fenómenos muy particulares propios de glaciares de estas latitudes como: la fina estratificación de las nieves en capas muy delgadas, la formación de estalactitas de gran tamaño y amplias cornizas inclinadas hacia el oeste (por preponderancia de los vientos).

En consecuencia, la ablación o fenómeno de derretimiento de nieve y el hielo sobre los glaciares, ocurre durante todo el año, aparentemente con una mayor incidencia durante la estación lluviosa en que se observa un incremento de la temperatura Fig. 7.4a y b.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL  
**CUENCA SHULLCAS**

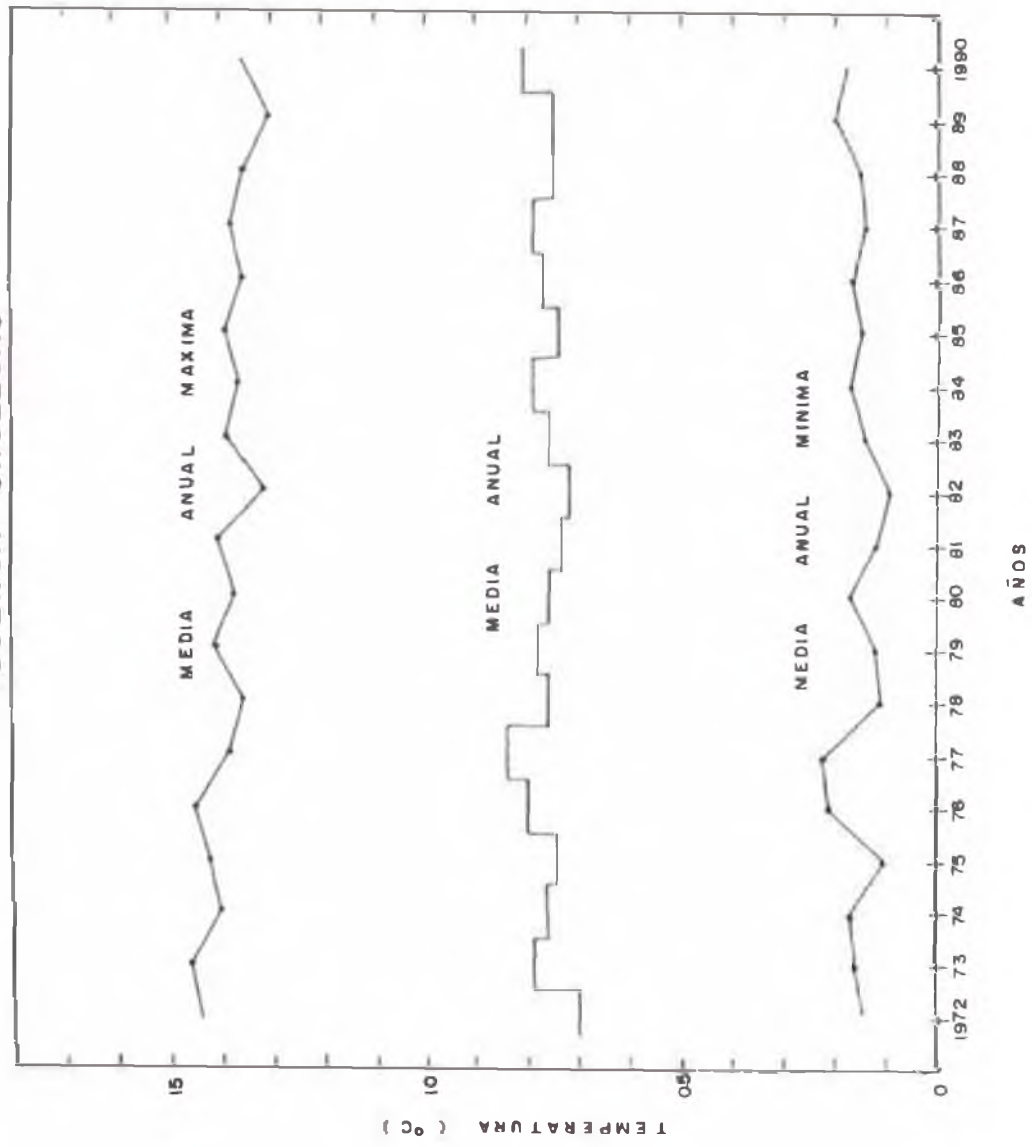


Fig-7.40

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL  
**HUAYTAPALLANA**

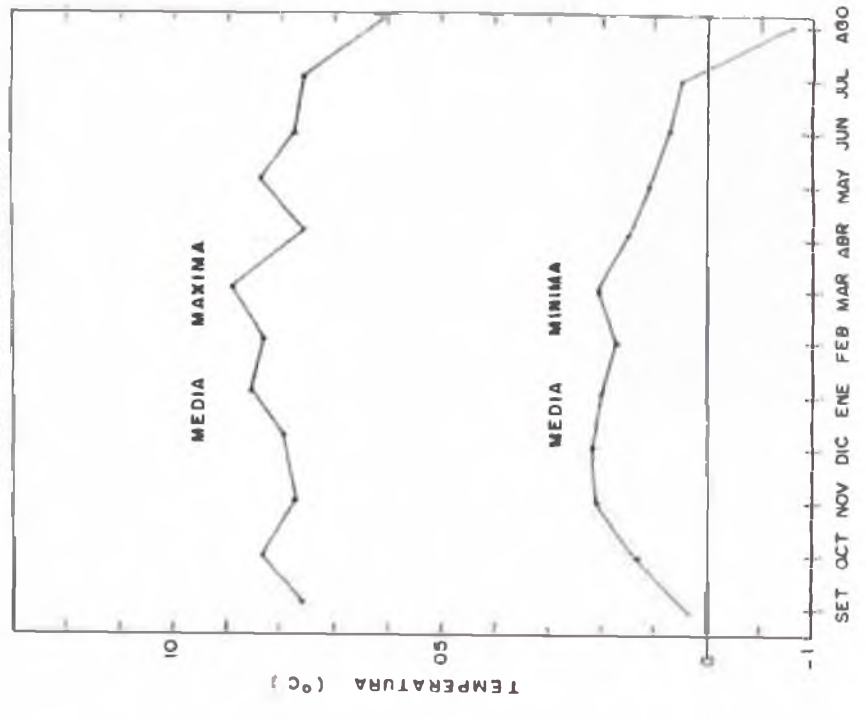


Fig-7.4 b

### 7.1.3. VIENTOS

El análisis de los vientos se ha realizado con información de la estación Huayao.

En el cuadro se presenta los valores medios de velocidad y dirección de los vientos a las 07:00 hrs. 13:00 hrs y 19:00 hrs.

Se observa que a las 07:00 hrs. no se registran vientos; a las 13:00 hrs. se tiene vientos de 2.2 m/seg de velocidad media con dirección predominante Este; a las 19:00 hrs. la dirección predominante es Norte y Sureste, con velocidades de 2.6 m/seg, cuadro 7.5.

También se presentan los vientos de velocidad máxima registradas. La velocidad de viento máximo es de 42 m/seg, con dirección OESTE. La cual tiene una influencia importante en la generación de avalanchas hacia la cuenca.

### 7.1.4. RADIACION SOLAR EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA

Los procesos atmosféricos utilizan energía térmica que tienen su fuente principal de producción en las radiaciones solares, cuadro 7.6.

Solo una parte de la radiación solar llega a la superficie de la tierra, pues en su recorrido a través de la atmósfera, sufre múltiples reflexiones y refracciones, en parte es absorvida y en parte difundida o dispersada.

Para un mismo lugar, la radiación global procedente del sol, varía con la estación del año, con la inclinación y orientación de la superficie receptora y con la hora del día, por influir todos

CUADRO No 7.5

DIRECCION Y VELOCIDAD DE LOS VIENTOS  
CUENCA DEL RIO SHULLCAS

ESTACION HUAYAO

M E S	VIENTOS: DIRECCION Y VELOCIDAD (M/S)		
	07:00 Hrs	13:00 Hrs	19:00 Hrs
ENERO	C - 0	SE - 2.4	W - 2.4
FEBRERO	C - 0	E - 2.4	E - 2.3
MARZO	C - 0	E - 1.9	SE - 1.6
ABRIL	C - 0	E - SE - 2.0	SE - 1.9
MAYO	C - 0	E - 1.9	SE - 2.2
JUNIO	C - 0	E - SE - 1.7	N - 1.7
JULIO	C - 0	E - 1.9	N - 2.1
AGOSTO	C - 0	NE - 2.1	N - 2.7
SETIEMBRE	C - 0	NE - 2.4	NW - 2.7
OCTUBRE	C - 0	E - 2.6	N - 3.3
NOVIEMBRE	C - 0	E - 2.9	W - 4.6
DICIEMBRE	C - 0	E - 2.5	SE - 3.1
MEDIA	---	E - 2.2	N - SE - 2.6
			MAXIMA
			W - 34
			NW - 31
			W - 24
			W - 34
			E - 22
			NE - 26
			N - 35
			W - 40
			E - 31
			W - 38
			W - 42
			W - 38



estos factores en el ángulo de incidencia del rayo solar.

Al variar el lugar, es la latitud el factor que predomina en influencia, sobre la radiación solar recibida.

#### 7.1.4.1. INSOLACION

La mayor parte de las estaciones meteorológicas se conforman en medir la duración de la insolación efectiva, en vez de la intensidad de la radiación solar.

La insolación que es el número de horas en que ha lucido el sol durante un día se mide con el heliógrafo.

Empíricamente se obtiene la radiación global incidente a partir de la medida de la insolación, mediante la fórmula de GLOVER y MAC CULLOK, válida para latitudes entre  $0^\circ$  y  $60^\circ$ .

$$R_g = R_a ( 0.29 \cos \tau + 0.52 n/N )$$

$R_g$  = Radiación global incidente sobre una superficie horizontal a nivel del suelo, en cal/cm<sup>2</sup>/día.

$R_a$  = Intensidad teórica de radiación incidente, sobre una superficie horizontal, suponiendo que no existe atmósfera en cal/cm<sup>2</sup>/día (tabla N° 1)

$\tau$  = Latitud de lugar.

n = Número de horas de insolación medidas con el Heliografo.

N = Número máximo de horas de insolación según latitud y fecha.

**CUADRO 7.7**  
**RADIACION SOLAR EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA**

MESES	RADIACION SOLAR (cal/cm <sup>2</sup> /día)
Enero	581
Febrero	576
Marzo	554
Abril	546
Mayo	522
Junio	504
Julio	522
Agosto	566
Setiembre	591
Octubre	638
Noviembre	650
Diciembre	609

En las condiciones para la zonas del nevado de Huaytapallana y con información de la estación de HUAYAO, utilizando las tablas 1 y 2 se obtienen los valores expresados en cal/cm<sup>2</sup>/día y que se indican en el cuadro Nº 7.7.

#### 7.1.5. EVAPORACION

La evaporación, interesa fundamentalmente porque constituye una forma de pérdida de área glaciar por sublimación.

En la zona del nevado Huaytapallana se estima que los valores de la evaporación que se produce son bastante bajos debido a la nevocidad y

humedad atmosférica existente y las bajas temperaturas (0° en promedio).

La nieve y el hielo, a veces se subliman directamente, aunque la medición aislada de tal fenómeno es difícil, algunos investigadores han determinado un gran aumento en la sublimación al crecer la velocidad del viento.

Así FITZGERALD estima en 15 mm la sublimación media mensual, (0.18 m/año con vientos moderados.

CUADRO 7.6

TABLA N RADIACION EXTRA TERRESTRE ( $R_A$ ) cal/cm<sup>2</sup>/dia

Latitud °S	Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Latitud °S
0	860	890	895	870	825	795	805	840	880	890	860	845	0
10	935	930	895	820	730	695	710	770	850	910	930	930	10
20	990	945	860	745	635	575	595	680	800	965	965	995	20
30	1,020	930	800	645	515	445	470	575	725	870	985	1,035	30
40	1,020	895	720	530	380	305	330	450	625	810	970	1,050	40
50	1,005	835	620	400	245	170	195	315	510	735	940	1,045	50
60	975	755	495	260	110	55	75	180	380	640	890	1,030	60
70	975	665	360	120	10			50	240	525	850	1,055	70
80	1,015	620	220	15					100	420	880	1,105	80

ABLA N HORAS SE SOL MAXIMA MEDIA DIARIA (N)

Latitud °S	Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Latitud °S
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	0
5	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	5
10	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	10
15	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	15
20	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	20
25	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	25
30	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	30
35	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	35
40	14.7	13.7	12.5	11.2	10.2	9.3	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	40
42	14.9	13.9	12.9	11.1	9.8	9.1	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	42
44	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	44
46	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	46
48	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	48

# CAPITULO VIII

HIDROLOGIA

## CAPITULO VIII

### HIDROLOGIA

#### 8.1. APOORTE HIDRICO DE LOS CLACIARES A LA CUENCA DEL RIO SHU LICAS

La presencia de glaciares en una cuenca es un factor de mucha importancia en el aporte de agua a la escorrentia. Prácticamente el glaciar hace las veces de un reservorio natural, reteniendo el agua en estado sólido de las precipitaciones en las zonas altas denominadas "área de acumulación", y vertiendo así mismo el agua por fusión de las partes inferiores denominadas "zona de ablación".

Este fenómeno llamado "balance", es el que rige la vida de los glaciares, que a su vez está determinado por factores climáticos preponderantes en la zona.

##### 8.1.1. BALANCE GLACIAR

El balance de un glaciar, como repetimos determinado por el clima preponderante en la zona, consiste en la diferencia aritmética entre la "acumulación"-precipitación en estado sólido que recibe el glaciar; y la "ablación-fusión del hielo y de las presipitaciones sólidas- en las partes bajas.

Si medimos las cantidades de precipitación y fusión respectivamente durante un lapso de tiempo -generalmente un año hidrológico- al final los resultados nos dirán el régimen del glaciar.

Si el balance es (0), es decir que las precipitaciones recibidas igualan a la cantidad de

masa que se pierde por fusión, se dice que el glaciar está en perfecto equilibrio, fenómeno que se presenta en muy pocas ocasiones.

Si el resultado es positivo, es decir que las precipitaciones superan a la fusión, el glaciar habrá ganado masa y en consecuencia crecerá, aumentando de espesor y alargándose con el consiguiente crecimiento de su parte terminal o frente.

Si el resultado es negativo, o sea ha perdido masa, superando la fusión a la acumulación, el glaciar tenderá a adelgazar y retroceder en sus niveles inferiores.

Este fenómeno varía en mayor o menor magnitud debido a otros factores tales como orientación, proporción del área de acumulación respecto al área total, tamaño del glaciar, etc.

Para conocer el régimen de un glaciar no es suficiente realizar mediciones solo durante un año, sino sobre largos períodos de tiempo, de manera que los resultados nos indiquen en forma general la correlación del clima preponderante sobre la conducta de las masas de hielo.

Las ecuaciones básicas en el manejo de los datos obtenidos en las mediciones son en resumen las siguientes:

$$B_n = b_{ac} - b_{ab}$$

Para un punto en particular sobre la superficie del glaciar, donde:

$$B_n = \text{balance neto}$$

$b_{ac}$  = acumulación neta

$b_{ab}$  = ablación neta

$$B_{NT} = S(B_{ac} - B_{ab})$$

Para el total del glaciar, donde:

$B_{NT}$  = Balance neto total

$B_{ac}$  = Balance neto total de acumulación

$B_{ab}$  = Balance neto total de ablación

$S$  = Area total del glaciar

Con estas ecuaciones y conociendo las precipitaciones caídas en la cuenca y la evaporación, podemos determinar el gasto o contribución del glaciar a la cuenca vertiente, de la siguiente manera:

$$Q = P - E \pm B_{NT}$$

Donde:

$Q$  = Gasto en la boca de drenaje

$P$  = Precipitación

$E$  = Evaporación

$B_{NT}$  = Balance Neto del glaciar.

Para el caso específico de utilización de recursos hídricos en una cuenca con glaciares, es más interesante conocer el balance neto en la zona de ablación, pues estas mediciones nos indicarán directamente la cantidad de agua que está aportando el glaciar a la cuenca vertiente.



Los resultados obtenidos en las mediciones en un glaciar determinado son posibles de proyectar a otros situados a las inmediaciones o a gran distancia de este, pues las variaciones de balance muestran una similitud, dependiendo de los factores climáticos dominantes en la región.

En el presente estudio vamos a proyectar los resultados obtenidos en el glaciar YANAMAREY, situado en la zona sur de la cordillera blanca, a los glaciares de la cuenca del río Shullcas.

En el la Fig. 8.1 y el cuadro 8.1. se puede observar los balances específicos y total del glaciar Yanamarey, durante 12 años de mediciones desde 1972 a 1985, excepto los años 1976 y 1977. Como se verá los balances aumentan o disminuyen debido a la influencia del clima durante esos años; mientras más altas sean las temperaturas, el balance ha sido más negativo en detrimento de la masa total del glaciar, reflejándose en un mayor aumento del caudal de la cuenca vertiente.

El promedio de estos doce (12) años de mediciones es igual a 1.50 metros de agua de balance específico por año.

EL BALANCE NETO TOTAL (BNT) es igual al BALANCE ESPECIFICO multiplicado por el área total del glaciar. Por consiguiente teniendo en cuenta la similitud de variación del BALANCE glaciar de una zona a otra, podemos proyectar este valor a los glaciares de la cuenca del río Shullcas de la siguiente manera:

**CUADRO 8.1**  
**BALANCE ESPECIFICO Y BALANCE TOTAL DEL GLACIAR YANAMAREY DE**  
**1972 A 1985**

<b>P 1/1</b>	<b>BN/ESPEC</b>	<b>BN/TOTAL</b>
72	2.36	2.89
73	0.89	1.08
74	0.56	0.69
75	0.26	0.32
76	NA	NA
77	NA	NA
78	1.57	1.91
79	1.68	2.05
80	3.44	4.20
81	1.48	1.81
82	1.55	1.89
83	2.73	3.27
84	0.66	0.79
85	0.79	0.95

**X = 1.50**

# BALANCE ESPECIFICO Y BALANCE TOTAL

GLACIA TÁJARO, T

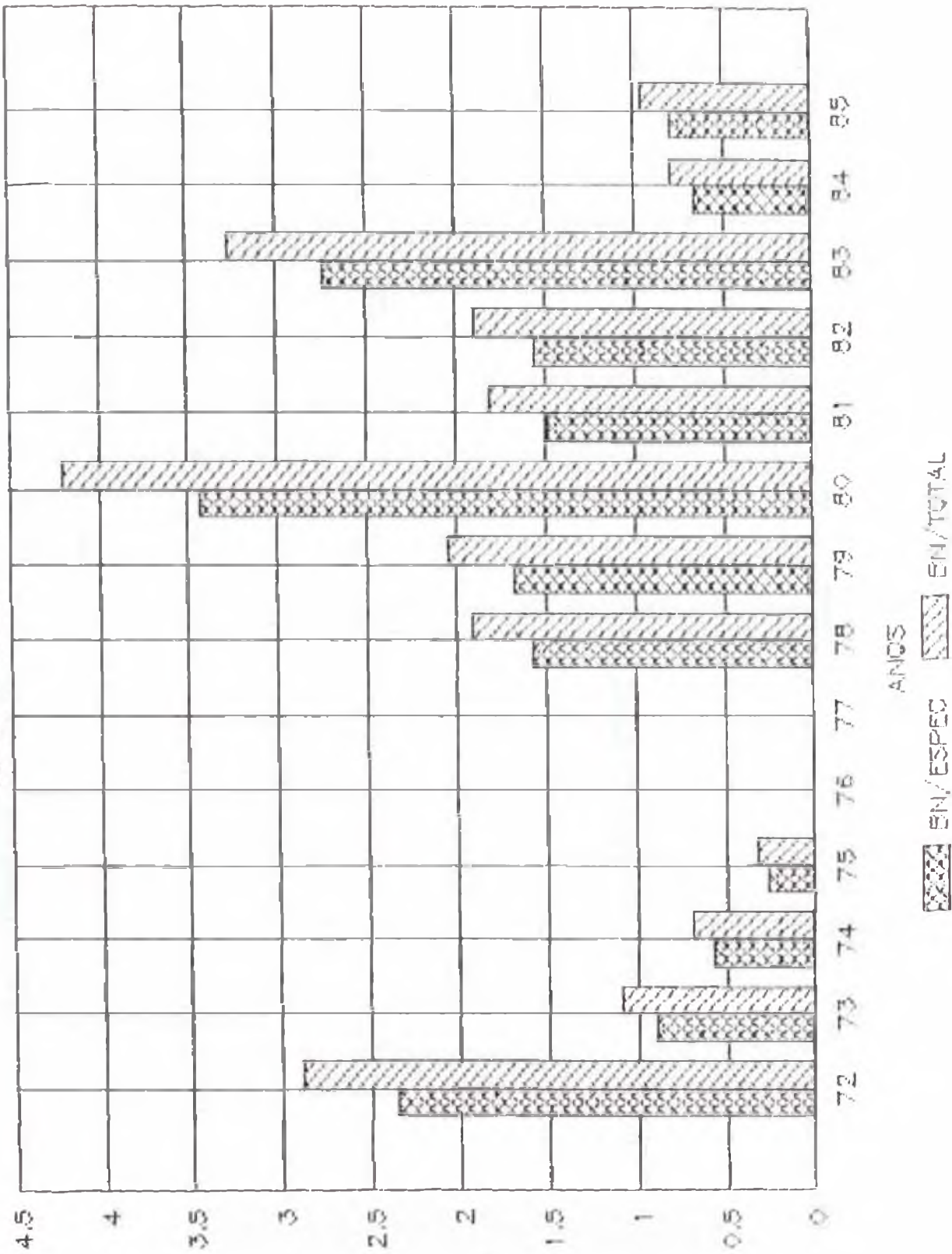


Fig - 8.1

$$\text{BNT} = (1.50 \text{ m.H}_2\text{O/año})(6.59 \times 10^6 \text{ m}^2)$$

$$\text{BNT} = 9'885,000 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

$$\text{BNT} = \text{Balance neto total (m}^3/\text{año)}$$

$$1.50 = \text{Promedio del balance específico (m.H}_2\text{O/año)}$$

$$6.59 \times 10^6 = \text{Area glaciaria total de la cuenca Shullcas (m}^2)$$

Con estos resultados y conociendo las precipitaciones caídas en el área (datos de la estación de Huaytapallana) y la evaporación, se determina el gasto o caudal de contribución del glaciar a la cuenca:

$$\text{Precipitación (P)} \quad 857 \text{ mm/año} = 0.857 \text{ m/año}$$

$$\text{Evaporación (E)} \quad 180 \text{ mm/año} = 0.180 \text{ m/año}$$

Reemplazando en la fórmula de BALANCE:

$$Q = P - E \pm \text{BNT}$$

$$Q = (0.859)(6.59 \times 10^6) - (0.180)(6.59 \times 10^6) + 9'885,000$$

$$Q = 14'359,610 \text{ M}^3/\text{Año}$$

$$Q = 0.46 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Es el caudal de contribución neta de los glaciares a la cuenca del río Shullcas la misma que contribuye en el almacenamiento de agua en las lagunas.

## 8.2 BALANCE HIDRICO DEL RIO SHULLCAS

### 8.2.1. Disponibilidad de agua en la cuenca del Río Shullcas

Las principales fuentes de agua para la cuenca están constituidas, por los aportes del río Shullcas y por los volúmenes almacenados en las principales lagunas en la cabecera de la cuenca como son la laguna Huacracocho, Lazuntay, Chuspicocho y Runicocha.

Para la evaluación de las disponibilidades de agua del río Shullcas, se ha considerado los registros de caudales diarios medidos en la estación Hidrométrica de Vilcacoto, por la Administración Técnica del Distrito de Riego del Mantaro. El período de registro existente es de 16 años (1975-1990).

En el cuadro Nº 8.2. adjunto se presenta el registro de descargas medias mensuales medidas en la estación Vilcacoto. Y en la Fig. Nº 8.2a, 8.2b se observa la variación mensual de las descargas medias y al 75% de probabilidad de ocurrencia. Puede apreciarse claramente la existencia de dos períodos muy definidos; el período de avenidas, entre los meses de Diciembre y Abril y el período de estiaje, que comprende de Julio a Octubre, Fig. 8.3.

### 8.2.2. Demandas de agua en la cuenca

Las demandas de agua en la cuenca están constituidas por los requerimientos de agua potable para la ciudad de Huancayo, estimadas en  $0.6 \text{ m}^3/\text{seg}$ , y por los requerimientos de riego de las áreas de cultivo.

CUADRO No 0.2 ESTACION: M VILCACOTO - DESCARGAS MEDIAS MENSUALES - RIO SHULLCAS (m<sup>3</sup>/s)

ANO	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUBR	NOVIEM	DICIEM	TOTAL
1975	7.88	10.54	24.54	10.71	*	2.76	2.26	1.43	1.33	0.80	6.34	8.29	
1976	*	18.23	14.27	8.26	2.85	1.60	0.79	0.70	0.76	0.87	0.85	2.00	
1977	6.13	13.73	15.12	4.25	4.20	1.84	1.20	1.05	0.89	0.87	0.95	2.01	
1978	8.48	8.90	5.69	*	1.40	1.07	0.86	0.85	0.78	0.83	0.84	0.87	
1979	5.17	16.50	7.62	2.50	1.22	1.05	0.82	0.73	0.68	0.68	2.52	3.85	
1980	3.08	4.05	5.17	4.95	1.49	1.06	0.75	0.67	0.65	0.74	0.80	1.18	
1981	7.87	24.17	12.49	4.31	1.55	1.30	1.03	0.95	0.85	1.10	1.50	7.40	
1982	18.30	12.90	8.40	5.30	2.30	1.50	1.30	0.98	0.95	1.20	3.30	3.50	
1983	2.30	15.25	9.92	5.40	2.40	1.83	1.24	1.02	*	1.04	1.29	1.95	
1984	12.09	30.62	13.64	8.62	3.74	1.42	1.05	0.94	0.88		14.0	11.08	
1985	8.17	11.65	11.78	4.38	2.50	1.66	1.25	1.04	1.29	1.2	2.51	5.10	
1986	9.94	13.66	13.58	9.04	4.58	2.46	1.44	1.27	1.14	1.05	1.12	3.06	
1987	10.78	7.29	5.65	3.02	1.85	1.27	1.26	1.20	1.17	1.33	2.87	4.21	
1988	13.68	9.93	6.72	6.80	2.42	1.54	1.20	1.12	1.06	1.14	1.01	1.70	
1989	6.47		6.32	3.87	2.46	1.67	1.10	1.04	0.10	1.27	1.58	1.56	
1990	5.95	2.70	2.44	1.89	1.30	1.30	1.16	1.03	0.92	1.86	4.97	**	
MEDIA	8.42	13.34	10.21	5.55	2.42	1.58	1.03	0.99	0.90	1.06	2.88	3.91	
S	4.04	6.98	5.25	2.50	1.02	0.46	0.52	0.20	0.29	0.28	3.24	2.86	
MAX	18.30	30.62	24.54	10.71	4.58	2.76	2.26	1.43	1.33	1.86	14.0	11.08	
MIN	2.30	2.70	2.44	1.89	1.22	1.05	0.75	0.67	0.10	0.74	0.80	0.87	
N	15.0	15.0	16	15	15	16	15	15	15	15	16	15	
75%	5.95	8.90	5.85	3.87	1.49	1.28	0.86	0.85	0.76	0.83	1.21	1.70	

# DESCARGAS MEDIAS DEL RIO SHULLCAS

ESTACION HIDROMETRICA VILCAGOTO

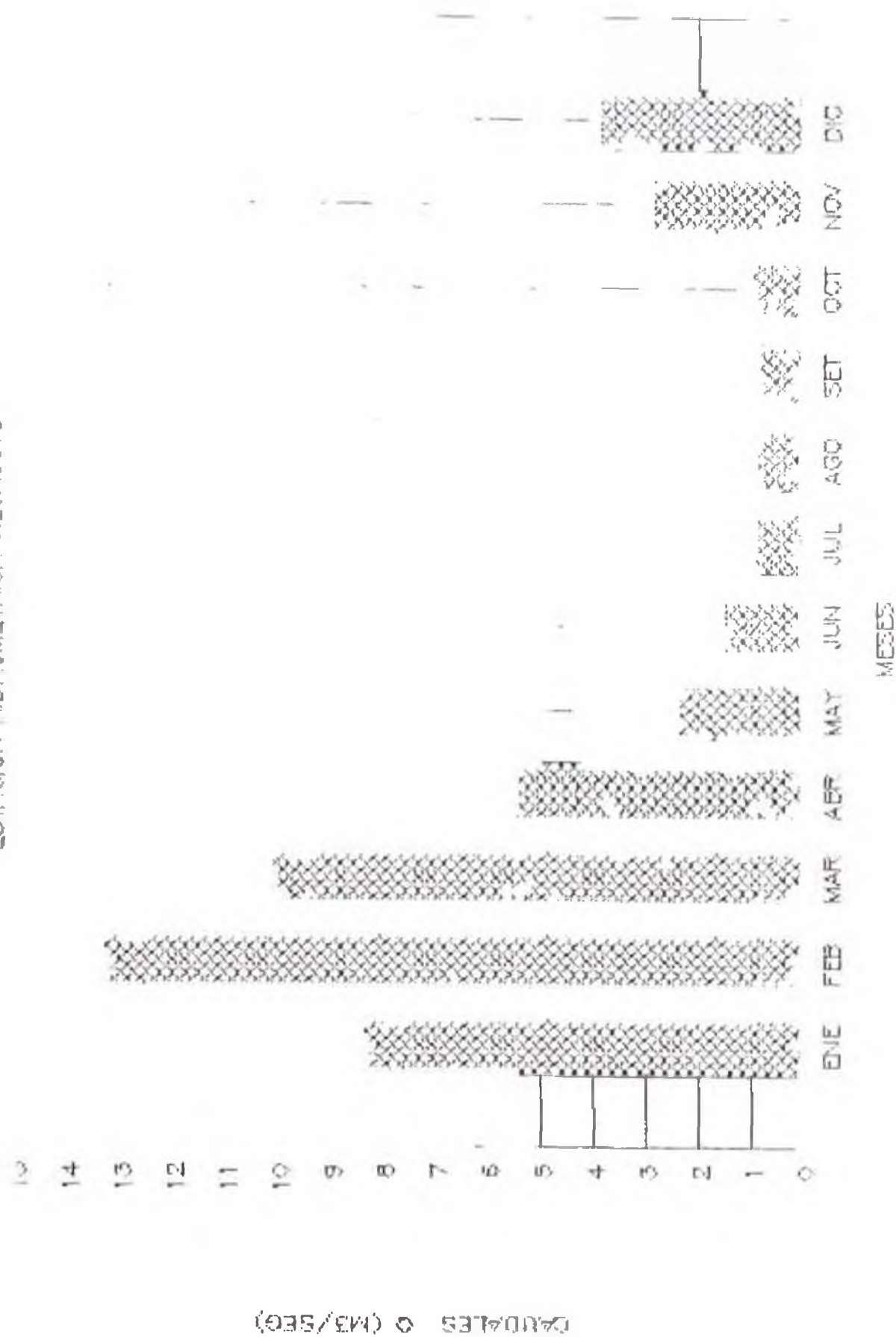


Fig-8.2a

# DESCARGAS MEDIAS DEL RIO SHULLUAD

ESTACION HIDROMETRICA VILCASCOTO

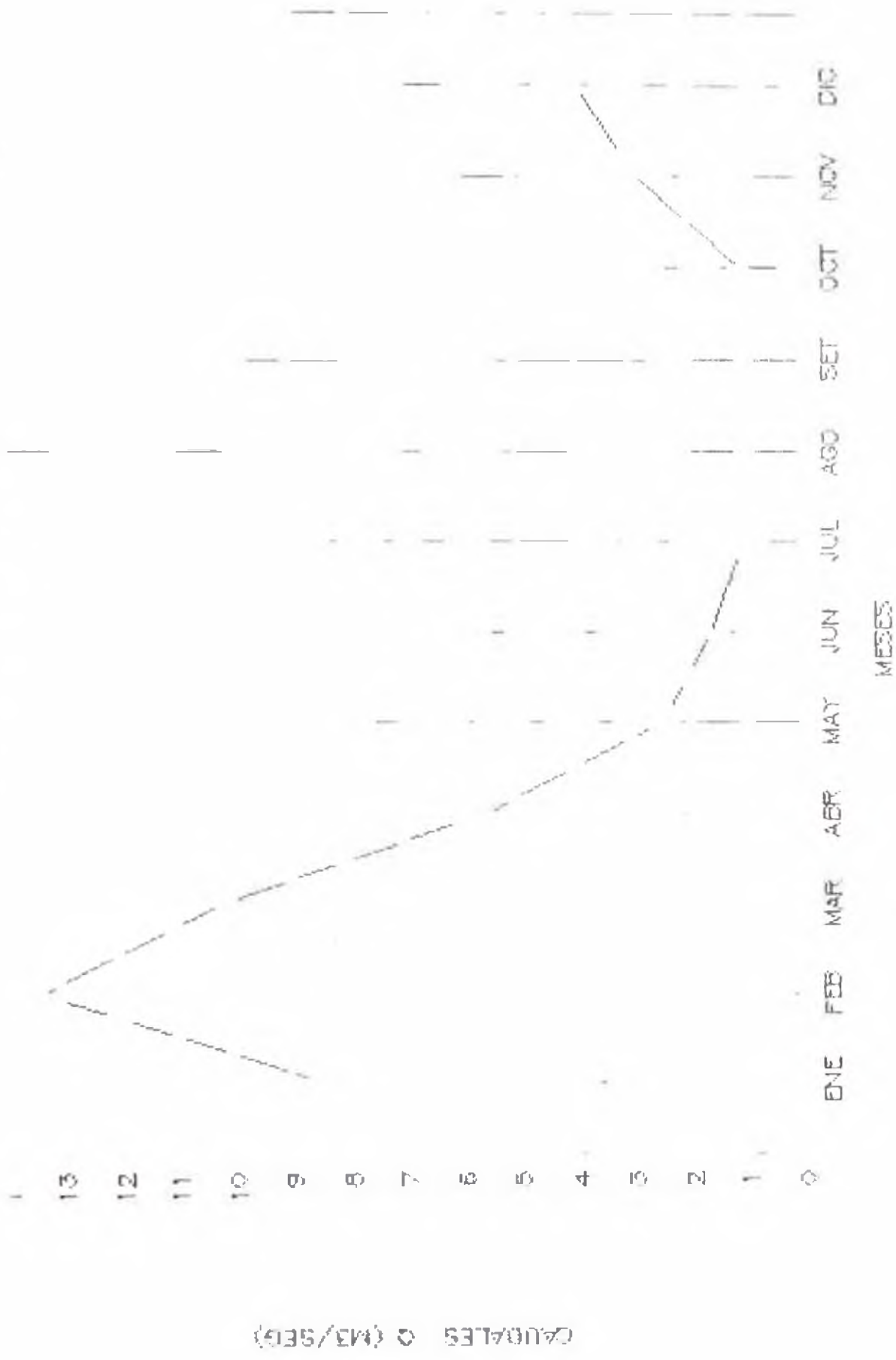
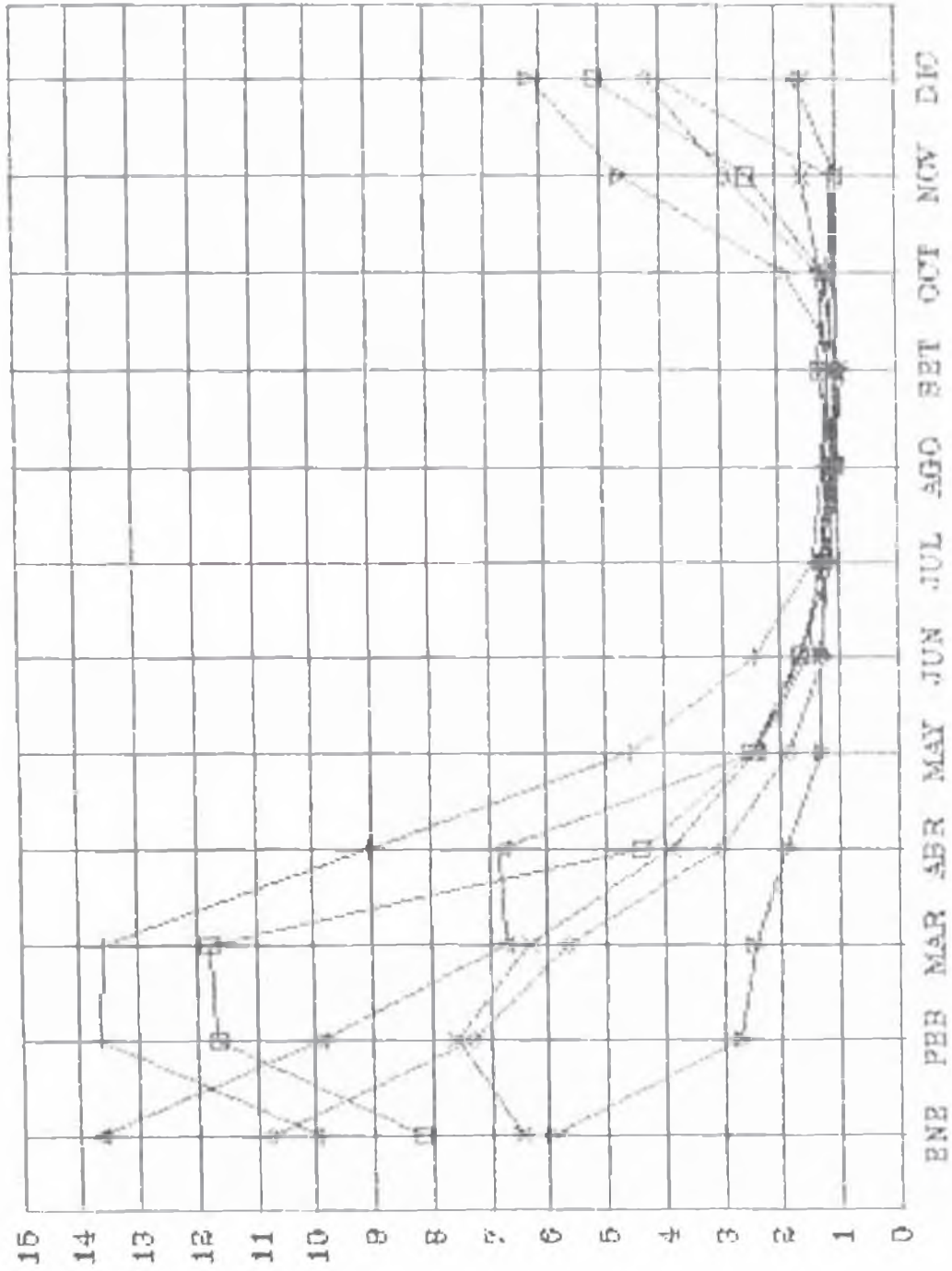


Fig - 8.2 b



# DESCARGAS ANUALES DEL RIO SHULLCAS

1985 - 1990



MESES

□ 1985    ◇ 1986    △ 1987    × 1988    7 1989    7 1990

Fig-8.3

CAUDALIZO (MG/SEG)

Como puede apreciarse en el cuadro N<sup>o</sup> 8.3, las demandas de agua de los cultivos están expresadas en ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) estos datos fueron proporcionados por AGRO Ingeniería S.A.-Ingenieros Consultores. El máximo requerimiento de riego se presenta en el mes de Abril ( $0.770 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) y el mínimo, en Enero ( $0.296 \text{ m}^3/\text{seg}$ ).

### 8.2.3. Análisis de disponibilidad - Demanda de agua en la cuenca

En el cuadro N<sup>o</sup> 8.4 en el cual se indican las disponibilidades de agua, constituida por el aporte del río Shullcas y de la regulación de la laguna Huacracocho siendo la única laguna de las antes mencionadas que tiene obras de ingeniería para la regulación.

Como demandas se consideran los requerimientos de agua potable de la ciudad de Huancayo ( $Q=0.600 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) y los requerimientos de riego de los cultivos).

Efectuando el balance hidrológico entre las disponibilidades y las demandas, obtenemos como resultado que existen excedentes entre los meses de Noviembre a Junio y déficit, en los meses de Julio a Octubre. Fig. 8.4.

Determinadas la magnitud de los déficit de agua, para las condiciones planteadas. Los cuales deben ser cubiertos por las aguas almacenadas en las lagunas Lazuntay ( $3'898,000 \text{ m}^3$ ) Chuspicocha ( $1'284,000 \text{ m}^3$ ) y por la laguna Runicochoa.

