

BIBLIOTECA

T  
627.81

SAN



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

---

**FACULTAD GEOLOGIA  
MINAS Y PETROLEOS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, MINAS**

**Y PETROLEOS**

---

**TESIS**

**Previa a la obtención del**

**Título de**

**ING. GEOLOGO**

---

**TEMA:**

**“Investigación Geológico - Geotécnica para la  
Construcción de una Represa en el Río Valdivia”**

**Presentada por:**

**José Mariano Santos Narváez**

**1975**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

"INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA PARA LA  
CONSTRUCCION DE UNA REPRESA EN EL RIO VALDIVIA"

T E S I S

APROBADA POR LA JUNTA DEL DEPARTAMENTO DE ING. DE  
GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS Y EL CONSEJO ACADEMICO  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

AUTOR

DIRECTOR DE TESIS

  
JOSE MARIANO SANTOS N.

  
GEOL. CARLOS LEITE G.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS  
Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN ESTA TESIS, CO-  
RRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE AL AUTOR.

LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE ESTA TESIS  
CORRESPONDE A LA ESCUELA SUPERIOR POLI-  
TECNICA DEL LITORAL.

(TEXTO DEL REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITU-  
LOS PROFESIONALES DE LA ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL).

JOSE MARIANO SANTOS NARVAEZ

GUAYAQUIL, FEBRERO DE 1975

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD GEOLOGIA  
MINAS Y PETROLEO**

## DEDICATORIA:

*Al Frente de Vanguardia Politécnico y a su gloriosa trayectoria de lucha, por una educación democrática, científica, nacional y liberadora que ligue a nuestra Institución al pueblo ecuatoriano. En general, a todos los estudiantes politécnicos que han comprendido la necesidad de luchar y estudiar junto al pueblo por la revolución.*



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

	Pág.
1. INDICE	1
2. INTRODUCCION	3
3. GENERALIDADES	5
4. RESUMEN	9
5. ANALISIS DEL TIEMPO DE LA INVESTIGACION	12
6. GEOLQIA REGIONAL	13
7. GEOLOGIA ECONOMICA REGIONAL	22
8. GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO	24
8.1. Formaciones y estructuras	24
8.2. Cortes estructurales (de los estribos)	29
8.3. Estudio micro Paleontológico	29
9. INVESTIGACION GEOLOGICA Y OBSERVACIONES GEOTECNICAS GENERALES.	31
9.1. Antecedentes	31
9.1.1. Información de Bernard André: Des <u>crip</u> ción del trabajo y conclusio- nes principales.	32
9.1.2. Información de Pike: Des <u>crip</u> ción del trabajo y conclusiones prin- cipales.	35
9.2. Prospección geofísica: sísmica de refrac <u>ci</u> ón.	35
9.3. Prospección mecánica	37

	Pág.
9.3.1. Perforaciones y sondeos: ensayos de permeabilidad.	37
9.3.2. Izópacas y contornos estructurales	41
9.3.3. Trincheras	42
9.4. Análisis de laboratorio de suelos y petrográficos.	47
10. INVESTIGACION GEOTECNICA EN DETALLE	53
10.1. Problema geotécnico de los estribos	53
10.2. Estabilidad de taludes (estribos)	54
10.3. Problema geotécnico de los vertederos: fundaciones.	58
10.4. Problema geotécnico del vaso	58
10.4.1. Filtraciones	59
10.5. Análisis del yeso: características geológicas.	60
11. MATERIALES DE CONSTRUCCION	62
11.1. Aridos para hormigón	62
11.1.1. Localización	62
11.1.2. Propiedades físicas y mecánicas	62
11.1.3. Cubicación estimada	63
12. DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (basada en la investigación conjunta con el Sr. M.Chávez)	65
12.1. Muro	65
12.2. Estribos	67
12.3. Vertederos	69
12.4. Vaso	70
13. MAPAS Y ANEXOS	71
14. BIBLIOGRAFIA	72



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## 2. INTRODUCCION

*En esta tesis se publica una parte de la investigación Geológico - Geotécnica para la construcción de una Represa en el río Valdivia, realizada por el suscrito en conjunto - con el Sr. Miguel A. Chávez, quién en su debida oportunidad presentará su parte correspondiente a este trabajo.*

*De acuerdo a la planificación de los organismos estatales, tales como INERHI y CEDEGE, el Proyecto comprende una Presa de tierra mixta, con núcleo de arcilla y espaldones - de grava arenosa. El diseño contempla una trinchera impermeable hasta el contacto con el lecho rocoso, que garantiza una relativa impermeabilidad para las pérdidas del agua del embalse. El objeto de su construcción plantea la posibilidad de abastecer agua potable a las poblaciones de Santa Elena, Ballenita, Libertad, Salinas, poblados perimetrales y algunos situados a lo largo del recorrido de la ruta de la tubería, en base al río Valdivia, así como también proporcionar riego a las zonas aledañas al sitio del Proyecto. Los estudios hidrológicos indicaron que el volumen seguro disponible en el embalse del río Valdivia alcanza los 4 millones de metros cúbicos.*

*Para la realización de este trabajo geológico, fué muy importante la ayuda y facilidades otorgadas por la Comisión*

de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE) al autor; así como también, invaluable, la del Director de tesis, Geólogo Carlos Leite. El asesoramiento prestado por otros profesionales, profesores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ings. Julián Coronel, Miguel Graetzer, Enrique Luna, Rudolph Trouw, Rodrigo Alvarado) ha sido también muy valioso. Para todos ellos van mis impercederos agradecimientos.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



### 3. GENERALIDADES

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

El Proyecto de Presa se encuentra ubicado a unos 6 km al Este del poblado de Valdivia, cantón Santa Elena, Prov. del Guayas, entre las coordenadas geográficas  $01^{\circ} 53' 03''$  -  $01^{\circ} 56' 09''$  de latitud Sur y  $80^{\circ} 37' 53''$  -  $80^{\circ} 41' 41''$  de latitud Oeste.

La zona tiene como única vía de acceso una carretera de verano que es un ramal de la Salinas - Manglaralto (de segundo orden) que cruza las poblaciones de Cinchal y Barcelona, pasando por el sitio del Proyecto para luego bifurcarse hasta los sitios La Ponga y Loma Alta. Estos ramales son utilizados tan solo en época de verano (a no ser de que ocurran sequías en Invierno), ya que en invierno, dadas las características arcillosas del terreno, y al aumento de caudal del río Valdivia (que cruza en algunos tramos esos ramales), son intransitables.

Por ser un terreno cercano a la costa, la zona es relativamente plana, con alturas varían entre 0 (cero) m.s.n.m. en la desembocadura de los ríos hasta 700 m.s.n.m. en las estribaciones de la cordillera Chongón - Colonche ubicada al Este del Proyecto, en la cabecera del río.

Las formas del terreno tienen su origen en base a acu

mulaciones marinas y semicontinentales del Período Terciario, que en la actualidad se están remodelando debido a los efectos de erosión y acumulación de Sedimentos cuaternarios. Otro factor importante a esta situación es el gran Tectonismo a que ha estado sometida la zona, posiblemente en el Terciario, que determinaron fallamiento, hundimiento y levantamientos.

La cuenca del río Valdivia hasta el sitio del Carrizal (1 km. al Oeste del Proyecto) es de aproximadamente 83 Km<sup>2</sup> y corresponde a la vertiente Oeste de la cadena montañosa Chongón - Colonche. El sistema hidrográfico de la cuenca de estudio está formado por el río Valdivia como río principal, dos afluentes en su margen derecha y cinco en la izquierda, teniendo el primero 37 Km. de longitud de cauce. De todos los afluentes, los ríos Caridad y Salado son los más notables, y se unen con el Valdivia a 13 km. y 15.5 km. en línea recta, desde el origen de este río. El ancho del valle varía de 400 m. a 800 m., y las divisorias se levantan a alturas que oscilan de 100 a 700 metros sobre el nivel del mar.

No obstante tener un clima tropical Sabana, lo abrupto de las divisorias y cercanías al mar, determina una in-



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

fluencia orográfica bien marcada en las características de la precipitación media anual. En la cuenca del río Valdivia la precipitación media anual, de acuerdo a datos del INERHI,<sup>?</sup> es de 253.08 mm. siendo la temperatura media anual de 23.3°C

Se presenta en la zona dos ciclos climáticos; húmedo y seco, cuyo rango de duración e intensidad en precipitación dependen del tiempo y grado de desplazamiento que sufren las corrientes marinas, que actúan en el perfil costanero del Pacífico Sur; en forma local y básicamente dentro del ciclo seco, se nota la influencia de lluvias de carácter orográfico que modelan el micro-clima del área (INERHI)?



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

El ciclo húmedo se extiende como rango máximo, de Diciembre a Mayo, caracterizada esta época por representar el 73% de la precipitación anual, y temperaturas de 25° C de promedio mensual. El ciclo "seco" se caracteriza por una garúa localizada principalmente de Junio a Octubre, y temperaturas de 21.6°C como promedio mensual (INERHI)?

Los habitantes de la región se dedican fundamentalmente a la agricultura, con cultivos en orden de importancia de tomates, sandías, pepinos, melones, trigo, maíz, etc. ubicados en áreas de topografía plana que se extienden en el valle formado por la cuenca hidrográfica del río Valdivia;

sin embargo, en contraste con lo anterior, hay zonas con aspectos semidesértico característica de gran parte de la Península de Santa Elena, en donde los cultivos no existen debido a la falta de agua (sin hacer consideraciones aquí de la calidad del suelo). Otra actividad desarrollada por los moradores del área es la extracción del carbón vegetal, aunque esta labor no es realizada en gran escala.

Un aspecto importante y que debería llamar la atención de los organismos competentes, es la posible riqueza arqueológica existente, ya que en ciertos sectores ubicados en la margen izquierda del río, en pequeños hoyos excavados, con el martillo geológico, se pudo extraer restos de objetos de barro, posiblemente <sup>de la Cultura Valdivia - 7.000 Años A.C.</sup> ~~incasicos~~. Es de notar que en los poblados de San Pedro y Valdivia y sectores aledaños, se ha extraído grandes cantidades de objetos de la cultura "Valdivia".



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

#### 4. RESUMEN

La investigación Geológico - Geotécnica para el Proyecto Valdivia la iniciamos en la primera semana de Abril de 1974. Se bosquejó un plan de trabajo que se debía cumplir hasta Septiembre del mismo año, el cual contemplaba en términos generales lo siguiente:

a) Recopilación y búsqueda de bibliografía.- Este primer paso fué dado por razones obvias, de conocer todo lo relacionado con estudios hechos en la zona. Con esta información, se pudo tener una idea muy general, de las distintas características que sirvieron de pauta para la investigación posterior.



**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

b) Reconocimiento del Terreno.- Con los datos ya recopilados anteriormente, la visita de reconocimiento al área del Proyecto, fue muy importante para tener una idea más clara de los trabajos que debían realizarse.

c) Interpretación Fotogeológica y Chequeo de Campo.- Fué parte importante de nuestro plan y que fué realizado en base a las fotografías aéreas existentes, haciendo la interpretación de 2 líneas de vuelo (2 de cada línea) 4 en total, de escala aproximada 1: 45000 del Instituto - Geográfico Militar. Este trabajo no presentado en esta

Tesis, es parte correspondiente a M. Chávez.

En la interpretación, y luego con el chequeo en el terreno, se pudo apreciar las características tectónicas de la región, con la presencia de algunas fallas y pliegues existentes.

- d) Prospección Geofísica. - Fue esta la parte más difícil y que acarreó mayor tiempo. De acuerdo a lo interpretado en las fotos, que mostraban un fallamiento relativamente grande de la zona, y de acuerdo también a los informes de Geólogos que hicieron el estudio para la Represa anteriormente, que indicaban la presencia de una falla en sentido NE - SO cruzando el posible Muro del Proyecto, se hacía imprescindible la exploración Geofísica; más aún, si la técnica recomienda siempre la Geofísica en este tipo de trabajos, y agravado por el hecho de que no se la había realizado anteriormente. Bajo el plan establecido originalmente, se programó y realizó la exploración Geofísica, consistente en Sísmica de Refracción con el Terra - Scout modelo R - 150 de propiedad de la ESPOL discutido en un numeral posterior de esta Tesis, y en resistividad aparente con el Resistivímetro modelo R-30 también de propiedad de la ESPOL, cuya discusión y datos corresponden a mi compañero de investigación ya nombrado.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

- e) *Prospección Mecánica.*- Prácticamente se limitó esta labor a la profundización de una trinchera pre-existente a lo largo del futuro muro de la presa, por diversos motivos, con el objeto de aclarar los datos indirectos e interpretativos de la prospección geofísica. Anteriormente ya se habían realizado perforaciones en el área del proyecto, con sus respectivas pruebas de permeabilidad, que son detalladas más adelante.
- f) *Análisis del yeso e investigación geológica en detalle.*- Con los pasos dados anteriormente, se habían aclarado muchas situaciones en duda, por lo cual la presencia del yeso en las capas de las rocas sedimentarias debía ser estudiado en detalle para ver su incidencia en la construcción del Proyecto; a más de esto, se completó el estudio con la investigación geológica en detalle de los taludes, vaso, muro, estribos, etc. y, simultáneamente - en los laboratorios de la ESPOL se hacían los análisis de las muestras tomadas en el terreno, para identificar óxidos, petrografía, etc.

## 5. ANALISIS DEL TIEMPO DE LA INVESTIGACION

Como se indica en el numeral anterior (4), los estu  
dios de la Presa de Valdivia lo iniciamos en Abril de -  
197~~0~~<sup>4</sup> y duraron hasta Septiembre del mismo año, época en  
que trabajamos por contrato con la CEDEGE. La actividad  
geológico - geotécnica es bosquejada en el Anexo # 1 de  
la presente tesis.

## 6. GEOLOGIA REGIONAL

El examen de los informes referentes y varios reconocimientos hechos, hace pensar una notada diferencia entre la estructura y la historia geológica de la Península de Santa Elena y el resto de la zona costanera, lo cual le da un carácter particular, todavía en discusión hoy en día. La estratigrafía está caracterizada por una serie casi continua que va desde el Cretáceo hasta el Plio - Pleistoceno (Los "Tablazos"); pero aquí al hablar sobre las formaciones y estructuras regionales, se considera sólo desde el período terciario (Eoceno medio - superior) que son las que tienen una mayor incidencia en este estudio.

### FORMACIONES

#### A. Terciario

##### A.1. Eoceno

##### Grupo Ancón

(Eoceno medio-superior)

Este grupo está constituido por las formaciones Socorro y Seca, que difícilmente se les puede diferenciar en el campo, debido a su litología muy parecida.

##### A.1.1 Formación Socorro (Eoceno medio)

Es la base del grupo Ancón, constituida de areniscas,

Limolitas y lutitas <sup>con</sup> ~~en~~ alternancia bastante regular, <sup>de areniscas arcillosas</sup> por lo que puede ser definida como un "Flysch", cuyos bancos proceden de corrientes de turbidez. Esta formación ha sido ubicada, en primer lugar, en el distrito petrolero de Ancón, pero, no solamente es indicada en el "Graben" de Progreso (Gómez Rendón) en las cercanías del flanco sur de la Cordillera de Chongón Colónche sino, también, más lejos hacia el N-O a lo largo de ésta última, hasta el Norte de Manglaralto. En la región de Manglaralto, esta formación puede ser estimada en 400 metros aproximadamente de espesor.

Las lutitas, de color gris pizarra claro hasta negro presentan en superficie segregaciones yesosas y ferruginosas. Las areniscas, de color verdoso, varían mucho en dureza y textura; usualmente ferruginosas, provienen aparentemente de la denudación de un macizo granodiorítico.

#### A.1.2 Formación Seca (Eoceno superior)

Descansa gradacionalmente sobre la formación Socorro, aunque en ciertas zonas aparece discordantemente sobre la formación San Eduardo (parte inferior del Eoceno Medio) o ~~Cat~~ (Cretáceo). Consiste de lutitas con al-

gunas intercalaciones de areniscas arcillosas y limolitas.