C U A D R O 0.3

**BALANCE HIDRICO DEL RIO SHULLCAS**

MESES	DISPONIBILIDAD (m <sup>3</sup> /s)			DEMANDAS (m <sup>3</sup> /s)			BALANCE
	RIO SHULLCAS	LAGUNA HUACRACOCHA	TOTAL	AGUA POTABLE	RIEGO (*)	TOTAL	
ENERO	5.95		5.95	0.60	0.296	0.896	+ 5.054
FEBRERO	8.90		8.90	0.60	0.375	0.975	+ 7.925
MARZO	5.85		5.85	0.60	0.468	1.068	+ 4.782
ABRIL	3.87		3.87	0.60	0.770	1.370	+ 2.70
MAYO	1.49	0.15	1.64	0.60	0.729	1.329	+ 0.311
JUNIO	1.28		1.28	0.60	0.348	0.948	+ 0.332
JULIO	0.86	0.20	1.06	0.60	0.510	1.110	- 0.050
AGOSTO	0.85	0.20	1.05	0.60	0.630	1.230	- 0.180
SETIEMBRE	0.76	0.20	0.96	0.60	0.670	1.270	- 0.310
OCTUBRE	0.83	0.20	1.03	0.60	0.537	1.137	- 0.107
NOVIEMBRE	1.21	0.20	1.41	0.60	0.360	0.960	+ 0.450
DICIEMBRE	1.70	0.20	1.90	0.60	0.479	1.074	+ 0.826

(\*) DATOS AGROINGENIERIA

CUADRO B.4

BALANCE HIDRICO DEL RIO SHULLCAS

DISPONIBILIDAD	(MNC/ANO)	DEMANDA (MNC/A)	BALANCE (MNC/ANO)
ENERO	187'638,200	28'256,256	+ 159'381,944
FEBRERO	280'670,400	30'747,600	+ 249'922,800
MARZO	184'485,600	33'680,448	+ 150'805,152
ABRIL	122'044,320	43'204,320	+ 78'840,000
MAYO	51'710,040	41'911,344	+ 10'514,720
JUNIO	40'336,000	29'896,128	+ 10'469,952
JULIO	33'428,160	34'904,960	1'476,800
AGOSTO	33'112,800	48'789,280	- 15'676,480
SEPTIEMBRE	30'274,560	50'050,720	- 19'776,160
OCTUBRE	32'482,000	35'856,432	- 3'374,352
NOVIEMBRE	34'465,760	30'274,560	+ 4'191,200
DICIEMBRE	59'918,400	33'869,664	+ 26'048,736

# BALANCE HIDRICO DEL RIO SHULLCAS

CAUDALES DISPONIBLES Y DE DEMANDA

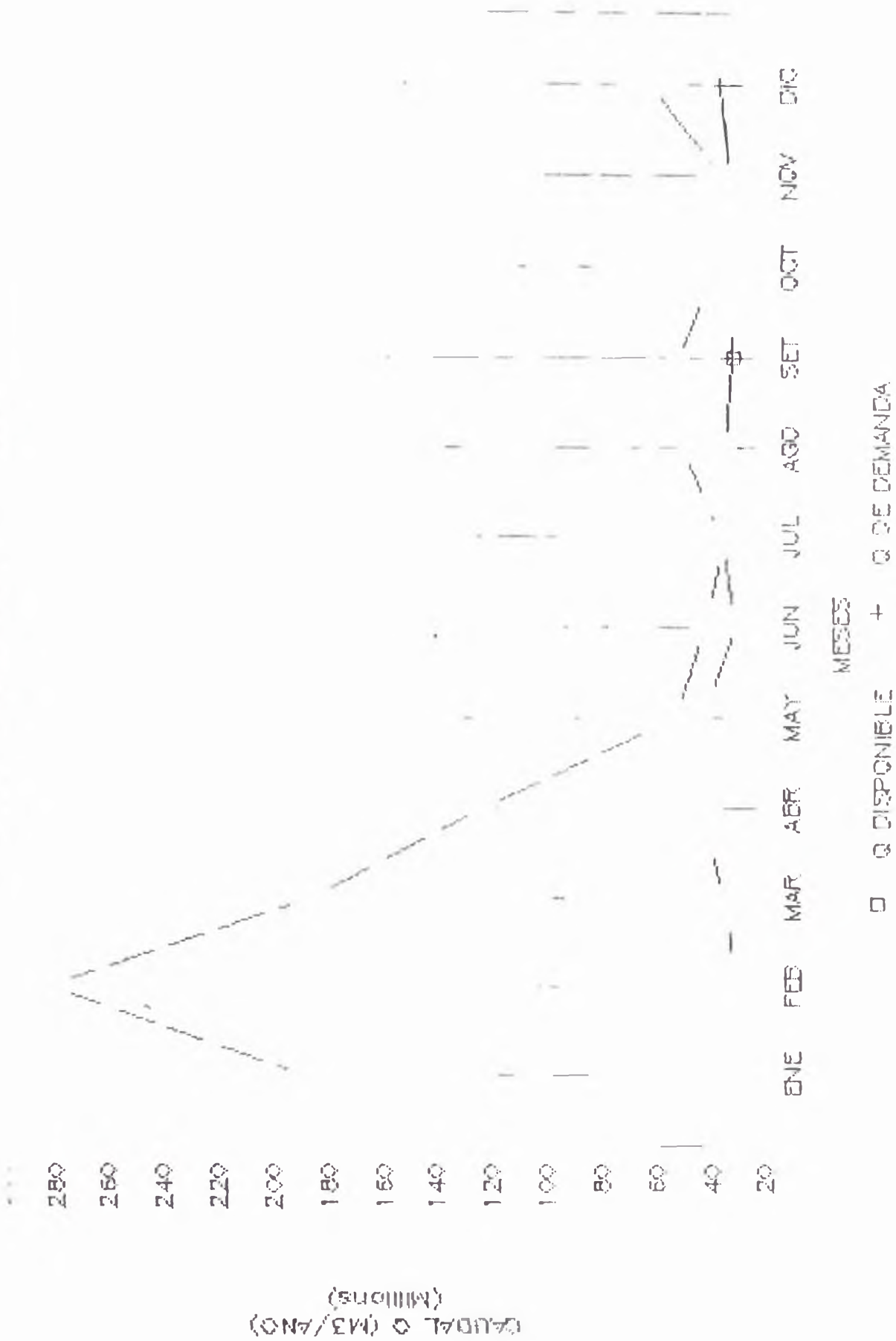


Fig - 8.4

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (MM)

CUADRO-8.5 ESTACION INGENIO

ANO	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUBR	NOVIEM	DICIEM	MAXIMA
1964	13.2	19.0	25.8	7.6	12.9	1.2	1.5	4.5	10.3	24.0	20.9	18.2	25.8
1965	20.9	31.1	21.1	6.0	7.1	0.3	5.5	7.7	13.9	6.0	13.8	23.8	31.1
1966	15.0	14.1	8.3	4.2	10.8	0.0	0.5	4.6	9.0	11.4	14.7	24.7	24.7
1967	20.0	30.8	36.4	7.2	11.3	4.9	9.5	13.4	10.8	21.3	6.7	21.0	36.4
1968	27.8	13.0	20.4	10.7	0.0	6.9	*	*	*	*	*	28.0	28.0
1969	23.3	23.1	14.2	19.3	0.0	8.5	14.2	5.2	8.3	11.8	18.2	29.6	29.6
1970	34.4	22.6	23.6	26.2	7.2	20.5	4.3	0.0	16.3	17.4	31.0	22.8	34.4
1971	25.3	21.1	20.8	12.1	4.1	6.1	0.0	14.0	12.6	25.1	16.5	28.8	28.8
1972	18.8	11.0	19.1	38.3	15.7	0.0	4.5	4.4	9.4	15.8	11.7	15.6	38.3
1973	16.6	20.6	29.3	15.6	8.1	3.9	35.6	11.7	22.5	16.7	9.6	26.3	35.6
1974	36.0	27.7	15.7	24.1	0.0	8.5	1.9	7.9	1.9	24.9	35.7	33.9	36.0
1975	22.7	24.5	25.3	21.8	8.3	0.0	0.0	4.3	15.1	18.2	9.0	18.2	25.3
1976	27.3	28.9	12.1	10.1	3.9	3.9	1.1	2.9	5.1	9.1	8.2	9.9	28.9
1977	22.7	14.4	21.0	18.0	10.9	1.1	0.0	6.3	17.4	21.9	20.3	18.7	22.7
1978	30.3	22.9	14.7	5.7	13.2	2.6	3.1	0.0	17.3	7.1	17.0	10.6	30.3
1979	23.5	24.1	31.8	14.9	13.9	0.0	0.0	5.8	15.6	23.3	17.6	18.7	31.8
1980	17.7	22.3	*	17.3	0.0	0.0	2.4	2.3	9.2	23.3	19.6	13.8	28.3
1981	27.7	29.9	14.0	6.7	22.1	0.0	0.0	10.1	9.7	21.2	18.6	34.7	34.7
1982	27.1	31.0	17.9	20.1	0.0	5.1	6.2	7.8	13.2	18.2	18.4	25.9	31.0
1983	17.3	21.0	27.7	18.5	*	*	*	*	*	*	*	*	27.7
MAXIMA	36.0	31.1	31.8	38.3	38.3	22.1	20.5	35.6	14.0	22.5	25.1	20.9	38.3

\*

REGISTRADOS

### 8.3 ANALISIS DE MAXIMAS AVENIDAS

Las avenidas máximas para el río Shullcas, se han analizado a partir de los datos de precipitación máxima en 24 horas, registrados en la estación Ingenio (cuadro Nº 8.5).

Las precipitaciones máximas en 24 horas fueron ajustadas a la distribución de probabilidades logarítmicas y desarrolladas por Person, cuya ecuación es:

$$\ln P = X + K S$$

Donde:

$\ln P$  = logaritmo de la precipitación máxima en 24 horas a un determinado período de retorno.

$X$  = Media de los logaritmos de precipitación máxima en 24 horas.

$K$  = Constante de función del período de retorno de del sesgo obtenido de tablas.

$S$  = Desviación estandar de los logaritmos de precipitación máxima en 24 horas.

Definiéndose la siguiente ecuación:

$$\ln P = 3.407 + 0.1432 K$$

A partir de la cual fueron determinadas las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno (ver cuadro Nº 8.6.)

Para la determinación de las descargas máximas, considerando que éstas se originan exclusivamente por

acción de las lluvias, se ha empleado la fórmula de MAC-MATH:

$$Q = C.P.A^{0.58}.I^{0.42}.10^{-3}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m<sup>3</sup>/seg)

C = Coeficiente de escorrentia

P = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

A = Area de la cuenca (hás)

I = Pendiente del curso principal(m/m)

Los resultados obtenidos pueden observarse en el cuadro Nº 8.6.

**CUADRO Nº 8.6**  
**ANALISIS DE FRECUENCIAS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS Y DESCARGAS MAXIMAS CORRESPONDIENTES**

TR (años)	K	Ln P	P max (mm)	Q max (m <sup>3</sup> /seg)
5	0.84727	3.528417	34.1	34.416
10	1.26618	3.588416	36.2	36.535
25	1.70453	3.651200	38.5	38.535
50	1.98248	3.691010	40.1	40.471
100	2.22844	3.726236	41.5	41.884
200	2.45207	3.758266	42.9	43.297



# CAPITULO IX

LAGUNAS IMPORTANTES EN LA

CABECERA DE LA CUENCA

DEL RIO SHULLCAS

## CAPITULO IX

### LAGUNAS IMPORTANTES EN LA CABECERA DE LA CUENCA DEL RIO SHULLCAS

#### Origen de las Lagunas

Las lagunas con dique morrénico se forman cuando el glaciar, al desplazarse pendiente abajo, arrastra roca subyacente de diversos tamaños, que sirve de material abrasivo para erosionar la roca base y excavarlo empujando este material a su frente, que cuando se produce un cambio climático importante modifica su comportamiento, es decir, la velocidad de fusión supera a la velocidad de avance; entonces el frente glaciar se retira de su emplazamiento anterior, dejando aislada la morrena y una depresión central, dando origen a una laguna con dique morrénico.

En la mayoría de casos, el proceso de formación de lagunas se realiza en forma progresiva. Inicialmente se forma charcos sobre la superficie de una lengua glaciar; éste a su vez cuando se produce un cambio climático importante, acelera su crecimiento y llega a tener dimensiones mayores, así por ejemplo tenemos la laguna RUNICOCHA que en la fotografía aérea de 1962 solo presenta pequeños charcos para que hoy en día llegue a tener dimensiones considerables como se verá más adelante.

#### Batimetría

Para el tratamiento del volumen de agua almacenados en las lagunas se utiliza la técnica batimétrica que consiste en la determinación de profundidades a través de la ecosonda RAYTHEON que es uno de los aparatos más útiles para determinar las condiciones del fondo.



*FOTO Nº 9.1: Vista área del nevado Huaytapallana, tratando de ubicar el origen del aluvión. (ENE - 91).*



*FOTO Nº 9.2: Por aire se había ubicado el origen del aluvión en las lagunas Chuspicocha, donde se aprecia el recorrido inicial del flujo aluviónico en el paraje Chuspipampa. (ENE - 91)*

esta técnica es bastante usada por la UNIDAD DE GLACIOLOGIA HUARAZ, para determinar profundidades y volúmenes almacenados en las lagunas.

### 9.1. LAGUNA CHUSPICOCHA

#### **Ubicación**

Coordenadas : 11°53'55" Latitud Sur  
75°03'59" Latitud Oeste

Se encuentra ubicada en la base del glaciar DGA2, Foto N° 9.2 que forma parte del flanco occidental del circo glaciar limitado por la cumbre del nevado Huaytapallana Norte (5486) y el nevado Talves (5313).

#### **Forma y Dimensiones**

Con la finalidad de poder comparar algunos parámetros y establecer el estado final actua (post avalancha) de la laguna Chuspicocha, es necesario indicar que las dimensiones originales de la laguna eran las siguiente (Cuadro N° 9.1, Fig N° 9.1):

Cota del espejo de agua :	4,552.32
Longitud máxima :	800.00 m.
Ancho promedio :	288.00 m.
Area del espejo de agua :	235,480.00 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima :	35.00 m.
Volumen almacenado :	2'834,000.00 m <sup>3</sup>

(plano topográfico-batimétrico antes de la avalancha Planos Ns LCH-01, LCH-02).

Producido el desprendimiento de roca-hielo y el incidir éste en el espejo de agua, la trayectoria de la corriente inicial principal generada fue en forma directa hacia la parte media de la morrena lateral derecha, que debido a su potencia resistió bien el impacto, obligando

**CUADRO 9.1.**  
**Cuadro Batimétrico**  
**LAGUNA CHUSPICOCHA - ANTES DE LA AVALANCHA**

Curva (m)	Area (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN	
		PARCIAL	TOTAL
0	235,480	442,000	2'834,000
2	208,400	392,000	2'392,000
4	183,440	344,000	2'000,000
6	160,040	302,000	1'656,000
8	139,680	256,000	1'354,000
10	112,600	204,000	1'098,000
12	88,960	166,000	894,000
14	78,040	148,000	728,000
16	68,200	130,000	580,000
18	59,720	110,000	450,000
20	52,320	98,000	340,000
22	45,600	84,000	242,000
24	37,400	66,000	158,000
26	26,000	42,000	92,000
28	16,520	26,000	50,000
30	10,520	14,000	24,000
32	5,960	8,000	10,000
34	2,800	2,000	---
35	---	---	---

VOLUMEN ANTES DE LA AVALANCHA: 2'834,000 M<sup>3</sup>

a un cambio de dirección hacia el dique frontal, también de naturaleza morrénica y que fue rebasada y erosionada, sobre todo el talud externo que experimentó la pérdida de aproximadamente 300,000 m<sup>3</sup> de material morrénico que incrementó el volumen del flujo aluviónico desbordado. durante los trabajos de campo (Foto N<sup>o</sup> 9.3 y 9.4) se efectuaron mediciones y observaciones determinando que:

1. El nivel original de la laguna descendió 7 metros como consecuencia del desborde.
2. Parte del material producto de la avalancha ha quedado depositado al pie del farallón de roca, osea en el trayecto inicial antes de llegar a la laguna y otra

# LAGUNA CHUSPICOCHA-ANTES DE AVALANCHA

## CURVAS DE VOLUMEN Y SUPERFICIE

AREA ( m2 )

300000

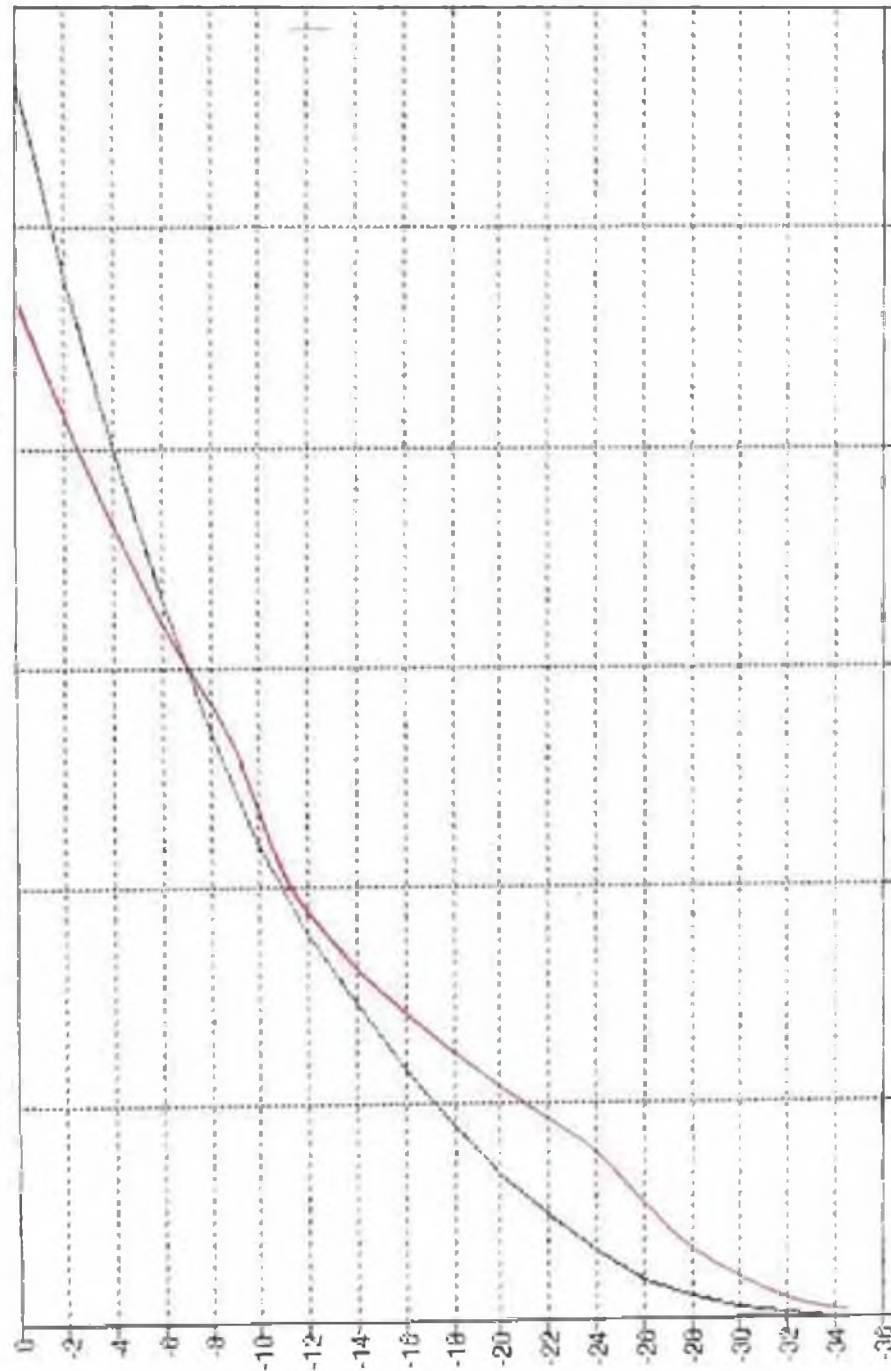
250000

200000

150000

100000

50000



VOLUMEN (m3)

3000000

2500000

2000000

1500000

1000000

500000

M3

2'834,000

VOLUMEN MAXIMO :

AREA

VOLUMEN

PROFUNDIDA MAXIMA : 35 M

M2

235,480

AREA MAXIMA :

ALTURA (m)



*FOTO NO 9.3 y 9.4: Brigada de inspección en la laguna Chuspicocha, nos encontramos en el dique morrénico frontal de la laguna hasta donde llegaron bloques de hielo por la gran energía generado por la avalancha, al fondo de la laguna el talud de la avalancha. (ENE - 91)*



parte que fué la que generó el flujo de desborde y descenso de los 7 m. se introdujo en la laguna, modificando el perímetro original, de tal manera que el estado actual de la laguna Chuspicocha, Foto N° 9.5 y 9.6, nos muestra una cubeta secundaria separada de la laguna principal con las siguientes características:

**a.- Laguna Principal**

Cota	:	4,545.32 m.
Longitud Máxima	:	510.00 m.
Ancho promedio	:	230.00 m.
Area del espejo	:	123,740.00 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	:	28.00 m.

**b.- Cubeta Secundaria**

Cota	:	4,545.32 m.
Longitud Máxima	:	168.00 m.
Ancho promedio	:	64.00 m.
Area del espejo	:	10,720.00 m <sup>2</sup>
Profundidad máxima	:	5.00 m.

**9.1.1. Batimetría e interpretación**

Para poder determinar de manera analítica el relieve de fondo de la laguna después de producida la avalancha (ver plano topográfico y batimétrico de la laguna Chuspicocha N° LCH-03 después de la avalancha), se analizó el plano Batimétrico elaborado por la Unidad de Glaciología y Seguridad de lagunas Huaraz el año 1980, teniendo en cuenta el gráfico de curvas de áreas y volúmenes que almacenaba la laguna.

También se tuvo que considerar el mecanismo de la avalancha que incidió sobre el vaso de



la laguna para ver de que manera es rellenado la laguna con el material de avalancha.

Mediante este análisis se pudo determinar las curvas batimétricas que se muestran en el plano Topográfico y Batimétrico después de producida la avalancha, mostrando los siguientes resultados en el cuadro Nº 9.2.

**CUADRO 9.2.**  
**Cuadro Batimétrico**  
**LAGUNA CHUSPICOCHA - DESPUES DE LA AVALANCHA**

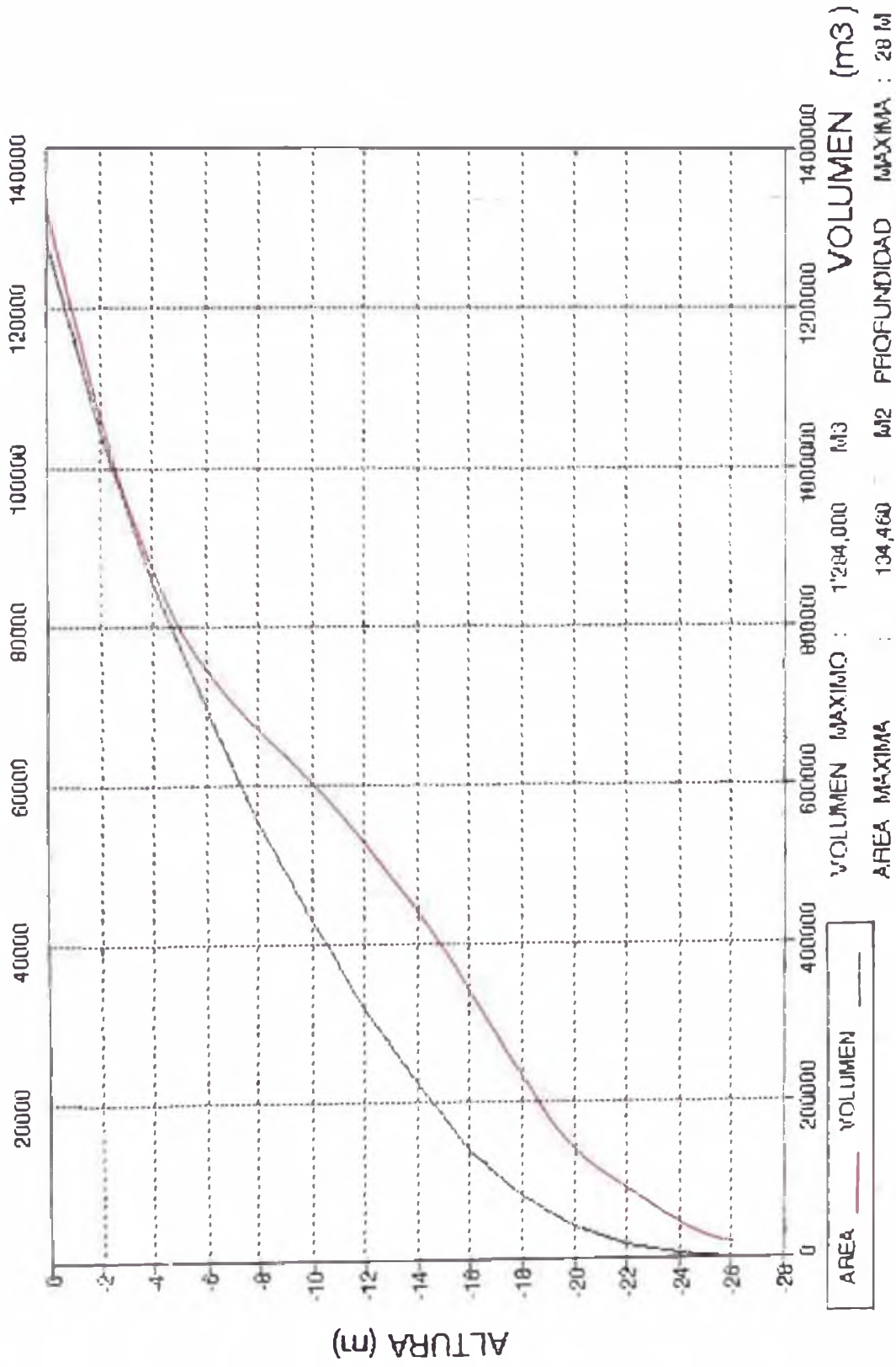
Curva (m)	Area (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN	
		PARCIAL	TOTAL
0	134,460	238,500	1'284,000
2	104,420	189,000	1'045,500
4	85,140	159,500	856,500
6	73,000	139,500	697,000
8	66,920	126,000	557,500
10	59,580	111,500	431,500
12	52,107	97,500	320,000
14	45,453	81,500	222,500
16	36,120	61,000	141,000
18	25,040	37,500	80,000
20	13,320	23,000	42,500
22	9,700	13,000	18,000
24	3,980	5,000	6,500
26	1,240	1,500	1,500
28	---		

**VOLUMEN DESPUES DE LA AVALANCHA: 1'284,000 M<sup>3</sup>**

Mediante el análisis anterior se pudo determinar:

Volumen Inicial almacenado por la laguna antes de la avalancha: (ver cuadro 9.2 y curvas batimétricas Fig. 9.2) era de : 2'830,000 m<sup>3</sup>

COC SPUES DE AVALANCHA  
 CURVAS DE VOLUMEN Y SUPERFICIE AREA ( m2 )





*FOTO Nº 9.5 y 9.6: Vista aérea del vaso de la laguna Chuspicocha, el pie del talud de la avalancha, el dique morrénico frontal erosionado por el desbordamiento. la morfología de la laguna a cambiado podemos apreciar el nivel que descendió el espejo de la laguna y huellas del oleaje ocasionadas por la avalancha. (ENE -91)*



Volumen almacenado después de la avalancha: (ver cuadro y curvas batimétricas) era de 1'284,000 m<sup>3</sup>

Por lo que el volumen de agua evacuado después de la avalancha fue de : 1'550,000 m<sup>3</sup>

que sumado los 300,000 m<sup>3</sup> de material morrénico erosionado del dique morrénico frontal se determinó que el volumen inicial del flujo aluvió-nico que salió de la laguna Chuspicocha fue de: 1'850 ,000 m<sup>3</sup>

#### 9.1.2. Geología del vaso de la Laguna (Plano N° LCH-04)

##### Morrenas laterales

La cubeta (Fotos N°s 9.5 y 9.6) está conformada por morrenas laterales, cuyos taludes internos presentan una pendiente de 45-50°, esta fuerte pendiente es debido a que el movimiento de aguas de la laguna debido a la avalancha a socavado el pie de sus taludes y el material morrénico se inestabilizó y fue cayendo hacia el interior de la laguna, esto es notorio especialmente en el sector de la morrena lateral derecha donde chocó la ola principal de la avalancha que mediante mediciones de campo, se pudo determinar que las olas llegaron a tener alturas entre 25 a 30 m. el material de la morrena está constituida de bloques y gravas de gneis y esquistos con presencia de limos, arcillas y arenas.

*FOTO Nº 9.7: Vista aérea de la laguna Chuspicocha y su área glaciaria (DGA2) donde se aprecia el nevado Huaytapallana Norte (5486 m.s.n.m.) de donde se generó la avalancha, en cuya base se encuentra el talud de roca y hielo depositada por la misma y se puede notar la presencia de glaciares en calidad de colgantes los cuales constituyen un peligro potencial para la laguna. (ENE - 91)*

*FOTO Nº 9.8: Vista aérea del vaso de la laguna Chuspicocha con su dique morrénico frontal erosionado por el desbordamiento de la laguna generada por la avalancha se observa el flujo aluviónico inicial (ENE-91)*

### **Zonas de avalancha**

El sector donde se ha depositado el material arrazado por la avalancha en la zona posterior de la laguna, se ha encontrado bloques de roca Gneisica y Esquistosa de hasta 18 a 22m. arrancados del farallón de roca base del glaciar, se pudo notar que las rocas se encontraban con un intenso fracturamiento y alteradas por acción glaciar, es preciso indicar que en el talud formado por el material de avalancha se determinó la presencia de bloques de hielo de 15 a 20 m. de tamaño y capas de nieve que cubrían el material depositado. En el dique morrénico frontal se encontraron bloques de hielo de grandes dimensiones que nos dan la idea de la gran fuerza que llegó a tener la avalancha.

#### **9.1.2.1. Dique Morrénico**

Tanto en la parte posterior como en el dique se presentan grandes bloques de hielo y roca, algunas rocas alcanzan dimensiones de hasta 10 x 12 m que son producto de la avalancha. Litológicamente el dique morrénico frontal de la laguna Chuspicocha está constituida por bloques y gravas de Esquistos y Gneis con presencia de arcillas, limos y arenas (ver plano Geológico N° LCH-04).

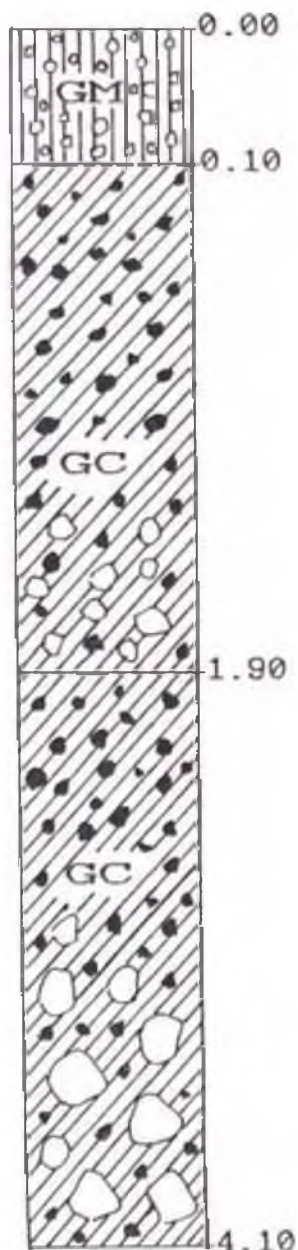
La laguna actualmente (Foto N° 9.7 y 9.8) sigue desaguando mediante un canal natural abierto a través del dique desbordado que se inicia en el extremo Sur Oeste del espejo de la laguna, haciendo notar que, a una distancia de

solo 80 m. se ubica el ápice del área erosionada en la cara exterior, en la cual se presenta una caída fuerte y está ocurriendo una erosión de carácter regresivo causada por el rebose.

A continuación se detallan los perfiles mapeados en la morrena frontal teniendo en consideración los lugares donde se tendrían que elaborar obras hidráulicas para su control y regulación.

**DIQUE MORRENICO FRONTAL**  
**LAGUNA CHUSPIQOCHA**

PERFIL N°                    DCH-01  
UBICACION                SECTOR MEDIO, ZONA DEL DIQUE EROSIONADO  
COTA APROXIMADA    4545 msnm.



**Capa superficial vegetal**

Gravas limosas y raíces de plantas por el SUCS de campo se asocia a GM.

**Depósitos Morrénicos**

Grava limo arcillosa y arena de color marrón claro de regular plasticidad, con 45% de grava de forma subangulosa con tamaños predominantes entre 1.5cm.-10cm. y 20% de bloques mayores de 15cm., siendo el máximo 20 cm.

Se presenta húmeda y de consistencia dura

Según SUCS de campo se le asocia al grupo GC.

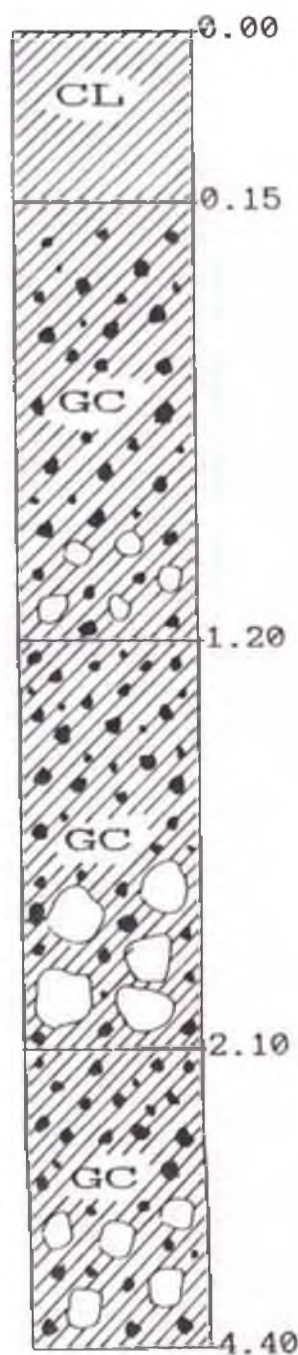
Idem 0.10 - 1.90

En este tramo ocurren bloques grandes de Gneis, esquistos y cuarcitas, siendo el tamaño máximo de 1.20m.



## DIQUE MORRENICO FRONTAL LAGUNA CHUSPICOCHA

PERFIL N° : DCH-02  
 UBICACION : SECTOR MEDIO, ZONA DEL DIQUE EROSIONADO  
 COTA APROXIMADA : 4545 msnm.



### Capa superficial vegetal

Arcillas con grava de forma subangulosa cuarzo, plagioclasas, biotitas, de forma subangulosa y raíces de planta. Mediante el SUCS de campo se asocia a CL.

### Depósitos Morrénicos

Grava limo arcillosa y arena de color marrón claro de regular plasticidad, con 40% de gravas de gneis, esquistos y cuarcitas de forma subangulosa con diámetros entre 1.5cm.-8cm. siendo el tamaño máximo 25 cm.

Se presenta húmeda y de consistencia dura Según SUCS de campo se le asocia al grupo GC.

Idem 0.15 - 1.20

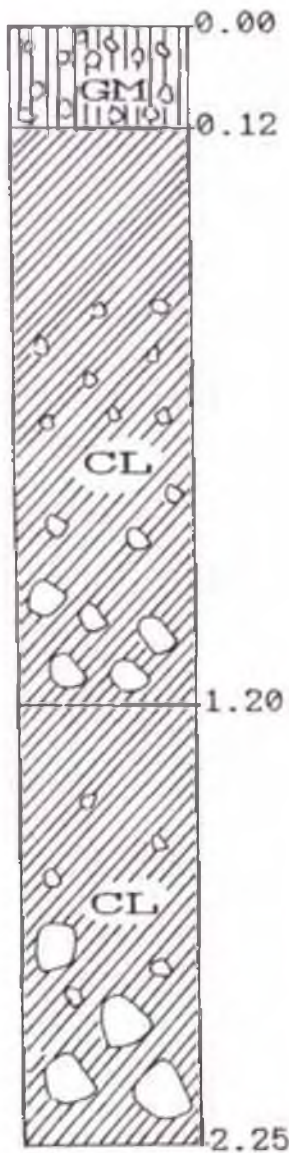
En este horizonte ocurren bloques grandes mayores de 20cm. siendo el tamaño máximo 1.0m.

Idem 0.15 - 1.20

Con 15% de bloques de gneis y esquistos mayores de 15 cm., hacia la base se pudo observar bloques grandes, siendo su tamaño máximo 80 cm.

**DIQUE MORRENICO FRONTAL  
LAGUNA CHUSPICOCHA**

PERFIL N°                      DCH-03  
 UBICACION                    SECTOR NOROESTE DEL DIQUE EROSIONADO  
 COTA APROXIMADA - 4550 msnm.



**Capa superficial**

GM Grava limosa y raíces de planta por el SUCS de campo GM.

**Depósitos Morrénicos**

Arcilla limosa con arena fina con 20% de gravas de formas subangulosas de cuarzo, biotitas y plagioclasas; en las cuales predominan los tamaños menores de 7 cm., y con 10% de bloques mayores de 10 cm., siendo su tamaño máximo 40 cm.

Se mantiene húmeda de consistencia dura.

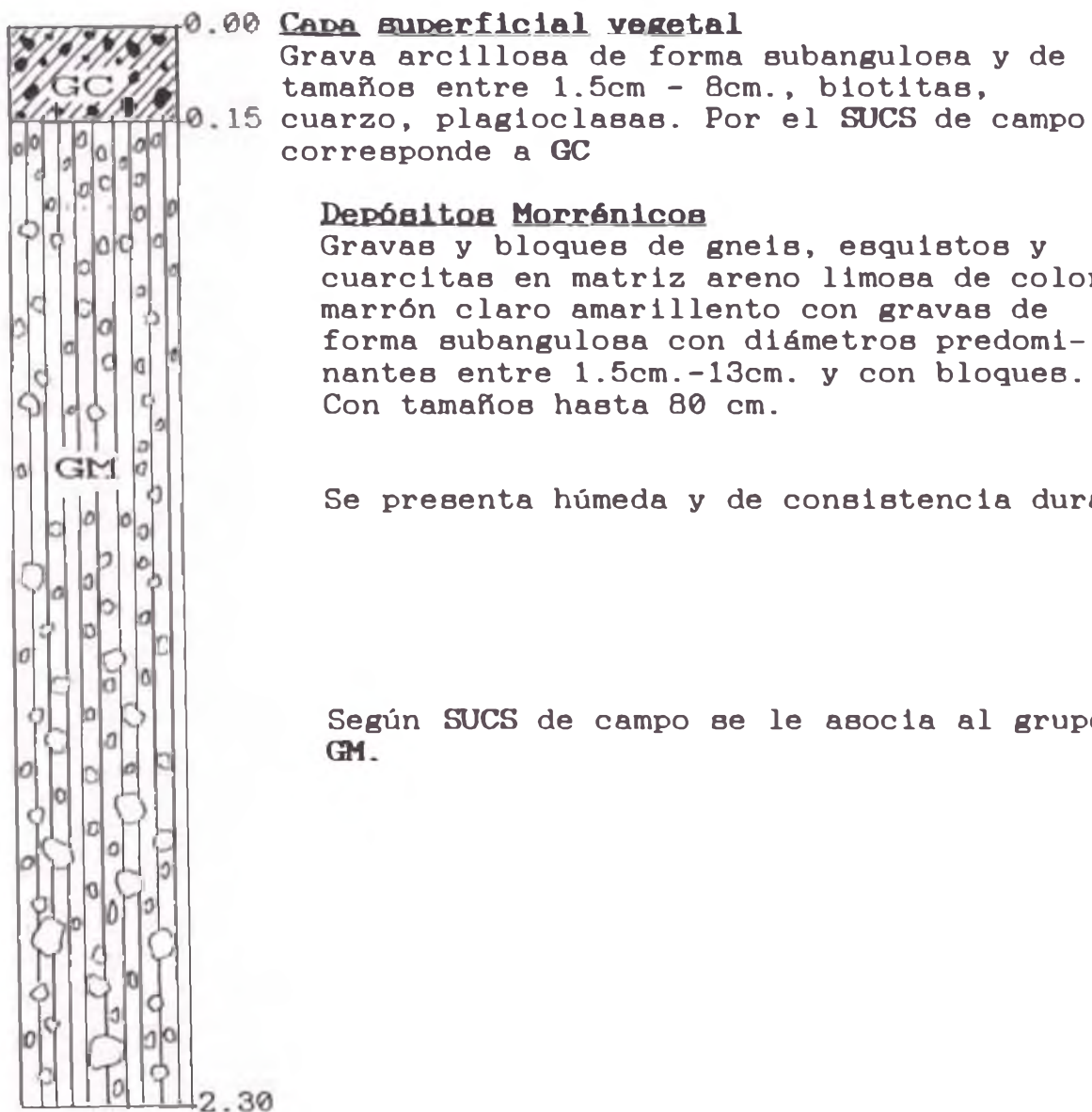
Según SUCS de campo se le asocia al grupo CL.

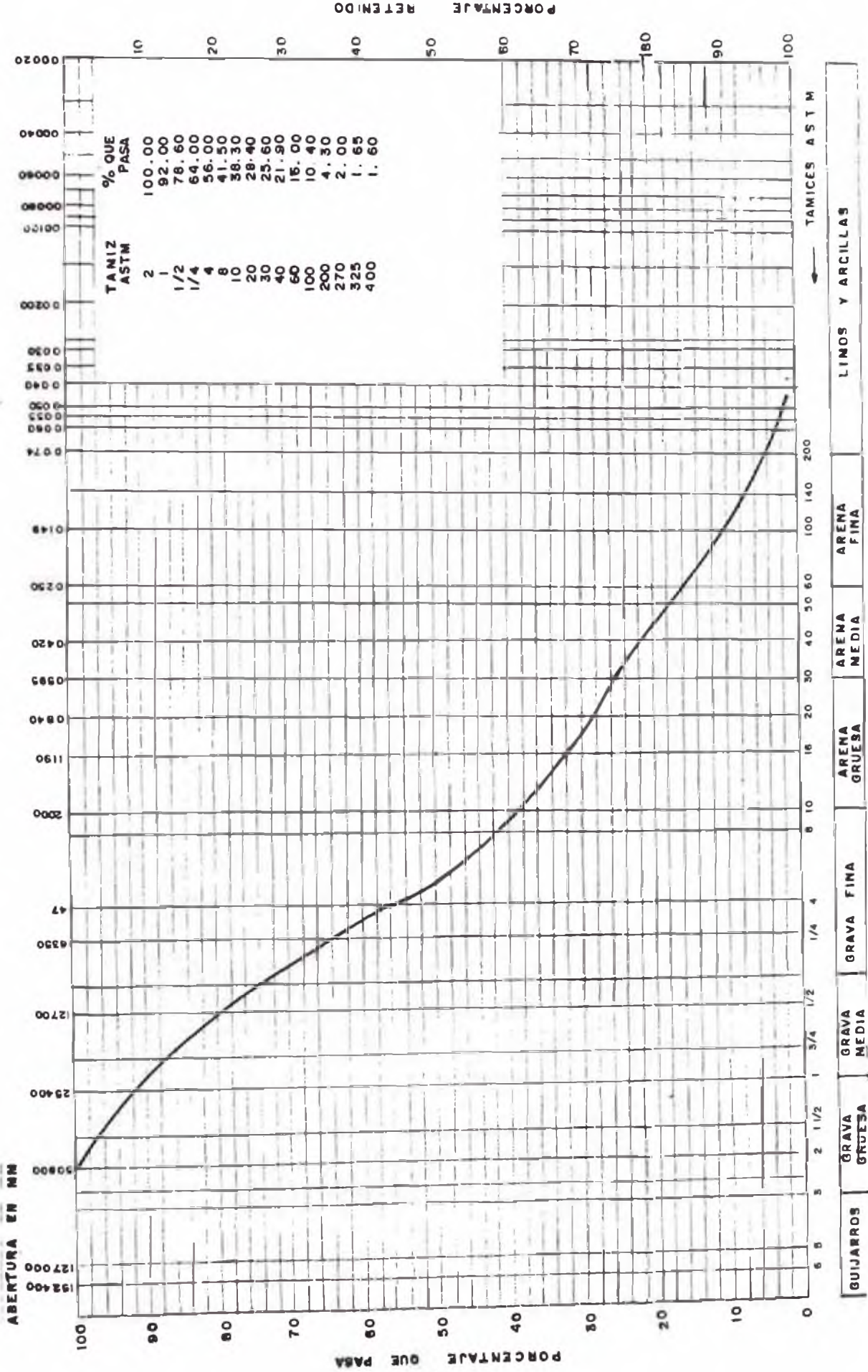
Idem 0.12 - 1.20

Hacia la base ocurren bloques de roca de hasta 65 cm.

## DIQUE MORRENICO FRONTAL LAGUNA CHUSPICCOCHA

PERFIL N°                      DCH-04  
UBICACION                      SECTOR SURESTE DEL DIQUE EROSIONADO  
COTA APROXIMADA      ·      4550 msnm.





MORRENA LAG. CHUSPICOCHA MUESTRA = DCH-01 Fig - 9.3

#### 9.1.2.2. Roca Base

La lengua glaciaria que corresponde al flanco occidental del nevado Huaytapallana Norte de donde se produjo la avalancha, tiene como roca base las rocas metamórficas del complejo Huaytapallana, mediante el análisis macroscópico y microscópico de secciones delgadas (ver descripciones de las muestras CH-01 y CH-02) de rocas de las paredes de donde provino la avalancha, se llegó a determinar que la roca base son Gneis Cuarzosos y Anfibolitas. Las rocas presentan una alteración superficial producto de la acción glaciaria.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA  
AREA ACADEMICA DE GEOLOGIA - GABINETE DE PETROLOGIA

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA Nº LH-01

**Ubicación:** La muestra de roca forma parte del sector sureste (SE) de la roca base de la lengua glaciar (zona de ava-lancha), correspondiente a la laguna Chuspicocha.

1.- **COLOR DE LA ROCA** gris oscuro con bandas blancas.

2.- **TEXTURAS**

Foleada ..... No foleada ..... Esquistosa .....  
Gneisica ....X... Pizarreña ..... Cristaloblástica  
Granoblástica .X. Hornféisica ..... Cataclástica  
Otros .....

2.1.- **TIPO DE ROCA**

Foleada .....X..... No Foleadas .....

2.2.- **TAMAÑO DE GRANO O MINERAL**

Grueso ..X.. Medio ..... Fino Muy fino .....

2.3.- **FORMA DE LOS MINERALES**

Xenoblásticos.. Idioblásticos.. Sub-Idioblásticos X

3.- **COMPOSICION MINERALOGICA**

Minerales principales ó esenciales en % aproximado .....  
*Cuarzo, Biotita, Plagioclasas y Feldespatos potásicos (95%)*

Minerales secundarios en % aproximado .....  
*Apatito 2%*

Minerales accesorios en % aproximado .....  
*Sericita 2%*

4.- **OTRAS CARACTERISTICAS**

*La roca muestra una oxidación y una alteración de alto grado, los bandeamientos de biotitas son fisible y tabulares.*

5.- **NOMBRE DE LA ROCA GNEIS CUARZOSO**

6.- **OBSEVACIONES** *Esta roca es la que forma parte del basamento rocoso del área glaciar donde se produjo la avalancha la cual se muestra bastante alterada.*

## ESTUDIO MICROSCOPICO DE SECCION DELGADA

**CODIGO DE MUESTRA: CH-01**

### DESCRIPCION MICROSCOPICA:

La muestra estudiada es algo similar a las secciones LZ-01, LZ-02, en lo que a texturas se refiere; es decir, textura grano-blástica de cuarzos y feldespatos, ambos xenomórficos y texturas esquistosa lepidoblásticas, debido a que la esquis-tosidad es controlada por las micas. La diferencia radica en que esta sección (Foto NO 9.9) presenta una mayor concentración de plagio-clasas macladas y una disminución en el contenido de cuarzo.

### MINERALOGIA:

- PRIMARIOS PRINCIPALES      Cuarzo, Plagioclasas, Biotitas.
- PRIMARIOS ACCESORIOS      Feldespatos Potásicos, Apatito.
- SECUNDARIOS                Sericita.