En las perforaciones que han atravesado esta formación (Sheppard) el aspecto litológico ~~# químico~~ a unos 120 metros de profundidad es completamente diferente del que aparece en los afloramientos superficiales; por migración molecular parece que se hubieran formado, en las lutitas alteradas de la superficie, capas bentónicas de saponita y, especialmente en las grietas y fisuras de las concreciones, precipitaciones de yeso, hidróxidos y óxidos de hierro (hematitas) además de sílice. La quebrada Seca, cerca del campamento petrolero de Ancón, es el lugar típico de la formación; su espesor es variable; el máximo probable de 250 a 300 metros ha sido observado en la vecindad del poblado de aguas Blancas al Este de Machalilla.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

*Formación Superior*  
A.2. Oligoceno

A.2.1 Formación Zapotal

*← en base a qué?*  
(Eoceno Superior? - Oligoceno inferior). - Definida como "Zapotal Sandstone" por Olsson (1931) y como for-

mación en el mismo sentido por Gubler y Ortynski -  
 (1966) en la población de Zapotal. En orden de impor-  
 tancia la Zapotal consiste de Areniscas, conglomerados,  
 limolitas y arcillolitas a lutitas una menor cantidad  
 de tobas está presente como constituyente de los clastos  
 o como capas individuales. La localidad tipo está en unos  
 afloramientos en los ~~chotes~~ <sup>chotes</sup> de la ex-línea férrea  
 Salinas-Guayaquil, a 3 km. al Este del pueblo de Zapotal.  
 La formación ofrece el aspecto de facies de agua salobrea  
~~semidulce~~ <sup>semidulce</sup>; las intercalaciones, poco resis-  
 tentes a la ~~descomposición~~ <sup>descomposición</sup>, han sido erosionadas  
 de modo que, en el terreno, las ~~tobas~~ <sup>areniscas</sup> duras y muy  
 consistentes forman altos barrancos escarpados y se levantan  
 conspicuamente sobre las ondulantes colinas arcillosas de la  
 formación Seca. Contiene también ciertas vetillas de yeso que  
 rellenan algunas fracturas o intercaladas con los estratos, con  
 un grosor que no excede al 1.5. cm.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Una tercera definición de "Grupo Zapotal" se encuentran en el informe de M.D. Williams <sup>(1947)</sup> y corresponde, en parte, a diferentes series encontradas dentro de los pozos perforados en la cuenca de Progreso; según este autor, es una serie con predominancia de areniscas



masivas con interestratificaciones oblicuas, <sup>BIBLIOTECA CIENTÍFICA</sup> ~~del~~ <sup>ESPOL</sup> tien  
do bancos de conglomerados y de intercalaciones de lu  
titas verdes y argilitas; sin embargo, la parte infe  
rior se compone de lutitas de color verde, verde azu  
lado, rojo y pardo, con algunos lentes de silex negro  
y de areniscas con granos gruesos. Este grupo ha si  
do dividido localmente en ocho unidades: Carrizal, Ju  
sa, Daular, Data, Las Canas, Barbasco, Lagarto y Zap  
otal; las series Carrizal y Jusa serían el equivalente  
de la formación seca del Eoceno Superior. El espesor  
del grupo, según el resultado de los pozos, sería de  
3.000 metros en la cuenca de Progreso. La edad sería,  
de acuerdo a los trabajos de Stainforth y Cushman, Eo  
ceno Superior a Oligoceno Inferior.

#### A.2.2 Formación Dos Bocas

(Parte inferior del Oligoceno medio hasta parte infe  
rior del oligoceno superior).- Tanto al Norte como al  
Sur del pueblo Dos Bocas, 40 kilómetros al Este de San  
ta Elena, se apoya sobre la formación Zapotal una se  
rie de lutitas laminadas, denominada "formación Dos  
Bocas". Además de características concreciones dolo  
míticas largas, se intercalan rítmicamente lutitas to  
báceas de facies radiolaria, lutitas con microflora -

Ha podido W.  
definición estas  
unidades

de diatomeas y lutitas con foraminíferos indicadores - de facies nerítica. Al sur de Manglaralto, están las lutitas un poco y limosas, pardas o pardo chocolate, con pátina gris y blanquizca y pseudo-módulos métricos amarillentos de dolomita; ciertas partes son margosas y yesíferas. Es posible estimar su espesor en alrededor de 500 metros.

A.2.3 Formación San Pedro. (Oligoceno - Mioceno). -

TOSANA. Miembro de San Pedro  
Superior                      Inferior

Al sur de Manglaralto, la formación Dos Bocas pasa hacia arriba a las areniscas de la formación San Pedro aunque el contacto o el paso no sean visibles, la litología de estas areniscas finas sugiere más bien una evolución continua de la sedimentación. Se presentan como areniscas finas con limos, bastante mal consolidadas en bancos muy delgados, casi en plaquetas con un poco de mica y de minerales ferromagnesianos. La pátina blanca tizosa de estas areniscas sirve de indicación - muy clara en Fotogeología. Ellas forman una elevación inmediatamente al sur de San Pedro, cerca de Valdivia. Su espesor visible es de alrededor de 20 metros.

7 → A.2.4 Formación Angostura (Mioceno Superior)

B. Cuaternario

B.1. Pleistoceno

Formación Tablazo. - Nombre aplicado a las terrazas marinas que afloran en la saliente costanera entre Manta al Norte y el Golfo de Guayaquil al sur, aunque en el litoral de El Oro existen también. Son depositaciones cerca de la costa de origen marino y constituidas por arenas conchíferas muy compactas que generalmente son horizontales.

## B.2. Reciente

Aluviones. - Son los elementos sedimentados que fueron arrastrados por los ríos luego de la erosión de las formaciones contiguas. Están presentes en las márgenes <sup>relacionados por valles</sup> del río Valdivia y otros de la Península de Santa Elena.

## ESTRUCTURAS

Tenemos que anotar que el área en estudio ha sufrido un gran tectonismo. La estructura en bloques fallados en los alrededores de Manglaralto da el aspecto de un verdadero mosaico de estos bloques; según Marchant, <sup>?</sup> no es posible agrupar las fallas por familias; se puede señalar solamente que las fallas de dirección NO-SE forman un sistema más importante que el de las fallas más jóvenes de dirección SO-NE que las cortan; se cree

J. W. 20/10/64  
En base a un  
Aandev...  
de...  
de Est...

que las fallas de la Península de Santa Elena son, en su mayoría, fallas de rompimiento<sup>?</sup>.

Durante el Eoceno medio, el mar invadió la totalidad de las cuencas costaneras del Ecuador y la transgresión fue acompañada de un levantamiento de las cadenas andinas; y, probablemente también de la Cordillera Chongón-Colonche recubierta al Sur, por las calizas de San Eduardo del Eoceno medio. Durante la deposición de la formación Socorro la movilidad relativa de la cuenca, que se profundiza, y de la Cordillera Chongón-Colonche, que se eleva; provoca periódicamente deslizamientos de lodo que arrancan y transportan bloques de series más antiguas (olistolitos), y aún bancos en vías de consolidación de la formación Socorro, incorporándolos a los sedimentos contemporáneos. El fenómeno es bastante local ya que Marchent<sup>?</sup> precisa que todos los elementos autóctonos de las "Clay Pebble Beds" (ubicada por algunos autores bajo la formación Socorro, dentro del Grupo Ancón) provienen de una distancia menor de 50 kilómetros. Dado el carácter "Flysch" de la formación Socorro, el IFP<sup>?</sup> (Instituto Francés del Petróleo) propone designar la pareja Socorro Clay Pebble Beds con el nombre de "Flysch

Que para el  
Terciario  
Cretácico  
Eoceno Inf.

No está claro  
Terciario  
Inf.

Alto de la Sierra  
a las  
Historia geológica?

e *Olistostromos*".