### OBSERVACIONES

- CUARSOS                    Cristales anhedrales, presentando extinción ondulante.
- PLAGIOCLASAS            Individuos de formas anhedrales los cuales, presentan maclas polisintéticas comprendiendo a las de tipo albita y periclina.
- BIOTITAS                : Cristales tabulares, algo más desarrollados y dispersos, sin que por ello pierda su orientación.
- FELDESPATOS            : Escasos cristales con morfología anedral, POTASICOS                no presentan maclas.
- APATITOS                : Aparecen como pequeñas inclusiones en los feldespatos.
- SERICITAS                : Como mineral de alteración en las plagioclasas, mayormente desde el interior.

### ALTERACIONES:

- Sericitas alteran a la plagioclasas en forma incipiente.

### ANALISIS MODAL:

Min. Primarios:	- Recalculado:
Cuarzos            50%	Cuarzos            51%
PGLs                25%	PGLs                26%
Biotita             23%	Biotita             23%
FDKs                2%	

**CLASIFICACION : GNEIS DE CUARZO.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA  
AREA ACADEMICA DE GEOLOGIA - GABINETE DE PETROLOGIA

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA Nº CH-02

**Ubicación:** La muestra de roca corresponde al sector noroeste (NW) de la roca base de la lengua glaciaria, área adyacente a la zona de avalancha - laguna Chuspicocha.

1.- **COLOR DE LA ROCA** Gris verdoso.

2.- **TEXTURAS**

Foleada ..... No foleada ..... Esquistosa .....  
Gneisica ..... Pizarrea ..... Cristaloblástica  
Granoblástica .X. Hornfésica ..... Cataclástica  
Otros .....

2.1.- **TIPO DE ROCA**

Foleada .....X..... No Foleadas .....

2.2.- **TAMANO DE GRANO O MINERAL**

Grueso ..... Medio ..X.. Fino Muy fino .....

2.3.- **FORMA DE LOS MINERALES**

Xenoblásticos.. Idioblásticos.. Sub-Idioblásticos X

3.- **COMPOSICION MINERALOGICA**

Minerales principales ó esenciales en % aproximado .....  
*Cuarzo, Plagioclasas, Biotita y Anfiboles (90%)*

Minerales secundarios en % aproximado  
*Minerales opacos (pirita) 1%*

Minerales accesorios en % aproximado  
*Sericita y Limonitas 7%*

4.- **OTRAS CARACTERISTICAS**

*La roca se presenta bastante alterada presenta limonita relleno de sus fracturas y cubriendo la roca en forma de costras la sericita se presenta como alteración de las plagioclasas.*

5.- **NOMBRE DE LA ROCA ANFIBOLITA**

6.- **OBSEVACIONES** *La roca se encuentra bastante alterada y corresponde a la zona adyacente al sector de donde se produjo la avalancha.*



## ESTUDIO MICROSCOPICO DE SECCION DELGADA

**CODIGO DE MUESTRA:** CH-02

### DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Esta muestra presenta (Foto Nº 9.10) una textura granoblástica, con abundancia de cristales de anfíboles (ANFs), en los cuales prevalece una morfología anhedral a subhedral, a la vez de mostrar microlitos dispersos de opacos (OPs), algunos de los cuales se encuentran limonitizados. Es escasa la presencia de cuarzo (cz) y plagioclasas (PGLs).

### MINERALOGIA:

- PRIMARIOS PRINCIPALES : Cuarzo, Biotitas, Plagioclasas.
- PRIMARIOS ACCESORIOS : Anfíboles, Opacos.
- SECUNDARIOS : Sericitas, Cloritas, Opacos, Limonitas.

### OBSERVACIONES

- PLAGIOCLASAS : Cristales de morfología euhedral a subhedral, presentan zonamientos y alteraciones a sericitas.
- CUARSOS : Individuos anhedrales, algo escaso y presentando extinción ondulante.
- BIOTITAS : Cristales tabulares, bastante dispersos en la muestra.
- OPACOS : Cristales euhedrales, probablemente de pirita con coronas de limonitas (LIMs). También se encuentran como alteración de los Anfíboles (OPs secundarios).
- ANFIBOLES : Cristales mayormente idiomorfos a sub-idiomorfos en cortes tanto longitudinales como transversales y con maclas de Carlsbad y Baveno.
- CLORITAS Y SERICITAS : Como minerales de alteración de las plagioclasas.
- LIMONITAS : Se presenta como coronas alrededor de los minerales opacos, incluso alterando estos totalmente.

**ALTERACIONES:**

Los ANFs se encuentran alterados en algunos casos en cloritas y en otros casos en minerales opacos de origen secundario.

- Sericitas alteran casi totalmente a las plagioclasas, reconociéndose por la pseudomorfosis que adquieren las sericitas con respecto a las plagioclasas. Es probable la presencia de carbonatos como alteración de las plagioclasas.
- Se observa en los OPs primarios una corona de limonitas alrededor.

**ANALISIS MODAL:**

Min. Primarios:  
 Cuarzos           6%  
 Biotita            3%  
 PGLs               11%  
 Anfíboles        76%  
 OPs                4%

- Recalculado:  
 Cuarzos           30%  
 Biotita           15%  
 PGLs               55%

**CLASIFICACION - ANFIBOLITA**

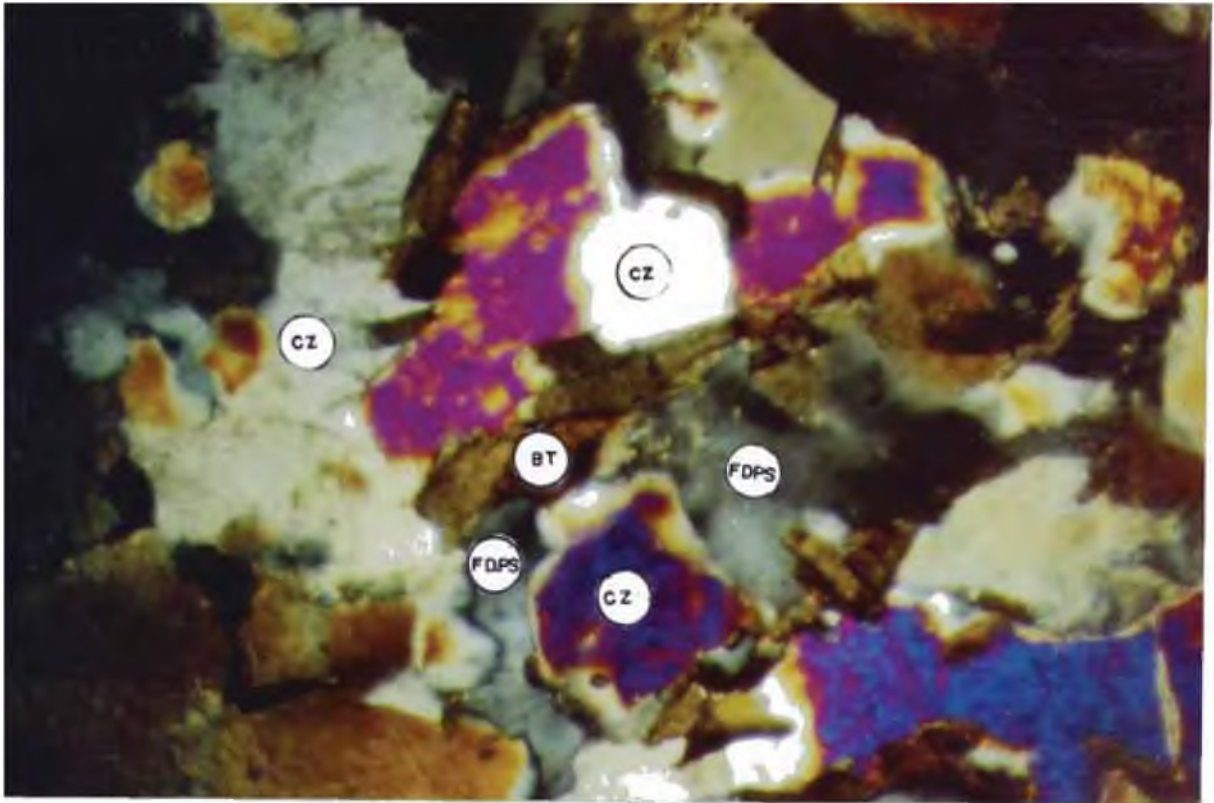


FOTO Nº 9.9: Fotografía Microscópica (Nc-X) en lámina delgada (x 20), roca del COMPLEJO HUAYTAPALLANA. Muestra Nº CH-01: GNEIS CUARZOSO. Lab. de P.R.I.M.-UNIGEOLOGIA.

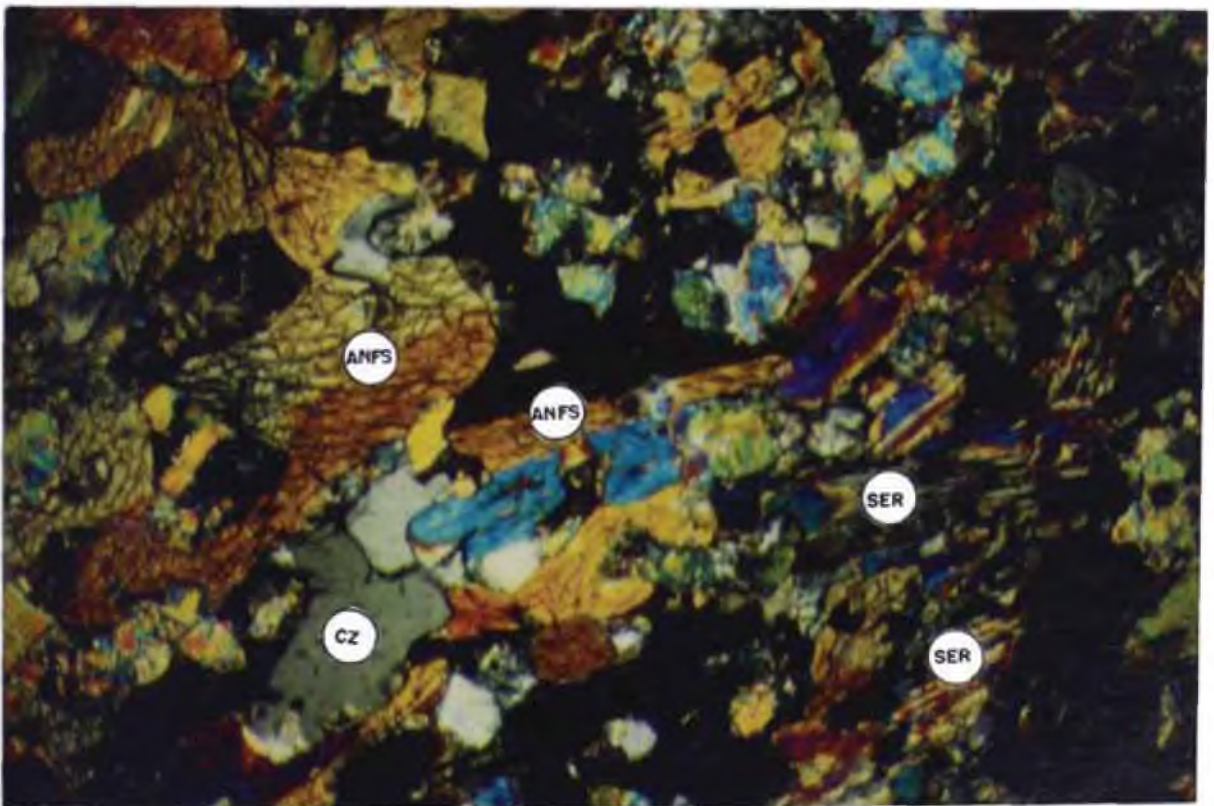


FOTO Nº 9.10: Fotografía Microscópica (Nc-X) en lámina delgada (X 10), roca del COMPLEJO HUAYTAPALLANA. Muestra Nº CH-02: ANFIBOLITA. Lab. de P.R.I.M.-UNIGEOLOGIA.

## 9.2. LAGUNA LAZUNTAY

### Ubicación

Coordenadas    11°53'55"    Latitud Sur  
                   75°03'59"    Latitud Oeste

Se encuentra ubicada en la base del flanco occidental del circo glaciar (DGA5), que conforman la cumbre del nevado Huaytapallana sur (5557) y Lazuntay (5530).

### Forma y Dimensiones

Del plano batimétrico se determina:

- Tiene la forma ovalada cuyo eje longitudinal tiene un rumbo S 35°W, y una longitud promedio de 890 m.

Volumen                                : 3'898,000.00 m<sup>3</sup>

Area                                     :    260,120.00 m<sup>2</sup>

Profundidad máxima                :            36.00 m.

Batimetría del año 1977

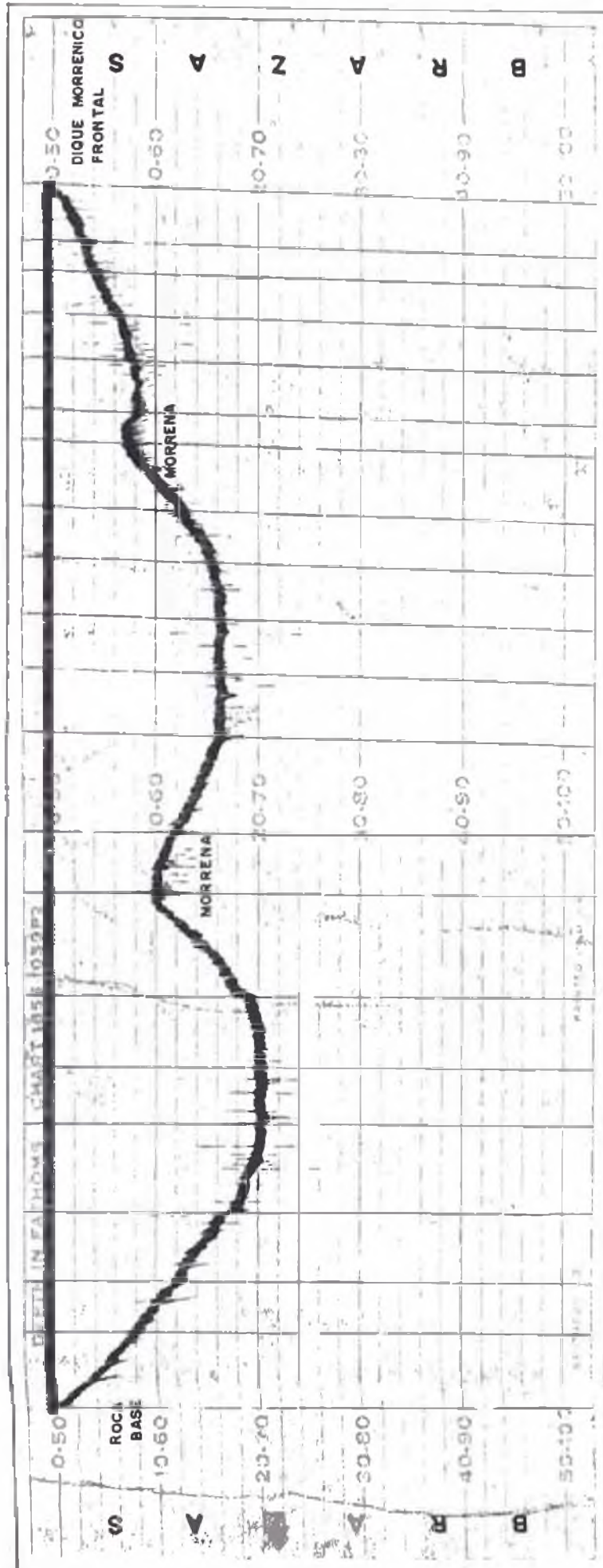
#### 9.2.1. Batimetría e interpretación (Plano N° LLZ-01)

El levantamiento batimétrico fue realizado por la Unidad de Glaciología y Seguridad de lagunas, utilizando la ecosonda Reytheon, cuyo perfil longitudinal se muestra en el registro batimétrico de la **Figura N° 9.4** llegando a las siguientes determinaciones:

- El relieve interior de la laguna es irregular y de naturaleza morrénica, presenta tres cubetas separadas por dos morrenas de fondo (ver plano batimétrico y el perfil batimétrico Fig. 9.4), la cubeta más profunda tiene 36m. y está ubicada en la base de la lengua glaciar, la cubeta central presenta una profundida de 29 m. y la

# LAGUNA LAZUNTAY

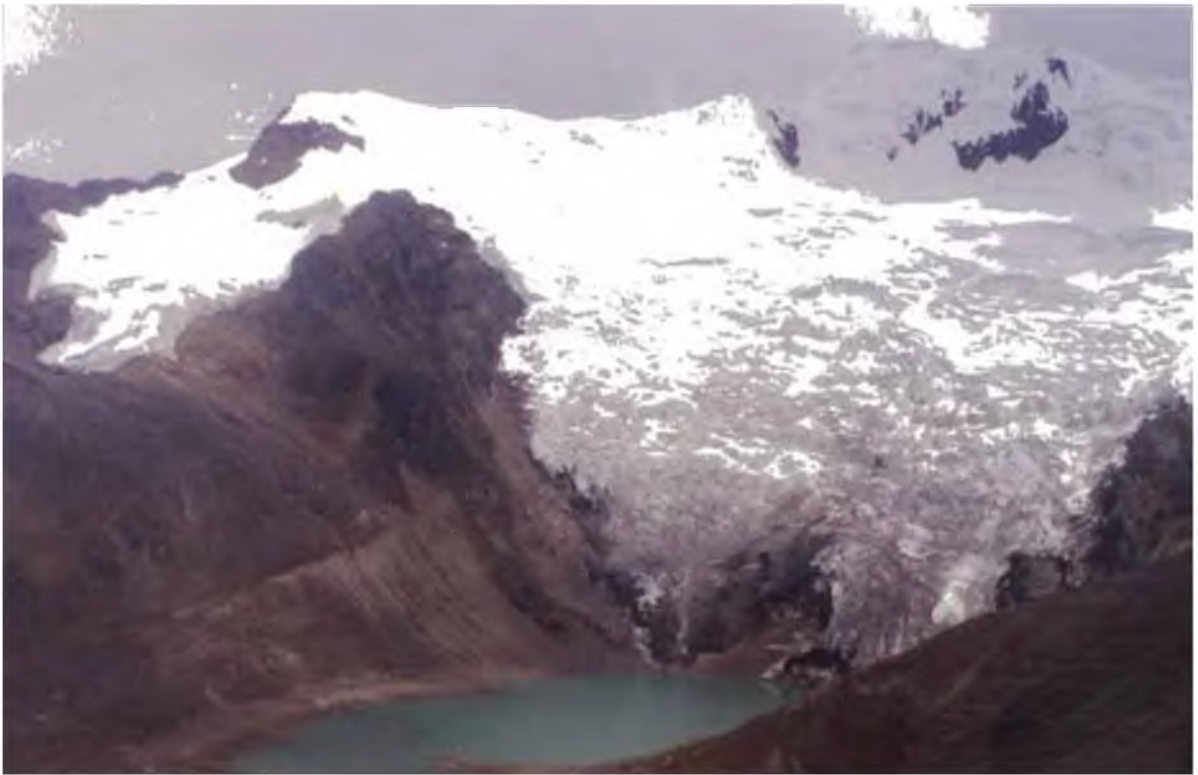
## PERFIL BATIMETRICO LONGITUDINAL



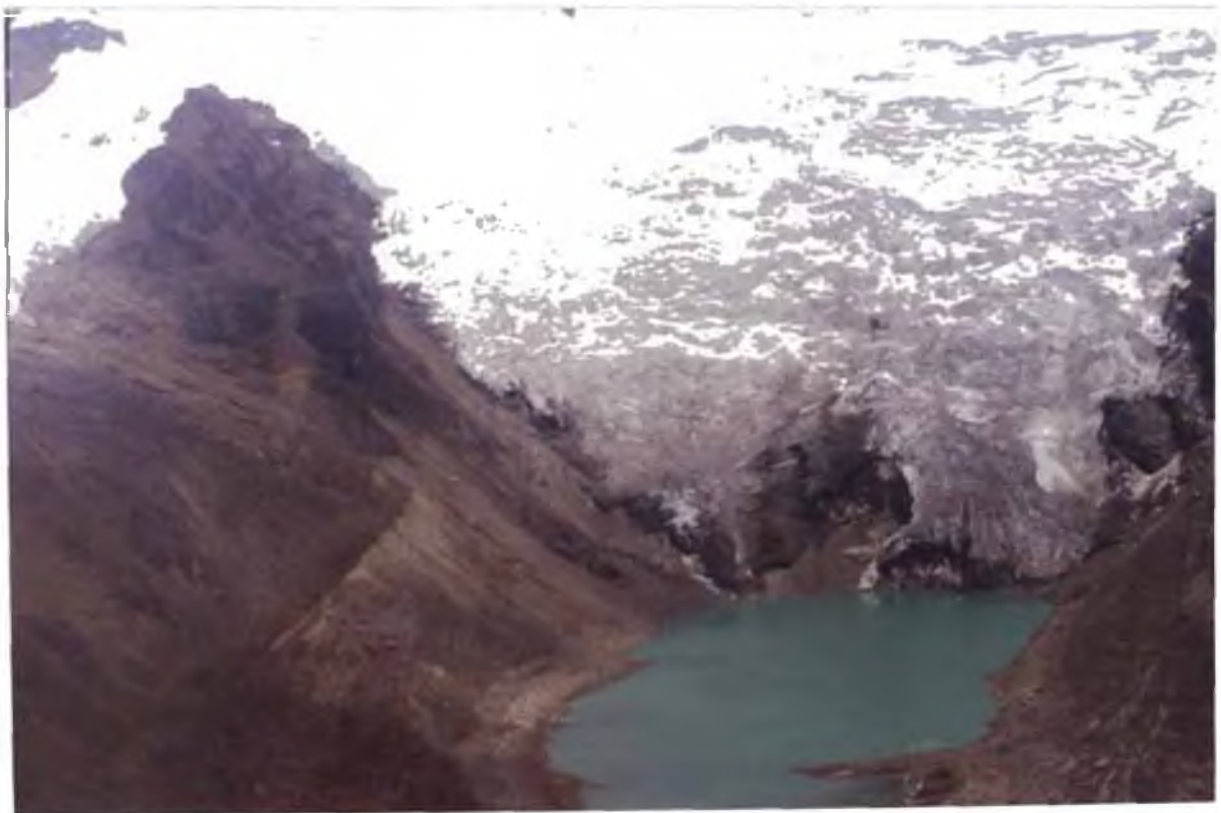
1 BRAZA = 1,83 METROS

FUENTE: UNIDAD DE GLACIOLOGIA E HIDROLOGIA

Fig - 9.4



*FOTO Nº 9.11: Vista aérea de la cumbre del nevado Huayta-pallana Sur (5557 m.s.n.m.) donde se observa la zona de acumulación del glaciar (DGA5) cuya lengua glaciar y la zona de ablación son potencialmente inestable para la laguna Lazuntay. En el sector superior izquierdo se aprecia el glaciar (DGA4) cuyas aguas de fusión drenan hacia la laguna (ENE-91)*



*FOTO Nº 9.12: Vista aérea de la laguna Lazuntay y la lengua del glaciar (DGA5) con un intenso agrietamiento, la zona de ablación es potencialmente inestable que podría dar lugar a avalanchas hacia la laguna Lazuntay. También se aprecia el glaciar (DGA4). (ENE-91)*

cupeta más externa tiene una profundidad de 13m. limitado por el dique morrénico frontal. Toda ésta morfología ha sido determinado principalmente por el acelerado retroceso del frente glaciar, ver plano N° LLZ-03. donde se muestra las fluctuaciones del frente glaciar.

El plano batimétrico dá como resultado un volumen de agua almacenado en la laguna de 3'898,000 m<sup>3</sup> ver cuadro Batimétrico Nº 9.3 y Figura Nº 9.5.

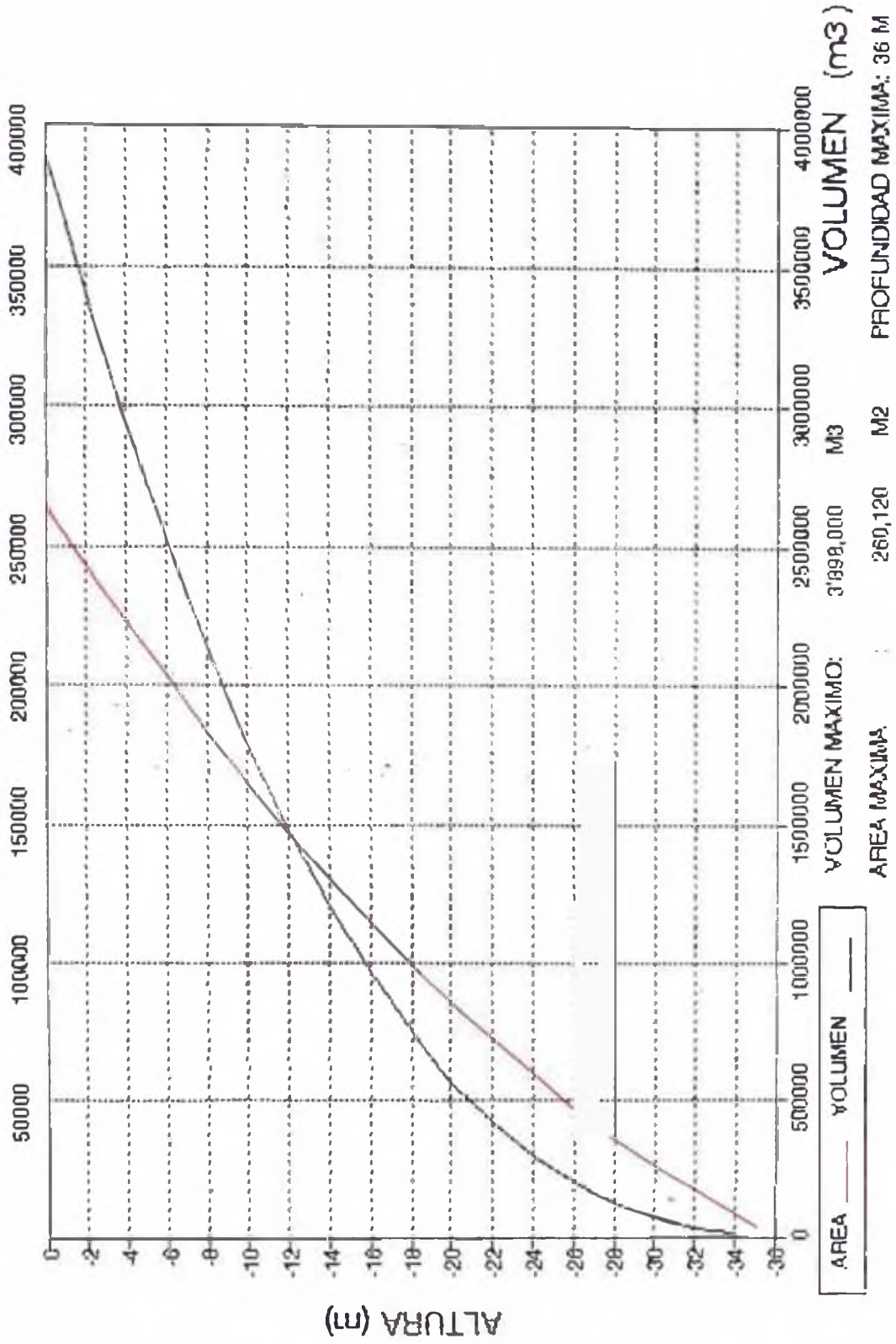
**CUADRO 9.3**  
**Cuadro Batimétrico**  
**LAGUNA LAZUNTAY**

Curva (m)	Area (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN	
		PARCIAL	TOTAL
0	260,120	498,000	3'898,000
2	238,360	456,500	3'400,000
4	219,000	421,000	2'943,500
6	202,000	386,500	2'522,000
8	184,800	349,500	2'136,000
10	164,240	308,500	1'786,500
12	144,880	272,500	1'478,000
14	128,520	240,500	1'205,500
16	113,280	211,500	965,000
18	98,040	179,000	753,500
20	81,120	150,000	574,500
22	69,000	125,000	424,500
24	56,160	97,500	299,500
26	42,840	71,500	202,000
28	29,960	53,500	130,500
30	24,120	40,000	77,000
32	16,400	26,000	37,000
34	9,200	11,000	11,000
36	1,640	---	---

VOLUMEN ALMACENADO: 3'898,000 M<sup>3</sup>

# LAGUNA LAZUNTAY

## CURVAS DE VOLUMEN Y SUPERFICIE







*FOTO Nº 9.13: Vista aérea del vaso de la laguna Lazuntay, y la lengua colgante del glaciar (DGA5), la morrena frontal se presenta saturada por las aguas de fusión, actualmente no existen obras de ingeniería par la regulación de sus aguas. (ENE-91)*



*FOTO Nº 9.14: Vista aérea del vaso de la laguna Lazuntay mostrando las morrenas laterales y frontales, al fondo la lengua colgante del glaciar (DGA5), se observa el desagüe actual de la laguna y el material aluviónico generado por el desborde del año 1969 debido a un movimiento sísmico.*

### 9.2.2. Geología del vaso de la laguna

(Plano Nº LLZ-02)

#### Morrenas laterales

El vaso de la laguna (Foto Nº 9.11 y 9.12) está formado por sus morrenas laterales y su dique morrénico frontal que se emplaza en forma semicircular. El talud interno de las morrenas laterales son potencialmente inestables ya que presentan pendientes de  $40^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ , en las base de las morrenas se encuentra material de depósitos lagunares tales como arena, limo y arcillas. En toda la morrena se señalan gravas y bloques de rocas gneisíticas y esquistosas provenientes de la roca base del glaciar.

#### 9.2.2.1. Dique Morrénico

El eje del arco morrénico frontal tiene una longitud de 400 m. en la base y en la coronación 300 m., y una altura máxima de 5 a 6 m. con respecto al nivel del espejo de agua de la laguna.

También debemos señalar que la diferencia de nivel respecto a la base de la quebrada es de 130 m.

Litológicamente la morrena frontal está conformada por depósitos de arcillas, limos, arenas con bloques y gravas de rocas gneisíticas y esquistosas, en el sector derecho de la laguna se observan material de bloques y gravas ya que por este lugar se tenía el primer desague de la laguna, y en el sector

derecho se tiene material aluviónico con presencia de bloques de gran dimensión producto del desborde producido el año 1969 como consecuencia de un movimiento sísmico. **Foto N° 9.13 y 9.14**

A continuación se presenta perfiles preliminares y clasificación de campo de los suelos de la morrena frontal teniendo en consideración lugares donde se deberían emplazar obras hidráulicas los cuales requieren de estudios Geotécnicos de mecánica de suelos en mayor detalle.

**DIQUE MORRENICO FRONTAL  
LAGUNA LAZUNTAY**

**PERFIL N°** DLZ-01  
**UBICACION** SECTOR SURESTE DEL DIQUE  
**COTA APROXIMADA** - 4770 msnm.



**Capa superficial vegetal**  
 Arena, gravas y raíces de plantas.  
 Contiene pocos elementos gruesos con micas por el SUCS de campo es GC.

**Escombros de pendiente**  
 Grava arcillosa arenosa de color marrón claro, de regular plasticidad, las gravas de gneis, esquistos y cuarcitas tienen formas subangulosas, con diámetros predominantes entre 2cm - 10cm, siendo el tamaño máximo de 20 cm.

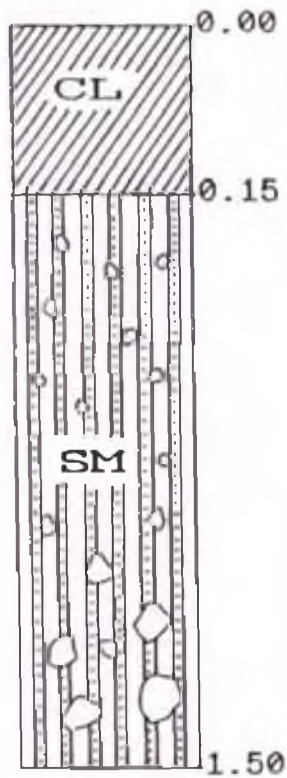
Se presenta húmeda.

Según SUCS de campo se le asocia al grupo SW

# DIQUE MORRENICO FRONTAL

## LAGUNA LAZUNTAY

PERFIL N° : DLZ-02  
UBICACION : SECTOR NOROESTE DEL DIQUE  
COTA APROXIMADA : 4590 msnm.



### Capa superficial vegetal

Limo, con grava de forma subangulosa en bajo porcentaje y con raíces de plantas. Presencia de micas por el SUCS de campo corresponde a CL .

### Depósitos Morrénicos

Limo arenoso con pequeña proporción de arcillas de color gris oscuro de baja plasticidad encontrándose húmeda.

Con 15% de gravas de forma subangulosa de tamaños entre 2-10cm, y 6% con diámetros mayores de 10cm, siendo el tamaño máximo 40 cm.

Según clasificación SUCS de campo , se le asocia al grupo SM.

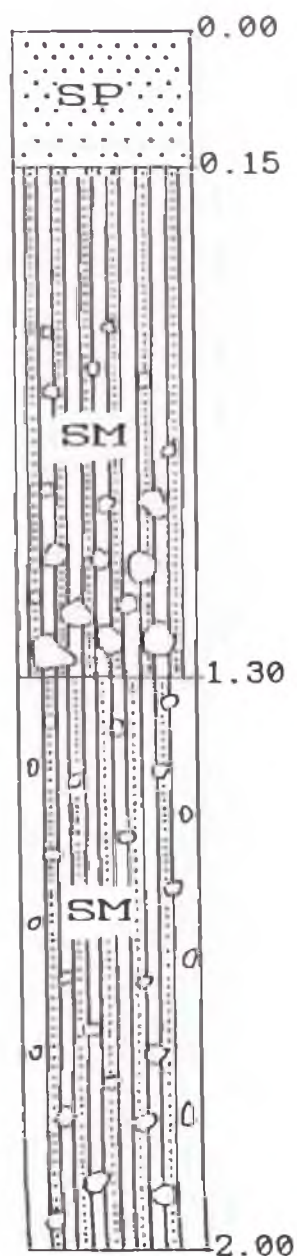
## DIQUE MORRENICO FRONTAL

### LAGUNA LAZUNTAY

PERFIL N° DLZ-03

UBICACION SECTOR DE LA PRESA DESTRUIDA

COTA APROXIMADA - 4590 msnm.



#### Capa superficial vegetal

Arena fina, limosa con gravas subangulosa y raíces de planta por el SUCS de campo de asocia a SP.

#### Depósitos Morrénicos

Arena muy fina, limosa de consistencia media de color marrón claro, se encuentra húmeda, con 20% de gravas de forma subangulosa, de tamaños entre 2-10cm. y mayores de 10 cm. aparecen un 10% siendo su tamaño máximo 35 cm. Estos elementos son de naturaleza gneisíticos y esquistosos. En la arena limosa se encuentra fragmentos de micas (biotita) y plagioclasas en un 10%. Según SUCS de campo se le asocia al grupo SM.

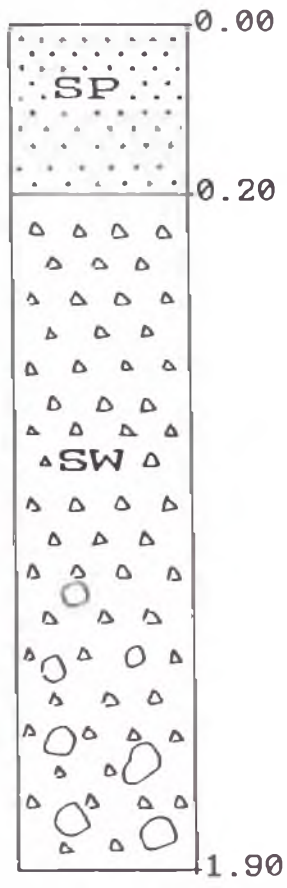
#### Depósitos Morrénicos

Arena fina media limosa que incluye pequeños lentes de limo de color marrón, con presencia de fragmentos 1-2cm. de biotita y plagioclasas en un 20%. Con 10% de gravas entre 2-10cm. Hacia la base se pudo observar menor proporción de estos elementos. Se presenta húmeda y de consistencia media dura.

Según SUCS de campo se le asocia al grupo SM.

**DIQUE MORRENICO FRONTAL  
LAGUNA LAZUNTAY**

PERFIL N°                      DLZ-04  
 UBICACION                    SECTOR MEDIO DE LA MORRENA  
 COTA APROXIMADA -    4590 msnm.



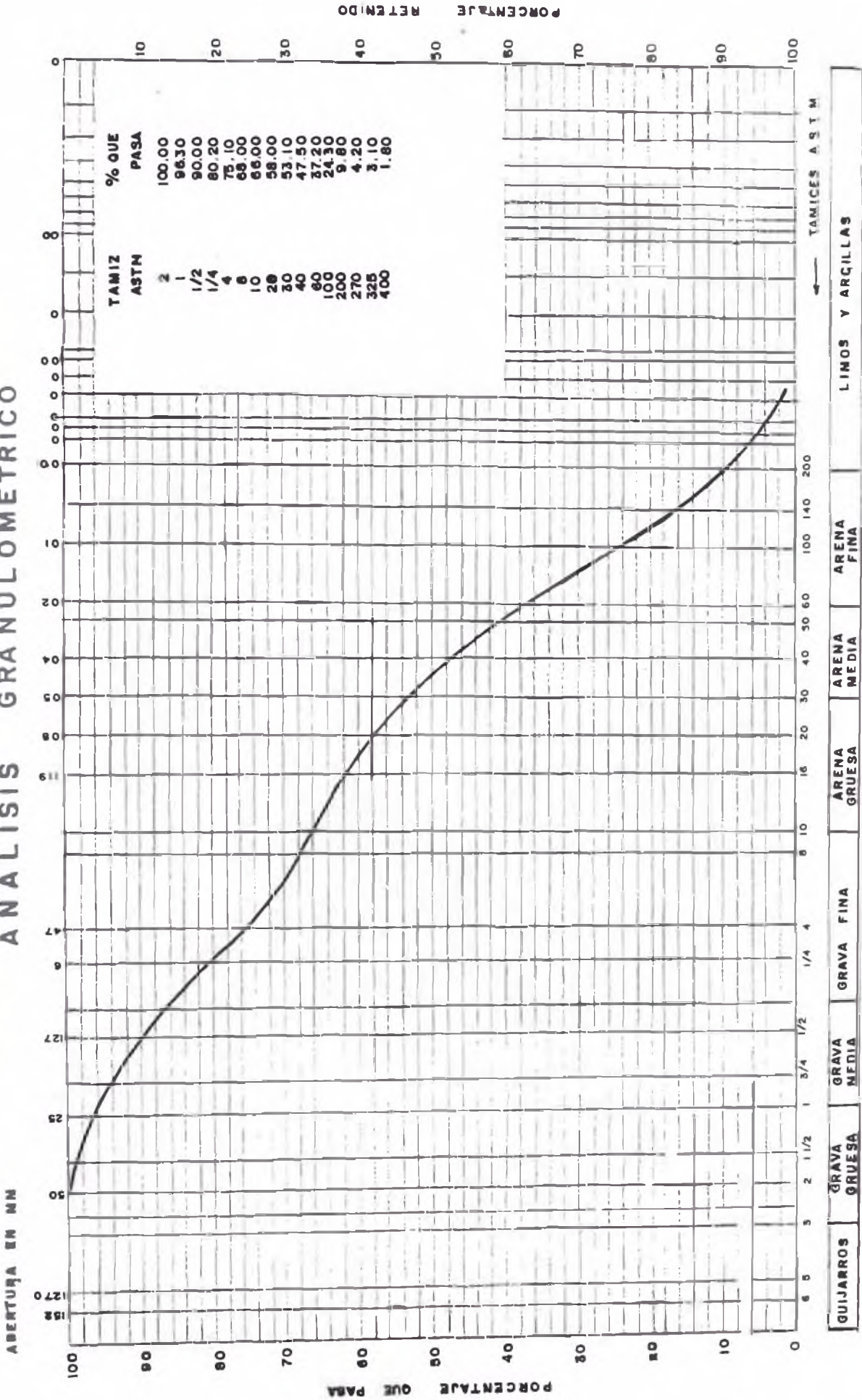
**Capa superficial vegetal**  
 Arena con granos de biotitas y plagioclasas escaso porcentaje de gravas, con raíces de plantas según SUCS de campo corresponde a SP.

**Depósitos Morrénicos**  
 Arena media a fina limosa, de color amarillento con 20% de gravas de forma subangulosa de tamaños entre 2cm-10cm y 10% de bloques de rocas gneisíticas y esquistosas mayores de 15cm con un tamaño máximo de 40 cm.

Se presenta húmeda y de consistencia baja

Según SUCS de campo se le asocia al grupo SW

LABORATORIO DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA APLICADA  
ANALISIS GRANULOMETRICO



MORRENA LAG. LAZUNTAY  
MUESTRA: DLZ-01

Fig - 9.6



#### 9.2.2.2. Roca Base

La lengua glaciar correspondiente al glaciar DGA5 adyacente a la laguna Lazuntay tiene como roca base las rocas metamórficas del complejo Huaytapallana, mediante el análisis macroscópico y microscópico de secciones delgadas (ver descripciones Foto Nº 9.15 y 9.16) se llegó a determinar que la roca base son Esquistos de Cuarzo-micas. Las muestras presentan una alteración superficial producto de la acción glaciar.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA  
AREA ACADEMICA DE GEOLOGIA - GABINETE DE PETROLOGIA

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA Nº LZ-01

**Ubicación:** La muestra de roca forma parte del sector sureste (SE) de la roca base de la lengua glaciario adyacente a la laguna Lazuntay.

1.- **COLOR DE LA ROCA**    gris claro con bandas blancas y oscuras

2.- **TEXTURAS**

Foleada ..... No foleada ..... Esquistosa ....X...  
Gneisica ..... Pizarreña ..... Cristaloblástica  
Granoblástica .X. Hornféisica ..... Cataclástica  
Otros .....

2.1.- **TIPO DE ROCA**

Foleada .....X..... No Foleadas .....

2.2.- **TAMANO DE GRANO O MINERAL**

Grueso ..... Medio ..X.. Fino ..... Muy fino .....

2.3.- **FORMA DE LOS MINERALES**

Xenoblásticos.. Idioblásticos.. Sub-Idioblásticos X

3.- **COMPOSICION MINERALOGICA**

Minerales principales ó esenciales en % aproximado .....  
*Cuarzo, Biotita, Plagioclasas y Feldespatos potásicos (90%)*

Minerales secundarios en % aproximado  
*Epidota 2%*

Minerales accesorios en % aproximado .....  
*Sericita como mineral de alteración 3%*

4.- **OTRAS CARACTERISTICAS**

*La muestra presenta bandeamientos bruscos de sus componentes principalmente, presentando bandas de biotitas y de cuarzo-feldespatos de grano más grueso.*

5.- **NOMBRE DE LA ROCA** *ESQUISTO CUARZO-MICACEO*

6.- **OBSEVACIONES** *La muestra presenta oxidación, la sericita es producto de la alteración de las plagioclasas.*

## ESTUDIO MICROSCOPICO DE SECCION DELGADA

CODIGO DE MUESTRA: LZ-01

### DESCRIPCION MICROSCOPICA:

La muestra presenta (Foto N<sup>o</sup> 9.15) mayormente cristales equigra-nulares de cuarzo y en menor proporción de feldespatos, ambos xenomórficos y mostrando una textura granoblástica. Se ha observado además, una esquistosidad controlada por micas (esencialmente biotitas), definiéndose como un textura esquistosa lepidoblástica, plagioclasas, se encuentran con una alteración incipiente a sericitas.

### MINERALOGIA:

- PRIMARIOS PRINCIPALES : Cuarzo, Biotitas, Plagioclasas.
- PRIMARIOS ACCESORIOS : Feldespatos Potásicos, Apatito, Epidota.

### OBSERVACIONES

- CUARZOS : Cristales anhedrales, algunos individuos presentan bordes corridos.
- BIOTITAS : De formas tabulares, presentando orientaciones predominante.
- PLAGIOCLASAS : Cristales anhedrales, con presencia de maclas de periclina y albita. Algunos cristales aparecen zonados.
- FELDESPATOS POTASICOS : Escasos cristales con morfología anhedral, no presentando maclas.
- APATITOS : Como pequeñas inclusiones en cuarzos y plagioclasas.
- RUTILOS : Escasos cristales anhedrales dispersos como inclusiones.
- SERICITAS : Presentándose como una alteración de las plagioclasas tanto en el interior como en los bordes.
- EPIDOTAS : Pequeñas inclusiones, dispersos en los feldespatos.