Los pliegues en la zona son escasos, debiendo anotar ~~solamente~~ la existencia de un anticlinal, cuyo eje tiene un rumbo NO-SE y que pasa por el vaso de la posible presa.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

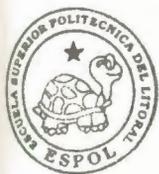


**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## 7. GEOLOGICA ECONOMICA REGIONAL

Con respecto a ~~la cuestión petrolera~~, independientemente de los problemas que pueden hacer de toda roca un reservorio, las formaciones ~~que parecen susceptibles~~ de interés son las del Eoceno Medio (Formación Socorro) o ~~del Oligoceno~~. De acuerdo a un "Informe preliminar geológico sobre las posibilidades petrolíferas de las Cuencas sedimentarias del Ecuador" publicado por el Ministerio de Industrias y Comercio (1966), recomienda que ésta, y otras formaciones de la Península de Santa Elena deben ser relacionadas con las areniscas Parinas en el Perú que producen las tres cuartas partes de los campos de Brea - Parinas. A unos 7 km. al <sup>SVY</sup> Este del Proyecto, se perforó un pozo petrolero, en el poblado <sup>(Febres Cordero 2)</sup> de Febres Cordero, en el eje del Anticlinal regional ya descrito, con resultados ~~negativos~~. *que dieron indicios de petróleo*

Un recurso mineral explotado en el Sur de la Península de Santa Elena, el yeso, podría ser también de buenas posibilidades <sup>en</sup> el área de estudio. En recorridos realizados por el Autor en las márgenes izquierdas del río Valdivia, a 1-2 Km. del área del proyecto, se encontró afloramientos de yeso en capas de 5 y 8 cm. de espesor, los cuales se podrían explorar más detenidamente para evaluar su cantidad y posi-



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

*En el  
margen  
del río  
Valdivia  
se  
encontró  
afloramientos  
de yeso  
en capas  
de 5 y 8 cm.  
de espesor.*

ble explotación.

Otro recurso muy importante en nuestros días, el agua (subterránea), debería ser investigado en la zona. Es necesario señalar que uno de los grandes problemas que afronta desde hace algún tiempo toda la Península de Santa Elena, es la falta de este imprescindible recurso; por lo cual los organismos del Estado deben tomar cartas en el asunto. Como señalaba en un párrafo anterior, la formación Socorro - posee buenas características como roca de reservorio, en el caso para petróleo, que también es factible para agua; a pocos kilómetros al Este del anticlinal ya citado, se presenta en la región un sinclinal, el cual podría tener buenas condiciones de acuífero.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## 8. GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

La zona señalada para la ejecución del Proyecto Valdivia es muy pobre en afloramientos. En términos generales, los afloramientos están centrados en la zona del posible muro y estribos de la presa, ya que el vaso casi en su totalidad se encuentra cubierto por una gruesa capa de material aluvial que excede a los 10 metros de espesor. Esos afloramientos, en muchos casos, se los ha obtenido en base a cortes o trincheras ejecutadas en el área, tales como el corte del estribo de la margen derecha del río, y las trincheras excavadas en el eje de la presa.

### 8.1. FORMACIONES Y ESTRUCTURAS

#### 8.1.1. Formaciones

En el área del proyecto Valdivia existen lentes de conglomerados muy compactos con guijarros redondeados a subangulares de cuarzo, cuarcita, pedernal, tobas, areniscas, arcillolitas y fragmentos de rocas igneas y matriz de arena sucia y gruesa; estos bancos de conglomerados varía en su espesor, teniendo como un máximo en el área de unos 10 metros. Intercalaciones de areniscas y lutitas entre los conglomerados son muy comunes; siendo la característi-

ca de las areniscas aflorantes de ser muy delesnables, probablemente debido a la meteorización, de color café claro a amarillento (existe limonita) siendo de grano medio a fino con cuarzo, plagioclasa, micas (especialmente moscovita) y otros minerales de menor importancia; las lutitas son un poco más compactas y de color grisáceo. Entre los conglomerados y las intercalaciones de lutitas (limolitas) y areniscas existen pequeñas capas de yeso que no sobrepasan el centímetro de espesor y que tampoco son persistentes ya que o bien van disminuyendo hasta desaparecer, o bien no aparecen en esos contactos; también se encuentra yeso en las intercalaciones de lutitas y areniscas pero con un espesor no mayor de 0.5 cm. y con la misma característica descrita de no ser persistente.

De acuerdo a la bibliografía existente, hemos considerado que esta formación es la Zapotal. Como la litología descrita en el párrafo anterior hemos observado - tanto en el muro, vaso, estribos y taludes de la posible presa, consideramos que en el área del proyecto existe una sola formación. Para llegar a esta conclusión, hemos hecho un muestreo detallado de la zona del Proyecto y los análisis petrográficos del caso. El rum

bo de los estratos varía entre N-S y N 15°E; y, el buzamiento, hacia el Oeste, vá desde los 5° hasta los 25° como máximo.

Existe también en el área un material aluvial que está constituido por limos y arcillas en orden de importancia. Los Geólogos que han estudiado la zona - anteriormente las ubican como terrazas aluviales (dos) que se diferencian por su color y grado de compactación.

#### 8.1.2 Estructuras

La zona del proyecto está caracterizada por la presencia de pequeñas fallas de poco espesor, desplazamiento y longitud.

En el estribo de la margen derecha del río, anotamos la presencia de 4 fallas gravitacionales dispuestas en forma de escalón.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Falla  $f_1$ : normal de rumbo N 13°0 y buzamiento 65°E de unos 10 cm. de espesor y buzamiento de 1 metro aproximadamente rellena de material arcilloso calcáreo.

Falla  $f_2$ : normal, a unos 11 metros al E de la anterior, con

rumbo N  $26^{\circ}0$  y buzamiento  $65^{\circ}E$ , de unos 5 cm. de espesor y rellena de yeso, con un desplazamiento de 20 cm.

Falla  $f_3$ : normal, a unos 20 metros al E de  $f_2$ , con rumbo N  $20^{\circ}0$  y buzamiento  $58^{\circ}E$ , de unos 5 cm. de espesor y un desplazamiento de 2.5 metros; rellena de carbonato de calcio de color blanco y muy fino.

Falla  $f_4$ : normal, a unos 25 metros al este de  $f_3$ , con rumbo N  $50^{\circ}0$  y buzamiento de  $54^{\circ}E$ , de 2 a 3 cm. de espesor y un desplazamiento de 5 a 6 metros, rellena de un material arcilloso.

A 2 metros al E de  $f_4$  existen unas diaclasas de N  $45^{\circ}0$   $53^{\circ}E$ .

En la zona del posible muro de la presa, donde se ha excavado una trinchera, anotamos la presencia de una falla ( $f_5$ ) normal, de rumbo N  $20^{\circ}0$  y buzamiento  $62^{\circ}E$ , de unos 3 cm. de espesor y rellena de un material arcilloso calcáreo. El desplazamiento es de unos 80 centímetros.

En el estribo de la margen izquierda del río existe otra falla ( $f_6$ ); normal de rumbo N  $50^{\circ}0$  y buzamiento  $65^{\circ}E$ ,

de unos 8 cm. de espesor y desplazamiento de 1 metro; rellena de fragmentos de areniscas y lutitas y de arcilla.

Como se puede apreciar, todas estas fallas y diaclasas tienen un mismo patrón direccional y de inclinación, - que hace pensar que su origen es debido a la existencia de ~~una falla~~ regional que pasa muy cerca por el poblado de Carrizal, con un rumbo de N 20°0.

Es de anotar, además, la existencia de un cauce antiguo de un río, que atravieza el vaso y muro de la posible presa. Este paleocanal se lo verificó en la zona de la trinchera nueva, como también en puntos aguas arriba y abajo de este sitio. Este paleocanal es lo que los anteriores geólogos, denominaron fallas, y que constituía uno de los principales problemas para la ejecución del proyecto. En todo caso esto será discutido en un párrafo posterior más detenidamente (Prospección Mecánica).