### ALTERACIONES:

- Sericitas alteran a la plagioclasas en forma incipiente.

**ANALISIS MODAL:**

Min. Primarios:  
Cuarzos 72%  
PGLs 7%  
Biotita 20%  
FDKs 1%

- Recalculado:  
Cuarzos 73%  
PGLs 7%  
Biotita 20%

**LASIFICACION : ESQUISITO DE CUARZO - MICAS**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA  
AREA ACADEMICA DE GEOLOGIA - GABINETE DE PETROLOGIA

DESCRIPCION MACROSCOPICA

MUESTRA Nº LZ-02

**ubicación:** La muestra de roca se ubica en el sector noroeste (NW) de la lengua glaciar correspondiente a la laguna Lazuntay.

1.- **COLOR DE LA ROCA** : Gris oscuro con bandas blancas y gris claras.

2.- **TEXTURAS**

Foleada .....	No foleada .....	Esquistosa ....X...
Gneisica .....	Pizarreña .....	Cristaloblástica
Granoblástica .X.	Hornfélsica .....	Cataclástica
Otros .....		

2.1.- **TIPO DE ROCA**

Foleada .....X..... No Foleadas .....

2.2.- **TAMAÑO DE GRANO O MINERAL**

Grueso ..... Medio ..X.. Fino ..... Muy fino .....

2.3.- **FORMA DE LOS MINERALES**

Xenoblásticos.. Idioblásticos.. Sub-Idioblásticos X

3.- **COMPOSICION MINERALOGICA**

Minerales principales ó esenciales en % aproximado .....  
*Cuarzo, Biotita, Plagioclasas y Feldespatos potásicos (95%)*

Minerales secundarios en % aproximado .....  
*Epidota 2%*

Minerales accesorios en % aproximado .....  
*Sericita como mineral de alteración 2%*

4.- **OTRAS CARACTERISTICAS**

*La biotita presenta un bandeamiento tabular con finas inclusiones de plagioclasas, las bandas de cuarzo-feldespáticas son mayores.*

5.- **NOMBRE DE LA ROCA** *ESQUISTO CUARZO-MICACEO*

6.- **OBSEVACIONES** *La sericita se presenta como mineral de alteración de las plagioclasas, la oxidación es predominante.*

## ESTUDIO MICROSCOPICO DE SECCION DELGADA

DIGO DE MUESTRA: LZ-02

### DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Es notoria la textura esquistosa lepidoblástica controlada por las micas (Foto Nº 9.16). Los cristales anhedrales de cuarzo y feldespatos muestran una textura granoblástica. Sus características son similares a las de la muestra LZ-01.

### MINERALOGIA:

- PRIMARIOS PRINCIPALES    Cuarzo, Biotitas, Plagioclasas.
- PRIMARIOS ACCESORIOS    : Feldespatos Potásicos, Apatito, ¿Epídota?.
- SECUNDARIOS                : Sericitas, Cloritas.

### OBSERVACIONES

- CUARZOS                    : Cristales anhedrales.
- BIOTITAS                    : Micas con disposición lineal, lo cual es signo de orientación predominante.
- PLAGIOCLASAS              : Cristales anhedrales, con maclas de albita y periclina.
- FELDESPATOS                : Cristales anhedrales, escasos
- POTASICOS
- APATITOS                    : Como pequeñas inclusiones, dispersos en  
Y EPIDOTAS                    feldespatos.
- CLORITAS                    : Como minerales de alteración de las  
Y SERICITAS                    plagioclasas.

### ALTERACIONES:

- Sericitas y cloritas alterando a la plagioclasas en forma incipiente.

### ANALISIS MODAL:

- Min. Primarios:	- Recalculado:
Cuarzos            72%	Cuarzos            73%
Biotita            21%	Biotita            21%
PGLs              6%	PGLs              6%
FDKs              1%	

**CLASIFICACION : ESQUITO DE CUARZO - MICAS**

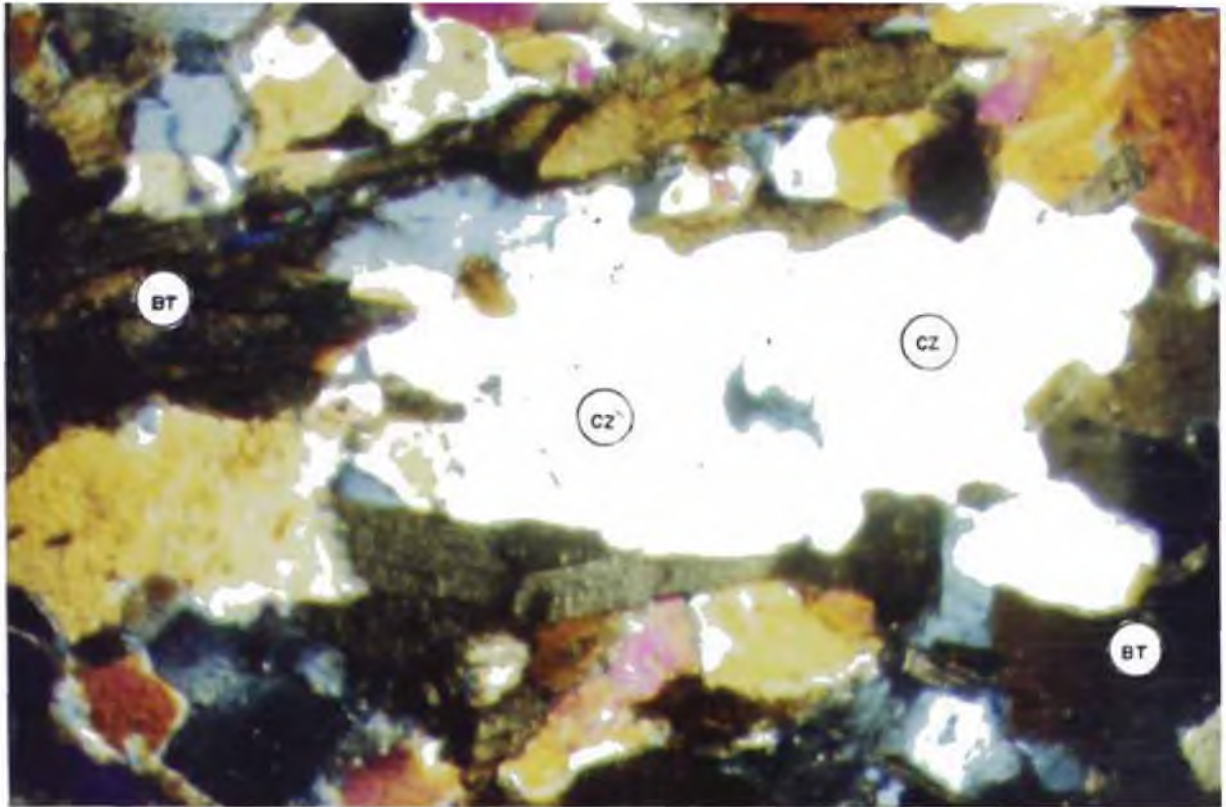


FOTO Nº 9.15: Fotografía Microscópica (Nc-X) en lámina delgada (x 20), roca del COMPLEJO HUAYTAPALLANA. Muestra Nº LZ-01: ESQUISTO de CUARZO - MICAS. Lab. de P.R.I.M.-UNI-GEOLOGIA.

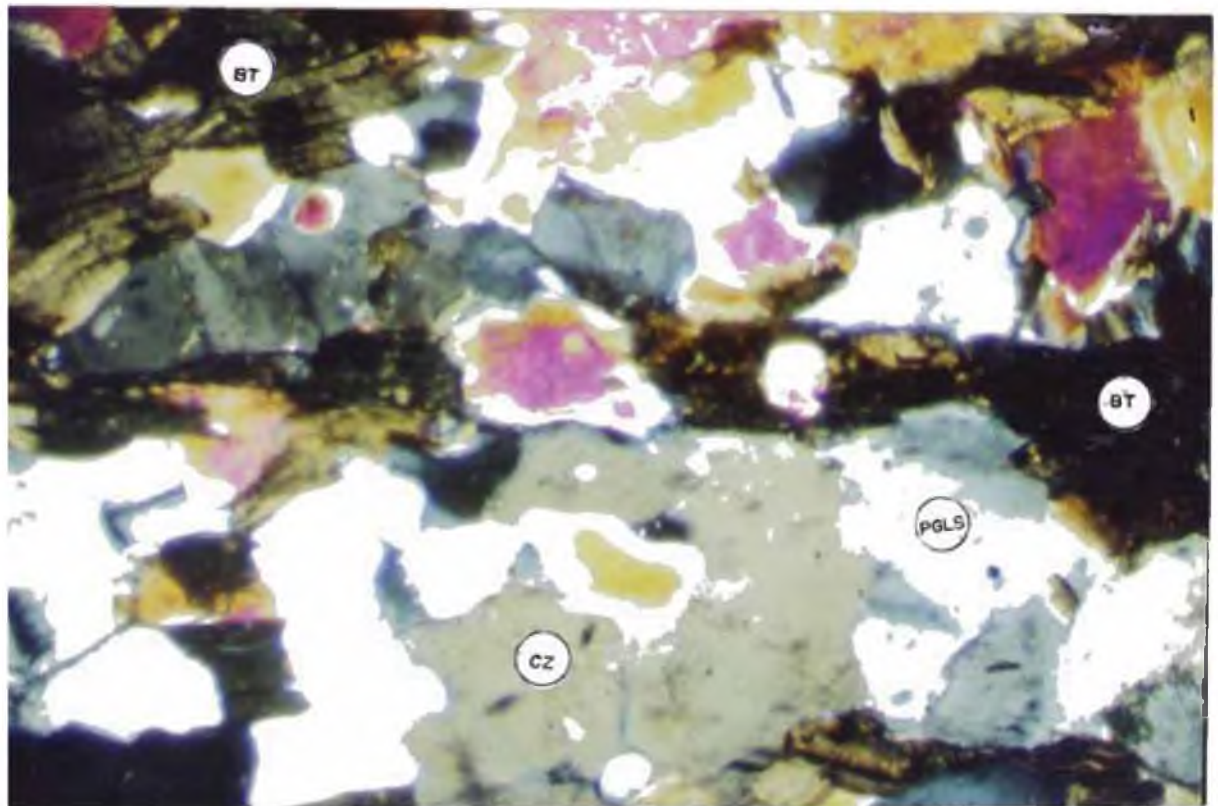


FOTO Nº 9.16: Fotografía Microscópica (Nc-X) en lámina delgada (x 20), roca del COMPLEJO HUAYTAPALLANA. Muestra Nº LZ-02: ESQUISTO de CUARZO MICACEO. Lab. de P.R.I.M.-UNI-GEOLOGIA.

### 9.2.3. Avalancha de hielo o de roca hielo

Las caídas de hielo podrían tener su origen en la parte superior y/o frente terminal:

- A) Las avalanchas que provienen de las partes superiores de un glaciar (Fig. Nº 9.7), donde están localizadas masas de hielo colgantes ligeramente inestabilizados; se movilizan pendiente abajo incrementando su carga en los glaciares inferiores, como ocurrió la catástrofe del nevado Huaytapallana norte (28-dic-90); y como existen lagunas al pie de los glaciares y con diques naturales y morrénicos es probable que se genere un desborde. Se puede asumir que las avalanchas provenientes de las partes superiores asociados con fuerte pendiente son las más peligrosas potencialmente.
- B) Las avalanchas que se originan en los frentes glaciares colgados, son de menor recorrido hacia la laguna, de manera que el incremento de carga va a ser menor.

Sin embargo, las ocurrencias de avalanchas de los frentes se producen con mayor frecuencia; si los volúmenes son mayores podría considerarse como peligroso de generar desbordes.

La figura Nº 9.8 ilustra un modelo idealizado de generación de avalanchas.

La eliminación de los glaciares peligrosos no es posible, pues el proceso de ablación acelerado no es controlable; asimismo, la predicción de avalanchas hasta el presente es bastante problemática e incierta, no habiéndose podido determinar con precisión medios que nos den los criterios que aseguren la época de producción de



# AVALANCHA DEL SECTOR SUPERIOR

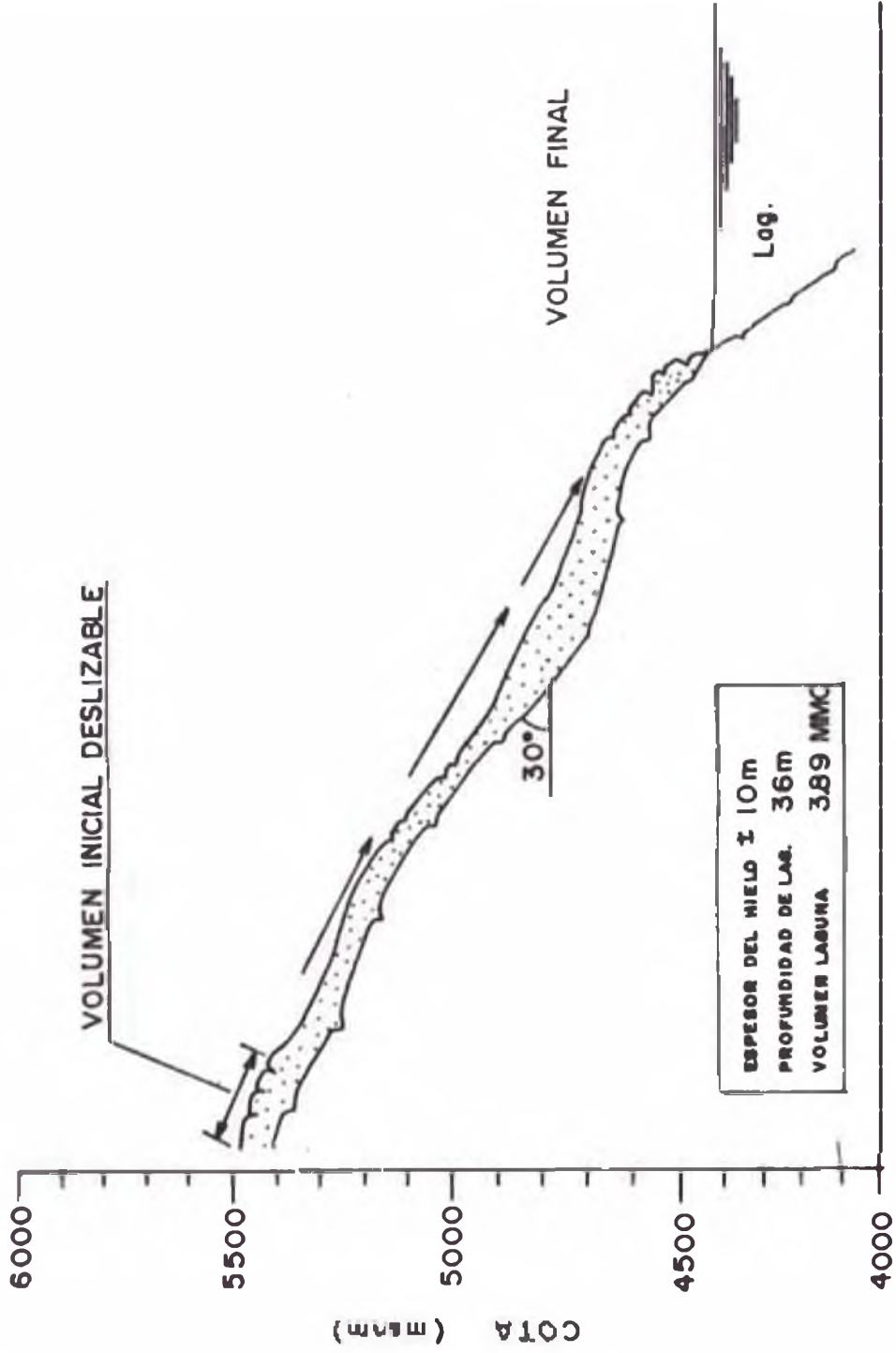


Fig - 9.7

# AVALANCHA DEL FRENTE GLACIAR

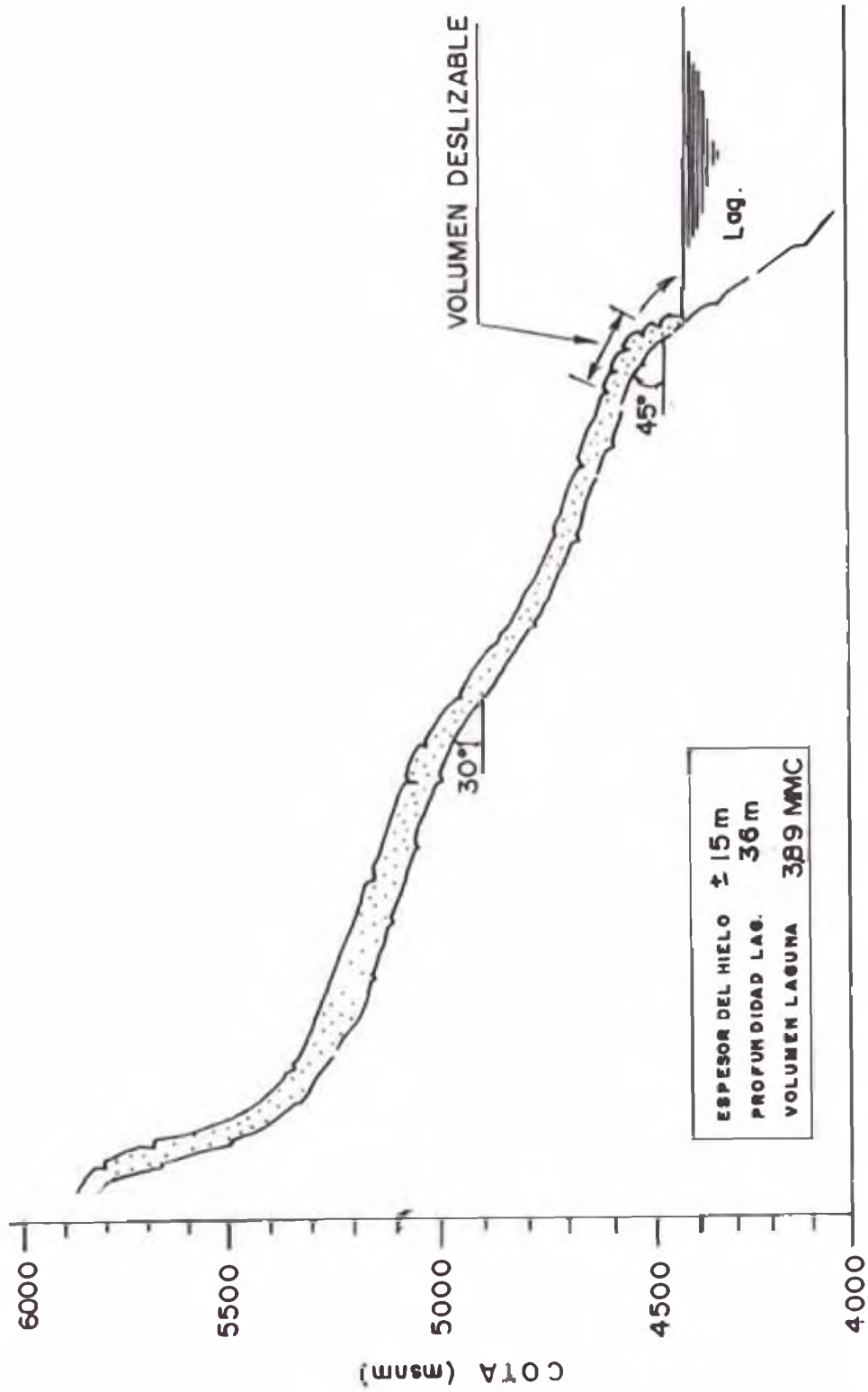


Fig - 9.8

estas catástrofes, pero si es posible determinar zonas de riesgo.

### **Grado de seguridad**

La laguna Lazuntay es considerada poco segura por el hecho de estar en contacto con la lengua glaciaria colgada DGA5 en un ancho de 300 m, con un intenso agrietamiento que representa un riesgo de generar avalanchas hacia la laguna Lazuntay, lo que generaría fuertes oleajes para luego comprometer el sector de la morrena frontal donde se presenta un borde libre de 6 m. de alto, insuficientes como para proteger de grandes oleajes.

Se debe tener presente que en el talud interno de los diques morrénicos laterales son visibles huellas de oleajes como efectos de avalanchas.

#### **9.2.3.1. Estimación de altura posible de olas por caídas de Avalanchas**

Definir exactamente el borde libre para evitar el rebose de las olas causadas por avalanchas o desborde de lagunas es muy difícil, pues existen muy pocas investigaciones y experiencias al respecto, siendo una de estas la realizada en la presa de enrocado de Tunsbergadalsvatn, en Noruega, de 40 m. de altura y 900 millones de m<sup>3</sup> de capacidad.

Basado en estas experiencias llegaron a la siguiente formulación para la velocidad de la avalancha:

$$V^2 = \epsilon h (\text{sen} \phi - \mu \text{sen} \phi)$$

$V$  = velocidad de la avalancha

$\epsilon$  = coeficiente de fricción entre la nieve y la roca  $600 \text{ m/seg}^2$  -  $1200 \text{ m/seg}^2$ .

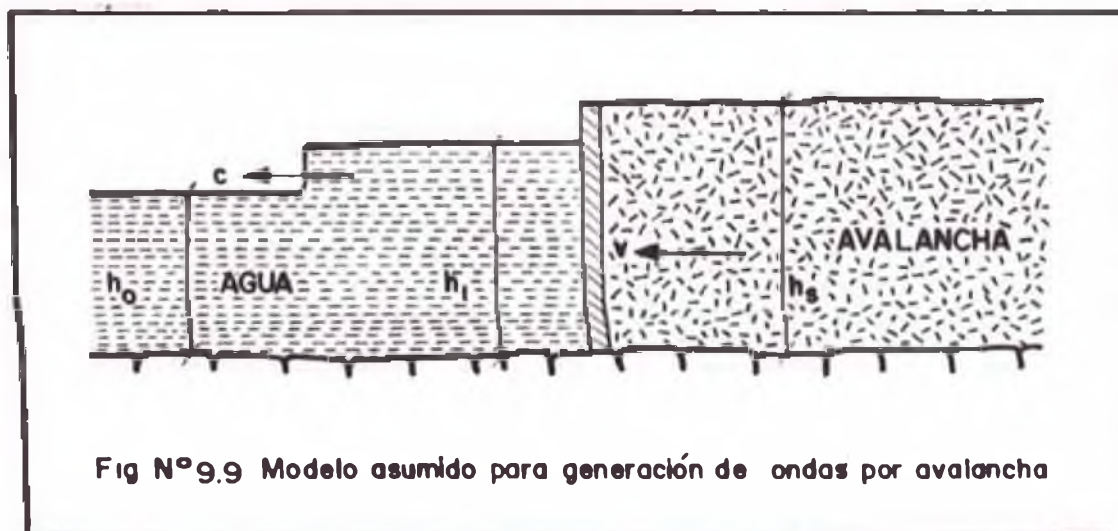
$h$  = profundidad de la avalancha (m).

$\phi$  = gradiente del terreno.

$\mu$  = fricción interna de la nieve (0.1-0.2)

Para el caso de la laguna Lazuntay con  $\phi=30^\circ$  y  $h=10\text{m.}$ , de acuerdo a la experiencia Noruega, la avalancha alcanzaría velocidades entre  $52 \text{ m/seg}$  y  $72 \text{ m/seg}$  al llegar al vaso de la laguna.

Como las experiencias efectuadas no fue posible representar el fenómeno en su aspecto tridimensional, asumieron un modelo bidimensional (ver figura 9.9) para el cual se tiene la siguiente formulación:



$$P_w \cdot c^2 \cdot (h_1 - h_0) = P_s \cdot V^2 \cdot h_s$$

$P_s$  = Densidad de la nieve.

$P_w$  = Densidad del agua.

$h_1 - h_0$  = Aumento de la elevación de agua debido a la onda.

$h_s$  = Altura de la avalancha.

$V$  = Velocidad de la avalancha.

$c$  = Velocidad de la onda.

Donde:

$$c^2 = g \cdot h_0 (0.50 h_1/h_0 (h_1/h_0 + 1))$$

Para la avalancha hipotética sobre la laguna Lazuntay se tiene los siguiente datos:

$P_s = 0.8 \text{ gr/cm}^3$  (ver figura 9.10)

$P_w = 1.0 \text{ gr/cm}^3$

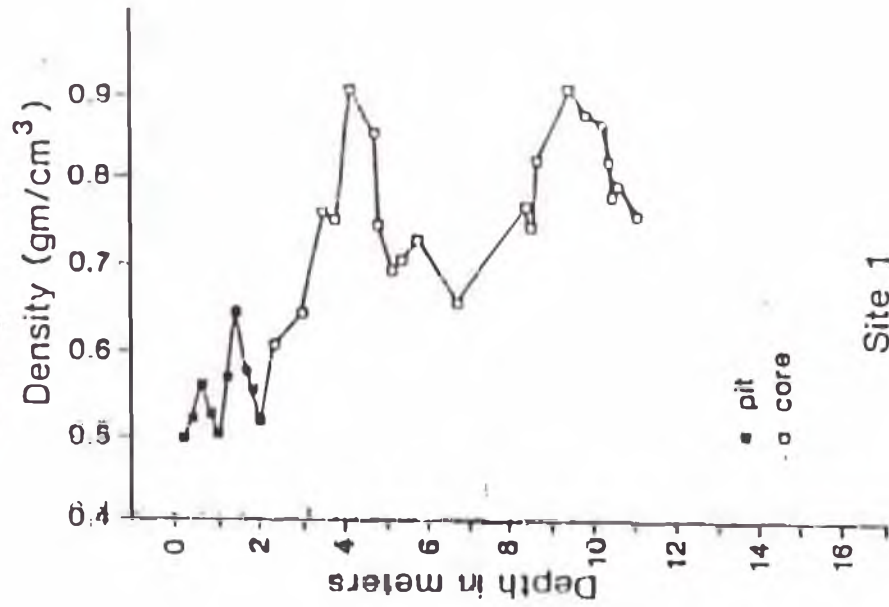
$h_0 = 36.0 \text{ m.}$

$h_s = 15.0 \text{ m.}$  (ver figura 9.11)

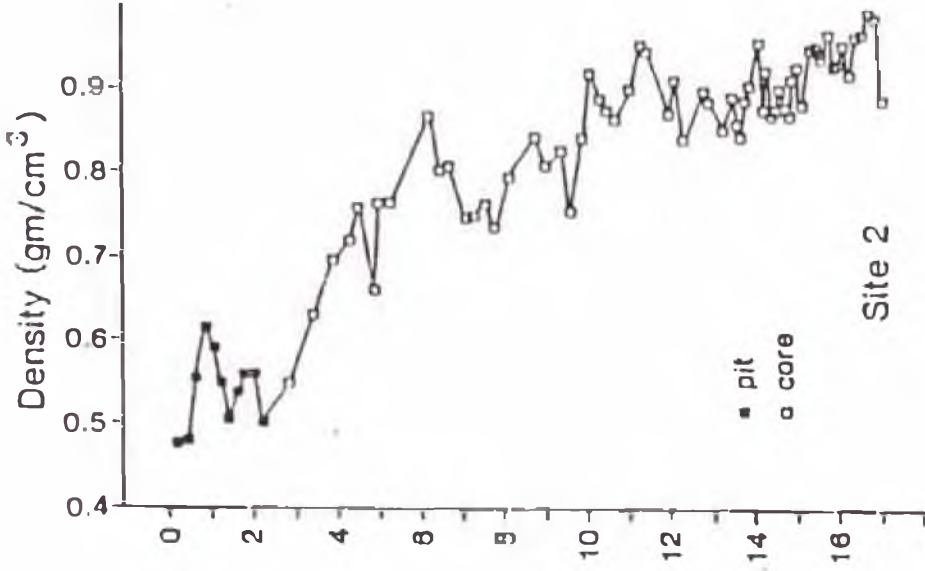
$V = 52 - 72 \text{ m/seg.}$

De este modo se calculó la altura de llegada al dique morrénico de la onda producida para las dos situaciones que se muestran en las ilustraciones, teniendo en cuenta que la profundidad de la laguna es la parte inicial del contacto, así como la profundidad en la parte media una vez producida la onda, actúan de manera favorable en el sentido que llegan a reducir la altura de la onda en un 60%, aproximadamente.

Caullaraju, Peru 1990



Copap, Peru 1990



Pucahirca, Peru 1990

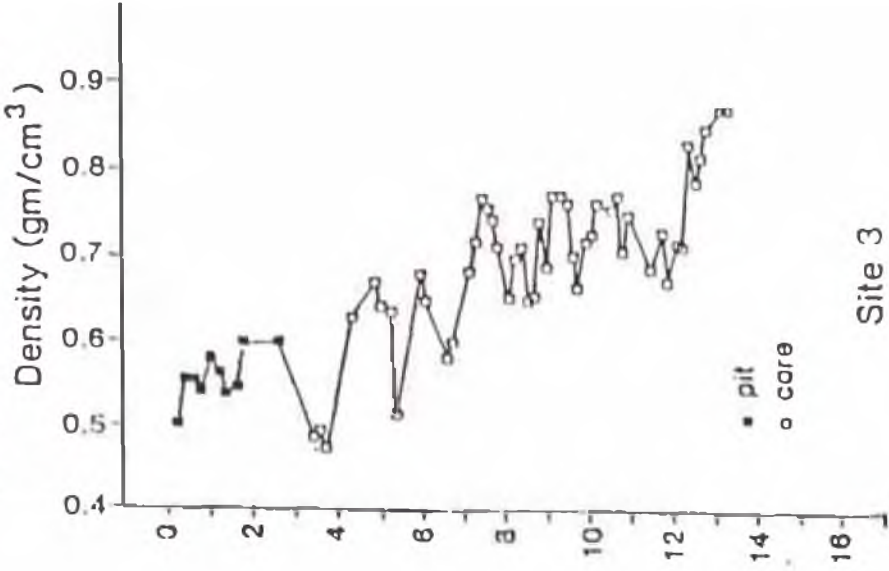
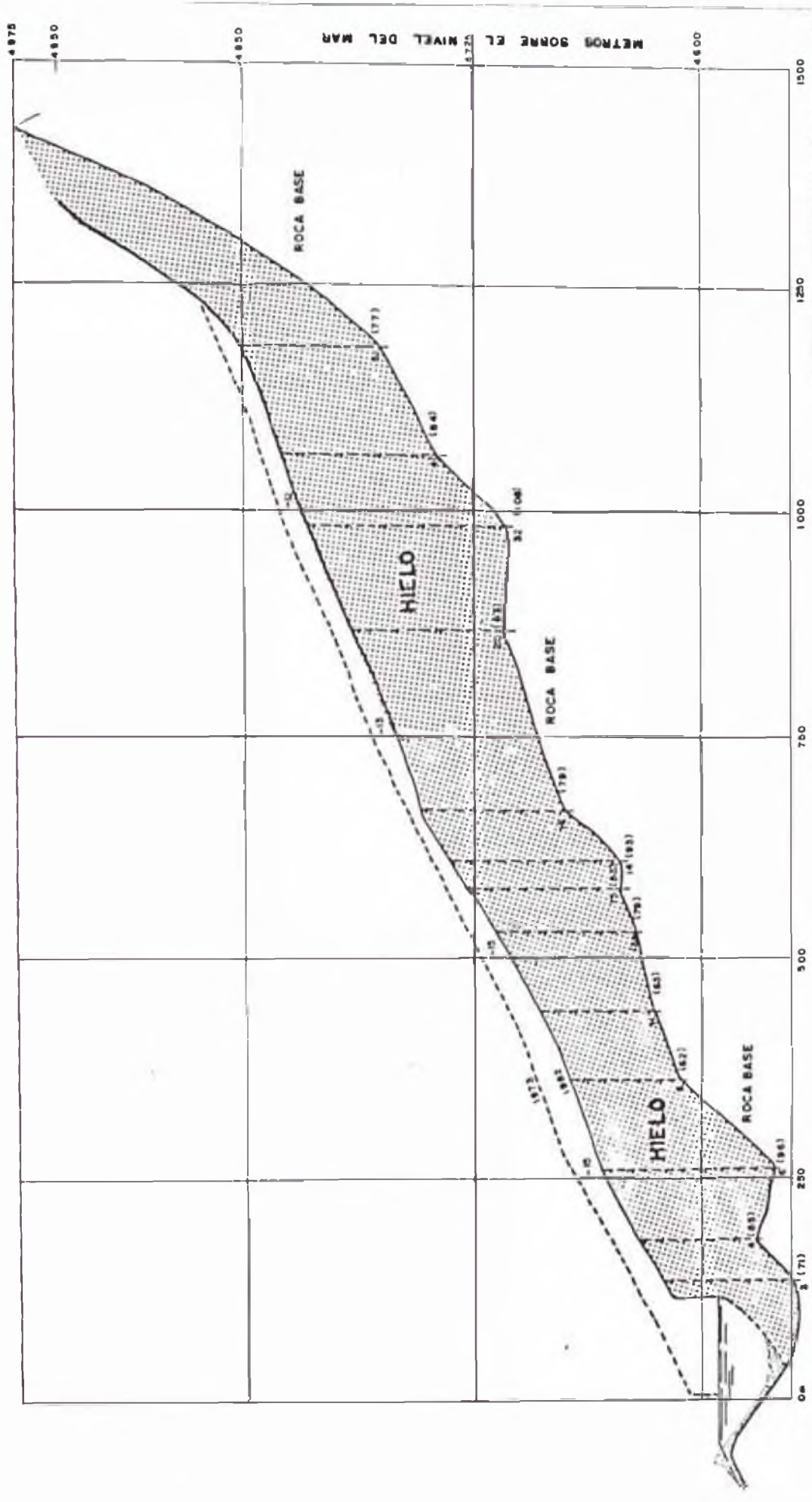


FIGURA 9.10. VARIACION DE LAS DENSIDADES DE NIEVE DETERMINADAS EN LOS GLACIARES : CAULLARAJU, COPAP Y PUCAHIRCA 1990 CORDILLERA BLANCA - USA PERUVIAN EXPEDITION.

LONNIE G. THOMSON: BYRD POLAR RESEARCH CENTER, THE OHIO STATE UNIVERSITY.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 PERFIL LONGITUDINAL  
 GLACIAR YANAMAREY  
 FUENTE  
 GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS  
 H = 15000  
 ESCALA: V = 1:2500

Fig - 9.11

NOTA ENTRE PARENTESIS ESPESOR DEL HIELO EN METROS DETERMINADO CON LA SONDA  
 SONDAJES REALIZADOS CON SONDA DE RADAR MONO PULSO EL 21 DE JULIO DE 1982

Los resultados indican que las alturas de la onda que llegarían al dique oscilarían entre 13 y 16.5 m., lo que significa 6 a 10 m. sobre el dique morrénico.

### **Obras de Ingeniería existentes**

Inicialmente la laguna tenía un desague por rebose mediante un canal natural abierto ubicado en el flanco derecho cerca a la zona frontal, posteriormente en este sector se construyó un muro de concreto de 21 m. de longitud por 2 m. de altura clausurando el desague natural y construyéndose a la vez una presa con válvula de regulación en la parte frontal izquierda la cual tenía una longitud de 65 m., un ancho de coronación de 0.50 m. y un ancho en la base de 4.0 m. La cual permitía almacenar agua, para su aprovechamiento hídrico y hidroenergético.

El 10 de Octubre de 1969 se produce un movimiento sísmico, por reactivación de la falla Huaytapallana, que debilitó las estructuras de la presa para su posterior ruptura de 19 m. de la misma y el consiguiente desborde de  $\pm 500,000$  m<sup>3</sup> de agua que erosionaron y arrastraron violentamente gran cantidad de material morrénico.



Actualmente el desagüe es a través de un canal natural por el sector de la presa destruida.

### 9.3. LAGUNA RUNICOCHA

#### Ubicación

Coordenadas    11°53'08"    Latitud Sur  
                  75°04'33"    Latitud Oeste

La laguna Runicocha se encuentra ubicada en la base del frente glaciar correspondiente al flanco occidental del nevado Chuspi, en el mozaico aerográfico del año 1962, esta laguna no existía y debido al acelerado retroceso del glaciar DGA1 a dado lugar a esta laguna que en el Inventario Nacional de Lagunas se le ha codificado con el nombre de laguna Runicocha (Foto Nº 9.17).

#### Formas y dimensiones (Plano Nº LRN-01)

Las dimensiones de la laguna en mención (ver plano topográfico) tiene aproximadamente un eje longitudinal orientado hacia el Noroeste de 600 m. y un ancho promedio de 260 m. esta laguna se encuentra en pleno desarrollo esto es notorio por la presencia de pequeñas cubetas lagunares.

#### 9.3.1. Geología del vaso de la laguna (Plano Nº LRN-02)

##### Morrenas laterales

El vaso de la laguna está conformado por potentes morrenas laterales que muestran la evidencia del retroceso glaciar del cual es objeto, las morrenas laterales presentan una disposición



**FOTO Nº 9.17:** Vista de la laguna Runicocha, la cumbre del nevado Chuspi (5462 msnm) se observa la zona de acumulación del glaciar (DGAI), la zona de ablación presenta una gran actividad mostrando sus agrietamientos, convirtiéndose en un glaciar potencialmente peligroso para la generación de avalanchas, la laguna se encuentra en un proceso acelerado de crecimiento. (JUL-91)

semejante al perímetro de la lengua del glaciar DGA1.

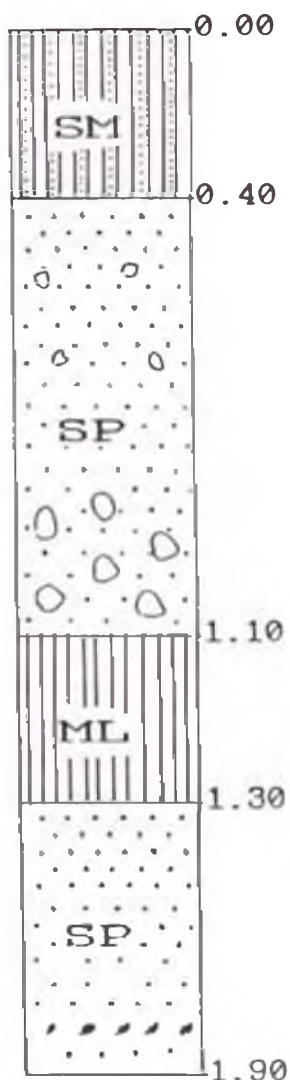
Litológicamente las morrenas de esta laguna tienen el mismo que las anteriormente descritas constituyéndose principalmente de bloques y gravas de rocas gneisicas y esquistas con presencia de arenas, limos y arcillas.

El dique morrénico frontal de la laguna se encuentra saturada de agua debido a que la laguna desagua por filtración a través del mismo, se puede notar por la presencia de cubetas lagunares en la morrena.

El perímetro del espejo de la laguna Runicocha se encuentra rodeada de depósitos lagunares con presencia de material fino como limos, arenas y arcillas, es preciso indicar que el nivel del espejo de agua de la laguna tiene solo un ligero desnivel con su dique morrénico, se presenta los perfiles de campo del dique morrénico frontal, los mismos que deben ser analizados geotécnicamente con mayor detalle para efectos de realizar obras de seguridad.

**DIQUE MORRENICO FRONTAL,  
LAGUNA RUNICOCHA**

**PERFIL N°**                            **DLR-01**  
**UBICACION**                        **SECTOR SUROESTE DEL DIQUE**  
**COTA APROXIMADA**    **4770 msnm.**



**Capa superficial vegetal**

Por arena media a gruesa, poco limosa de color amarillento con raíces de plantas. La grava aparece muy escaso de tamaños menores de biotitas en 20% y plagioclasas de 2 cm según SUCS de campo es **SM**.

**Depósitos Morrénicos**

Arena media a fina poco limosa de color amarillento, se presenta en capas horizontales de espesores pequeños, con pocas gravas o ninguna.

Aparecen bloques de gneis y esquistos y cuarcitas hasta de 30cm. en una proporción mínima (20%) según el SUCS de campo es **SP**.

**Depósitos Morrénicos**

Horizonte de limo arenoso húmedo y sin gravas por el SUCS de campo corresponde a **ML**.

**Depósitos Morrénicos**

Arena fina poco limosa con gravas de color amarillento y muy delesnable. Biotas en 15% y clastos de plagioclasas. Según SUCS de campo se le asocia al grupo **SP**.

\* Simbología del SUCS : GEOTECNIA PARA INGENIEROS,  
 Vol I (1990) Principios Básicos,  
 Vol II (1991) Mecánica de Suelos I

**DIQUE MORRENICO FRONTAL**  
**LAGUNA RUNICOCHA**

PERFIL N° DLR-02  
UBICACION SECTOR MEDIO DEL DIQUE  
COTA APROXIMADA - 4770 msnm.



Capa superficial vegetal

Con gravas subangulosas de color marrón claro y raíces de plantas según SUCS de campo es GP.

Escombros de pendiente

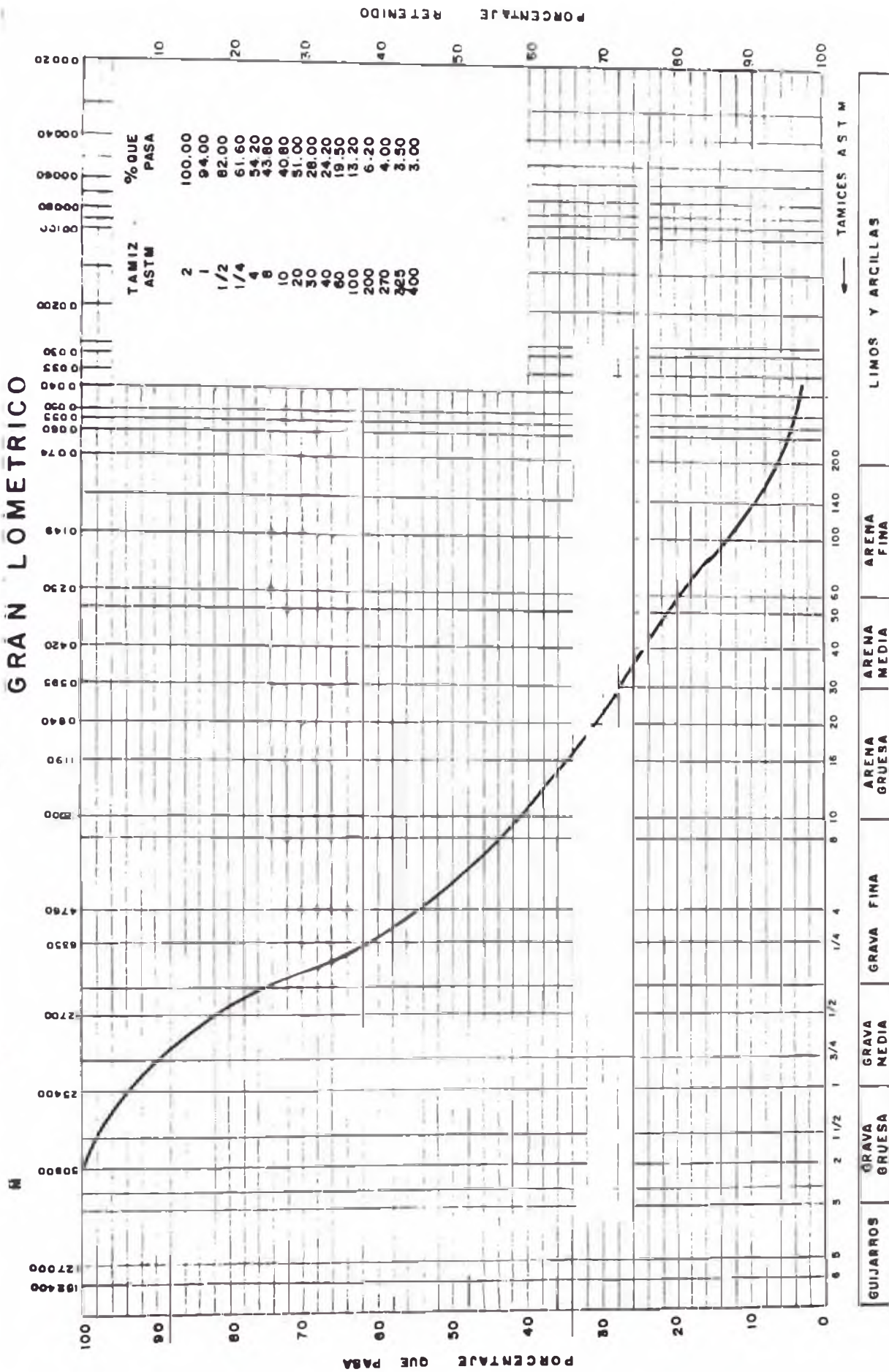
Grava arcillosa arenosa de color marrón, granos de plagioclasas y biotitas, presenta una regular plasticidad; con gravas de forma subangulosa de gneis y esquistos y cuarcitas. Predominio con diámetro entre 2cm-10cm. El tamaño máximo es de 20cm

Se presenta húmeda y de consistencia dura

Según SUCS de campo se le asocia al grupo GC.

LABORATORIO DE GEOLOGIA Y G

GRAN LOMETRICO



MORRENA LAG. RUNICOCHA  
MUESTRA : DLR-02

Fig - 9.12

### 9.3.2. Roca base

La roca base correspondiente al glaciar DGA1 son principalmente rocas metamórficas como los Gnesis; Esquistos pertenecientes al complejo Huaytapallana, la cual se presenta bastante alterada y con intenso fracturamiento debido a la acción Glaciar, en el frente glaciar se ha ubicado un sector donde hay signos de avalanchas provenientes de la parte superior por la presencia de bloques de rocas de gran tamaño (ver plano geológico).

# CAPITULO X

ESTABILIDAD DE TALUDES EN

LA ROCA BASE DE LOS

GLACIARES



## CAPITULO X

### ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ROCA BASE DE LOS GLACIARES

#### 10.1. ESTUDIO GEOLOGICO ESTRUCTURAL

Mediante una investigación geológica detallada de las áreas críticas de los taludes de las laderas occidentales del nevado Huaytapallana se podrá conocer la situación y orientación de las discontinuidades que formando ciertos sistemas persisten bajo unas mismas condiciones dentro del macizo rocoso. Hay la necesidad de llevar acabo :

Un bosquejo Geológico que proporcione datos y permita conocer las ocurrencias geológicas de la zona.

- Un análisis detallado de las discontinuidades que será fundamental en la obtención de conclusiones.

La información para el bosquejo geológico se obtiene de los estudios geológicos que existen en el área de estudio se pone énfasis a los datos estructurales.

Para el análisis de discontinuidades se lleva acabo un mapeo detallado de estructuras expuestas. Para seleccionar un método adecuado de medición de discontinuidades se requiere de un estudio previo de la zona en referencia de un futuro debilitamiento de la roca base de los glaciares que pudieran generar avalanchas, los métodos son muchos generalmente costosos y sofisticados que solo justifican su utilización como complemento de un análisis convencional.

El método más común y que ha dado resultados eficaces hasta el momento es :

- El método directo por líneas (DETAIL LINE) o método convencional.

El objetivo primario de este estudio de análisis litoestructural es determinar la actitud, geometría y distribución espacial de las discontinuidades que formando un sistema persisten bajo unas mismas condiciones a lo largo del macizo rocoso que forma el talud. Este estudio constituye una información básica para determinar el grado de estabilidad de los taludes de la roca base en el área glaciaria.

#### **10.1.1. Planeamiento del trabajo**

Se realizó una evaluación previa de la zona de estudio, determinando zonas críticas en la roca base de los glaciares, teniendo en consideración el potencial para la generación de avalanchas especialmente cuando existen áreas glaciares en calidad de colgantes como las lenguas glaciares en cuya base se encuentran lagunas como es el caso en la cabecera de la cuenca del Shullcas.

Los bancos que se han escogido para el mapeo litoestructural corresponde a la laguna Lazuntay tanto en su sector izquierdo y derecho en la roca base de su lengua glaciaria, los mismos sectores en la laguna Chuspicocha tratando de abarcar la zona crítica de donde se produjo la avalancha que desbordó la laguna. En la laguna Runicocho la cual se encuentra en pleno desarrollo se tomó el banco donde se

están produciendo continuas avalanchas de dimensiones menores.

### Método directo por líneas (DETAIL LINE)

Se situaron una serie de líneas generales a lo largo de las caras de los bancos y se midieron sistemáticamente todos los datos concernientes a cada una de las superficies de discontinuidad que intersectaban a dichas líneas. Las líneas se consiguieron usando una cinta métrica anclada a la roca mediante clavos tratando de mantener una cota fija en toda la longitud.

#### 0.1.2. Datos obtenidos

Para cada discontinuidad se tomaron los siguientes datos ver cuadros.

a. Rumbo La situación espacial de una estructura geológica como superficies o direcciones está perfectamente determinada por su orientación, ángulo de buzamiento y la dirección de buzamiento.

- El " ángulo de buzamiento " es el ángulo entre la horizontal y la línea de máxima pendiente del plano de la estructura y es tomado en la dirección normal al rumbo.

La dirección de buzamiento es el ángulo formado por el Norte y la proyección del buzamiento sobre el plano horizontal, medido en sentido horario.

b. **Litología (roca):** Define el tipo de roca refiriéndose a su clasificación y sus principales características ingenieriles el tipo de roca es registrado por una descripción visual y sensorial mediante ensayos mecánicos simples basados en las propiedades físicas de la roca.

c. **Características de las Superficies Discontinuidad:**

1.- **Tipo (estructura).**- Designa el tipo genético de estructura geológica que incluye los tipos de estructura en mención, que están siendo consideradas. Así mismo involucra la naturaleza de las fracturas, es decir si son abiertas o cerradas.

2.- **Desarrollo.**- Es una medida de la planaridad o desviación de la superficie real a partir de la superficie plana verdadera, puede ser clasificada en plano, ondulado, curva, e irregular.

**Superficie.**- Estima las propiedades rugosas de la fractura a partir de una evaluación cualitativa de la rugosidad, cuatro categorías de clasificación han sido dadas para satisfacer los diferentes rangos o medidas de la aspereidad que puede ocurrir sobre los planos de fracturas, estos son : rugosa, poco rugosa, lisa y espejo de falla.

**Relleno.**- Incluye los materiales que ocurren entre los planos de cualquier figura estructural, como aquellos derivados de la rotura de una roca debido a movimientos por ejemplo de brechas, materiales meteorizados insitu, por

ejemplo los productos de alteración, materiales extraños de relleno depositados entre los planos estructurales, también se considera el espesor del relleno.

Además de todos estos datos, se toma en cuenta la posición en la cual la discontinuidad intersecta la línea y está dada por la distancia a lo largo de dicha línea desde su origen.

Toda esta información queda reflejada en la ficha de toma de datos de campo (ver cuadros de mapeo litoestructural) que posteriormente mediante un programa nos permitirá llegar tras un análisis estadístico de las discontinuidades en familias o "sets" que nos permitiran determinar la estabilidad.

## **10.2. REPRESENTACION DE ESTRUCTURAS MEDIANTE PROYECCIONES ESTEREOGRAFICAS**

Si imaginamos una superficie situada de acuerdo a su orientación pasando por el centro de una esfera, la superficie corta a esta, según una circunferencia o círculo máximo y las direcciones según el punto. Si hacemos pasar una normal perpendicular a la superficie trazada por el centro de la esfera, la normal corta a la esfera en un punto denominado "polo" que geoméricamente se puede considerar también como punto de contacto de la esfera y una superficie desplazada paralelamente; como el hemisferio superior e inferior contienen una misma información, se tomará únicamente el hemisferio inferior como referencia. La proyección de ésta, sobre el plano ecuatorial permitirá una representación bidimensional de las estructuras espaciales.

En este trabajo se utiliza la proyección fiel a la superficie o equiareal (red de Schmidt y red Normal), la que permite una evaluación estadística de los datos geométrico-geológicos.

#### **10.2.1. RED DE SCHMIDT Y RED NORMAL**

Se diferencian dos tipos fundamentales de redes, de Schmidt y la Normal. Las líneas que forman estas redes se originan mediante la proyección equiareal de los círculos mayores o meridianos y de los círculos menores o paralelos a la esfera.

a) **Red Schmidt.**- Es la proyección de la esfera en la superficie polar, es también llamada esfera de proyección en sección transversal, en ella se representan los círculos máximos y se determinan los ángulos entre superficies y/o direcciones.

b) **Red Normal.**- Es la proyección de la esfera en su superficie plana ecuatorial, es muy apropiada para una rápida representación de polos.

#### **0.3. PROCESO COMPUTARIZADO DE LOS DATOS LITOSTRUCTURALES**

Toda la información de datos orientacionales de discontinuidades obtenidas fueron analizadas usando métodos de computación.

Se ha adaptado un programa de la Escuela de Campo de la UNIVERSIDAD DE COSTA RICA y actualmente forma parte del software de la Cia. NEW MONT DEL PERU y de la Escuela de Geología de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE

INGENIERIA. Para gráficos y análisis estereográficos de discontinuidades, paquetes denominados ROSA y SPLOT by Darton Software. El programa original está elaborado en el lenguaje BASIC y está preparado para reproducir automáticamente la técnica manual de preparación de estereogramas, usando proyecciones estereográficas equiareales y polares con sus respectivos análisis de frecuencias de orientaciones y buzamientos.

La máquina imprime:

- 1.- Un listado de datos de entrada.
- 2.- Un diagrama estereográfico de concentración de polos.
- 3.- Un diagrama estereográfico por zonas de mayor densidad de polos usando trazas de isoconcentraciones.
- 4.- Trazas de los SETS o planos más frecuentes de fracturas
- 5.- Un análisis por sectores de Rumbos o Azimuts y Buzamientos para el uso de diagramas de rosetas.

Además tiene varias opciones que se adecuan a los propósitos de un determinado estudio.

## **RESULTADOS**

En los siguientes cuadros y representaciones estereográficas se muestran los resultados del análisis litoestructural. Para cada banco se han presentado su análisis respectivo.

**10.3.1. BANCO Nº 1 ROCA BASE DEL GLACIAR DGA2 Nev HUAYTA  
PALIANA-LAGUNA CHUSPICOCHA**

Este banco corresponde a la roca base del glaciar DGA2 en cuya base se emplaza la laguna CHUSPICOCHA, el banco donde se realizó el mapeo estructural se ubicó en el sector posterior noroeste de la laguna.

Resumiendo los parámetros de las estructuras más frecuentes se presentan dos SETS con las siguientes características del cuadro 10.1.

**CUADRO 10.1**

	RUMBO	BUZAMIENTO
SET Nº 1	N 44º W	78 º SW
SET Nº 2	N 80º W	66 º SW
TALUD	N 68º E	72º SE

De donde se determina que el rumbo preferencial de las fracturas sigue la dirección paralela al eje principal de los nevados y con buzamientos fuertes hacia las laderas y frentes del glaciar, estas características son bien definidas por las grietas existentes en este glaciar y por sus discontinuidades dadas en los cuadros 10.2 al 10.7.

Este banco se presenta potencialmente inestable por el deslizamiento de sus taludes formando fallas en cuñas como puede observarse en los diagramas Fig. 10.1 al 10.5. También se debe considerar que en este sector los glaciares se encuentran en calidad de colgantes dando lugar a que la laguna CHUSPICOCHA sea riesgosa.



MAPA Nº 10.2

TIPO DE LA DISCONTINUIDAD																							
DISTRIBUCION																							
TIPO	DISTRIBUCION (m)																						
	Estratificación																						
	Falla																						
	Fractura		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DESARROLLO	Contacto		X																			X	
	Plano				X	X								X									
	Cudulado		X																				X
	Curva																						
SUPERFICIE	Irregular			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Rugosa			X	X			X	X												X		X
	Poco Rugosa		X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X
	Lisa																				X		
ALTIPLICACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	Espejo de Falla																						
	A4																						
	A3																						
	A2				X						X		X	X		X	X		X	X	X	X	X
ABERTURA	A1			X		X	X	X	X		X		X		X								
	ABIERTO		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	RELLENO	Micáceo		X	X	X	X		X		X												
		Arcilloso							X														
Limoso																							
Arenoso																							
Cuarzoso												X			X				X	X	X	X	
Militonítico																							
TEXTURA	Oxidación							X		X	X		X										
	Arenilla													X		X	X	X		X	X	X	X
ESPAESOR DEL RELLENO	CERRADA					X			X					X									
	Hasta 1 mm.																						
	1 a 5 mm.					X			X						X								
	5 a 10 mm.																						
	10 a 20 mm.																						
	20 a 50 mm.																						
PERSISTENCIA	> 50 mm.																						
	Hasta 0.5 m Muy bajo																						
	0.5 a 1.0 m Bajo																						
	1.0 a 3.0 m Mediana					X			X						X								
PERSISTENCIA	3.0 a 5.0 m Alta																						
	5.0 a 1.0 m Muy alta																					X	X
BUZAMIENTO Y RUMBO		N0° - 30° NE N155° - 55° SW N175° - 58° SW N138° - 60° SW N150° - 62° SW N96° - 87° NE N42° - 47° SE N152° - 59° SW N111° - 74° NE N193° - 80° NW N142° - 72° SW N198° - 40° NW N20° - 67° NW N12° - 59° SE N131° - 82° SW N193° - 58° NW N188° - 48° SE N145° - 78° NE N196° - 60° NW N142° - 77° SW N209° - 74° NW N143° - 76° NE N209° - 74° NW N125° - 56° SW N209° - 74° NW																					

UBICACION: ROCA BASE DEL GLACIAR EN EL SECTOR DERECHO DE LA LAGUNA CHUSPICOCHA.  
 ALTITUD: 4,820 m.s.n.m.  
 LITICA: GNEIS-ESQUISTOS  
 OBSERVACIONES: ROCAS ALTERADAS E INTENSAMENTE FRACTURADAS.

CUADRO Nº 10.3

NOMBRE DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación																		X	X	X	X				
	Falla																				X	X				
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X											X	X						
	Contacto																		X	X	X	X				
DESARROLLO	Plano			X	X		X	X	X	X					X	X	X	X								
	Ondulado																									
	Curva																									
	Irregular	X	X			X		X							X						X	X				
SUPERFICIE	Rugosa														X						X					
	Poco Rugosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X				X	X	X				
	Lisa														X					X						
	Espejo de Falla															X	X									
ALTERACION DE LA UNIDAD DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3																									
	A2	X	X			X		X							X	X	X	X	X		X	X				
	A1			X	X		X		X	X	X	X							X	X		X				
CONTENIDO	ABIERTO	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Micáceo									X	X	X	X													
	Arcilloso		X																							
	Limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso	X				X		X									X			X	X					
	Milonítico																									
PELIGRO	Oxidación														X	X	X	X	X							
	Arcilla	X	X			X		X	X	X	X	X									X	X				
ESPEZOR DEL RELIÑO	CERRADA			X	X		X												X							
	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.			X	X		X												X							
	5 a 10 mm.																									
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
PERSISTENCIA	> 50 mm.																									
	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo																									
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta			X	X		X															X				
5.0 a 1.0 m Muy alta	X					X																				
BUZAMIENTO Y RUMBO		N209°-74°NW	N75°-67°SE	N135°-62°SW	N135°-38°SW	N209°-74°NW	N135°-78°SW	N209°-74°NW	N327°-20°NE	N327°-20°NE	N327°-20°NE	N327°-20°NE	N15°-66°SE	N122°-60°SW	N35°-32°NW	N35°-32°NW	N80°-42°SE	N68°-51°NE	N35°-76°SE	N03°-71°SE	N32°-71°SE	N35°-41°NW	N347°-86°NE	N68°-16°SE	N333°-53°NE	N305°-62°SW
UBICACION:																										
ALTUD:																										
ROCA:																										
OBSERVACIONES:																										



MAPA Nº 10.5

NOMBRE DE LA DISCONTINUIDAD																											
DISTANCIA (m)																											
TIPO	Estratificación						X														X	X	X				
	Falla																						X				
	Fractura	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		
	Contacto																								X	X	X
DESARROLLO	Plano	X	X	X	X						X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X	X	X
	Ondulado																										
	Curva																										
	Irregular						X	X	X	X	X					X		X							X		
SUPERFICIE	Rugosa																X								X		
	Poco Rugosa	X	X	X	X	X	X		X	X					X	X		X							X	X	X
	Lisa																					X	X	X			
	Espejo de Falla								X			X	X	X					X	X							
ALTERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																										
	A2																										
DE LA DISCONTINUIDAD	A2							X																			
	A1	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABIERTO					X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CIN REllENO	Micáceo				X			X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Arcilloso																										
	limoso																										
	Arenoso																										
	Cuarzoso						X	X		X	X					X											
	Milonítico																										
PELÍCULA	Oxidación				X			X			X	X	X	X	X	X		X	X				X	X			
	Arcilla																		X	X	X						
CERRADA		X	X	X		X	X																			X	X
ESPECOR EL REllENO	Hasta 1 mm.																										
	1 a 5 mm.	X	X	X		X	X																			X	X
	5 a 10 mm.																										
	10 a 20 mm.																										
	20 a 50 mm.																										
	> 50 mm.																										
PERSISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo																										
	0.5 a 1.0 m Bajo																										
	1.0 a 3.0 m Mediana							X	X																		
	3.0 a 5.0 m Alta	X	X	X																						X	X
	5.0 a 1.0 m Muy alta																										
BUZAMIENTO Y RUMBO		N275° -67° SW	N275° -67° SW	N275° -67° SW	N277° -29° NE	N82° -56° NE	N129° -79° SW	N105° -82° NE	N272° -36° SW	N325° -79° NE	N342° -82° NE	N342° -82° NE	N342° -82° NE	N65° -47° NW	N00° -77° NW	N 55° -74° SF	N285° -56° SW	N41° -46° NW	N41° -46° NW	N335° -52° NE	N335° -52° NE	N335° -52° NE	N265° -39° NE	N215° -21° NW	N283° -69° SW	N283° -69° SW	
UBICACION :																											
ALTITUD :																											
RICA :																											
OBSERVACIONES :																											

CUADRO Nº 10.6

Nº DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTRIBUCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD																										
TIPO	DISTRIBUCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD																									
	DISTRIBUCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD																									
TIPO	Estratificacion																									
	Falla																									
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Contacto																									
DESARROLLO	Plano	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Ondulado																									
	Curva																									
	Irregular																									
SUPERFICIE	Rugosa																									
	Poco Rugosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X																
	Lisa																									
	Espejo de Falla																									
ALABRACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3																									
DE LA DISCONTINUIDAD	A2		X	X	X	X															X	X	X	X	X	X
	A1	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
CONTENIDO	ABIERTO	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X					
	Micaceo		X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X					
	Arcilloso																									
	Limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso																									
PARTICULA	Ondulacion		X	X	X	X											X	X	X	X	X	X				
	Arcilla	X																								
ESPESOR DEL RELENADO	CERRADA																									
	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.	X																								
	5 a 10 mm.																									
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
PERISTENCIA	> 50 mm.																									
	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo																									
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta	X																								
5.0 a 1.0 m Muy alta																										
BUZAMIENTO Y RUMBO		N283°-69°SW	N196°-39°NW	N196°-39°NW	N196°-39°NW	N196°-39°NW	N282°-56°SW	N35°-22°NW	N35°-22°NW	N35°-22°NW	N278°-58°SE	N340°-32°NW	N330°-37°NE	N345°-41°NE	N345°-41°NE	N295°-56°SW	N353°-66°SW	N20°-47°SE	N280°-88°NE	N70°-40°NE	N70°-40°NE	N295°-65°SW	N310°-41°SW	N295°-51°SW	N355°-50°NE	
LOCALIZACION :																										
LATITUD :																										
LONGITUD :																										
OBSERVACIONES :																										

Contents of file: splot.dat

Title: "DIAGRAMA DE FRACTURAS -BANCO #1-ROCA BASE-GLACIAR-DGA 2

Data type: Planar

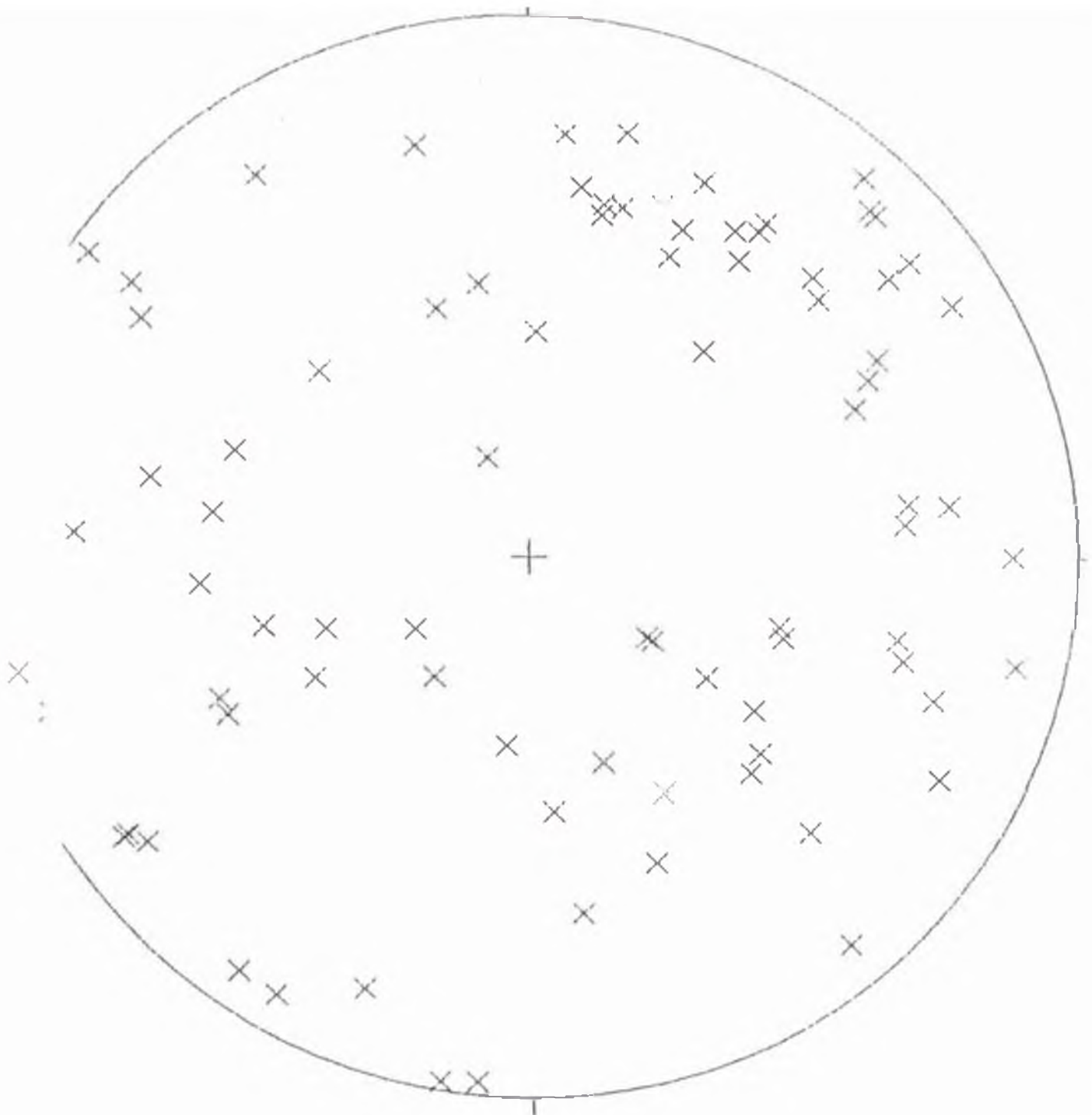
Number of data pairs: 124

C DRO N° 10.7

---

36,245	155,55	175,58	138,60	150,62
27,87	42,42	152,59	291,74	193,80
14,72	198,40	200,67	12,59	131,82
19,58	8,48	325,78	196,60	142,77
20,74	323,76	209,74	125,56	209,74
20,74	75,67	135,62	135,78	209,74
1,78	209,74	327,20	327,20	327,20
32,20	35,86	122,60	215,32	215,32
8,42	248,51	35,76	3,71	32,71
21,41	347,86	68,16	332,52	125,62
1,64	134,78	134,78	134,78	134,78
1,78	134,78	172,59	231,81	251,33
10,54	102,54	102,54	102,54	102,54
2,61	300,82	300,82	300,82	308,23
9,67	95,67	95,67	95,67	95,67
9,67	95,67	95,67	277,29	262,56
1,79	305,82	92,34	325,79	342,82
3,82	342,82	225,47	180,77	55,74
10,56	221,46	221,46	335,52	335,52
3,52	265,39	215,21	103,69	103,69
10,69	196,39	196,39	196,39	196,39
10,56	215,22	215,22	215,22	98,58
3,32	330,37	345,41	345,41	115,56
1,66	20,47	280,88	70,40	70,40
1,65	130,41	115,51	355,50	

"DIAGRAMA DE FRACTURAS -BANCO #1ROCA BASE-GLACIAR-DGA 2  
North



UAL AREA PROJECTION

"DIAGRAMA DE FRACTURAS -BANCO #1ROCA BASE-GLACIAR

124 Points

Symbol

x

124 Points Total

GPLD y Darton Software

Fig - 10.1

"DIAGRAMA DE FRACTURAS -BANCO #1ROCA BASE-GLACIAR-D6A2  
North

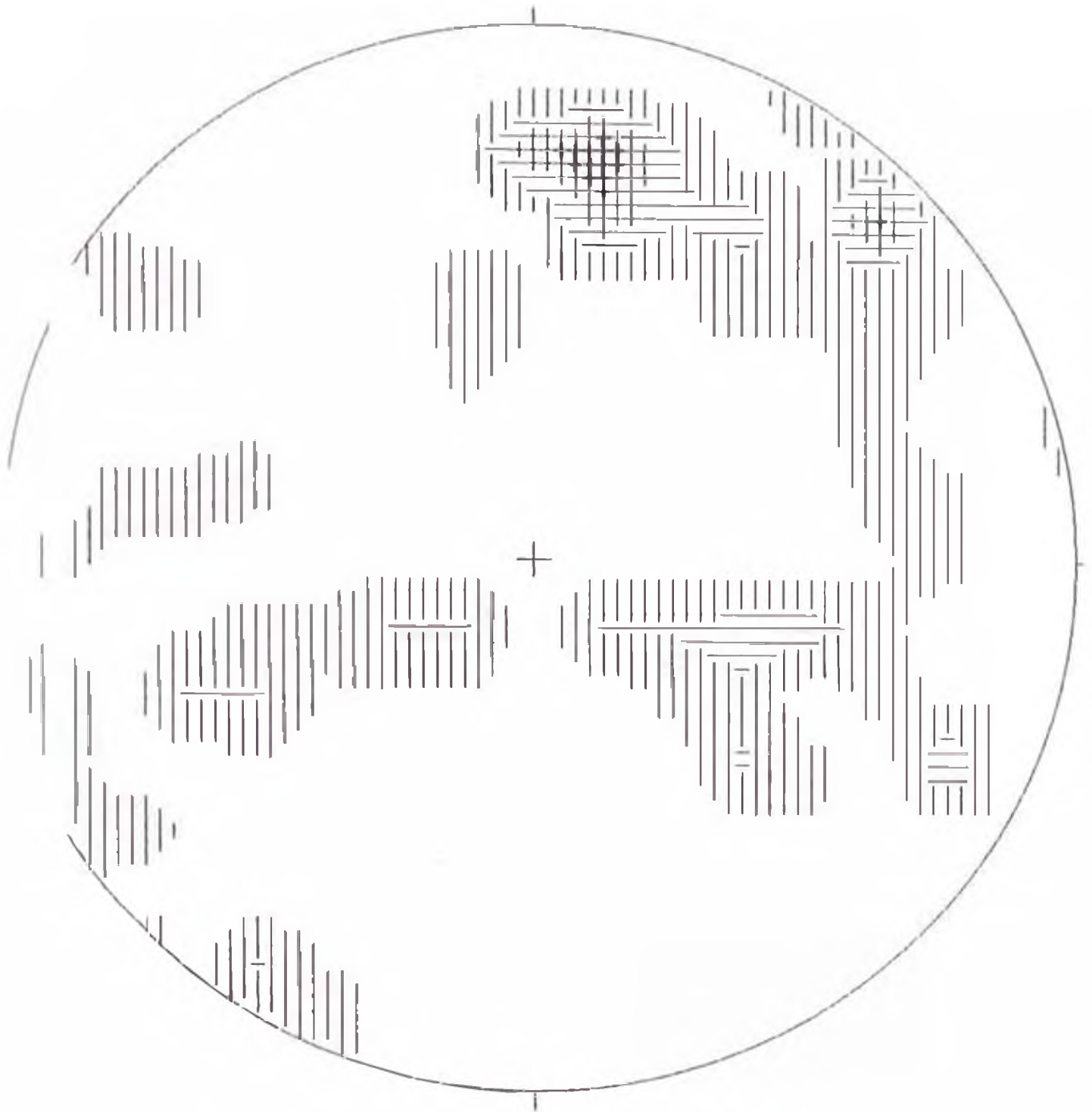


Fig - 10.2 124 Points

GEND (for first 9 intervals)

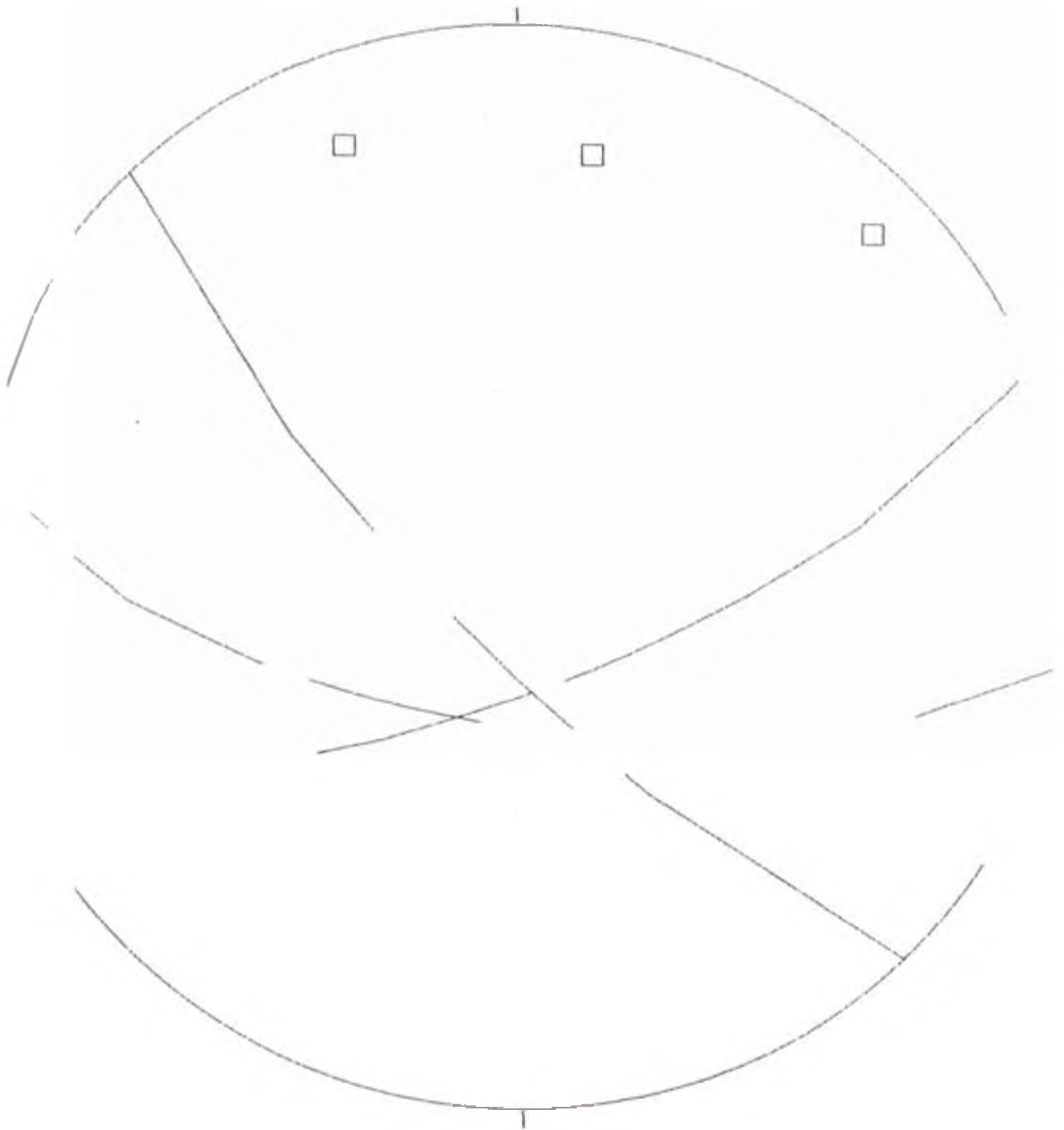
□	1- 2	▣	11- 12
▢	3- 4	▤	13- 14
▧	5- 6	▥	15- 16
▨	7- 8	■	17- 18
▩	9- 10		

Contour Method: Schmidt (1925)  
Counting Area: 0.010  
Contour Interval: 2% Points per 1% Area  
Maximum Contours: 8

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals



BANCO No1 - GLACIAR DGA2 - LAG. CHUSPICOCHA  
North



EQUIL AREA PROJECTION

BANCO No1 - GLACIAR DGA2 - LAG. CHUSPICOCHA

Symbol

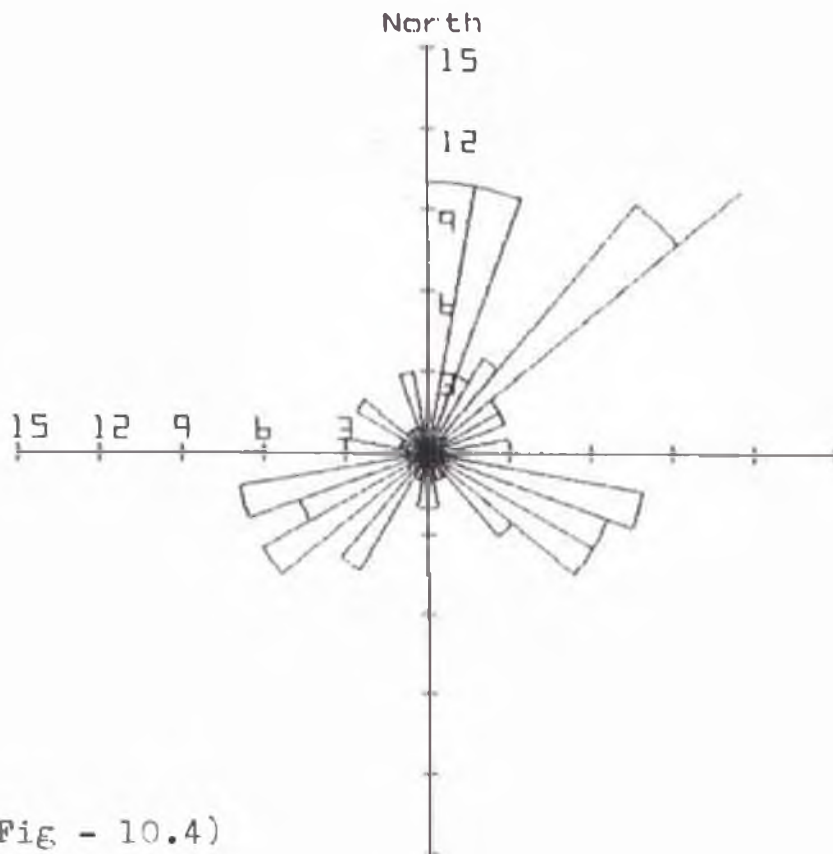
3 Points

3 Points Total

Drawn by AutoCAD Software

Fig - 10.3

ROSE DIAGRAM OF POLE TREND FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS --BANCO #1ROCA BASE-GLACIAR - DGA 2



(Fig - 10.4)

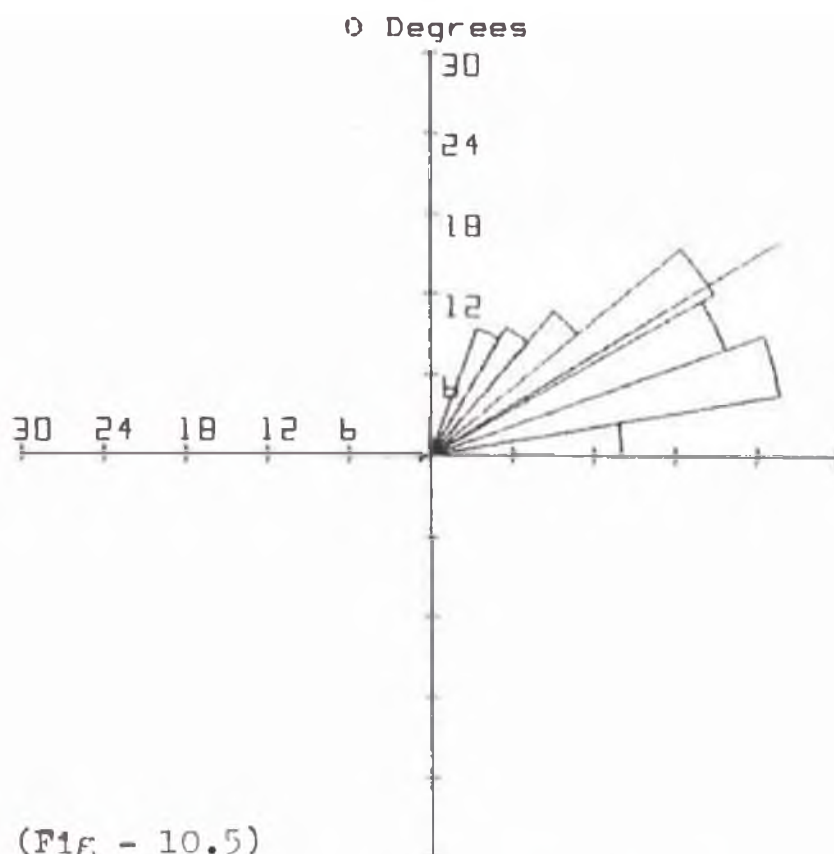
124 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 51 degree(s)  
 Angular Dev. = 36.88  
 Resultant = 0.171

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	10	8	180-189	2	2
10- 19	10	8	190-199	1	1
20- 29	3	2	200-209	1	1
30- 39	4	3	210-219	5	4
40- 49	12	10	220-229	0	0
50- 59	3	2	230-239	7	6
60- 69	3	2	240-249	5	4
70- 79	0	0	250-259	7	6
80- 89	3	2	260-269	1	1
90- 99	1	1	270-279	3	2
100-109	8	6	280-289	1	1
110-119	7	6	290-299	1	1
120-129	7	6	300-309	3	2
130-139	4	3	310-319	1	1
140-149	1	1	320-329	1	1
150-159	1	1	330-339	1	1
160-169	1	1	340-349	3	2
170-179	2	2	350-360	1	1

ROSE DIAGRAM OF DIP ANGLE FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS -BANCO #1ROCA BASE-GLACIAR-DBA2



(FIG - 10.5)

124 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 59 degree(s)  
 Angular Dev. = 10.53  
 Resultant = 0.932

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	0	0	50- 59	24	19
10- 19	1	1	60- 69	23	19
20- 29	10	8	70- 79	26	21
30- 39	11	9	80- 90	14	11
40- 49	14	11			

SPLOT by Darton Software

### 10.3.2. BANCO Nº 2 ROCA BASE DEL GLACIAR DGA2 Nev HUAYTA PALLANA-LAGUNA CHUSPICOCHA

Este banco forma parte de la roca base del Nevado Huaytapallana Norte donde se generó la avalancha de Roca-hielo que originó el desborde de la laguna CHUSPICOCHA. El mapeo estructural se realizó en el sector posterior sureste de la laguna.

Las características estructurales de los SETS más frecuentes dados en los cuadros 10.9 al 10.14.

CUADRO 10.8

	RUMBO	BUZAMIENTO
SET Nº 1	N82ºW	82º NE
SET Nº 2	N12ºE	42º SE
SET Nº 3	N12ºW	80º SW
TALUD	N42ºW	50º SW

Del análisis de los diagramas (Fig. 10.6 al 10.10) se puede determinar que el sistema de fracturas del set Nº 1 es el sistema principal de fallas las cuáles son notorias en la parte superior del farallon de roca gneisítica dejadas por la avalancha donde existen áreas glaciares inestables separadas del macizo principal.

El deslizamiento de los taludes se dá en forma de fallamientos tipo cuñas y de bloques como se puede apreciar en el material arrastrado por la avalancha hacia la laguna CHUSPICOCHA.

Este sector que forma parte de la roca base del nevado Huaytapallana Norte, constituye la parte potencialmente más inestable del área glaciar correspondiente a la cuenca del río Shullcas.