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Los conglomerados aflorantes en el área son lenticulares, los cuales disminuyen de un cierto espesor hasta desaparecer. Las lutitas y areniscas en ciertos sitios desaparecen bruscamente, formando aparentemente unas discordancias locales. Esto hace pensar que es difícil la correla-

AJA

ción estratigráfica de los pozos perforados en el área, debido a la irregularidad anotada de los estratos.

En lo que respecta a pliegues, notamos la escasez de éstos, pudiendo señalar únicamente la presencia de un anticlinal regional, cuyo eje de orientación NO pasa por el vaso.

### 8.2. CORTES ESTRUCTURALES (DE LOS ESTRIBOS).

Estos cortes que en realidad son estructural-estratigráficos, constan en el Anexo # 2 (2.1 estribo de la margen derecha del río, y 2.2 estribo de la margen izquierda del río). Las características geológicas de estos estribos son discutidas en los numerales 10.1 y 10.2.

### 8.3. ESTUDIO MICROPALÉNTOLOGICO.

De las investigaciones de campo y análisis petrográficos de las muestras tomadas en el área del Proyecto, se pudo observar que la litología aflorante de conglomerados, areniscas y lutitas pertenecen a una misma formación, que la hemos asimilado a la formación Zapotal. Esta aseveración está en contradicción con los estudios de anteriores geólogos que mencionan la existencia de 2 formaciones: Seca

Si hay  
múltiples  
estribos  
de pozos  
NO HAY  
CONTRADICCIÓN

y Zapotal. Por este motivo se hizo ~~este~~ análisis micropaleontológico para identificar fósiles guías que den una idea sobre la edad de las rocas, así como también de su ambiente de depositación; datos estos que pudieran servir de criterio para efectivamente separar las rocas aflorantes en la zona en 2 formaciones.

De un total aproximado de 40 muestras, se escogieron 5 representativas para hacer este análisis con el siguiente procedimiento: a) Lavado de las muestras con el objeto de disgregarlas; b) Tamizado en húmedo a través del tamiz # 200; c) Secado al horno del contenido retenido en el tamiz # 200; y, d) Flotación de la fauna con el tetracloruro de carbono.

Al término de este proceso, las muestras ensayadas no mostraron evidencia de fauna. Esto se explica por el ambiente de depositación de las rocas, pues si ellas se formaron en ambiente de alta energía, tales como los de línea de costa, esa alta energía destruyó la fauna.

En San Sebastián  
 donde se hizo el  
 estudio de las  
 rocas de Zapotal  
 de la zona de  
 San Sebastián  
 También hubo  
 muestras de carbon  
 fósiles de Zapotal  
 que indican un  
 ambiente de alta  
 energía y destrucción  
 de la fauna  
 Ver Mapa

## 9. INVESTIGACION GEOLOGICA Y OBSERVACIONES GEOTECNICAS GENERALES

9.1. ANTECEDENTES.- El Proyecto Valdivia tomado a cargo inicialmente por el INERHI y posteriormente por la CEDEGE ha sido estudiado por otros geólogos contratados especialmente para tales fines. Sin embargo al leer sus informes, se puede apreciar algunas discrepancias de orden geológico de sus autores que han ocasionado un clima de duda e incertidumbre en los organismos estatales y que han impedido la ejecución del Proyecto.

Inicialmente trabajó en el estudio geológico de la presa Valdivia, Bernard André, <sup>(1969)</sup> geólogo francés que prestaba sus servicios como profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, quien concluyó favorablemente para la ejecución del Proyecto.

<sup>De Luis M.</sup> ~~Posterior~~ a André, intervino en los estudios Hideo Takeda, <sup>(1969)</sup> geólogo japonés, director de la Escuela de Geología de la Universidad de Tokio, quien en virtud de la problemática geológica desfavorable, desaconsejaba la construcción de la presa en el sitio elegido.

<sup>(1970)</sup> Bernard André, al conocer las conclusiones de Takeda,



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

elaboró un nuevo informe (el autor de la presente tesis desconoce si hizo un nuevo estudio) ratificándose en el anterior suyo y refutando los criterios de Take da.

<sup>1979)</sup> Pike, geólogo norteamericano, también hizo estudios - en el área del Proyecto después que los anteriores, pe ro su trabajo fué tan corto que prácticamente se limi tó a hacer tan solo recomendaciones para aclarar la si tuación conflictiva.

<sup>1971?)</sup> Guillermo Varas, Ingeniero Civil ecuatoriano, también e mitió un informe al respecto.

Aquí se describirá en términos generales, los informes de André <sup>(1969)</sup> y Pike <sup>(1970)</sup>.

#### 9.1.1 Información de Bernard André: Descripción del trabajo y conclusiones principales.

<sup>(1969)</sup> Su trabajo fué realizado durante 1969, constando su in forme en una "Memoria" del "Proyecto Valdivia" en agos to del mismo año; el cual abarcó los estudios geológicos en el terreno, así como perforaciones y ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.

En su informe manifiesta: "Las características geológi



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

cas del sitio para la presa son favorables para la construcción de una presa mixta de tierra hasta ....

El sitio de la presa presenta una tectónica caracterizada por ~~aparentes~~ fallas en el sentido transversal al río en la zona de la presa y en sentido longitudinal, las que no constituyen peligro para la estabilidad de ella, por estar cubiertas de un grueso estrato de sedimentos semi-impermeables a impermeables, y además por las características físico-mecánicas de la roca arenisca y las lutitas asociadas con ella<sup>5</sup>. - Las características de impermeabilidad de ~~la~~ roca ~~fue~~ ron comprobadas mediante ensayos de permeabilidad, in situ, tipo Lefranc, tanto en el sitio mismo de la presa como en el vaso, resultados que indican que la permeabilidad de la roca es en general menor a  $10^{-4}$  cm./seg. Los aluviones que cubren el vaso así mismo tienen un espesor mayor de 10 metros, constituidos principalmente por sedimentos arcillosos, impermeables, comprobados por las pruebas de permeabilidad".

"El Eoceno está representado por unas intercalaciones de lutitas y areniscas blandas, más o menos arcillosas, a veces con algunos lentes de yeso<sup>v</sup>..... (Formación Seca) o por unas intercalaciones de areniscas, -

En base  
a que  
que clase  
de falla?

conglomerados, lutitas y tobas silicificadas (Formación Zapotal), estando puestas en contacto ambas formaciones por una falla orientada NNE-SSW que corta casi perpendicularmente al eje de la presa".

En Diciembre de 1969, Hideo Takeda en su informe a INERHI manifiesta que no es factible construir la presa, ya que la falla NNE-SSW que atravieza el muro de la presa, ocasionará infiltración del agua del embalse, pudiendo la falla activarse por sismos trepidatorios, además de que la presencia de yeso, al disolverse éste, también acarrearía problemas.

En febrero de 1970, André, hace una réplica a Takeda, ratificándose en su sugerencia de factibilidad del proyecto, anotando entre otras cosas:

"El peligro producido por la presencia de la falla  $f_1$  (NNE-SSW que atravieza el muro de la presa) me parece exagerado, porque los bloques que podrían moverse el uno con respecto al otro están constituidos por ~~una~~ roca bastante blanda<sup>s</sup>, por lo tanto no pueden producirse deslizamientos a lo largo de las fallas bajo sismos de fuerza débil registrados, sino una ligera deformación plástica de todas las capas. Generalmente



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

..... La presencia del yeso sería peligrosa si hubiera una infiltración importante y profunda del agua a lo largo del plano de falla; la posibilidad de esta infiltración tiene que ser chequeada por ensayos Le-franc en los sitios mismos de las fallas..... Entonces yo sigo pensando que la implantación de la presa en el sitio elegido es posible, bajo.....".

(1970)  
 9.1.2 Información de Pike: Descripción del Trabajo y Conclusiones Principales.

Este informe muy corto, consta de una comunicación enviada al INERHI en Marzo de 1970 por el geólogo americano Pike. En términos generales crítica las conclusiones de Takeda en lo referente a la falla que cruza el vaso y muro de la Presa, indicando que el material que rellena la mencionada falla por ser arcilloso-limoso tiene permeabilidad muy baja. Además, recomienda un estudio geofísico del área para investigar otras características de la falla, tales como su proyección en profundidad, espesor, buzamiento, etc.