CUADRO Nº 10.10

TIPO DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Entratificaciones																									
	Falla																									
	Fractura	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Contacto																									
DESENVOLLO	Plano	X									X	X	X	X	X	X										
	Ondulado			X	X	X	X																			
	Curva																									
	Irregular	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X				
SUPERFICIE	Rugosa	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X					
	Poco Rugosa			X	X	X																				
	Lisa																									
	Espejo de Falla																									
ALTERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3						X				X	X	X	X	X	X		X	X	X	X					
	A2		X		X	X	X	X	X							X	X		X	X	X					
	A1	X																								
ABIERTO		X	X		X	X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	X	X					
CON EL LENO	Micaceo																									
	Arcilloso															X	X	X								
	limoso			X	X	X	X				X						X	X	X	X	X	X				
	Arenoso	X									X	X														
	Cuarzoso	X																								
	Milonítico																									
PARTICULA	Oxidacion	X		X	X	X	X				X				X	X	X	X	X	X	X					
	Arcilla	X									X	X														
CERRADA																										
ESPESOR DEL RELLENO	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.						X	X	X																	
	5 a 10 mm.												X	X												
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
	> 50 mm.																									
PERISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo						X	X	X				X	X												
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta																									
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
BUZAMIENTO Y RUMBO		N195°-60°NW	N305°-79°SW	(IOEM)	N273°-77°NE	N273°-77°NE	N273°-77°NE	N235°-64°NW	N175°-40°SW	N175°-40°SW	N175°-40°SW	N265°-63°NW	N232°-71°NW	N232°-71°NW	N315°-82°SW	N252°-71°NW	N183°-69°NE	N275°-85°NE	N165°-79°SW	N275°-70°NE	N275°-70°NE	N275°-70°NE	N275°-70°NE	N190°-71°NW	N190°-71°NW	N190°-71°NW
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
LOCALIDAD :																										
OBSERVACIONES :																										

MAPA Nº 10.11

NOMBRE DE LA DISCONTINUIDAD																									
DISTANCIA (m)																									
TIPO	Estratificación																					X			
	Falla																								
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Contacto																								
DESARROLLO	Plano		X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X			
	Ondulado																								
	Curva																								
	Irregular	X									X	X										X			
SUPERFICIE	Rugosa		X	X	X	X	X	X	X	X															
	Poco Rugosa														X	X	X	X	X	X	X	X			
	Lisa																								
ALTERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																								
	A3	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X				
ABERTURA	A2																			X	X	X			
	A1														X	X	X	X	X	X		X			
RELLENO	ABIERTO	X	X	X	X	X		X	X		X	X							X	X	X	X			
	Micáceo																								
	Arcilloso							X			X	X							X	X	X	X			
	limoso	X																							
	Arenoso		X	X	X	X		X	X																
	Cuarzoso							X																	
PERICULIDAD	Milonítico																								
	Oxidación	X	X	X	X	X		X	X		X	X							X	X	X	X			
ESESOR DEL RELLENO	Arcilla																								
	CERRADA									X			X	X	X	X	X	X							
	Hasta 1 mm.																								
	1 a 5 mm.																								
	5 a 10 mm.									X			X		X				X						
	10 a 20 mm.													X	X		X	X							
PERSISTENCIA	20 a 50 mm.																								
	> 50 mm.																								
	Hasta 0.5 m Muy bajo																								
	0.5 a 1.0 m Bajo																								
	1.0 a 3.0 m Mediana										X			X		X		X							
BUZAMIENTO Y RUMBO	3.0 a 5.0 m Alta													X		X		X	X						
	5.0 a 1.0 m Muy alta														X		X		X	X					
BUZAMIENTO Y RUMBO		N190°-71°NW	N260°-71°NW	N260°-71°NW	N260°-71°NW	N165°-45°SW	N158°-45°SW	N275°-74°NE	N230°-35°SE	N295°-75°NE	N170°-81°SW	N265°-81°NW	N190°-41°SE	N190°-41°SE	N190°-41°SE	N190°-41°SE	N190°-41°SE	N190°-41°SE	N170°-81°SW	N190°-40°SE	N275°-75°NE	N253°-79°NW	N253°-79°NW	N195°-46°SE	N265°-77°NW

LOCALIZACION :  
 ALTITUD :  
 FECHA :  
 OBSERVACIONES :





Contents of file: splot.dat

Title: "DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACIAR-DGA2

Data type: Planar

Number of data pairs: 127

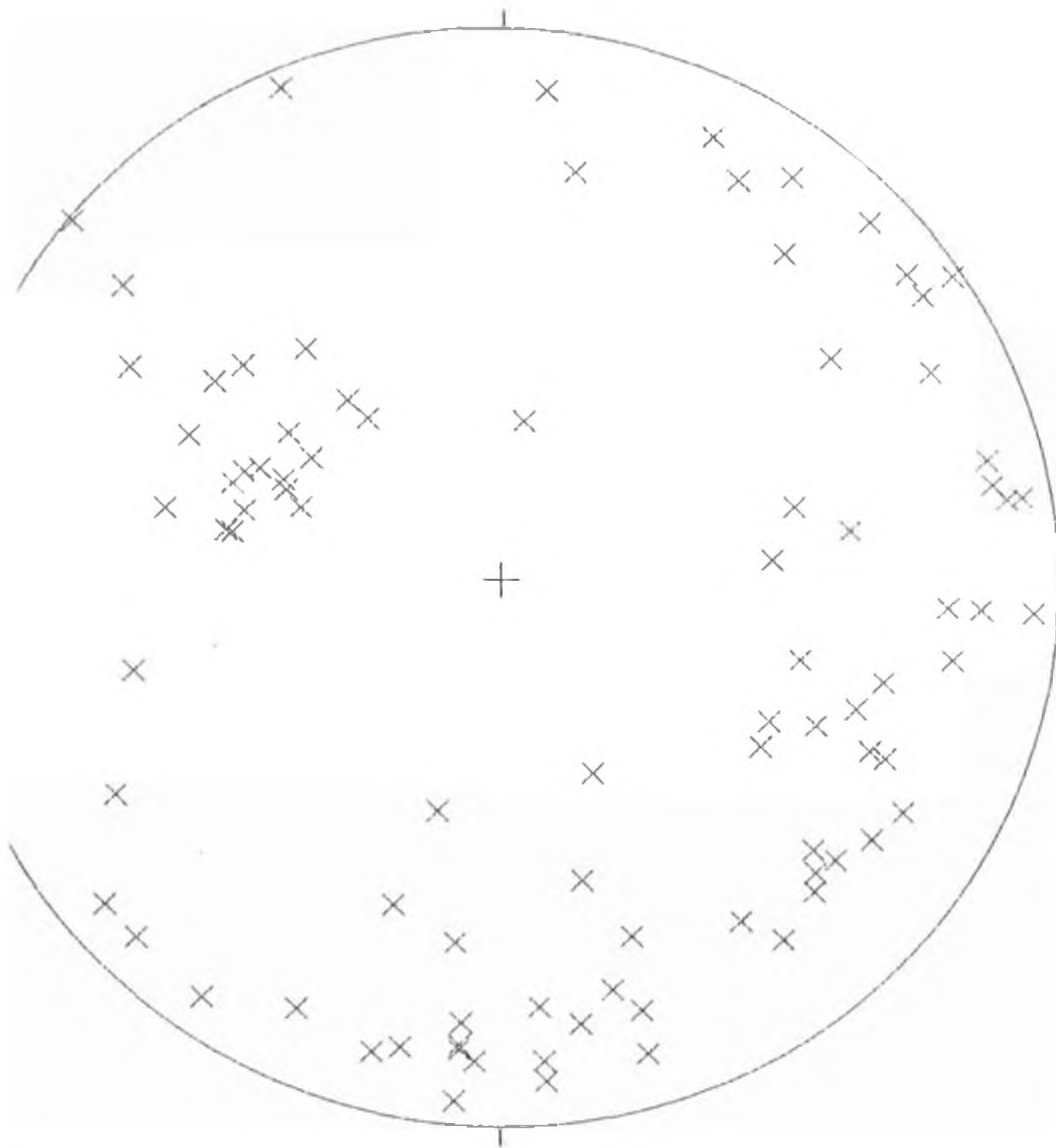
CUADRO N° 10.14

---

0,65	30,65	30,65	30,65	305,82
5,52	255,47	50,45	320,81	320,81
5,86	145,81	145,81	250,58	315,81
15,78	210,72	20,31	20,31	100,64
20,67	95,78	130,67	23,34	285,78
35,60	125,79	125,79	273,77	273,77
73,77	235,64	175,40	175,40	175,40
55,67	232,71	232,71	135,82	252,71
3,69	275,85	165,79	275,70	275,70
75,70	275,70	190,71	190,71	190,71
0,71	260,71	260,71	260,71	165,45
55,45	275,74	50,35	295,75	170,81
15,81	10,41	10,41	10,41	10,41
0,41	10,41	10,41	170,81	10,40
75,75	253,79	253,79	195,46	265,77
1,31	255,66	171,53	145,61	142,81
13,46	213,46	12,51	145,88	221,63
21,63	330,68	330,68	20,42	208,45
0,84	208,45	170,84	170,84	285,78
5,32	282,76	98,24	205,65	153,75
20,73	38,74	205,62	205,62	288,52
15,70	285,36	40,89	225,68	168,79
,38	345,57	277,56	33,33	200,57
,35	205,52	25,39	223,66	183,85
3,75	277,56	23,41	23,41	15,39
,51	40,50			

---

"DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACIAR-DGA2  
North



EQUAL AREA PROJECTION

Symbol

" DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACI

127 Points

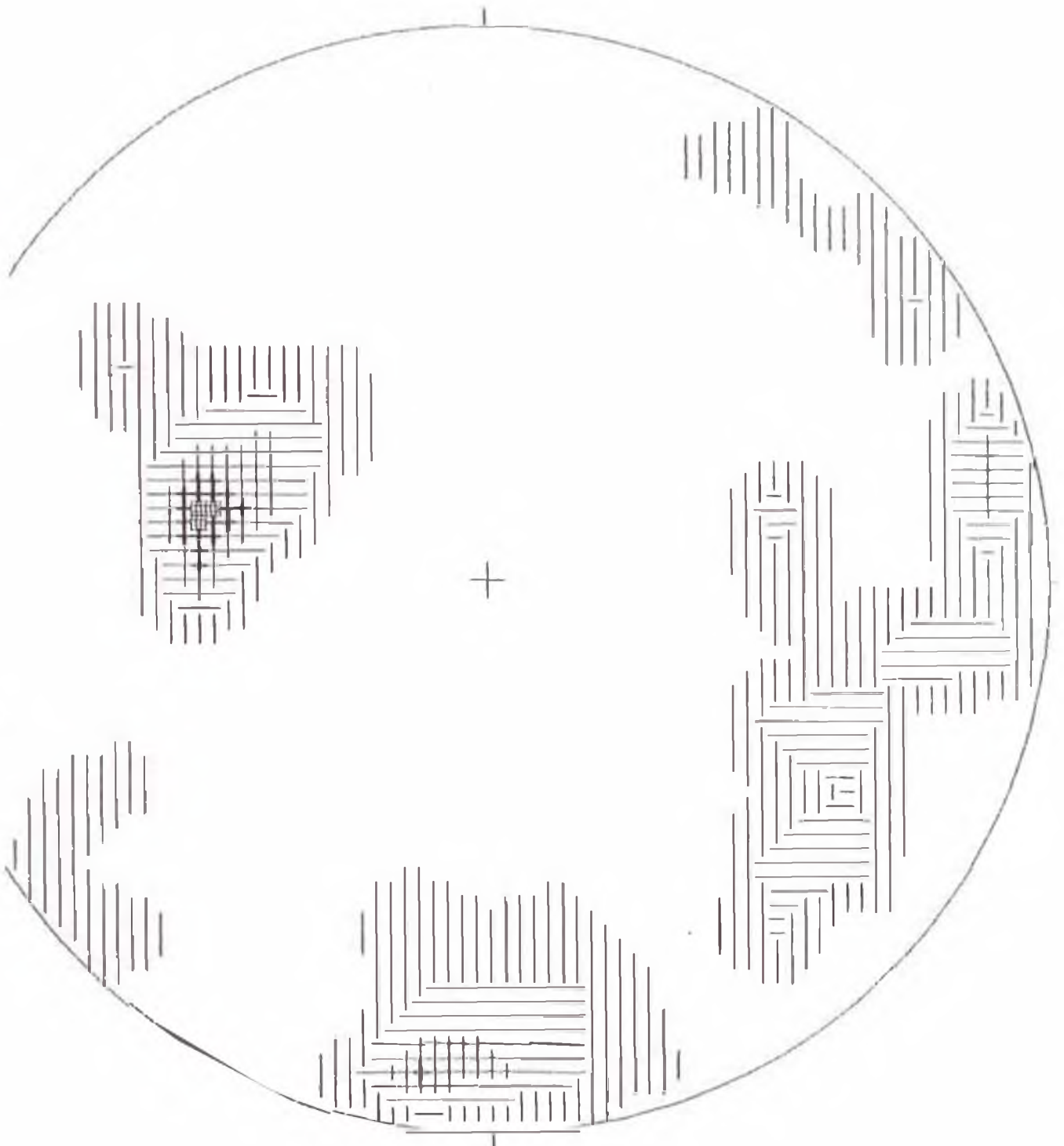
x

127 Points Total

by Darton Software

Fig - 10.6

"DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACIAR DGA2  
North



( Fig - 10.7 ) 127 Points

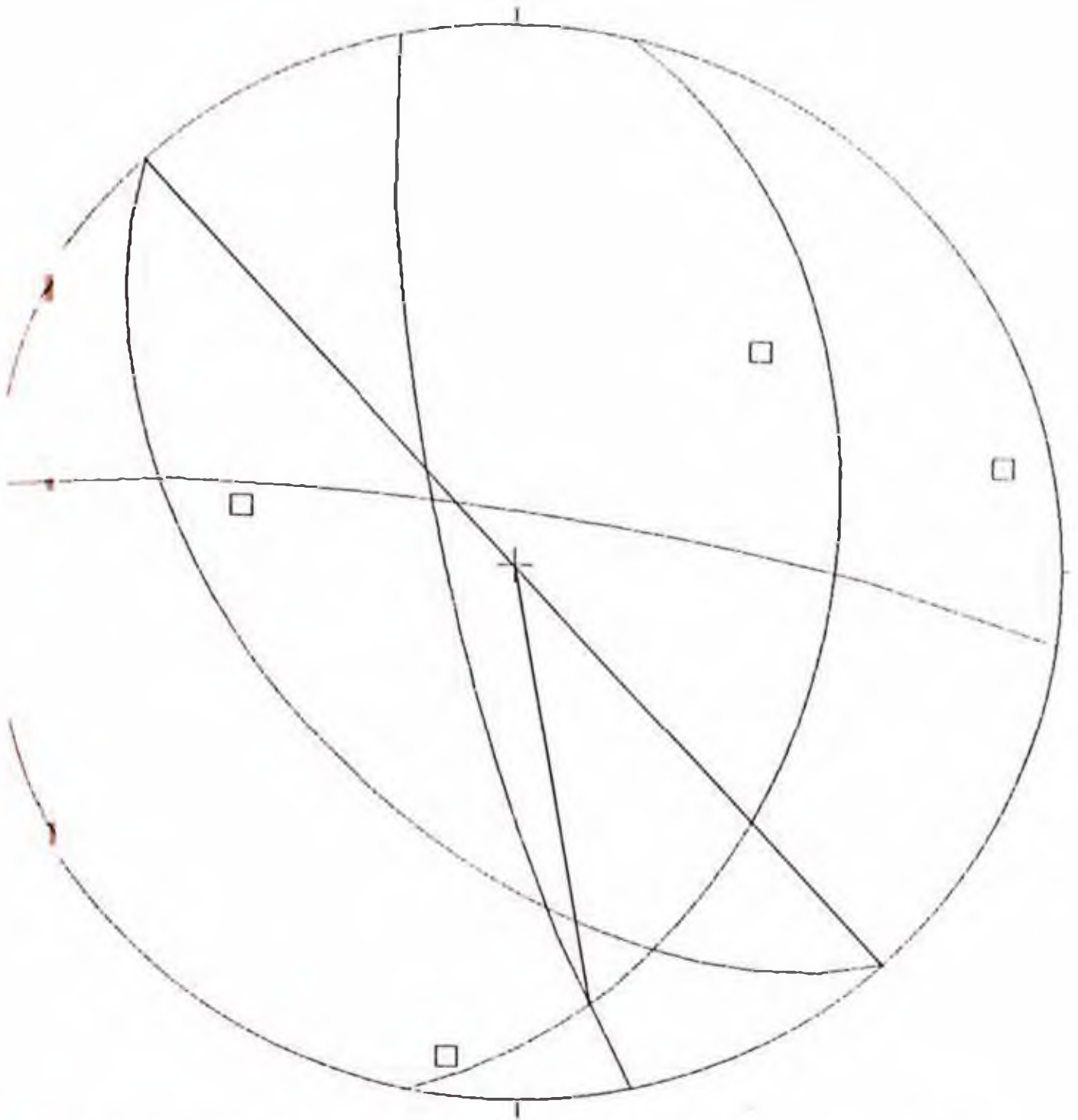
LEGEND (for first 9 intervals)

□	1- 2	▣	11- 12
▢	3- 4	▤	13- 14
▧	5- 6	▥	15- 16
▨	7- 8	▦	17- 18
▩	9- 10		

Contour Method: Schmidt (1925)  
Counting Area: 0.010  
Contour Interval: 2% Points per 1% Area  
Maximum Contour: 10

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals

BANCO No 2 - GLACIAR DGA2 - LAG. CHUSPICOCHA  
North



EQUAL AREA PROJECTION

BANCO No 2 - GLACIAR DGA2 - LAG. CHUSPICOCHA

PLOT by Barton Software

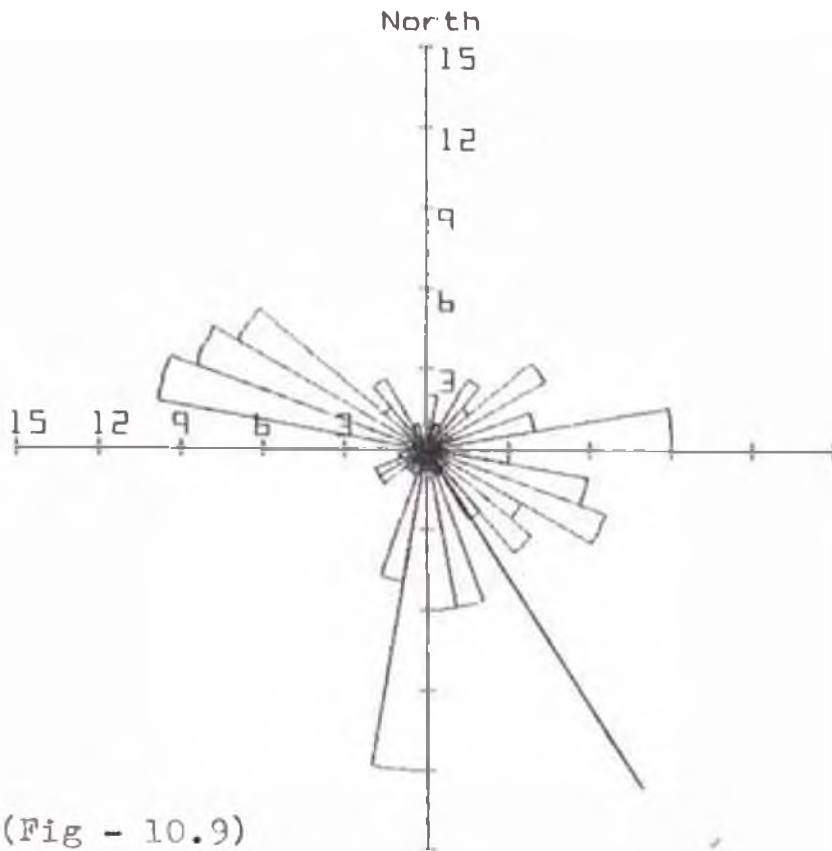
Symbol

4 Points

4 Points Total

Fig - 10.8

ROSE DIAGRAM OF FOLE TREND FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACIAR-DGA2



(Fig - 10.9)

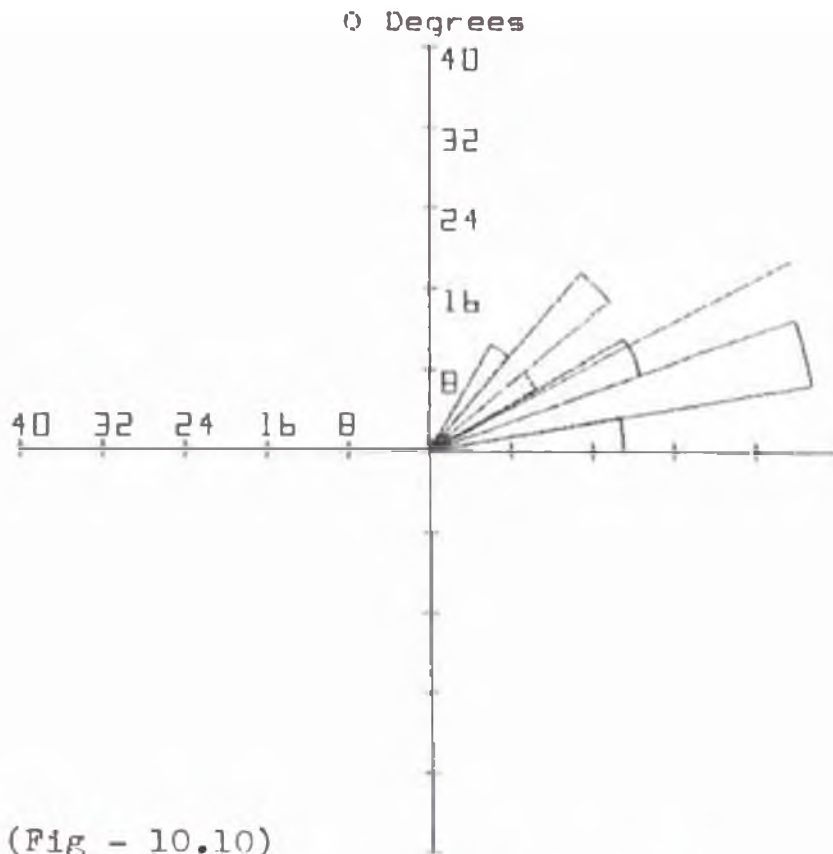
127 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 148 degree(s)  
 Angular Dev. = 36.79  
 Resultant = 0.175

REKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	2	2	180-189	12	9
10- 19	1	1	190-199	5	4
20- 29	1	1	200-209	1	1
30- 39	3	2	210-219	1	1
40- 49	2	2	220-229	1	1
50- 59	5	4	230-239	2	2
60- 69	1	1	240-249	2	2
70- 79	4	3	250-259	1	1
80- 89	9	7	260-269	0	0
90- 99	3	2	270-279	0	0
100-109	6	5	280-289	10	8
110-119	7	6	290-299	9	7
120-129	4	3	300-309	8	6
130-139	5	4	310-319	2	2
140-149	3	2	320-329	3	2
150-159	1	1	330-339	1	1
160-169	6	5	340-349	0	0
170-179	6	5	350-360	0	0

ROSE DIAGRAM OF DIP ANGLE FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO #2ROCA BASE - GLACIAR.DGA 2



(Fig - 10.10)

127 Data Points

Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 62 degree(s)  
 Angular Dev. = 8.28  
 resultant = 0.958

• BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

ange (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	0	0	50- 59	12	9
10- 19	0	0	60- 69	22	17
20- 29	1	1	70- 79	38	30
30- 39	12	9	80- 90	19	15
40- 49	23	18			

SPLOT by Darton Software

### 10.3.3. BANCO N° 1 ROCA BASE DEL GLACIAR DGA5 Nev HUAYTA PALLANA Y LAZUNTAY-LAGUNA LAZUNTAY

Este banco forma parte de la roca base de la lengua glaciar DGA5 cuyo frente glaciar se encuentra en contacto con la laguna LAZUNTAY, el mapeo litoestructural se realizó en el sector posterior sureste adyacente a la laguna. Cuadros N°s 10.16 al 10.21.

Las características estructurales de las fracturas más frecuentes son dadas en el cuadro 10.15.

CUADRO 10.15

	RUMBO	BUZAMIENTO
SET N° 1	N 48°W	70° SW
SET N° 2	N 64°E	54° SE
TALUD	S 47°W	70° SW

Del análisis de los diagramas (Fig. 10.11 al 10.15) se determinó que el sistema preferencial de las fracturas coincide con la dirección de los agrietamientos y fracturas en la lengua glaciar y con fuertes buzamientos hacia la laguna.

La ubicación de las zonas de mayor densidad de polos en el diagrama estereográfico y la disposición de los principales sets indican la presencia bien definidas de fallamientos tipo cuña con buzamientos fuertes hacia talud.

Creando de esta manera taludes potencialmente inestables, esto es reflejado por la

zona de inestabilidad donde está existiendo en la actualidad continuas caídas de bloques de rocas y nieve hacia la laguna de proporciones relativamente menores.





CUADRO N° 10.17

No DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificacion																									
	Falla				X	X														X						
	Fractura	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
DESARROLLO	Contacto																									
	Plano			X				X							X	X				X						
	Ondulado																									
SUPERFICIE	Curva																									
	Irregular	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X						
	Rugosa		X			X	X		X	X	X	X	X					X		X	X					
ADIRACION	Poco Rugosa	X		X				X						X	X	X		X	X	X						
	Lisa																									
	Espejo de Falla				X	X													X							
DIRECCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3																									
	A2	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X					
A1																										
ABIERTO		X	X		X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					
CON ELLENOS	Micaceo	X			X	X	X				X			X			X			X						
	Arcilloso																									
	limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso		X						X	X	X		X	X			X	X	X		X	X				
MICOLA	Milonitico																									
	Oxidacion	X								X	X	X	X					X	X	X	X					
CERRADA	Arcilla		X		X	X	X		X				X			X	X	X								
ESPESOR DEL ELLENO	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.																									
	5 a 10 mm.			X				X	X	X											X					
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
PERISTENCIA	> 50 mm.																									
	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo		X					X							X						X					
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta																									
5.0 a 1.0 m Muy alta																										
BUZAMIENTO Y RUMBO		N188°-86°SE	N34°-81°NW	N30°-82°NW	N125°-64°SW	N152°-73°NE	N153°-79°NE	N143°-72°SW	N53°-58°SE	N71°-58°SE	N80°-64°SE	N121°-44°SW	N152°-76°NE	N06°-48°SW	N91°-56°SW	N213°-85°SE	N65°-65°SE	N170°-86°SW	N110°-86°NE	N01°-57°SE	N07°-69°SW	N100°-64°SW	N236°-65°SE	N92°-61°NE	N105°-57°SW	N120°-76°NE

UBICACION: ROCA BASE DEL GLACIAR EN EL SECTOR IZQUIEDO DE LA LAGUNA LAZUNTAY.  
 ALTITUD: 4,810  
 ROCA: GNEIS Y ESQUISTOS.  
 OBSERVACIONES: DIRECCION GENERAL UNA FALLA.

CUADRO Nº 10.18

No DE LA DISCONTINUIDAD																																						
DISTANCIA (m)																																						
TIPO	Estratificación																																					
	Falla																																					
BARRILLO	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
	Contacto																																					
	Plano					X					X	X																										
	Ondulado																				X																	
SUPERFICIE	Curva																				X																	
	Irregular	X	X	X		X	X	X	X		X		X	X	X	X		X			X	X																
	Rugosa	X	X				X				X			X	X		X					X	X															
INTERACION	Poco Rugosa				X	X	X		X	X	X			X		X	X					X	X															
	Lisa					X					X																											
	Espejo de Falla																				X																	
LA ZONA	A4																																					
	A3																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LA DISCONTINUIDAD	A2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
	A1																																					
ABIERTO		X	X			X	X		X	X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X															
CON RELLENO	Micáceo			X																		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X			
	Arcilloso																																					
	limoso																																					
	Arenoso																																					
	Cuarzoso	X				X	X		X	X		X											X	X		X	X		X	X								
	Milonítico																																					
FILICULA	Oxidación			X		X	X		X	X		X		X											X	X		X	X									
	Arcilla	X																				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CERRADA				X	X		X					X	X		X		X	X	X	X		X		X														
ESPESOR DEL RELLENO	Hasta 1 mm.			X		X					X	X		X	X	X	X		X				X															
	1 a 5 mm.			X																		X												X				
	5 a 10 mm.			X																																		
	10 a 20 mm.																																					
	20 a 50 mm.																																					
	> 50 mm.																																					
ASISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo			X		X					X		X		X		X		X		X		X															
	0.5 a 1.0 m Bajo			X		X					X		X		X		X		X		X		X															
	1.0 a 3.0 m Mediana			X																				X		X		X		X		X		X		X		
	3.0 a 5.0 m Alta																																					
	5.0 a 1.0 m Muy alta																																					
BUZAMIENTO Y RUMBO		N96°-46°SE	N160°-74°SW	N207°-46°SE	N121°-92°NE	N165°-72°NE	N114°-63°SW	N105°-58°SW	N60°-64°SE	N63°-55°SE	N70°-64°SE	N123°-60°SW	N185°-77°NW	N123°-70°NE	N91°-38°NE	N92°-46°NE	N98°-41°SW	N106°-23°SW	N110°-61°SW	N125°-69°SW	N269°-15°NW	N79°-90°	N243°-90°	N263°-40°SE	N105°-61°NE	N133°-45°SW												
UBICACION :																																						
ALTITUD :																																						
ROCA :																																						
OBSERVACIONES :																																						

CUADRO Nº 10.19

No DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación																									
	Falla											X														
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Contacto																									
DESARROLLO	Plano						X	X																		
	Ondulado											X	X	X												
	Curva																X	X								
SUPERFICIE	Irregular	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Rugosa	X											X	X	X											
	Poco Rugosa	X	X	X	X	X	X	X	X																	
	Lisa																X	X	X	X						
ALTERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	Espejo de Falla											X														
	A4																									
	A3	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	A2	X	X	X						X																
CON RELLENO	A1																									
	ABIERTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Micáceo	X						X	X	X																
	Arcilloso																									
	limoso																									
	Arenoso																									
PELICULA	Cuarzoso						X	X	X	X	X															
	Milonítico																X									
	Oxidación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
ESPESOR DEL RELLENO	Arcilla											X	X													
	CERRADA	X	X						X																	
	Hasta 1 mm.	X	X						X																	
	1 a 5 mm.																									
	5 a 10 mm.																									
	10 a 20 mm.																									
PERSISTENCIA	20 a 50 mm.																									
	> 50 mm.																									
	Hasta 0.5 m Muy bajo											X	X													
	0.5 a 1.0 m Eajo											X														
BUZAMIENTO Y RUMBO	1.0 a 3.0 m Mediana						X																			
	3.0 a 5.0 m Alta	X																								
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
ROCA :																										
OBSERVACIONES :																										
		N130°-74° SW	N137°-66° NE	N34°-49° SE	N54°-56° SE	N130°-85° NE	N136°-83° NE	N28°-53° SE	N137°-83° NE	N132°-71° SW	N130°-85° SW	N55°-55° SE	N55°-56° SE	N142°-78° NE	N190°-84° NW	N124°-71° SW	N128°-77° SW	N69°-50° SE	N55°-43° SE	N135°-50° NE	N145°-78° NE	N113°-43° SW	N184°-87° SE	N114°-65° SW	N161°-49° NE	N74°-80° SE



Contents of file: splot.dat

File: "FRECUENCIA DE FRACTURAS - BANCO # 1RUCA BASE - GLACIAR-DGA5

File type: Planar

Number of data pairs: 124

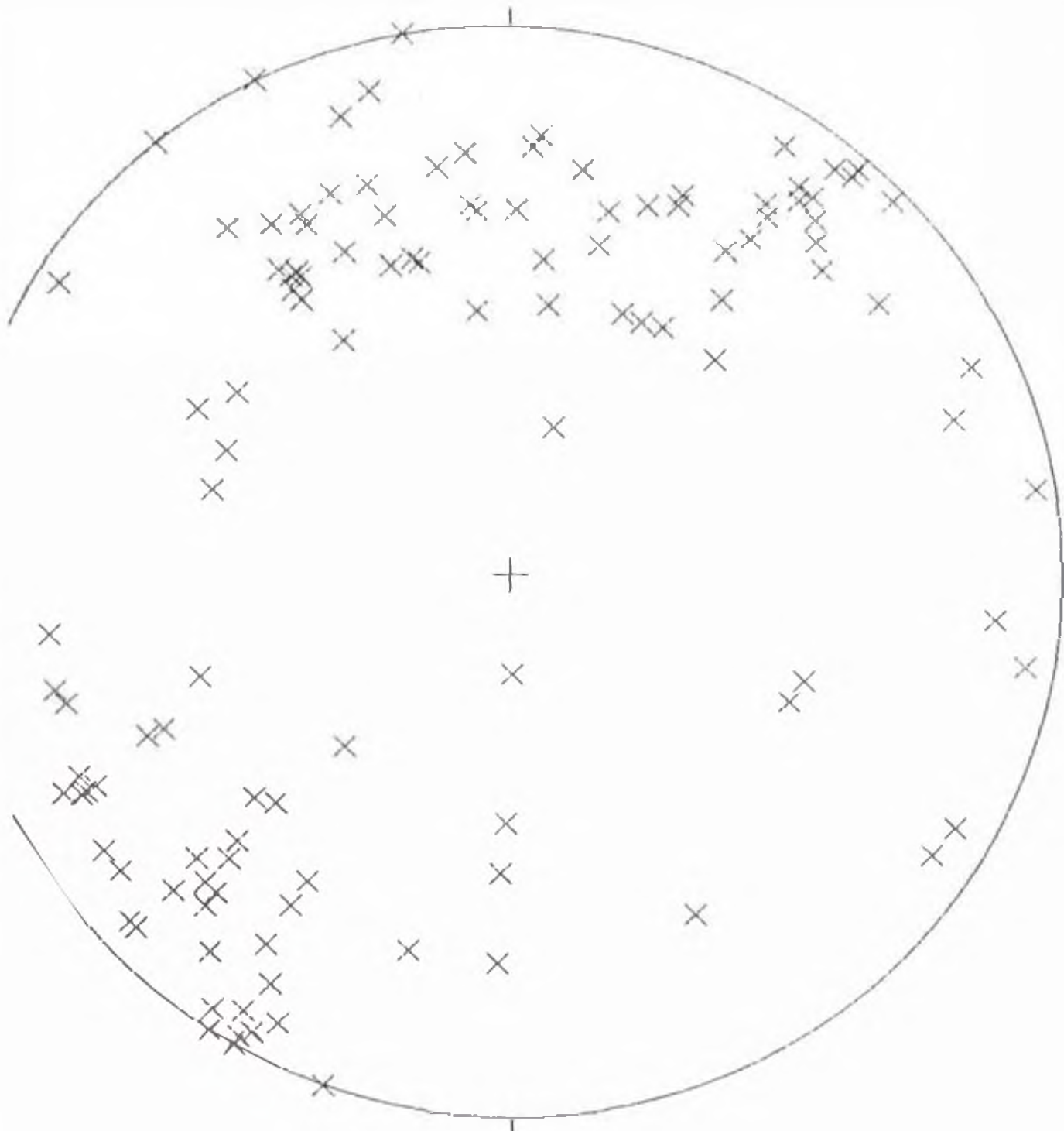
TABLE N° 10.21

---

.52	316,73	73,50	308,77	70,77
0,90	300,88	60,62	297,82	200,47
2,71	53,54	135,68	242,60	93,67
3,90	127,53	334,75	303,90	122,82
5,84	312,68	314,62	304,86	314,68
6,6	214,81	210,82	125,64	332,73
3,79	143,72	53,58	71,58	80,64
1,44	332,76	96,48	91,56	33,85
6,65	170,86	299,86	84,57	94,69
0,64	56,65	272,61	105,52	300,76
4,46	160,74	24,46	301,83	345,73
6,63	105,58	60,64	63,55	70,64
3,60	185,77	303,70	271,38	272,46
4,41	106,23	110,61	125,69	269,15
6,90	63,90	83,40	285,61	133,45
0,74	317,66	34,49	54,56	130,85
6,83	28,53	317,83	132,71	130,85
6,55	55,56	322,78	190,84	124,71
6,77	69,50	55,43	315,50	325,78
13,43	4,87	114,65	341,49	74,80
5,58	335,61	155,81	51,69	343,72
2,75	343,82	85,56	126,77	127,75
6,87	51,90	130,87	315,59	205,46
6,66	117,43	303,62	352,72	290,90
6,49	318,52	303,57	313,36	

---

"FRECUENCIA DE FRACTURAS - BANCO # 1ROCA BASE - GLACIAR DGA5  
North



EQUAL AREA PROJECTION

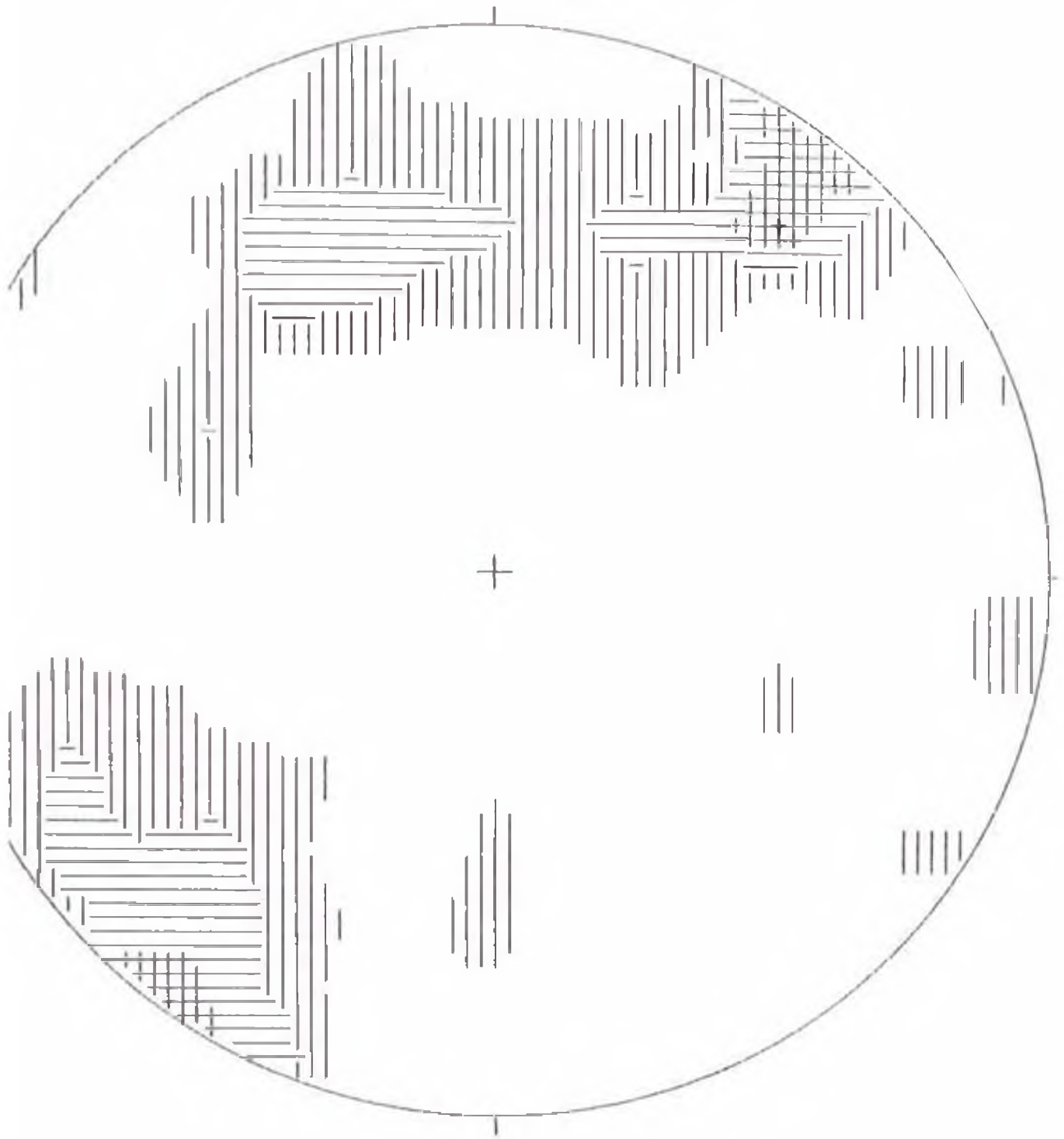
Symbol

" FRECUENCIA DE FRACTURAS - BANCO # 1ROCA BASE - G 124 Points x  
124 Points Total

by Darton Software

Fig - 10.11

"FRECUENCIA DE FRACTURAS - BANCO # 1ROCA BASE - GLACIAR-DGAS  
North



(Fig - 10.12) 124 Points

LEGEND (for first 9 intervals)

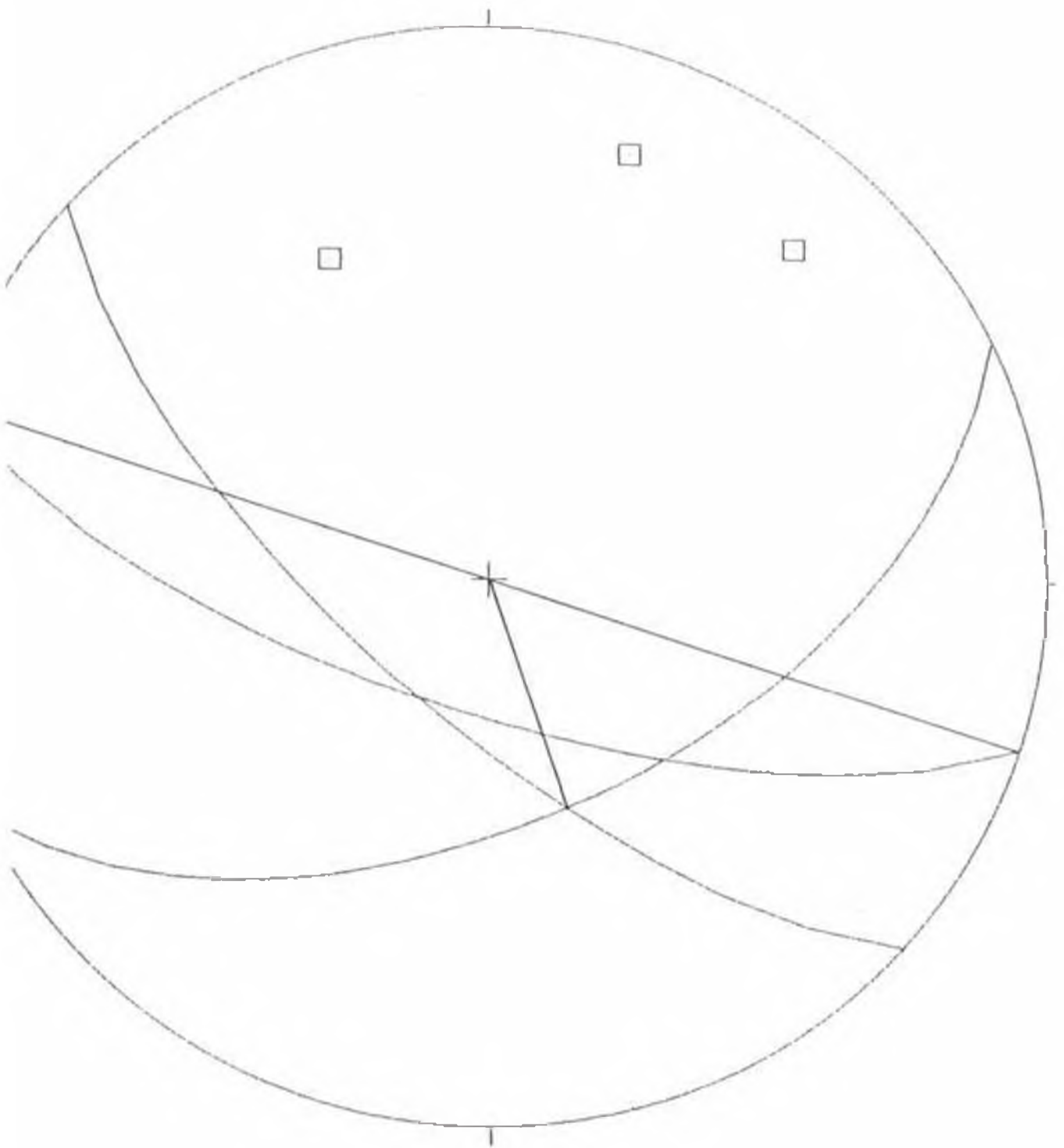
□	1- 2	⊞	11- 12
▢	3- 4	⊠	13- 14
⊞	5- 6	⊡	15- 16
⊠	7- 8	■	17- 18
⊡	9- 10		

Contour Method: Schmidt (1925)  
Counting Area: 0.010  
Contour Interval: 2% Points per 1% Area  
Maximum Contours: 8

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals



BANCO No 1 -- GLACIAR DGAS -- LAG. LAZUNTAY  
North



UAL AREA PROJECTION

N No 1 - GLACIAR DGAS - LAG. LAZUNTAY

T Darton Software

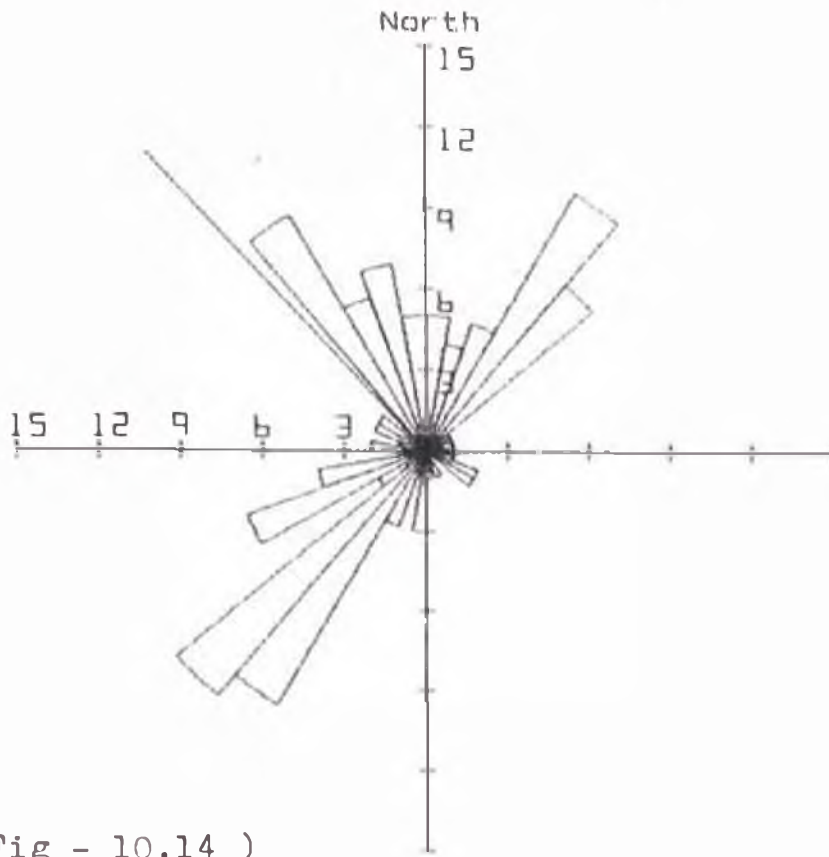
Symbol

3 Points

3 Points Total

Fig - 10.13

ROSE DIAGRAM OF POLE TREND FOR  
 "FRECUENCIA DE FRACTURAS - BANCO # 1ROCA BASE - GLACIAR- DGAS



( Fig - 10.14 )

124 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 317 degree(s)  
 Angular Dev. = 34.91  
 Resultant = 0.257

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	5	4	180-189	3	2
10- 19	4	3	190-199	1	1
20- 29	5	4	200-209	3	2
30- 39	11	9	210-219	11	9
40- 49	8	6	220-229	12	10
50- 59	1	1	230-239	2	2
60- 69	1	1	240-249	7	6
70- 79	1	1	250-259	4	3
80- 89	1	1	260-269	1	1
90- 99	1	1	270-279	2	2
100-109	1	1	280-289	1	1
110-119	2	2	290-299	2	2
120-129	2	2	300-309	2	2
130-139	0	0	310-319	0	0
140-149	0	0	320-329	10	8
150-159	1	1	330-339	6	5
160-169	0	0	340-349	7	6
170-179	1	1	350-360	5	4

#### 10.3.4. BANCO N° 2 ROCA BASE DEL GLACIAR DGA5 Nev HUAYTA-PALLANA Y LAZUNTAY LAGUNA LAZUNTAY

Este banco corresponde a la roca base del glaciar DGA5, el mapeo litoestructural se realizó en el sector posterior noroeste de la laguna LAZUNTAY.