9.2. PROSPECCION GEOFISICA: SISMICA DE REFRACCION.

En el área del vaso del Proyecto Valdivia se corrieron en total 4 perfiles sísmicos (ubicados en el Ma-

pa # 2), P<sub>1</sub>S<sub>1</sub> de 175 metros de longitud, P<sub>2</sub>S<sub>2</sub> de 125 metros de longitud, P<sub>3</sub>S<sub>3</sub> de 155 metros de longitud y P<sub>4</sub>S<sub>4</sub> de 190 metros de longitud; cada uno con sus respectivos subperfiles y éstos con trazados directos e inversos.

El equipo utilizado, fué un Sismógrafo "Terra -Scout" modelo R-150 de propiedad de la ESPOL. El espaciamiento de cada martilleo fue de 5 metros.

De acuerdo al diseño del aparato, se puede prospectar en profundidad hasta 1/4 de la longitud del subperfil, lo cual limita la investigación, pues en aquellos subperfiles de 50 metros de largo, se habrá llegado a 12 metros de profundidad como máximo, y, en los de 80 m. de largo (lo máximo que se pudo con el aparato), la investigación no pasó de los 20 metros de profundidad.

Por este motivo, aquí se hará solamente una interpretación de tipo cualitativo, ya que el material aluvial que recubre la roca es de gran espesor en el vaso, como lo demuestran las perforaciones (pozos: PV-5 = 14.5 metros de aluvión, PV-15 = 13 metros de aluvión, PV-16 = 16.3 metros de aluvión, PV-20 = 14 metros de aluvión PV-21 = 15 metros de aluvión); y, por consiguiente se

Ver Mapa # 3 (?)

llegó a la roca en poca proporción en unos casos, o no se llegó en la mayoría.

La interpretación cualitativa está basada en la configuración de las domocrónicas, que en ciertos subperfiles denotan anomalías = cambio brusco de velocidad - (disminución de la velocidad), ocasionado por el cauce del paleocanal en unos casos, o por el material húmedo que rellena el paleocanal y que hace disminuir la velocidad de las ondas sísmicas refractadas.

Los perfiles de sísmica que denotaron anomalías fueron:

$P_1S_1$  - El subperfil 3 y 4 a 22 metros a partir del inicio.

$P_3S_3$  - El subperfil 1 y 2 a 35 metros a partir de su inicio.

$P_4S_4$  - El subperfil 1 y 2 a 32 metros a partir de su inicio.

### 9.3. PROSPECCION MECANICA

#### 9.3.1 Perforaciones y sondeos: Ensayos de Permeabilidad.

Hasta el año 1970, en el área de la presa Valdivia se

hicieron algunas perforaciones manuales y mecánicas. Fundamentalmente las perforaciones (a cargo del INERHI) se centraron en la zona del eje, donde se perforaron 17 pozos (de PV-1 a PV-17) a máquina, y otro tanto a mano; en tanto que en el vaso apenas se perforaron 2 pozos (PV-20 y PV-21) a máquina, existiendo otros 2 pozos (PV-18 y PV-19); también a máquina, pero que no es tán localizados en los mapas que hemos consultado.

Los datos de permeabilidad de los pozos PV-1 al PV-17 expuestos más adelante, se encuentran publicados en un "Anexo B" del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI) de Junio de 1970; y, los datos de permeabilidad de los pozos PV-18 al PV-21 se encuentran publicados en un informe del Geólogo japonés Hideo Takeda al INERHI de Diciembre 22 de 1969, también contenidos en esta tesis.

Los resultados de los ensayos de permeabilidad de los pozos PV-1 al PV-17 fueron realizados *in situ*, tipo Le franc, según indica el Geólogo Bernard André, en los cuales se puede apreciar que la roca en términos generales tiene una permeabilidad menor a  $10^{-4}$  cm./seg. que es lo recomendable para las construcciones de presas.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

En el pozo PV-5, entre los 10 y 11 metros de profundidad, hubo fuga total del agua, de acuerdo al gráfico, Pozo que está ubicado a unos 15 metros al sur de la falla  $f_6$  (mencionado en el numeral 8.1 en lo que concierne a estructuras en esta tesis); pero, ese pozo no atravesó la falla ya que ésta buza hacia el Nor-Este; anotando además, que a partir de los 14 metros de profundidad, los valores de permeabilidad disminuyen y se colocan por debajo de  $10^{-4}$  cm/seg. En el pozo PV-9, los valores de permeabilidad entre los 10 y 16 metros de profundidad son un poco altos, entre  $10^{-23}$  cm/seg. y  $10^{-34}$  cm/seg; y, a partir de los 16 metros de profundidad, los valores disminuyen, lo cual en cierta forma es factible ya que prácticamente la perforación en esos tramos era solo en el aluvial (hasta 13 metros) que puede tener localmente características de permeabilidad alta en el área.

En los resultados de las pruebas de permeabilidad emitidos por Hideo Takeda de los pozos PV-18, PV-19, PV-20 y PV-21, los valores superan a  $10^{-3}$  cm/seg. e incluso en los pozos PV-20 (a 14 metros de profundidad) y PV-21 (a 7.37 metros de profundidad) indica que el agua se pierde con facilidad, todo lo cual está en contraposición a los datos de los ensayos de



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

los pozos PV-1 al PV-17; señalando además que los pozos en que se registraron las pérdidas violentas de agua, se debían al paso de la "falla que cruza el vaso y muro de la presa". Sin embargo, el Geólogo Rodrigo Calpa que trabajó con Takeda en los estudios de la Presa Valdivia, aclara en una comunicación de febrero 19 de 1970 al Ing. Jaime Bustamante, Director Ejecutivo de INERHI, estos resultados de las pruebas de permeabilidad; y, escribe entre otras cosas: "... habiéndose realizado nuevas perforaciones conjuntamente con las pruebas de permeabilidad en el vaso de la Presa de Valdivia (6 en total) dirigidos sobre todo a la posible zona de falla, se ha encontrado que los valores de permeabilidad son del orden  $1 \times 10^{-4}$  al  $1 \times 10^{-6}$  cm/seg.....".

"Además tengo que hacerle conocer que los datos de las pruebas de permeabilidad realizadas en la segunda campaña de investigación geológica que estuvo a cargo del Dr. Hideo Takeda, son erróneas, seguramente por la aplicación de las fórmulas respectivas; a esto se añade que las pruebas estuvieron mal desarrolladas, lo que fué obviado en la nueva investigación".

"De esta manera las conclusiones expuestas por el Dr.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Hideo Takeda en el informe geológico de la presa de Valdivia y que se deducen en base a estos datos, quedarían sin validez".

"Esta aclaración la hago no con el sentido de desautorizar el informe del Dr. Takeda, sino porque hemos comprobado juntos con el Ingeniero Luis Marín Nieto de que en verdad existen errores de cálculo en las pruebas.....".

Con esta comunicación de Rodrigo Calpa se aclara el problema de las pruebas de permeabilidad realizadas por Takeda, y se puede señalar aquí que en términos generales al tener resultados de permeabilidad inferiores a  $10^{-4}$  cm/seg., las pérdidas por infiltración serán de poca importancia.

### 9.3.2 Isópacas y contornos estructurales.

Estos mapas fueron elaborados en base a las perforaciones (alrededor de 25) que se habían realizado en el área del Proyecto; además, de las trincheras excavadas se tomaron también ciertos valores de cotas del lecho rocoso.