Las características estructurales dadas en los cuadros 10.23 al 10.28 de los principales SETS son mostradas en el cuadro 10.22:

CUADRO 10.22

	RUMBO	BUZAMIENTO
SET N° 1	N34°W	80° NE
SET N° 2	N58°E	78° NW
TALUD	N28°W	52° SW

Del análisis de los diagramas (Fig. 10.16 al 10.20) se determinó que en este sector, las fracturas se presentan con una orientación coincidente con la dirección general de los nevados (NW) y con fracturas transversales a las anteriores, a la vez que son las direcciones características de las grietas existentes en la lengua glaciar.

El banco presenta una inestabilidad de sus taludes, en este caso no se dan deslizamientos o fallamientos tipo cuñas debido a que su buzamiento vá en contra del talud pero si se presentan fallamientos de sus taludes por basculamiento debido al fuerte buzamiento de las fracturas respecto a sus taludes.

Es por esta razón que en la lengua glaciar las grietas presentan orientaciones NW

con buzamientos casi verticales las cuáles hacen que el sector presente una inestabilidad poniendo en peligro la laguna LAZUNTAY.

CUADRO Nº 10.23

No DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación																									
	Falla	X										X			X	X	X		X		X	X		X		
	Fractura		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X					X	X	X		X	X	X	X	
	Contacto																									
DESARROLLO	Plano			X	X		X						X			X	X	X	X		X	X	X			
	Ondulado											X														
	Curva																									
	Irregular	X	X	X			X		X	X	X		X		X	X				X				X		
SUPERFICIE	Rugosa	X	X	X	X			X		X	X	X		X	X	X				X	X			X		
	Poco Rugosa					X	X	X										X	X		X	X		X		
	Lisa																									
	Espejo de Falla									X			X				X									
ADERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
ABIERTO	A2		X			X									X			X								
	A1																									
CON RELLENO	Micáceo			X	X			X	X	X				X	X	X				X			X	X		
	Arcilloso					X		X									X			X	X					
	limoso																									
	Arenoso	X												X												
	Cuarzoso												X													
	Mi lonítico																				X					
RELICULA	Oxidación	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		
	Arcilla												X			X										
CERRADA	Hasta 1 mm.		X		X			X		X								X								
	1 a 5 mm.		X				X											X								
	5 a 10 mm.				X					X	X															
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
	> 50 mm.																									
PERSISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo																									
	1.0 a 3.0 m Mediana	X					X				X						X									
	3.0 a 5.0 m Alta				X						X															
5.0 a 1.0 m Muy alta																										
BUZAMIENTO Y RUMBO		N301°-77°NW	N275°-39°SE	N187°-59°NW	N296°-82°NE	N297°-88°SW	N205°-65°NW	N310°-88°SW	N227°-64°NW	N307°-82°NE	N239°-62°NW	N305°-82°NE	N221°-72°NW	N140°-80°SW	N125°-77°SW	N142°-76°SW	N314°-81°NE	N212°-51°NW	N226°-45°SE	N222°-52°NW	N147°-86°NE	N308°-85°NE	N238°-57°NW	N235°-54°NW	N285°-82°NE	N163°-54°NE
	UBICACION: ROCA BASE DEL GLACIAR DGA5 EN EL SECTOR DERECHO DE LA LAGUNA LAZUNTAY.																									
	ALTITUD: 4,835 M.S.N.M.																									
	ROCA: GENEIS Y ESQUISTOS DEL COMPLEJO METAMORFICO HUAYTAPALLANA																									
	OBSERVACIONES: PRESENCIA DE UNA FALLA: N125/77°SW.																									





CUADRO Nº 10.26

Nº DE LA DISCONTINUIDAD																							
DISTANCIA (m)																							
TIPO	Estratificación																						
	Falla																						
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Contacto																						
DESARROLLO	Plano	X		X		X		X															
	Ondulado																						
	Curva																						
	Irregular		X		X		X		X	X	X										X	X	
SUPERFICIE	Rugosa				X		X		X	X	X										X	X	
	Poco Rugosa	X	X	X		X		X					X	X		X	X						
	Lisa											X	X	X						X			
	Espejo de Falla																						
GRADACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																						
	A3							X	X	X	X			X							X	X	X
	A2	X		X	X	X	X					X	X		X	X		X	X			X	X
	A1		X																			X	
CONTENIDO	ABIERTO			X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
	Micáceo										X												X
	Arcilloso																	X				X	
	Limoso																						
	Arenoso																						
	Cuarzoso				X	X		X	X	X			X	X	X	X	X		X		X		X
	Milonítico																						
TEXTURA	Oxidación			X		X		X	X	X		X	X	X	X	X				X	X		
	Arcilla				X		X		X									X	X			X	X
ESPESOR DEL RELLENO	CERRADA	X	X	X		X					X						X		X				
	Hasta 1 mm.																	X					
	1 a 5 mm.	X																X					
	5 a 10 mm.		X	X		X					X									X			
	10 a 20 mm.																						
	20 a 50 mm.																						
PERSISTENCIA	> 50 mm.																						
	Hasta 0.5 m Muy bajo																						
	0.5 a 1.0 m Bajo																						
	1.0 a 3.0 m Mediana	X																					
	3.0 a 5.0 m Alta		X	X		X					X							X					
5.0 a 1.0 m Muy alta																						X	
BUZAMIENTO Y RUMBO	N148°-85°SW																						
	N212°-50°NW																						
	N138°-85°NE																						
	N233°-62°NW																						
	N242°-63°SE																						
	N253°-59°NW																						
	N145°-85°SW																						
	N236°-57°NW																						
	N143°-85°NE																						
	N137°-85°SW																						
	N142°-81°NE																						
	N133°-78°SW																						
	N237°-79°NW																						
	N151°-84°NE																						
N223°-66°NW																							
N242°-61°SE																							
N150°-85°NE																							
N252°-63°SE																							
N171°-86°SW																							
N251°-61°SE																							
N214°-66°NW																							
N140°-81°SW																							
UBICACION :																							
ALTITUD :																							
ROCA :																							
OBSERVACIONES :																							



CUADRO N° 10.27

No DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación																									
	Falla																									
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Contacto																									
DESARROLLO	Plano	X	X		X	X	X			X			X	X	X		X				X					
	Ondulado																									
	Curva																									
	Irregular			X			X			X			X			X		X	X	X	X					
SUPERFICIE	Rugosa			X			X	X		X	X			X		X		X	X	X	X					
	Poco Rugosa																									
	Lisa	X	X		X	X						X	X			X					X					
	Espajo de Falla																									
ITERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																									
	A3																									
	A2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
A1																										
ABIERTO		X				X	X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X					
CON RELENNO	Micáceo																									
	Argiloso																									
	Limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso	X								X	X			X	X			X	X		X					
	Milonítico																									
PELICULA	Oxidación	X				X	X		X	X	X					X	X	X		X						
	Arcilla																									
CERRADA		X		X	X	X						X	X			X			X	X						
ESPESOR DEL RELENNO	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.																									
	5 a 10 mm.																									
	10 a 20 mm.	X			X									X							X					
	20 a 50 mm.			X		X								X						X						
	> 50 mm.																									
PERSISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo																									
	1.0 a 3.0 m Mediana	X				X								X					X							
	3.0 a 5.0 m Alta			X	X															X						
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
BUZAMIENTO Y RUMBO		N169°-78°NE	N263°-52°SE	N256°-66°NW	N277°-57°SE	N185°-75°SE	N168°-77°NE	N161°-79°NE	N243°-76°NW	N166°-76°NE	N238°-53°NW	N130°-70°NW	N238°-71°NW	N245°-90°	N243°-78°NW	N148°-72°SW	N235°-75°NW	N153°-61°NE	N243°-73°NW	N145°-73°SW	N240°-81°NW	N235°-85°NW	N215°-66°NW	N137°-72°NE	N232°-82°NW	
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
ROCA :																										
OBSERVACIONES :																										

Contents of file: splot.dat

Title: "DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 2ROCA BASE GLACIAR-DGA5

Data type: Planar

Number of data pairs: 126

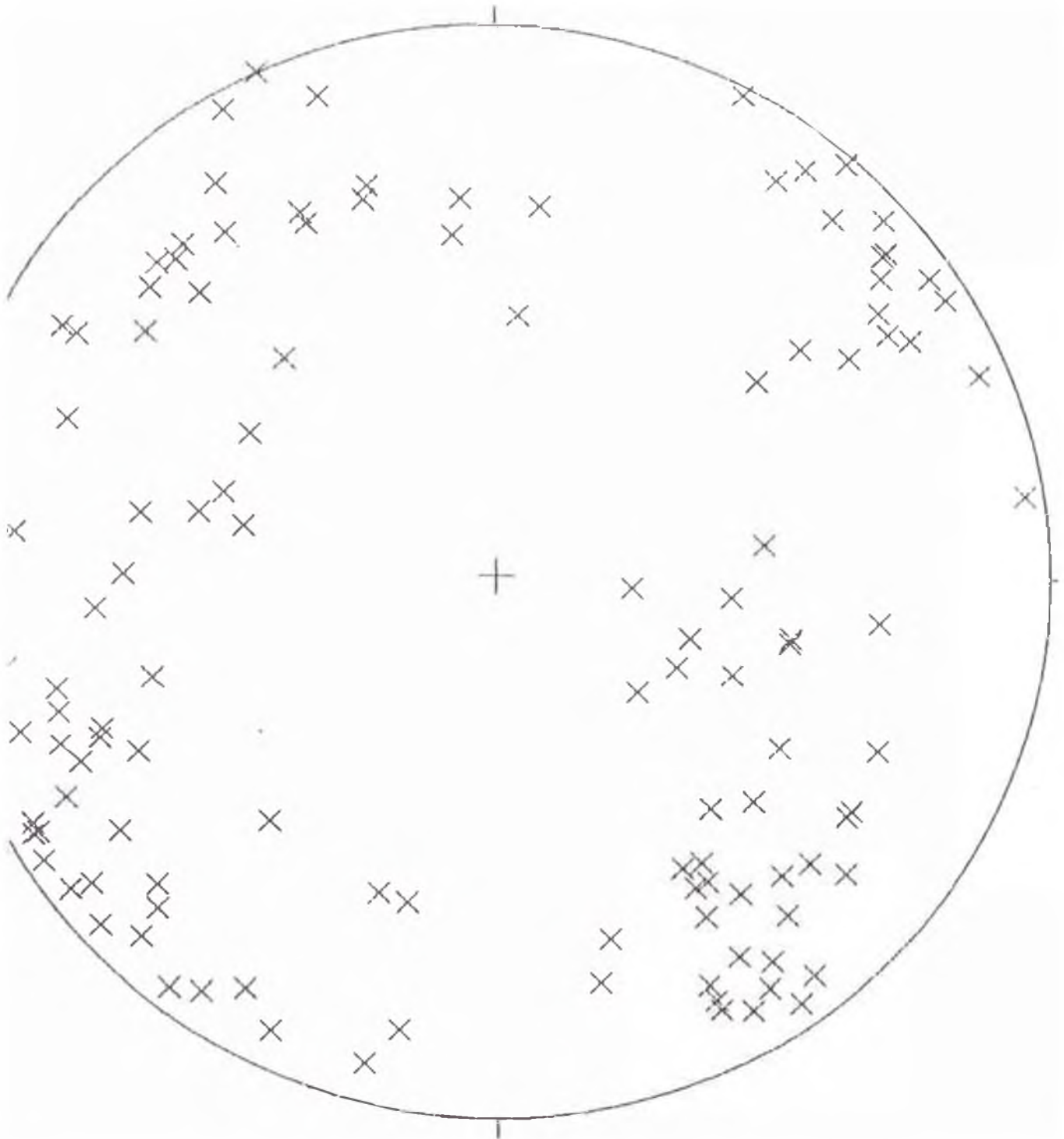
CUADRO N° 10.28

---

101,77	95,39	187,59	296,82	117,88
105,65	130,88	227,64	127,82	239,62
105,82	221,72	140,80	125,77	142,77
114,81	312,51	46,45	222,52	327,86
108,85	238,57	235,54	285,82	343,54
12,67	40,69	47,70	338,73	198,30
103,38	282,74	185,20	220,27	355,61
132,76	337,66	338,65	43,71	193,45
15,69	325,71	157,84	20,70	228,48
135,90	30,75	285,52	345,70	35,65
190,52	143,49	360,56	148,64	44,62
173,40	207,30	55,75	85,58	11,38
143,58	10,54	12,45	150,75	60,86
170,81	335,71	30,78	330,84	185,35
115,75	17,42	30,42	342,71	192,45
148,85	212,50	318,85	233,62	62,63
153,59	145,85	236,57	323,85	137,85
122,81	133,78	237,79	331,84	331,84
131,84	331,84	223,66	62,61	330,85
172,63	171,86	71,61	214,66	140,81
149,78	83,52	256,66	97,57	5,75
148,77	341,79	243,76	346,76	238,53
130,70	238,71	65,90	243,78	148,72
135,75	333,61	243,73	145,73	240,81
135,85	215,66	317,72	232,82	148,72
155,90				

---

"DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 2ROCA BASE GLACIAR DGAS  
North



QUAL AREA PROJECTION

Symbol

GRAMA DE FRACTURAS BANCO # 2ROCA BASE GLAC

126 Points

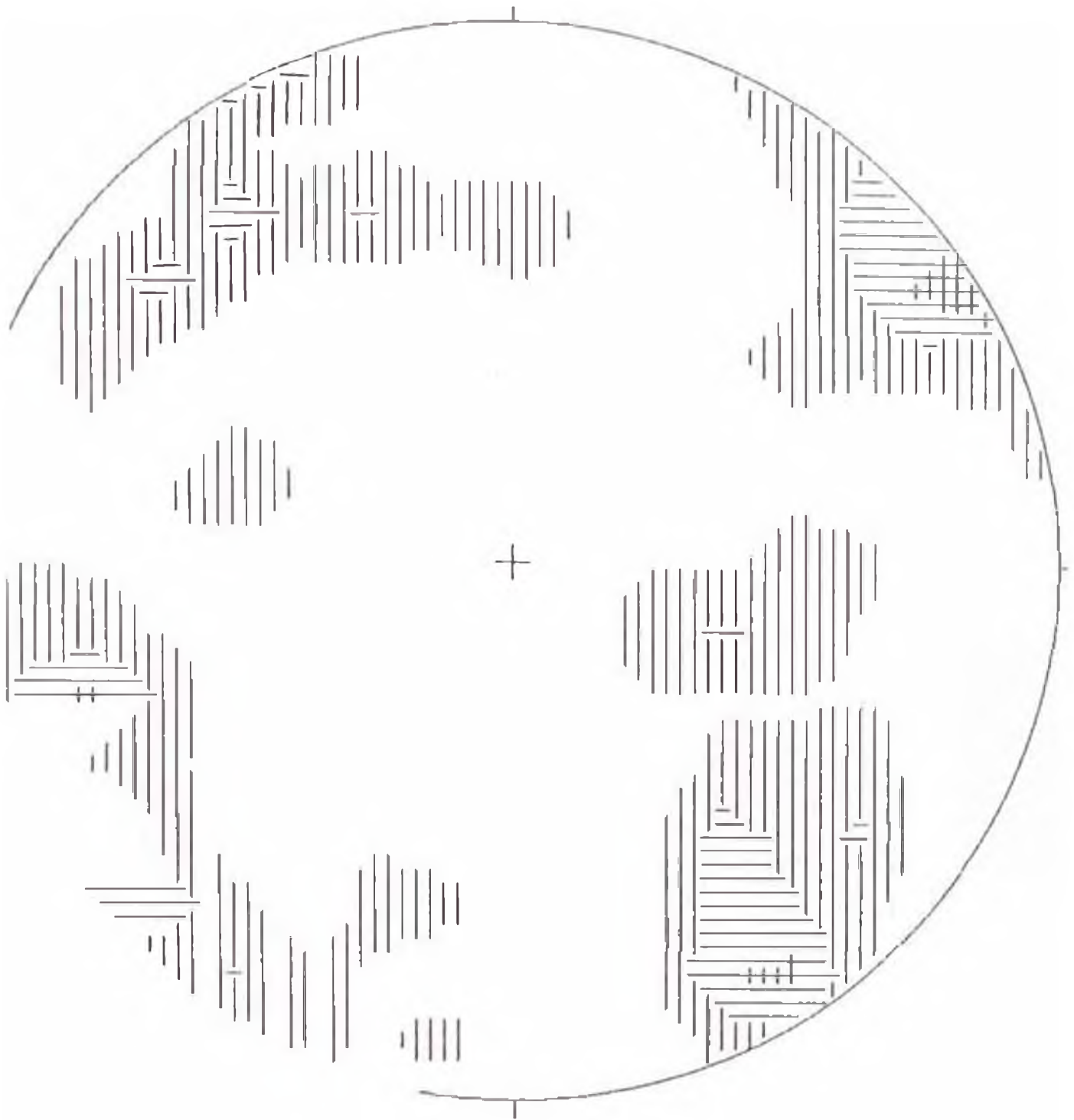
x

126 Points Total

Carton Software

Fig - 10.16

"DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 2ROCA BASE GLACIAR DGA5  
North



(Fig - 10.17) 126 Points

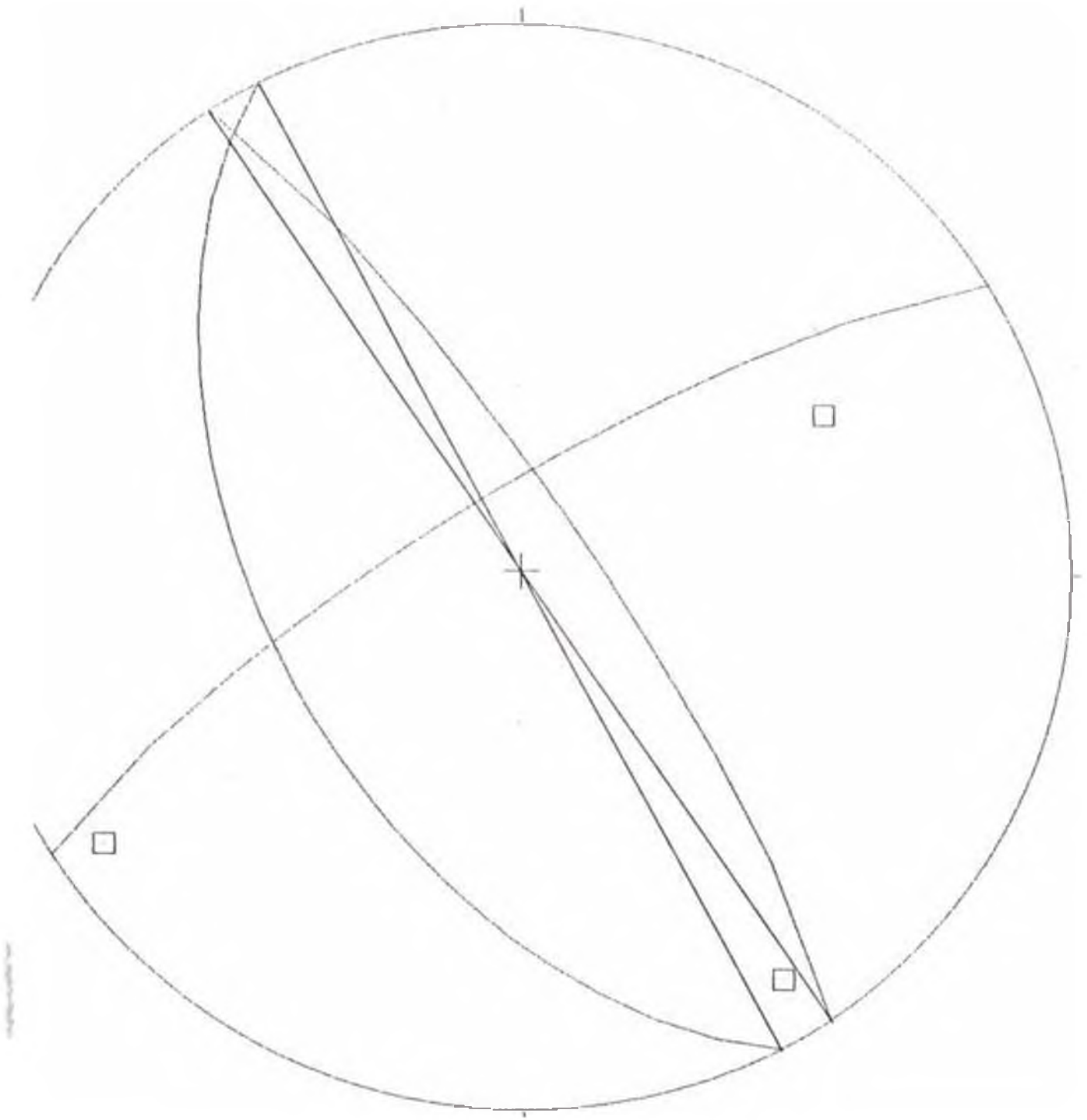
LEGEND (for first 9 intervals)

□	1- 2	▨	11- 12
▤	3- 4	▩	13- 14
▥	5- 6	▧	15- 16
▦	7- 8	■	17- 18
▨	9- 10		

Contour Method: Schmidt (1925)  
Counting Area: 0.010  
Contour Intervals: 2% Points per 1% Area  
Maximum Contours: 8

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals

BANCO No 2 - GLACIAR DBA5 - LAG. LAZUNTAY  
North



EQUAL AREA PROJECTION

Symbol

B BANCO No 2 - GLACIAR DBA5 - LAG. LAZUNTAY

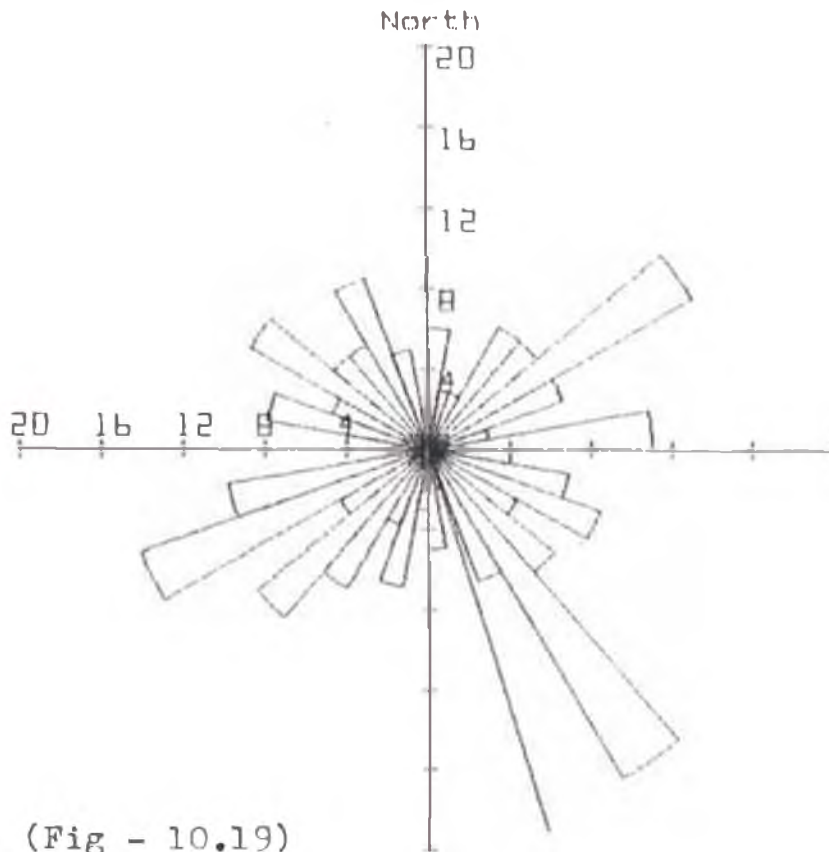
3 Points □

3 Points Total

by Darton Software

Fig - 10.18

ROSE DIAGRAM OF POLE TREND FOR  
 DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO No 2 ROCA BASE GLACIAR DGAS



(Fig - 10.19)

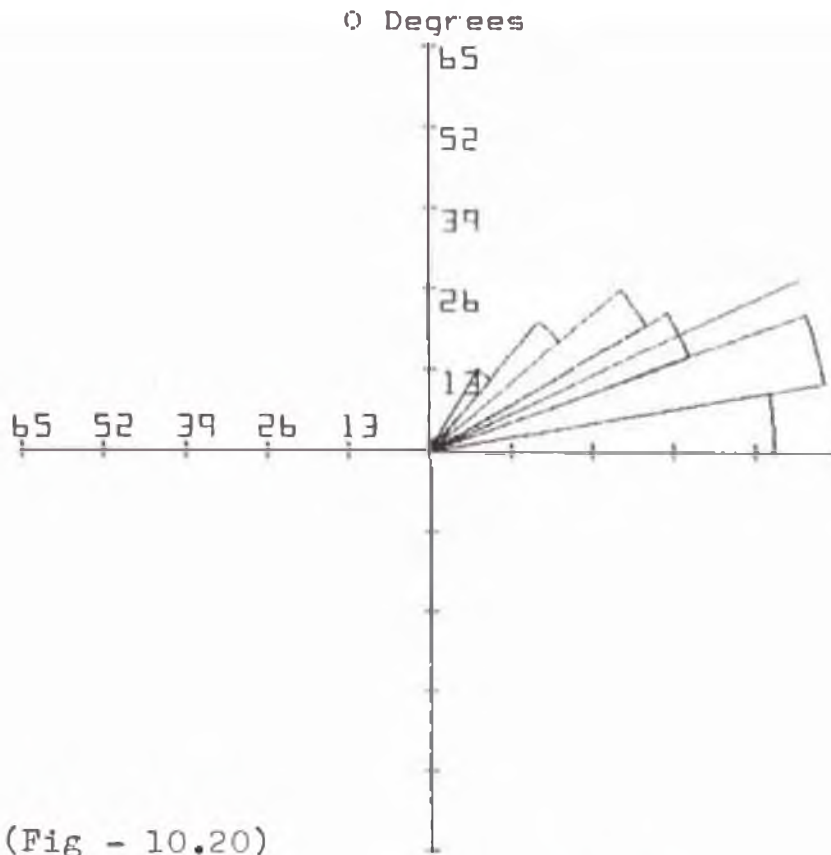
248 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 164 degree(s)  
 Angular Dev. = 39.33  
 Resultant = 0.057

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	6	2	180-189	3	1
10- 19	3	1	190-199	7	3
20- 29	3	1	200-209	4	2
30- 39	7	3	210-219	8	3
40- 49	7	3	220-229	11	4
50- 59	15	6	230-239	5	2
60- 69	7	3	240-249	15	6
70- 79	3	1	250-259	10	4
80- 89	11	4	260-269	2	1
90- 99	4	2	270-279	4	2
100-109	7	3	280-289	8	3
110-119	9	4	290-299	5	2
120-129	5	2	300-309	10	4
130-139	8	3	310-319	6	2
140-149	19	8	320-329	6	2
150-159	7	3	330-339	9	4
160-169	2	1	340-349	5	2
170-179	5	2	350-360	2	1

ROSE DIAGRAM OF DIP ANGLE FOR  
 DIAGRAMA DE FRACTURAS - BANCO No 2 ROCA BASE GLACIAR-DGA5



(Fig - 10.20)

248 Data Points

Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 65 degree(s)  
 Angular Dev. = 7.97  
 Resultant = 0.961

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	1	0	50- 59	40	16
10- 19	0	0	60- 69	44	18
20- 29	2	1	70- 79	64	26
30- 39	15	6	80- 90	55	22
40- 49	27	11			

SFLOT by Darton Software

### 10.3.5. BANCO Nº 1 ROCA BASE DEL GLACIAR DGA1 Nev. CHUSPI LAGUNA RUNICOCHA

Este banco corresponde al farallon de roca geisítica sobre el cual se encuentra emplazada la lengua glaciar DGA1 y el nevado Chuspi en cuya parte terminal se encuentra la laguna RUNICOCHA. El mapeo litoestructural se centró en la parte frontal (Cuadro 10.30 al 10.35).

Las características estructurales de los principales sistemas de fracturas son dadas en el cuadro 10.29.

CUADRO 10.29

	RUMBO	BUZAMIENTO
SET Nº 1	N50ºW	80ºSW
SET Nº 2	N26ºE	56ºSE
TALUD	N18ºW	70ºSW

Mediante el análisis de los diagramas (Fig. 10.21 al 10.25) se determinó que, los sistemas más persistentes de fracturas y fallas presentan direcciones y buzamientos paralelos a las grietas existentes en la lengua glaciar.

En el banco en referencia el fallamiento o deslizamiento de los taludes se generan formando fallas en cuñas esto es notorio en el material rocoso existente en el frente glaciar los cuales han caído de las partes superiores.



CUADRO Nº 10.30

TIPO DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación									X	X	X	X													
	Falla																X	X								
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X					X	X			X	X	X							
	Contacto																									
CARROLLO	Plano	X	X	X		X						X	X		X	X	X	X	X							
	Ondulado				X		X		X	X	X	X					X									
	Curva																									
	Irregular						X						X	X					X							
PERFICIE	Rugosa	X	X	X			X	X	X		X	X	X		X		X	X	X							
	Poco Rugosa																									
	Lisa				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		X								
Espejo de Falla															X											
OPERACION		A4																								
DE LA ZONA		A3																								
DE LA DISCONTINUIDAD		A2																								
		A1																								
ABIERTO		X	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X		X	X							
CON ELLENO	Micaceo	X	X		X			X	X			X		X	X		X	X								
	Arcilloso			X		X				X			X													
	limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso						X									X		X								
FILICULA	Milonítico																									
	Oxidación	X	X		X		X			X	X		X				X		X							
Arcilla				X		X	X				X	X		X	X		X		X							
CERRADA																										
ESPESOR DEL ELLENO	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.																									
	5 a 10 mm.																									
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
> 50 mm.																										
RESISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo																									
	0.5 a 1.0 m Bajo																									
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta																									
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
BUZAMIENTO Y RUMBO		N210°-65°SE	N200°-31°SE	N285°-78°NE	N195°-60°NW	N305°-79°SW	N315°-81°NE	N235°-64°NW	N175°-40°SW	N175°-40°SW	N175°-40°SW	N275°-70°NE	N232°-71°NW	N265°-63°NW	N260°-71°NW	N260°-71°NW	N165°-45°SW	N275°-74°NE	N230°-35°SE	N295°-75°NE	N170°-81°SW	N213°-46°NW	N213°-46°NW	N151°-53°SW	N350°-84°SW	N245°-32°NW
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
ROCA :																										
OBSERVACIONES :																										



CUADRO N° 10.32

TIPO DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTRIBUCION																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación					X												X								
	Falla						X		X		X		X				X									
	Fractura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
MAROLLO	Contacto Plano	X	X	X		X	X		X		X	X	X	X												
	Contacto Ondulado				X											X										
	Contacto Curva																									
SUPERFICIE	Contacto Irregular			X		X	X	X	X	X		X		X		X	X									
	Contacto Rugosa	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Contacto Poco Rugosa																									
DIRECCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	Superficie Lisa			X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Superficie Espejo de Falla						X		X																	
	DIRECCION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A4																								
ESTADO DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	A3	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	A2				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	A1																									
TIPO DE RELLENO	ABIERTO	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Requiere Micáceo	X	X			X		X		X			X				X									
	Requiere Arcilloso			X				X		X							X									
	Requiere Limoso																									
	Requiere Arenoso									X			X	X												
	Requiere Cuarzoso														X		X									
TIPO DE MATRIA	Requiere Milonítico																									
	Requiere Oxidacion Arcilla	X	X			X	X		X				X	X		X	X									
ESTADO DE LA DISCONTINUIDAD	CERRADA				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	Requiere Espesor del Relleno																									
	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.				X		X	X		X		X			X		X									
	5 a 10 mm.					X			X			X			X		X									
	10 a 20 mm.																									
DISTRIBUCION DE LA DISCONTINUIDAD	20 a 50 mm.																									
	> 50 mm.																									
	Hasta 0.5 m Muy bajo				X		X		X			X														
	0.5 a 1.0 m Bajo					X			X			X			X	X	X									
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
DISTRIBUCION DE LA DISCONTINUIDAD	3.0 a 5.0 m Alta																									
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
	BUZAMIENTO Y RUMBO	N191°-38°SE	N190°-54°SE	N192°-45°SW	N240°-86°SE	N250°-81°SE	N155°-71°NE	N233°-62°NW	N236°-57°NW	N143°-85°NE	N245°-61°SE	N140°-81°SW	N277°-57°SW	N230°-70°NW	N245°-80°NW	N243°-78°NW	N285°-75°NW	N137°-72°NE	N128°-77°NE	N120°-88°NE	N60°-62°SE	N53°-54°SE	N135°-68°SW	N123°-82°SW	N188°-88°SE	N160°-74°SW
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
Escala :																										
OBSERVACIONES :																										

CUADRO Nº 10.33

No DE LA DISCONTINUIDAD																										
DISTANCIA (m)																										
TIPO	Estratificación																									
	Falla			X		X			X			X			X				X							
	Fractura	X	X	X		X		X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X						
	Contacto																									
GARRILLO	Plano	X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X		X		X	X						
	Ondulado					X		X							X				X							
	Curva																		X							
	Irregular																			X						
SUPERFICIE	Rugosa	X	X	X		X		X		X		X		X		X		X		X						
	Poco Rugosa																									
	Liza								X		X			X		X		X	X	X						
INTERACION	Espejo de Falla				X		X		X		X				X											
	A4																									
LA ZONA	A3	X	X	X	X		X	X		X		X		X		X		X		X						
	A2					X	X		X		X		X		X	X	X		X	X						
LA DISCON	A1																									
	ABIERTO	X	X		X		X		X		X		X	X	X		X	X	X	X						
CON RELLENO	Micáceo	X	X				X		X		X							X		X						
	Arcilloso				X		X												X							
	limoso																									
	Arenoso																									
	Cuarzoso										X				X		X			X						
	Milonítico				X				X		X						X									
PELICULA	Oxidación	X	X			X					X			X		X		X								
	Arcilla				X		X	X	X		X			X		X		X		X						
CERRADA					X		X		X		X	X				X		X		X						
ESPESOR DEL RELLENO	Hasta 1 mm.																									
	1 a 5 mm.				X		X		X					X			X									
	5 a 10 mm.																			X						
	10 a 20 mm.																									
	20 a 50 mm.																									
	> 50 mm.																									
RESISTENCIA	Hasta 0.5 m Muy bajo				X		X											X								
	0.5 a 1.0 m Bajo							X				X		X					X							
	1.0 a 3.0 m Mediana																									
	3.0 a 5.0 m Alta																									
	5.0 a 1.0 m Muy alta																									
BUZAMIENTO																										
Y																										
RUMBO		N204°-46°NW	N105°-58°SW	N63°-55°SE	N34°-49°SE	N130°-85°NE	N28°-53°SE	N130°-85°SW	N113°-43°SW	N135°-50°NE	N155°-81°SW	N51°-69°SE	N155°-81°SW	N51°-69°SE	N135°-59°NE	N205°-46°NW	N172°-72°NE	N133°-36°NE	N175°-58°SW	N150°-62°SW	N111°-74°NE	N198°-40°NW	N12°-59°SE	N131°-82°SW	N196°-60°NW	N209°-74°NW
UBICACION :																										
ALTITUD :																										
ROCA :																										
OBSERVACIONES :																										

CUADRO N° 10.34

No DE LA DISCONTINUIDAD																							
DISTANCIA (m)																							
TIPO	Estratificacion					X			X							X							
	Falla			X					X					X		X							
	Fractura	X	X	X		X	X		X	X		X	X	X		X							
	Contacto																						
DESARROLLO	Plano	X	X	X		X	X			X	X		X	X	X	X							
	Ondulado				X			X				X				X							
	Curva																						
SUPERFICIE	Irregular			X				X	X			X		X		X							
	Rugosa	X	X	X		X		X	X		X	X	X		X	X							
	Poco Rugosa										X												
	Lisa					X	X		X				X		X	X							
ALTERACION DE LA ZONA DE LA DISCONTINUIDAD	Espejo de Falla			X					X				X										
	A4																						
	A3	X	X	X		X	X		X			X	X			X							
	A2				X			X	X		X	X											
CON RELLENO	A1													X	X	X	X						
	ABIERTO	X	X	X		X	X	X		X		X	X		X	X							
	Micaceo	X			X		X			X		X			X		X						
	Arcilloso		X	X		X			X				X				X						
	limoso																						
	Arenoso																						
PELÍCULA	Cuarzoso							X						X									
	Milonítico																						
ESPESOR DEL RELLENO	Oxidación																						
	Arcilla																						
	CERRADA				X		X			X	X		X	X		X	X						
	Hasta 1 mm.																						
	1 a 5 mm.				X		X				X			X			X						
	5 a 10 mm.									X			X			X							
PERSISTENCIA	10 a 20 mm.									X			X										
	20 a 50 mm.																						
	> 50 mm.																						
	Hasta 0.5 m Muy bajo				X		X					X			X								
	0.5 a 1.0 m Bajo									X		X		X			X						
PERSISTENCIA	1.0 a 3.0 m Mediana												X										
	3.0 a 5.0 m Alta																						
	5.0 a 1.0 m Muy alta																						
BUZAMIENTO Y RUMBO		N135°-78°SW	N235°-32°NW	N168°-51°NE	N03°-71°SE	N305°-64°SW	N314°-78°SW	N352°-59°SW	N300°-82°NE	N300°-82°NE	N275°-67°SW	N275°-67°SW	N272°-34°SW	N285°-56°SW	N335°-52°NE	N41°-46°NW	N265°-39°NW	N196°-39°SW/SE	N282°-56°SW	N353°-66°SW	N295°-51°SW	N70°-40°SE	N345°-41°NE

UBICACION :

ALTITUD :

ROCA :

OBSERVACIONES :

Contents of file: splot.dat

Title: "DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLACIAR-DGA1

Data type: Planar

Number of data pairs: 122

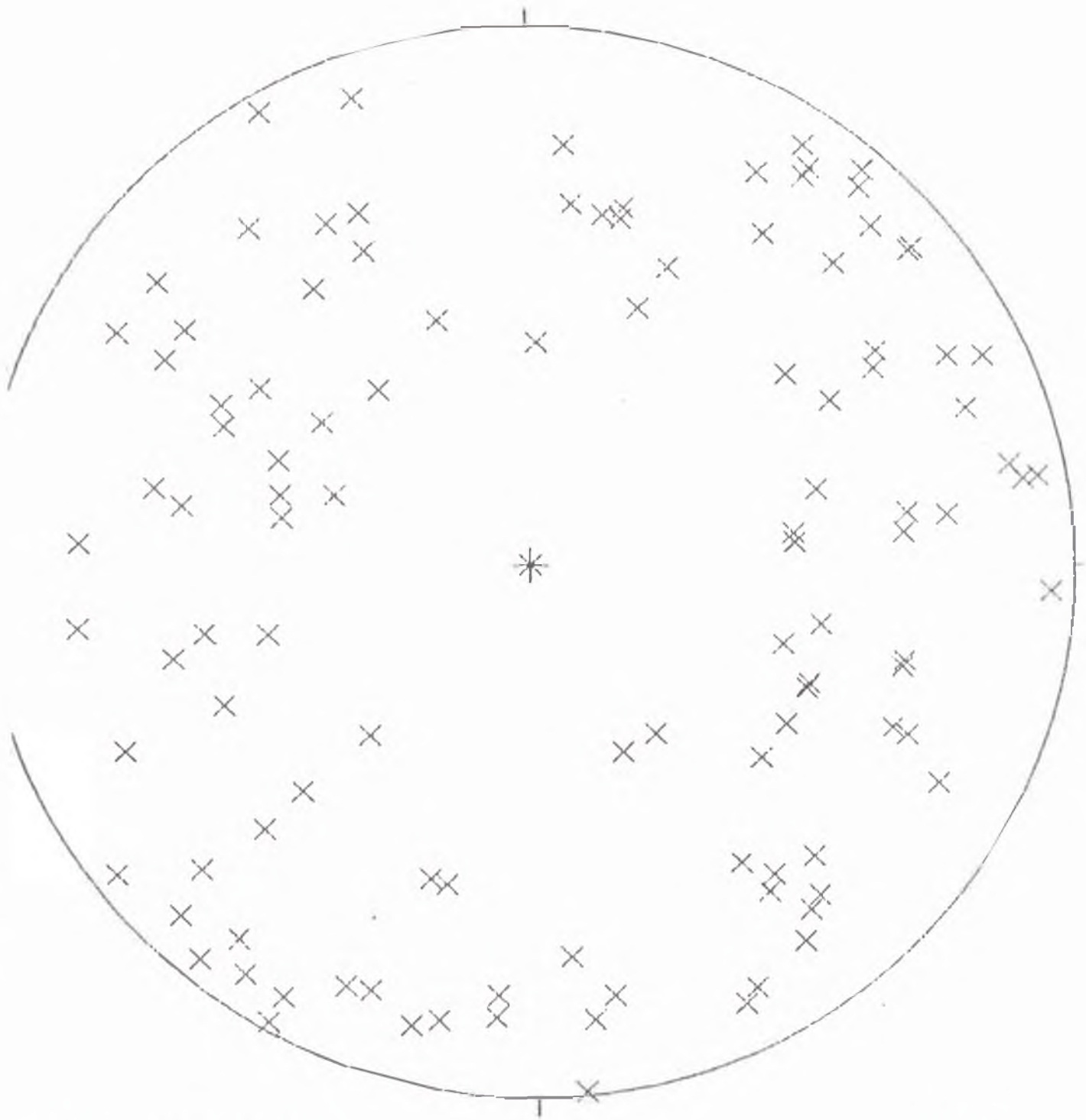
CUADRO N° 10.35

---

30,65	20,31	285,78	195,60	125,79
315,81	235,64	175,40	175,40	175,40
275,70	232,71	265,63	260,71	260,71
165,45	275,74	50,35	294,75	170,81
213,46	213,46	151,53	170,84	245,32
282,76	205,65	153,75	120,73	38,74
205,62	288,52	168,79	35,38	345,57
183,85	263,75	23,41	25,51	205,65
227,64	305,82	140,80	125,77	30,75
285,52	35,65	143,49	148,64	173,40
11,38	10,54	192,45	60,86	70,81
335,71	233,62	236,57	323,85	65,61
140,81	97,57	230,70	245,80	243,78
235,75	317,72	308,77	300,88	60,62
53,54	135,68	123,82	8,88	160,74
204,46	105,58	63,55	34,49	310,85
28,53	130,85	113,43	315,50	155,81
51,69	155,81	51,69	315,59	205,46
352,72	313,36	175,58	150,62	291,74
198,40	12,59	131,82	196,60	209,74
135,78	235,32	348,51	3,71	125,64
300,82	172,59	273,0	300,82	95,67
95,67	92,34	105,56	335,52	221,46
265,89	16,39	102,56	173,66	115,51
70,40	345,41			