El objeto de presentar estos mapas es obvio. El de con

tornos Estructurales del lecho rocoso es muy importante para poder apreciar con claridad, las variaciones de nivel que se presentan en la roca, y es de utilidad para los ejecutores de la construcción de la presa.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

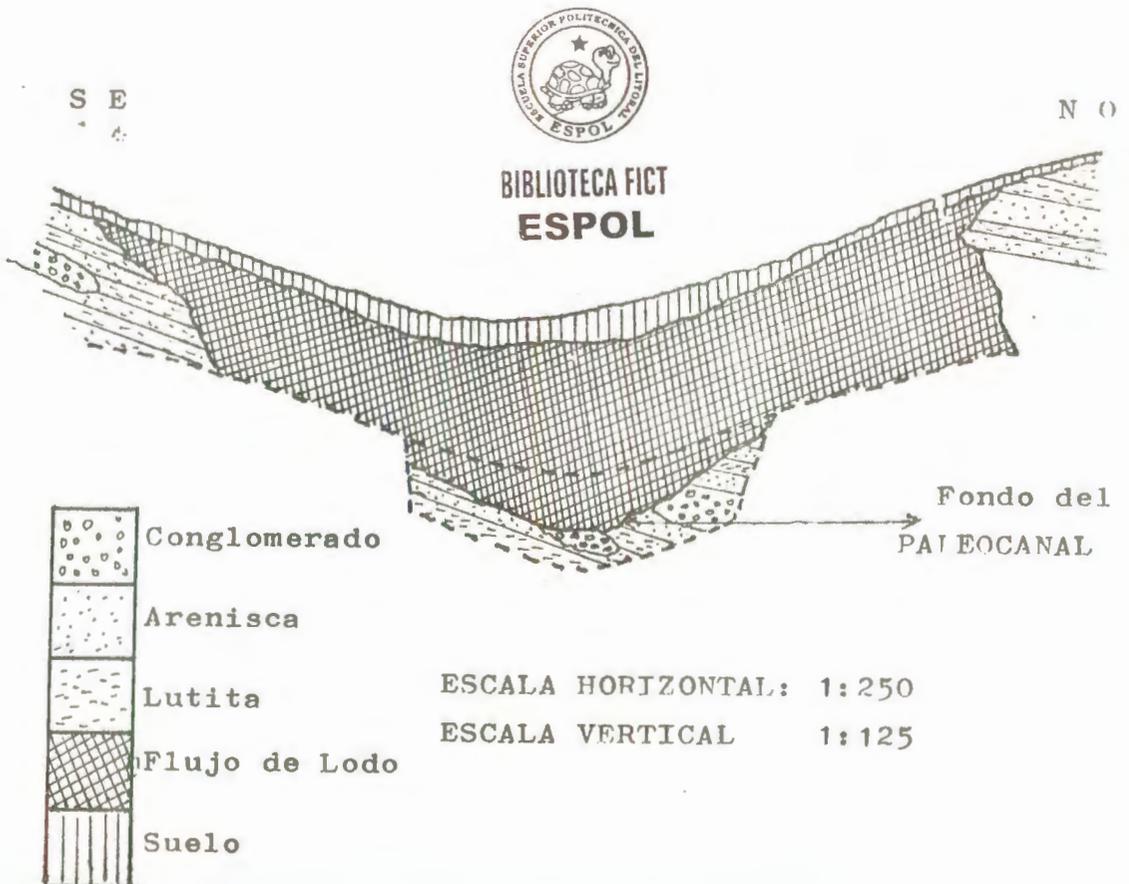
En el de Isópacas, se muestra la variación del espesor de la capa aluvial que recubre la roca, lo cual será de importancia para el Ingeniero constructor, que podrá evaluar la cantidad de roca a excavar para la cimentación del muro de la presa.

Las interpolaciones para las curvas tanto de igual cota (contornos estructurales) como de igual espesor (Isopacas) no son completas en su totalidad, debido a que la ubicación de los pozos perforados no es muy conveniente. Además, como estas perforaciones abarcaron casi exclusivamente el eje de la presa, éstos mapas tienen aplicabilidad para esta zona del proyecto solamente. Ver mapas #3 (Isópacas) y #4 (Contornos Estructurales)

### 9.3.3 Trincheras.

Cuando el autor de la presente tesis trabajó en la investigación geológica del Proyecto Valdivia, estaba construída ya una trinchera de unos 77 metros de lar-

go por 4 de ancho y profundidad menor a 4 metros, ubicada a lo largo del eje (una parte) de la presa, excavada en una pequeña elevación, como se indica en el mapa # 2 . Al parecer, quienes ordenaron esa excavación, tenían el propósito de observar las características de la "falla" que "cruzaba" el eje de la Presa. En efecto, de la observación de esa trinchera se puede observar una interrupción de los estratos, así como pocos bloques sueltos, y un material negrusco con tintes blancos (CO<sub>3</sub> Ca) de arcilla que presenta estrías, ilustrado aquí.



Los datos proporcionados por la Prospección geofísica, indicaron una lineación anómala y que pasaba por este sitio. Ante todo esto, decidimos hacer excavar otra trinchera más pequeña, que no era sino un ahondamiento de la anterior, en la parte donde los estratos estaban interrumpidos, tal como lo señala el gráfico, -

condimensiones de 12 metros de largo por 3 de ancho 1.5 metros de profundidad, excavada durante cuatro días y medio por 6 hombres.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

En esta trinchera se pueden anotar los siguientes aspectos:

- a) Sucesión de los materiales de excavación. - Se encontró 30 cm. de material suelto que es el resultado de derrumbes de los costados de la trinchera más grande anterior; a continuación, se extrajo un material arcilloso-limoso (lodoso) cuyo espesor aumenta desde pocos centímetros hasta unos 80 cm. en la parte central más honda de la trinchera, donde las rocas hacen una concavidad, con grietas de desecación en las partes más bajas. Luego, las rocas estratificadas (areniscas, lutitas, limolitas, conglomerados) en contacto abrupto con el material descrito anteriormente.

b) Disposición y características de los materiales. - El material arcilloso-limoso dá la impresión de ser un "flujo de lodo", transportado a través de las llamadas "avenidas de lodo", con coloración negrusca y manchas blancas de  $\text{CO}_3$  Ca presentando estriaciones originadas por los cambios volumétricos debido a variaciones de humedad y/o temperatura.

Las estratificaciones rocosas que fueron encontradas a poco más de 1 metro de excavación se manifiestan normales a lo largo de la trinchera, conservando la misma litología observada tanto en la trinchera mayor, como en los demás afloramientos del área de la presa, esto es conglomerados muy compactos, areniscas y lutitas y limolitas interestratificadas. La orientación de los estratos se mantiene también normal, con respecto al resto de afloramientos, con rumbo N-S y buzamiento de  $15^\circ 0$ .

Entre el "flujo de lodo" y el lecho rocoso, el contacto es brusco ; y, como se observa en el gráfico, los estratos han sido cortados seguramente por una erosión fluvial en tal forma que el lecho rocoso tiene una concavidad (visto desde arriba) que puede ser asimilada a un cauce fósil o abandonado de río. A

esto se añade la presencia de bolsones de conglomerado, con guijarros redondeados hasta angulosos, que se encuentran en las cavidades dejadas por la erosión.

De acuerdo a estas observaciones realizadas en la trinchera menor, se puede concluir:

1. La supuesta falla, señalada anteriormente por los geólogos que estudiaron la zona, no existe pues, claramente se aprecia un Paleocanal; más aún si no hay ninguna evidencia de fallamiento como diaclasas, disturbancia de estratos, etc. En las fotos se encuentran indicios de lo expuesto, como también en el terreno, en la zona del vaso. Para aclarar mejor esta situación, se hizo una exploración en el área con el objeto de hallar evidencias del Paleocanal en otro sitio que no sea la trinchera, y es así como se encontró el mismo material de relleno arcillo-limoso, negrusco con manchas blancas de carbonato de calcio y estrías, tanto aguas arriba y aguas abajo de la trinchera (en 2 sitios), los cuales coinciden justamente con la lineación anómala señalada en un mapa de curvas de isorresistividad aparente (parte de M. Chávez) como también con los datos de sísmica de refracción.

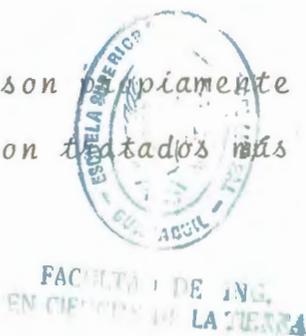
11. Sólo existe una formación en el área del Proyecto (vaso y muro), que de acuerdo a la bibliografía e xistente en lo que respecta a la litología de las formaciones, podría asimilarse a la formación Zapotal. Los geólogos que intervinieron anteriormente en el estudio de la Presa Valdivia, sostienen la existencia de 2 formaciones (Seca al Oeste y Zapotal al Este) puestas en contacto tectónico por lo que según ellos es falla. Al no existir la falla, y teniendo las rocas una litología muy homogénea a ambos lados del paleocanal, se puede asegurar la existencia de una sola formación.