---

"DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLACIAR-DGA1  
North

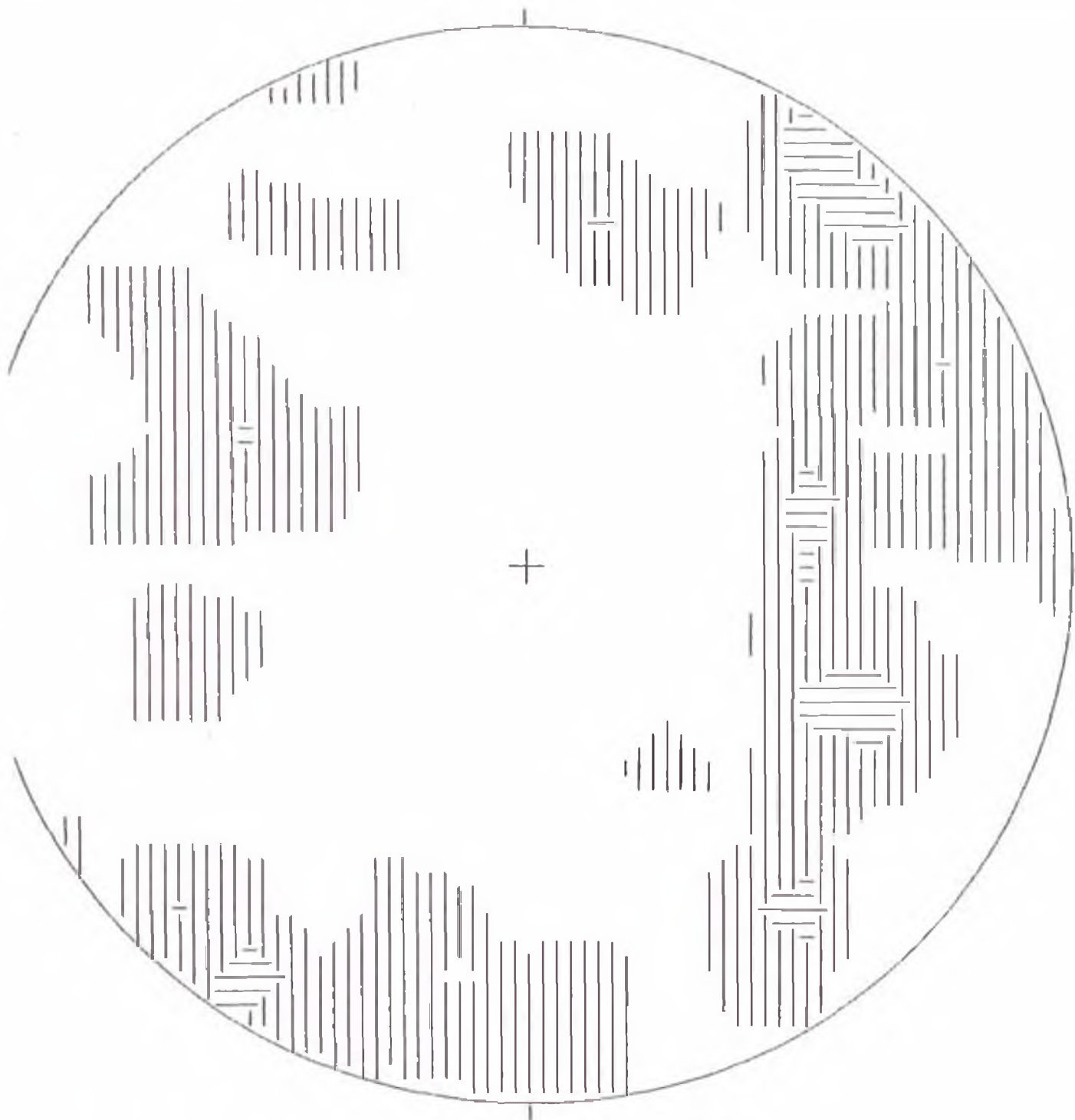


EQUAL AREA PROJECTION	Symbol
'DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLA	-----
122 Points	x
122 Points Total	

T by Darton Software

Fig. - 10.21

"DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLACIAR-DGA1  
North



(Fig - 10.22) 122 Points

LEGEND (for first 9 intervals)

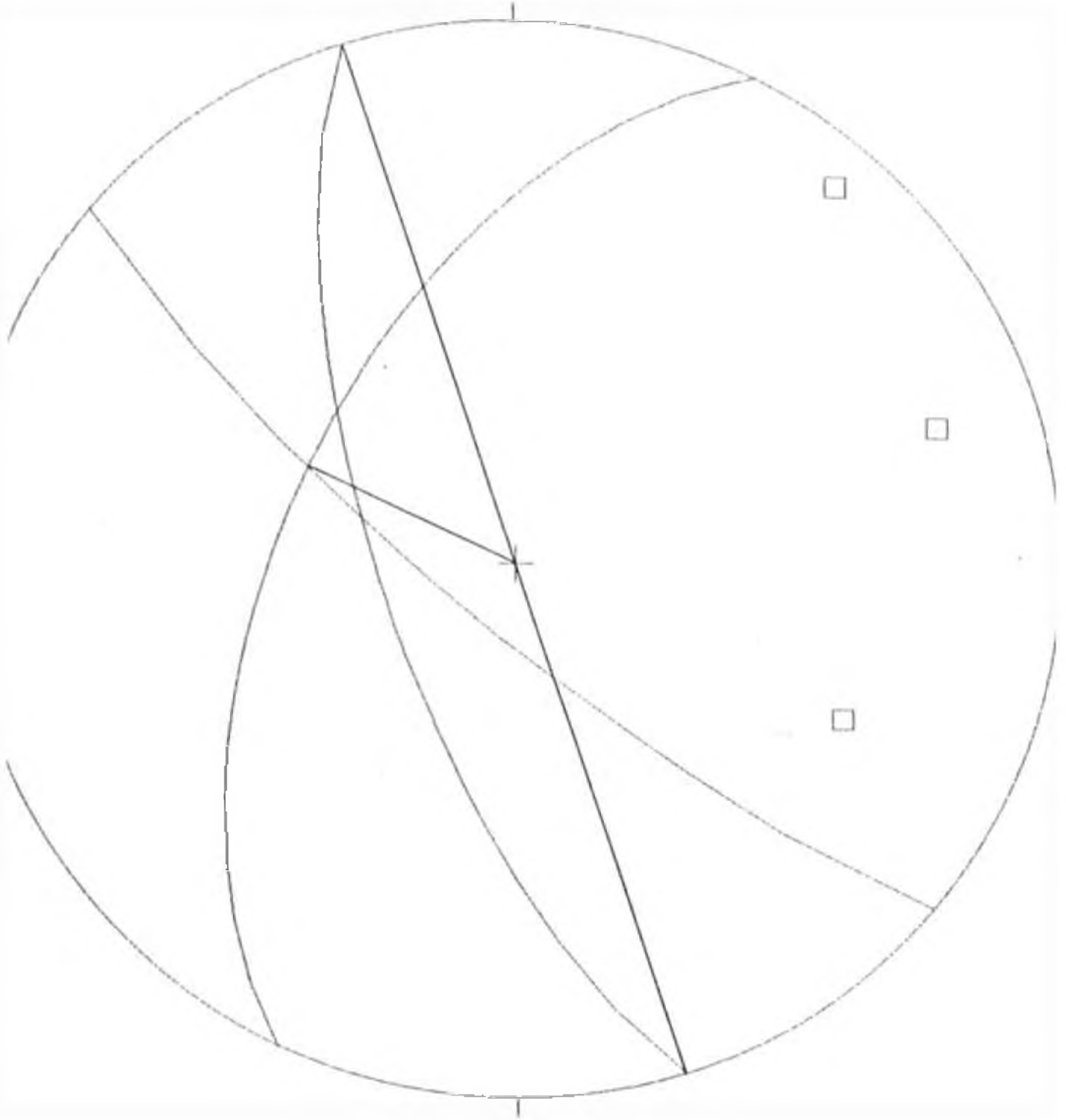
□	1- 2	▨	11- 12
▤	3- 4	▩	13- 14
▥	5- 6	▪	15- 16
▧	7- 8	■	17- 18
▨	9- 10		

Contour Method: Schmidt (1925)  
 Counting Area: 0.010  
 Contour Interval: 2% Points per 1% Area  
 Maximum Contours: 4

NOTE: Contour Patterns Repeat Every 9 Intervals



BANCO No 1 - GLACIAR DGA1 - LAG. RUNICOCHA  
North



EQUAL AREA PROJECTION

Symbol

NCO No 1 - GLACIAR DGA1 - LAG. RUNICOCHA

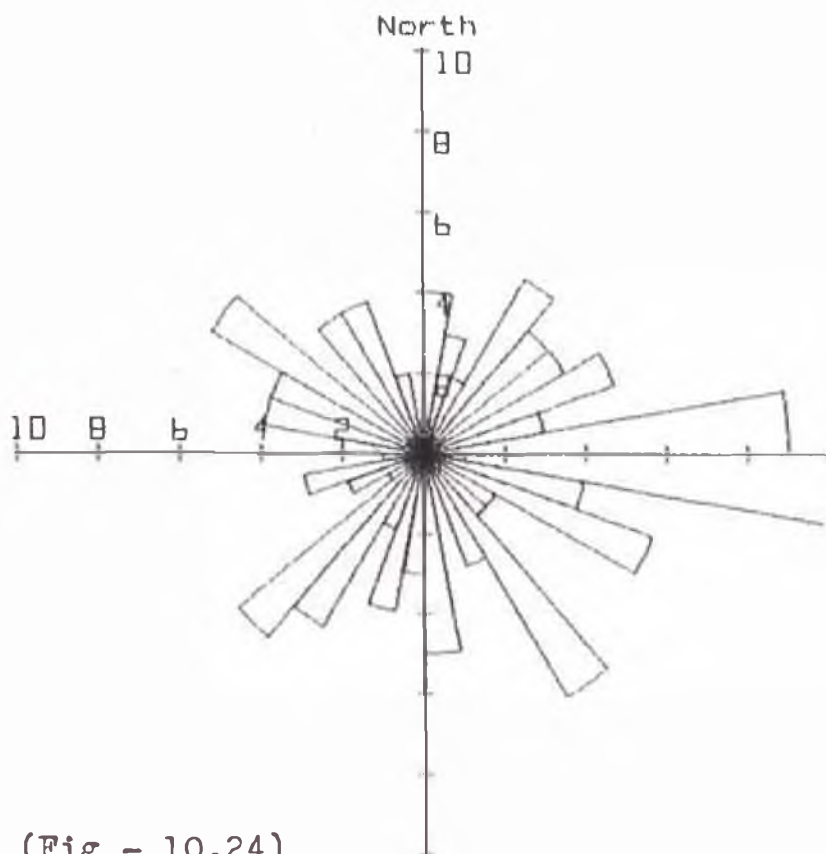
3 Points □

3 Points Total

OT by Darton Software

Fig - 10.23

ROSE DIAGRAM OF POLE TREND FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLACIAR-DGA1



(Fig - 10.24)

122 Data Points

Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 100 degree(s)

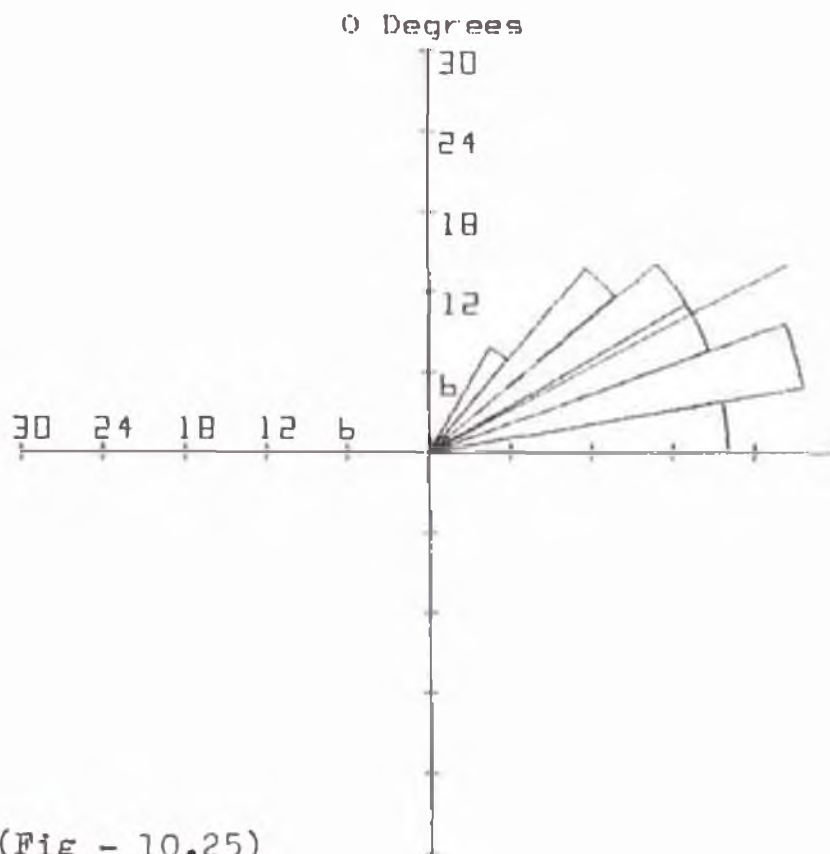
Angular Dev. = 38.57

Resultant = 0.094

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	4	3	180-189	3	2
10- 19	3	2	190-199	4	3
20- 29	2	2	200-209	2	2
30- 39	5	4	210-219	5	4
40- 49	4	3	220-229	6	5
50- 59	4	3	230-239	1	1
60- 69	5	4	240-249	2	2
70- 79	3	2	250-259	3	2
80- 89	9	7	260-269	1	1
90- 99	1	1	270-279	2	2
100-109	4	3	280-289	4	3
110-119	6	5	290-299	4	3
120-129	2	2	300-309	6	5
130-139	2	2	310-319	0	0
140-149	7	6	320-329	4	3
150-159	3	2	330-339	4	3
160-169	0	0	340-349	2	2
170-179	5	4	350-360	0	0

ROSE DIAGRAM OF DIP ANGLE FOR  
 "DIAGRAMA DE FRACTURAS BANCO # 1ROCA BASE GLACIAR-DGA1



(Fig - 10.25)

122 Data Points  
 Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 63 degree(s)  
 Angular Dev. = 8.12  
 Resultant = 0.960

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	1	1	50- 59	22	18
10- 19	0	0	60- 69	22	18
20- 29	0	0	70- 79	28	23
30- 39	9	7	80- 90	22	18
40- 49	18	15			

SPLIT by Darton Software

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se ha determinado que las principales causas que ocasionan catástrofes aluviónicas en la cuenca del río Shullcas generadas en el área glaciar del nevado Huaytapallana son de dos tipos principalmente:

- A) Avalanchas masivas de hielo y rocas desprendida de glaciares colgados producidos tanto por la dinámica del hielo en sí o por influencia de movimientos sísmicos asociado a factores climáticos morfológicos y geológicos como fue el caso de la avalancha del 28 de Diciembre de 1990.

El área glaciar DGA2 comprendida entre los nevados Talves y la cumbre del nevado Huaytapallana Norte se presenta como una de los más activos en cuanto a la generación de avalanchas de este tipo. Esto se debe fundamentalmente a las características morfológicas de este macizo el cual se encuentra acostado casi verticalmente, esta morfología fue formada por la avalancha que ocasionó el desborde de la laguna Chuspicocha además de la misma dinámica del casquete glaciar que ejerce una acción continua de gelificación sobre la roca base.

Por ello mientras está parte del nevado Huaytapallana no adquiera el talud de reposo adecuado y teniendo como antecedente la avalancha que se generó en el nevado Huaytapallana Norte, la zona será un área crítica suceptible de producir avalanchas masivas altamente destructivas de carácter impredecible en tiempo, magnitud y volumen.

Se debe considerar que en la base del glaciar en mención se encuentran las lagunas Chuspicocha y Ancapua-chanan.

Las observaciones glaciológicas del glaciar DGA2 estaría limitado a una OBSERVACION METODICA Y PERMANENTE, mediante recopilación de información fotográfica repetida por lo menos una vez al año, y si es posible cada cierto número de años por levantamiento aerofotográfico desde la misma altitud de vuelo y con cámaras de distancia focal similar.

- Estas fotografías serían sometidas posteriormente a un análisis con el objeto de seguir la evolución de las grietas de los glaciares, variaciones del límite de los frentes y cambios ocurridos en la zona periglaciar como formación de lagunas, etc.
  - Otra alternativa es la utilización de TOPOGRAFIA TERRESTRE NORMAL, con tomas estereoscópicas desde puntos estratégicamente seleccionados y marcados permanentemente para la repetición anual con cámaras montadas sobre tripodes y con objetivos de la misma distancia focal en cada caso.
- B) Por desprendimientos de bloques de hielo de la lengua terminal de un glaciar colgado o en contacto con la laguna de dique morrénico inestable; con la siguiente ruptura del mismo, asociado a factores sísmicos, climáticos y morfológicos y geológicos, como fue el caso del desborde de la laguna LAZUNTAY en el año de 1969.
- Este tipo de desprendimientos glaciares se dan en el glaciar DGA1 correspondiente al nevado Chuspi en cuya parte terminal se encuentra la laguna RUNICOCHA, también se dá en la lengua glaciar DGA5 correspondiente a

los nevados Lazuntay y Huaytapallana Sur en cuyo frente terminal se encuentra la laguna LAZUNTAY.

Para los cuáles sería recomendable adoptar una metodología de seguir una serie de observaciones y mediciones, de manera que esta información sumamente valiosa sirva para estudios de similares características en toda la cordillera Huaytapallana. Esta información podría consistir básicamente en los siguientes:

- 1) Mediciones de las fluctuaciones del frente glaciar, por lo menos una vez al año.
- 2) Un registro metódico de la ocurrencia de avalanchas por desprendimientos de hielo sobre las lagunas en contacto con el glaciar o de un glaciar colgado.
- 3) Estimación del volumen, recorrido y área de recubrimiento de las avalanchas.
- 4) En caso de avalanchas sobre las lagunas, medición del alcance y altura de las olas producidas, marcas dejadas por el agua en las paredes interiores del dique y del vaso de la laguna.
- 5) Medición diaria de las fluctuaciones del nivel del espejo de la laguna para una estimación del gasto de ingreso de agua. Así como también el aforo en la salida de la laguna.
- 6) Medición diaria de los elementos meteorológicos (Temperatura, Humedad relativa, Precipitación, Vientos, Evaporación etc.) para dichos propósitos es preciso restablecer la estación Pluviométrica Huaytapallana.

- 7) Registro y estimación de volúmenes en caso de producirse deslizamientos de tierras en los taludes internos de las morrenas.
- 8) Un registro fotográfico metódico de la evolución de la laguna, del glaciar en contacto o del glaciar colgado; con un mismo tipo de cámara y con una misma distancia focal, desde puntos seleccionados y marcados. Las tomas deberán efectuarse con la misma orientación.

Será desde todo punto de vista muy importante y necesario, realizar un seguimiento de la evolución de las lagunas en todos sus detalles por medio de un registro fotográfico minucioso, así como mediciones topográficas de las variaciones, preferentemente en las mismas fechas, o con más frecuencia si el caso lo requiere. Esta información sería de gran valor en su momento.

- 9) Es oportuno señalar que la aplicación de la geofísica en sus diferentes modalidades sería un auxiliar indispensable para determinar volúmenes de hielo en un glaciar que signifique una amenaza potencial.

Las fluctuaciones de los frentes glaciares, en los cuáles se ha realizado el control respectivo se ha llegado a determinar que el retroceso promedio son :

GLACIAR	RETROCESO PROMEDIO	(m/año)
DGA1	Nev. Chuspi	15.40
DGA2	Nev. Talves, Huaytapallana	11.30
DGA5	Nev. Huaytapallana, Lazuntay	10.90

Estas mediciones efectuadas muestran que en la presente década, el retroceso de los límites inferiores de los glaciares en la cuenca se ha acentuado como lo demuestran las mediciones de control del glaciar YANAMAREY en la cordillera blanca, donde se ha encontrado un retroceso promedio de 22. Probablemente como consecuencia de cambios climáticos marcados (menor humedad, elevación de la temperatura media y mayor evaporación). Estos trastornos climáticos se reflejan inmediatamente en los glaciares por retrocesos notables en sus frentes y disminución del espesor del hielo; dando lugar a la formación de nuevas lagunas o aparición de charcos y pequeñas lagunas en la parte media como es el caso del glaciar DGA1.

- Es recomendable que el glaciar DGA1 Nev. Chuspi sea considerado como un glaciar monitor, en el cuál se puede hacer las mediciones glaciológicas e Hidrológicas como la fluctuación de los frentes así como el balance de masas, por presentar características morfológicas donde es factible el desarrollo de dichas observaciones, teniendo en consideración que es la lengua glaciar más activa de la cuenca y donde se manifiesta con mayor claridad los fenómenos de la dinámica glaciar. Para la realización del mismo será de fundamental importancia contar con el asesoramiento de la DIVISION DE ESTUDIOS GLACIOLOGICOS de la UNIDAD DE GLACIOLOGIA y RECURSOS HIDRICOS - ELECTROPERU con sede en la ciudad de HUARAZ; considerando que cuenta con los especialistas únicos en el Perú para la ejecución de dichos estudios, con miras a que en un plazo inmediato se establezca una unidad anexa a la anterior para de esta manera hacer, un control de lagunas y glaciares en el ámbito de toda la cordillera Huaytapallana a la vez de difundir el control de los glaciares a nivel nacional.



Las velocidades de desplazamiento encontradas en las balizas distribuidas en el glaciar YANAMAREY se puede concluir que las máximas velocidades encontradas se dan en el eje longitudinal del glaciar con una velocidad máxima de 17.20 m/año y las velocidades menores se encuentran en las partes laterales 4.61 m/año, teniendo en consideración las magnitudes de las velocidades hacia las partes inferiores de los glaciares alimentando con mayores volúmenes la zona de ablación donde la dinámica glaciar es destructiva.

Las mediciones y cálculos de las ALTITUDES de las LINEAS DE EQUILIBRIO (A.L.E.) en el glaciar YANAMAREY se ha encontrado una tendencia de que las líneas de equilibrio están alcanzando altitudes más elevadas con el tiempo con ciertos intervalos de altitudes relativamente bajas.

Esto principalmente refleja el acentuado retroceso glaciar con una pérdida de masa, esta es la razón para que las zonas de ablación están alcanzando altitudes mayores y siendo esta la zona donde la dinámica glaciar es destructiva convirtiendo los flancos de los nevados en áreas potencialmente inestables. Estas características se refleja en el área glaciar de la cuenca del Shullcas donde la zona de ablación del nevado Huayta-pallana Norte (DGA2) se encuentra a una gran altitud.

El balance Hidrológico del río Shullcas entre la DEMANDA de agua y la DISPONIBILIDAD se ha determinado un deficit de caudales en los meses de :

MESES	CAUDALES	Q (m <sup>3</sup> /seg)
JULIO	-	0.050
AGOSTO	-	0.180
SETIEMBRE	-	0.310
OCTUBRE	-	0.107

El aporte hídrico de los glaciares a la cuenca determinada en base a medidas de BALANCE GLACIAR es de 0.46 m<sup>3</sup>/seg.

De estos cálculos se deduce que los glaciares de la cuenca del Shullcas soportan actualmente difíciles condiciones climáticas que les dan una fuerte hidrúlicidad en beneficio de los torrentes de agua. Por el contrario está disminución de las reserva de agua se va ha traducir en el futuro en una reducción de la superficie de los glaciares y en una contribución hídrica menor.

Considerando que los glaciares constituyen reservas naturales en estado sólido que rige el aporte hídrico de la cuenca Las aguas de fusión de los glaciares deben ser aprovechadas con su almacenamiento y regulación en las lagunas estudiadas para de esta manera cubrir los déficits de agua en la cuenca teniendo en cuenta la seguridad de las lagunas, proyectando que las demandas de agua en el futuro serán mayores.

## **TRATAMIENTO DE LAGUNAS**

Con la finalidad de minimizar o en lo posible eliminar la ocurrencia de aluviones por efectos de desbordes de las lagunas y según los estudios realizados; a continuación exponemos un conjunto de criterios y medidas a efectuarse en las lagunas, en lo que corresponde a los aspectos más importantes en materia de seguridad.

### **1.- LAGUNA CHUSPICOCHA**

El peligro potencial aún continua, debido a que las masas glaciares que alimentan la laguna a pesar de encontrarse algo alejadas del espejo de agua, muestra fuertes agrietamientos y se encuentran en calidad de colgantes.

La naturaleza del vaso es de material morrénico, fácilmente erosionable a los efectos de avalanchas como la ocurrida.

- La morrena frontal donde se deberían proyectar obras de seguridad presenta horizontes saturados de agua como se puede apreciar en los perfiles mapeados. Además se debe considerar que por la morrena lateral izquierda existen filtraciones de agua (ver plano geológicos). Estos aspectos deben ser tomados en consideración para la realización de obras de seguridad de la laguna.
- La laguna actualmente almacenada 1'284,000 m<sup>3</sup> de agua con una profundidad aproximada de 28m. el volumen que debe ser regulado y controlado, en la actualidad el espejo de la laguna solo tiene un ligero desnivel respecto a su dique morrénico frontal encontrándose la laguna sin protección.

- Para desarrollar los proyectos y obras de regulación y seguridad de la laguna. Se estima bajar el nivel del espejo de la laguna en 8.00m. ( $697,000\text{m}^3$ ) como mínimo. Considerando que la laguna es una fuente de recursos hídricos para la cuenca y para el desarrollo normal de las actividades agrícolas y energéticas es preciso una regulación permanente teniendo en cuenta los volúmenes que almacena para diferentes profundidades (ver cuadro y curva de volúmenes almacenados).
- Para desarrollar los proyectos y obras de seguridad se recomienda básicamente efectuar un levantamiento batimétrico y topográfico de detalle del dique lo cual permitirá trabajar con resultados precisos.

## 2.- LAGUNA LAZUNTAY

La laguna durante nuestra inspección y estudio se mantenía en condiciones normales, sin embargo sigue representando un peligro por la amenaza que constituye la lengua glaciar (DGA5) la misma que se encuentra en contacto con el espejo de la laguna, es preciso por lo tanto realizar con prontitud obras de seguridad en la laguna.

- La laguna almacena un volumen de  $3'898,000\text{m}^3$  de agua las cuáles deben tener en cuenta para su regulación y seguridad.
- Para la seguridad de la laguna se recomienda bajar el espejo de la laguna en 10m. ( $1'786,500\text{m}^3$ ) como mínimo de acuerdo al análisis de posibles avalanchas y a las alturas hipotéticas que alcanzarían las olas. Por lo tanto es conveniente retomar el proyecto de desague que en 1980 quedaron inconclusos por el INGEMMET donde solo se logró bajar 6.5m. el espejo de la laguna.

- Para el aprovechamiento de los recursos hídricos de la laguna LAZUNATAY es preciso tener en consideración los diferentes volúmenes que almacena a diferentes profundidades (ver cuadro y curva de volúmenes almacenados). mediante el cual se puede establecer la regulación de sus aguas.

### 3.- LAGUNA RUNICOCHA

- Está laguna se encuentra en un acelerado proceso de formación y desarrollo, a la cual es oportuno darle la debida atención y no esperar que la laguna se convierta en altamente peligrosa para reaccionar demasiado tarde.

La morrena que encierra el vaso de la laguna se encuentra saturada de agua especialmente en el sector correspondiente al dique morrénico frontal como se puede observar en los perfiles mapeados, esto debido a que la laguna no tiene un desagüe directo y permanente por donde evacuar sus aguas de rebose ya que solo lo hace a través de infiltración.

- La laguna hasta la actualidad no tiene ningún tipo de estudio para el cuál recomendamos la ejecución de un levantamiento batimétrico y topográfico de detalle para de esta manera poder conocer con exactitud el volumen almacenado por la laguna para su posterior aprovechamiento como recurso hídrico.

La apertura de una vía de acceso hacia la laguna CHUSPICOCHA y RUNICOCHA, para el cual se debe considerar que existe una vía de acceso a la mina Reyna el mismo que se encuentra destruida en algunos tramos en el sector del cañon AYAMACHAY, de donde se debe empalmar un trazo hacia las lagunas. También se

debe abrir un acceso de la laguna CHUSPICOCHA a la laguna LAZUNTAY con fines de la realización de obras de ingeniería para la seguridad de los mismos.

Estas vías de acceso se convertirían en un circuito turístico ( Tinco - Lag Runicochoa- Lag Chuspicocha- Lag Lazuntay- Tinco ) mediante el cuál se recorrería las faldas del flanco occidental del nevado Huaytapallana con un fácil acceso desde la ciudad de Huancayo.

- Mediante el estudio litoestructural, se ha determinado en base a medidas de campo y posterior procesamiento de datos mediante programas computarizados; la actitud geométrica y distribución espacial de los discontinuidades estructurales formando SETS que persisten a lo largo del macizo rocoso (cuyas orientaciones se detallan) los cuáles forman los taludes donde se emplazan los glaciares, ha sido importante porque nos ha permitido asumir el modelo estructural y las superficies de fallas en el área glaciario y el peligro que constituyen para las lagunas.

---

SET	RUMBO	BUZ
1	N44 <sup>o</sup> W	78 <sup>o</sup> SW
2	N80 <sup>o</sup> W	66 <sup>o</sup> SW
3	N82 <sup>o</sup> W	82 <sup>o</sup> NE
4	N12 <sup>o</sup> E	42 <sup>o</sup> SE
5	N12 <sup>o</sup> W	80 <sup>o</sup> SW
6	N48 <sup>o</sup> W	70 <sup>o</sup> SW
7	N64 <sup>o</sup> E	54 <sup>o</sup> SE
8	N34 <sup>o</sup> W	80 <sup>o</sup> NE
9	N58 <sup>o</sup> E	78 <sup>o</sup> NW
10	N50 <sup>o</sup> W	80 <sup>o</sup> SW
11	N26 <sup>o</sup> E	56 <sup>o</sup> NW

Estos sistemas son típicos en el área del nevado Huaytapallana y a nivel regional y constituyen el

modelo estructural que afectan los taludes sobre los cuáles se emplazan los glaciares.

- Se debe continuar con la toma de datos litoestructurales banco por banco de las zonas estudiadas por considerarlas importantes para el análisis de estabilidad y en base a estos datos confeccionar secciones geológicas que permitan controlar la continuidad del modelo estructural en el área glaciaria.

A medida que se haga los controles glaciológicos se debe inspeccionar periódicamente los taludes a fin de obtener signos de inestabilidad potencial, como la formación de grietas en los glaciares.

- Tanto las consecuencias directas como indirectas de un movimiento sísmico debido principalmente a la reactivación de la falla activa Huaytapallana, pueden minimizarse mediante la adopción de medidas preventivas. Pero poder prever es necesario en primer lugar buscar las causas primarias, analizarlas, identificarlas y estudiarlas, para conocer las señales premonitorias de un evento sísmico en la falla Huaytapallana y para luego determinar con máxima certeza donde existe el peligro y su inminencia.
- Un movimiento sísmico debido a la reactivación de la falla Huaytapallana, tendría consecuencias directas sobre las áreas glaciares del nevado Huaytapallana correspondiente a la cuenca del Shullcas, por que se encontraría cerca el epicentro del foco sísmico. Con intensidades que se podría determinar de la curva logarítmica de la atenuación de intensidades para la falla Huaytapallana.
- Por lo que es recomendable que en el menor tiempo posible sea instalada una red sismográfica de carácter

local en el segmento de la falla correspondiente a la cuenca y efectuar controles periódicos y sistemáticos con instrumentos de topografía de precisión para determinar posibles signos de su desplazamiento.

La actividad sísmica de la región es evaluada por la estación sísmica de HUAYAO - HUANCAYO cuya limitación es contar con un solo (de dos) sismógrafo activo con el cual se tiene informado en forma muy general de la actividad sísmica a la red nacional (IGP) y a la población.

La limitación que se tiene al contar con un solo sismógrafo activo, recae en no poder determinar el lugar de aurrencia de un evento sísmico o sea su epicentro, hipocentro (profundidad) y en consecuencia su magnitud. Para ello se necesita como mínimo el funcionamiento de los dos sismógrafos de la estación sísmica de HUAYAO-HUANCAYO.

Los alcances al implementar la red sísmica local en la falla Huaytapallana, sería de gran importancia a nivel local y nacional para el intercambio de información oportuna de eventos sísmicos. Así mismo aportaría como fuente de datos para proyectos de investigación de carácter científico y disciplinas afines a la Ingeniería.

- Para el aprovechamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Shullcas se han proyectado y se están afectuando diversas obras de irrigación, tales como presas, canales, tomas y puentes etc. las cuáles necesariamente estarán expuestas a la ocurrencia de crecidas de los caudales del río Shullcas, por lo que es necesario evaluar su seguridad teniendo en consideración las descargas máximas halladas para diferentes años o tiempos de retorno.



- En la zona céntrica de Huancayo sobre el río Shullcas se tienen los puentes Ferrocarril y Centenario que constituyen verdaderas "Represas", para efectos de avenidas de gran caudal y volumen (aluvión), los cuales deben estar sujetos a un rediseño con las consideraciones anteriores.
- Es necesario la implementación de un plan de prevención contando con un asesoramiento y sugerencias del IGP, CISMID-UNI y la UNESCO.. y la elaboración de proyectos como la construcción de estaciones sísmicas, charlas frecuentes de orientación, conferencias científicas, estudios de riesgo sísmico en su primera etapa y el inicio de microzonificación sísmica. El INDECI debe apoyar la implementación del presente plan de prevención en coordinación con organismos de su competencia a nivel nacional e internacional para efectos de asesoramiento, cooperación técnica y financiera.
- La ciudad de Huancayo está sufriendo un alto índice de aumento poblacional, esto nos debe hacer reflexionar las transformaciones que se están produciendo en la ciudad, con tendencias a un mayor crecimiento por efectos de la migración poblacional, manifestándose en proceso de expansión y dispersión urbana teniendo como focos de asentamientos humanos las riveras del río Shullcas. Siendo necesario e imprescindible el cumplimiento de las normas de construcción.

Por tanto es de suponer que si mañana se produce un aluvión de magnitud e intensidad semejante al aluvión del 28 de Diciembre de 1990, que tuvo efectos considerables en la ciudad de Huancayo, los riesgos no serían iguales sino mucho mayores.

Las crecientes del río Shullcas se registran anualmente con regularidad cíclica asociada al régimen de lluvias en las cabeceras que se intensifican en los meses de Noviembre a Marzo, cuyas intensidades ha tenido consecuencias en la parte baja de la cuenca con la inundación de amplias zonas aledañas al cauce del río Shullcas.

Siendo este fenómeno una constante que influyen drásticamente en el proceso de poblamiento, producción, productividad y suministro de servicios básicos, creemos necesario adoptar medidas traducidas en programas :

- 1) Orientadas a acciones inmediatas
- 2) Acciones a corto plazo

Los programas no solo tratará de reparar los daños materiales ocasionados sino que también busque reencausar las acciones de desarrollo para las zonas afectadas donde la participación de la población constituye la base fundamental.

#### **1) ACCIONES INMEDIATAS**

- Restitución de los servicios básicos afectados centros de salud, centros educativos, comunicación, servicios comunales y algunos servicios de producción.
- Acondicionamiento de zonas altas, libres de riesgo de inundación por flujos aluviónicos para un reagrupamiento de la población y facilitar la consolidación de asentamientos.

## 2) ACCIONES A CORTO PLAZO

Promover un plan de acondicionamiento territorial teniendo en cuenta los antecedentes de ocupación y prevención de factores de desastre.

- Ampliación y mejoramientos barreales en la cuenca del río Shullcas.

Incrementar las áreas de sedimentación de materiales que arrastra el río hasta cubrir el área de terrazas bajas, mediante obras de ingeniería y aprovechamiento de tecnología que se adecuen al medio.

Estudio básico para reubicación de principales centros poblados afectados.

Previo análisis socio-económico de los desastres causados, propiciar estudios que garanticen la reubicación y acondicionamiento de servicios básicos (luz, agua, desagüe, caminos de acceso y servicios a la producción).

- Impulsar el proyecto de trasvase de las lagunas Cochagrande (Suricocha) y Carhuacocha (Yurac-yacu) de la cuenca Pariahuanca a la cuenca del río Shullcas para garantizar el potencial Hídrico de la cuenca, debido a la demanda creciente de este recurso.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVA H. 1989 "Zonificación de la nueva ciudad Majes"-3er simposio nacional de prevención de desastres CISMID - UNI.
- AMES A., 1985. Estudio de mediciones glaciológicas en la cordillera blanca Informe Interno Electroperú, Huaraz. Editado por el Laboratorio de Glaciología y Geofísica del medio ambiente del C.N.R.S. e. Grenoble- Francia.
- AMES A., VALVERDE A., 1980-81 " Mediciones glaciológicas en los glaciares Broggi, Uruashraju, Yanamarey y Santa Rosa ", Informe interno Electroperú, Huaraz.
- AMES A., 1987 " Glaciares de la cuenca de la laguna Atuncocha Unidad de Glaciología e Hidrología-Hidrandina, Huaraz.
- AMES A., 1988 Información sobre peligrosidad de los glaciares en la cuenca de las lagunas Cullicocha y Rajucocha.  
Unidad de Glaciología e Hidrología - Hidrandina, Huaraz.
- AMES A., 1989 " Inventario de Glaciares del Perú " Unidad de Glaciología e Hidrología, Huaraz,-Hidrandina, s.a. Publicación auspiciada por el CONCYTEC.
- BADILLO J.-RODRIGUEZ R. 1985. " Mecánica de Suelos" Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos. 3ra. Edición
- BELLIDO B., 1969. Sinopsis de la geología del Perú Editado por gráfotecnica editores e impresores.
- CASAVARDE N. 1990 "La Sismicidad del territorio nacional" Instituto Geofísico del Perú.

- CORDOVA D., 1980.** Estudio de estabilidad de taludes en minas a cielo abierto con aplicación a la mina cerro verde " Tesis de grado - UNI.
- DALMAYRAC B., LAUBACHER G., MAROCO R., 1988.** Caracteres generales de la evolución geológica de los andes peruanos ".  
Instituto geológico minero y metalúrgico.
- DAVILA B., 1987.** " Principios de fotogeología "
- Editado por gráfotecnica editores e impresores.
- DIAZ B. 1989** "Planeamiento para la rehabilitación de zonas afectadas por inundaciones en el departamento de Ucayali" 3er. simposio Nacional de Prevención de Desastres - CISMID-UNI
- ELLECTROPERU- HIDROSERVICE ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA., 1984**  
"Estudio integral para el aprovechamiento de la cuenca del río Santa", 1ra etapa- Geología, Glaciología, Sismología y Topografía.
- HUANG T., 1972.** " Petrología "  
Editorial Revolucionaria.
- HALLAM A., 1976** De la deriva de los continentes a la Tectónicas de placas "  
Editorial Labor S.A.
- JIBAJA J. 1990** "Planeamiento del desarrollo departamental en previsión de los desastres naturales" 4to. Simposio Nacional de Prevención de Desastres CISMID - UNI.
- KASER G. , AMES A. 1990** "Glacier fluctuations And Climate in the Cordillera Blanca - Perú. Geographical institute University of innsbruck-Austria Hidrandina-Glaciología e Hidrología - Huaraz-Perú.

- KUROIWA J. 1989 "Plan Nacional de Prevención y mitigación de desastres naturales" 3er. Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID-UNI.
- LINSLEY-KOHLER-PAULUS., 1977. " Hidrología para ingenieros " Editorial McGraww-Hill.
- MARTINEZ A., TEVES N. 1966 "Estudio de investigación sobre acantilados desde punta-morro solar". Primera Convención Nacional de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Macánica de Rocas C.P.M.S.-uni Lima-Perú.
- MARTINEZ A. 1972 "Análisis sobre Huaycos, Aluviones y Alud-Aluviones ante el efecto sísmico en el Perú". UNI L.g.g.a., Nº 42.
- MARTINEZ A. 1974 "Represamiento del Mantaro". UNI L.g.g.a., Nº 52.
- MARTINEZ A. 1978 "Diagnóstico Geológico del Valle de Huancayo y Tarma" M.A.A.D.G.-M.P.I.. - PLAN MERIS.-HUANCAYO.
- MARTINEZ A. 1979 "Aspectos de Mecánica de Suelos, Curso Internacional sobre Geotecnia en Proyectos de irrigación". Programa PLAM. MERIS. Huancayo-Perú.
- MARTINEZ A. 1979 "Descripción de Rocas y Suelos en Ingeniería Geológica" Pub. L.g.g.a. Nº 79, UNI. Lima-Perú
- MARTINEZ A. 1980 "Alteración y Alterabilidad de las rocas, análisis y aplicaciones en geotecnia" Pub. revista minas - UNI. Lima-Perú.
- MARTINEZ A. 1981 "Huaycos y Aluviones una Realidad Nacional aún no comprendida". Fórum-Huancayo: Los Huaycos y sus Aislamientos. C.I.P.U.L.-CIP 75. Huancayo-Perú.

- MARTINEZ A.** 1990 "Geotecnia para Ingenieros". Principios básicos-volumen I"
- MARTINEZ A.** 1990 "Rescate de Tecnología para el diseño del encauzamiento del huaico" 4to Simposio Nacional de Prevención de desastres. CISMID-UNI.
- MARTINEZ A.** 1991 "Geotecnia para Ingenieros". Mecánica de Suelos I - Volumen II.
- MASKERY A.** 1990 "El aluvión de San Miguel de río Mayo y los riegos de desastres en el Departamento de San Martín" 4to Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID - UNI.
- MAZA R. RUBEN, VELAZ A. GUSTAVO , SANCHEZ LL. MANUEL.** 1991 "Proyecto Estudio Geológico y Glaciológico del nevado Huaytapallana y su incidencia en las lagunas - Cuenca del río Shullcas" Exposición UNI para el "Plan Alfa-Centauro" - INDECI, región Andrés Avelino Cáceres. Huancayo.
- MEDINA J.** 1991 "El desastre del río Shullcas - Huancayo Plan de reconstrucción y rehabilitación" Tecnología intermedia Grupo de desarrollo 5to Symposio Nacional de Prevención de Desastres CISMID-UNI.
- MEGARD F.,** 1968. Geología del cuadrangulo de Huancayo Editado por el Instituto de Geología y minería.
- MEGARD F.,** 1979. Estudio geológico de los andes del Perú central " Editado por el Instituto Geológico minero y Metalúrgico.
- MENESES J.** 1989 "Riesgo Sísmico y Microtrepidaciones en Tacna" 3er. Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID - UNI.

- MENESES J.** 1990 "Microzonificación Sísmica para prevención de desastres" 4to Simposio Nacional de Prevención de Desastres. **CISMID - UNI.**
- O'CONNOR H.** 1989 "Los huaicos de Chosica: eficacia de las medidas de prevención desarrolladas" 3er Simposio Nacional de prevención de desastres
- ROSPIGLIOSI C.,** 1977. " Estudio geológico definitivo para fines de desague de la laguna Lazuntay - Junín - Huancayo ". Glaciología y seguridad de lagunas - Ingeomín, Huaraz.
- SHARP P.** 1960. " Glaciers " Editorial Condon Lectures.
- SIIGADO F.** 1978. " Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú 1513-1974 " Editado por el Instituto de geología y minería.
- SITTER L.U.** 1976. " Geología estructural " Editorial Omega s.a. - Barcelona.
- TEVES N.,** 1974 "Estudio Hidrogeológico de la Pampa de Villacolla y alrededores". El Ayro, Tacna DASS-MA.
- TEVES N., RAMIREZ F.,** 1976 "Aspectos Geotécnicos del Proyecto planta Siderúrgica de Nazca". Bol. Soc.Geológica del Perú 53: 75-94.
- TEVES N.,** 1981 "Estudio Geológico-Geomorfológico de la Pampa Venada, El Ayro. Tacna para AMASA S.A. en plan de abastecimiento de agua a la mina Ataspaca de CENTROMIN-PERU".
- TEVES N.,** 1981 "Estudio Geológico-Geomorfológico del Valle de Nazca". Asociación OIST-ASCOSESA



- TRVES N., 1990 "El cambio climático y sus consecuencias en el medio marino y costero regional". Doc. CPPS/PNUMA (OCA)-PSE WG 1/3 Inf. 22, Santiago.
- TEVES N., 1991 "Las variaciones de las orillas en el litoral peruano". VII Congreso Peruano de Geología-Lima, Vol. de Resúmenes.
- THOMPSON L. G. 1990. " USA- PERUVIAN EXPEDITION- CORDILIERA BLANCA" BYRD POLAR RESEARCH CENTER, The Ohio state university.
- VELIZ B. 1980 "Riesgo Geológico en áreas glaciares" INGEMMET - GLACIOLOGIA Y SEGURIDAD DE LAGUNAS.
- VELIZ B. 1989 "Tratamiento de las cuencas en la zona intermedia del valle del Rimac" 3er Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID-UNI.
- VELIZ B. 1986 "La Geodinámica en la concepción de los proyectos de ingeniería" 3er Congreso Nacional de Ingeniería, Cajamarca-CIP.
- VERA A. 1989 "Plan de prevención sísmica de Tacna" 3er. Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID-UNI.
- VIDAL R. 1990 "Aplicación de mapas Geodinámicos en la prevención de desastres naturales" 4to Simposio Nacional de Prevención de Desastres. CISMID-UNI.
- VILARDO F., CUENCA J. 1980 "Elementos de Hidrología de Superficie"
- WINKLER H., 1976. " Petrogenesis de rocas metamórficas " Editado por H. Blume.

ZAPATA M., 1978. Informe sobre las características de la laguna Lazuntay y proyecto de desague ". Glaciología y seguridad de lagunas- INGEOMIN-Huaraz.

ZAPATA M., MAZA R., 1991. Inspección a la cuenca del río Shullcas lagunas Chuspicocha Lazuntay; relacionados al aluvión sobre Huancayo el 28-12-90 CORDILLERA HUAYTAPALLANA ".

Unidad de Glaciología - Huaraz, Electroperú.