#### 9.4. ANALISIS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PETROGRAFICOS

Los análisis de suelos que son apropiamente de los materiales de construcción, son tratados más adelante - en el numeral 11.

#### ANALISIS PETROGRAFICO

De un total de 40 muestras del área, se escogieron las más representativas para el análisis petrográfico, las cuales en número de cinco fueron observadas en el microscopio una vez lavadas en el tamiz # 200.



Muestra 18-1-2. Descripción Macroscópica.- Se trata de una arenisca de grano fino, arcillosa, de color café claro, con manchas blancas de carbonato de calcio.

Peso total de la muestra = 159.9 gr.

Peso del contenido de arcilla= 63.5 gr.

La muestra lavada presenta cuarzo hialino a café claro, que aporta un 90% de la muestra, teniendo los granos una esfericidad de 0.7 y redondez de 0.5.

Contiene un 3% aproximadamente de mica, siendo más abundante la moscovita que la biotita.

Los feldespatos, está parcialmente meteorizados y suman un 5%.

Los minerales pesados están presentes en un 2%.

La muestra evidencia solo razgos de pirita, que indican posiblemente un medio oxidante.

Al revisar el pasante del tamiz # 200 se comprobó - que existen abundantes granos de cuarzo del tamaño del limo.

El cemento de la roca es generalmente arcilloso. Presenta también cantidades de carbonato de calcio no -

cristalizado, en forma de polvo, posiblemente de diagénesis posterior.

Muestra 18-1-3. Descripción Macroscópica.- Se trata de una arenisca de grano fino, arcillosa, de color café claro hasta amarillo muy pálido.



Peso total de la muestra = 170.3 gr.

Peso del contenido de arcilla = 43.5 gr.

**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Es muy similar a la anterior, presentando el cuarzo, blanco a café claro hasta hialino, en un 90%, teniendo sus granos un 0.7 de esfericidad y 0.5 de redondez.

Los feldespatos, caracterizados por su parcial meteorización están en un 8%.

Las micas tienen un porcentaje de 1%, abundando más la biotita.

Presenta también 1% de minerales pesados, que son de magnetita e ilmenita.

El cemento de la roca es arcilloso, siendo su contenido en peso del 30% de la roca.

Muestra 18-D-1. Descripción macroscópica.- Se trata

de una arenisca de grano medio a grueso, grisácea, con tintes cafés y poco arcillosa.

Peso total de la muestra = 240.6 gr.

Peso del contenido de arcilla = 90.5 gr.

Esta muestra lavada es un poco diferente a las anteriores, presentando granos de cuarzo transparentes hialinos a blancos, también de color oscuro (calcedonias y pedernales) que tienen 0.9 de esfericidad y 0.7 de redondez, en una cantidad de 90%.

Los Feldespatos no se observan en la muestra.

Presenta mica blanco (moscovita) 1% .

Existen minerales pesados en una cantidad de 3%; y, dentro de éstos hay un 0.5% de minerales ferromagnesianos.

Hay en la muestra abundancia de minerales oscuros, silicatos, que en pocos casos son fragmentos de rocas metamórficas.

Muestra 18-D-2. Descripción macroscópica. - Se trata de una arenisca arcillosa de grano medio a fino, de color café claro.

Peso total de la muestra = 135.4 gr.

Peso del contenido de arcilla = 63.8 gr.

La muestra lavada presenta granos de cuarzo hialino - transparente, cafés, en un 90%, teniendo una esfericidad de 0.7 y redondez de 0.5.

Presenta feldespatos parcialmente meteorizados en un 5%.

Contiene un 3% aproximadamente de mica principalmente biotita.

Los minerales pesados están en una proporción del 2% siendo los más identificables: magnetita e ilmenita, así como horblenda.

El cemento de la roca es arcillosa; y, además, presenta un cierto grado de oxidación.

Muestra L-T-W. Descripción macroscópica. - Se trata de una arenisca de grano medio a fino, micácea (moscovita), de color café claro a amarillo pálido con - pequeños nódulos.

Peso total de la muestra = 100.0 gr.

Peso del contenido de arcilla = 28.3 gr.

La muestra lavada presenta granos de cuarzo muy blancos a transparentes con esfericidad de 0.9 y redondeamiento muy regular en todos los granos de 0.5, en una cantidad de 90%.

Presenta micas blancas (moscovitas) en un porcentaje de 6%.

Los feldespatos están alterados y en un 3%.

Los minerales secados no exceden el 2% siendo principalmente de ilmenita, magnetita y horblenda.

El cemento de la roca es arcilloso, y su contenido total es de un 30% de la roca.

## 10. INVESTIGACION GEOTECNICA EN DETALLE

### 10.1. PROBLEMA GEOTECNICO DE LOS ESTRIBOS

El término "Estribo" puede ser empleado para denominar las laderas de un valle sobre los cuales se construye la Presa, o a la porción misma de la Presa que queda en esa parte del valle. El Geólogo generalmente usa la palabra "Estribo" en el sentido primero - (que es la acepción que se toma en la presente tesis) mientras que el Ingeniero Civil la emplea en el sentido de la última definición.



BIBLIOTECA FICT.  
ESPOL

#### 10.1.1 Estribo de la margen Izquierda del Río.

De acuerdo a lo mencionado en el numeral 8.1, en lo que se refiere a estructuras, existe en esta parte una falla con las características ya descritas. La litología presente es también la ya mencionada en otros numerales y que corresponde a toda el área del Proyecto, es decir conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas; los conglomerados afloran muy compactos, mientras que las areniscas y lutitas varían en el grado de compactación y dureza, siendo unas partes duras, y en otras sueltas y deslencables debido a efec

tos de meteorización. En términos generales, en este estribo, hay muy pocos afloramientos debido al suelo que recubre a la roca, y al material suelto removido por la acción de la gravedad combinada con la alta pendiente del talud.

#### 10.1.2 Estribo de la Margen derecha del Río.

En esta parte de la Presa, hay unos cortes hechos con tractor, posiblemente para elevar el nivel de la actual carretera de verano que pasa más abajo, con lo cual se tienen afloramientos con roca fresca. Se puede señalar que en este estribo la litología es similar a la del otro ya descrito, con la misma característica de los conglomerados muy compactos y lenticulares, mientras que las areniscas y lutitas son bastante delesnables. Las lutitas y/o areniscas estratificadas en ciertas partes se cortan bruscamente, lo cual es posiblemente efecto de discordancias locales.

#### 10.2. ESTABILIDAD DE TALUDES (ESTRIBOS)

En los taludes de la margen izquierda del río, las rocas sedimentarias tienen un buzamiento que en tér

minos generales no excede los  $15^\circ$  hacia el Oeste. En las Represas, es posible la inestabilidad de taludes, que pueden originar deslizamientos traslacionales a lo largo de discontinuidades desfavorablemente orientadas en relación al talud, tales como estratificaciones. La naturaleza, orientación y resistencia al corte a lo largo de las mismas, son factores vitales en la determinación de la estabilidad del talud rocoso. Si una porción de masa rocosa yace sobre una discontinuidad que tenga un buzamiento hacia la cara libre del talud y menor que el ángulo del talud (como en Valdivia), el deslizamiento traslacional ocurrirá cuando los esfuerzos de corte que actúan en tal discontinuidad excedan la resistencia al corte a lo largo de la misma; esta resistencia tiene el valor:

$$A = C + (T - U) \operatorname{tg} \theta$$

Donde:

A = resistencia al corte a lo largo de la discontinuidad.

C = cohesión entre los bloques de material rocoso a ambos lados de la discontinuidad.

$T$  = esfuerzo que actúa normalmente a la discontinuidad.

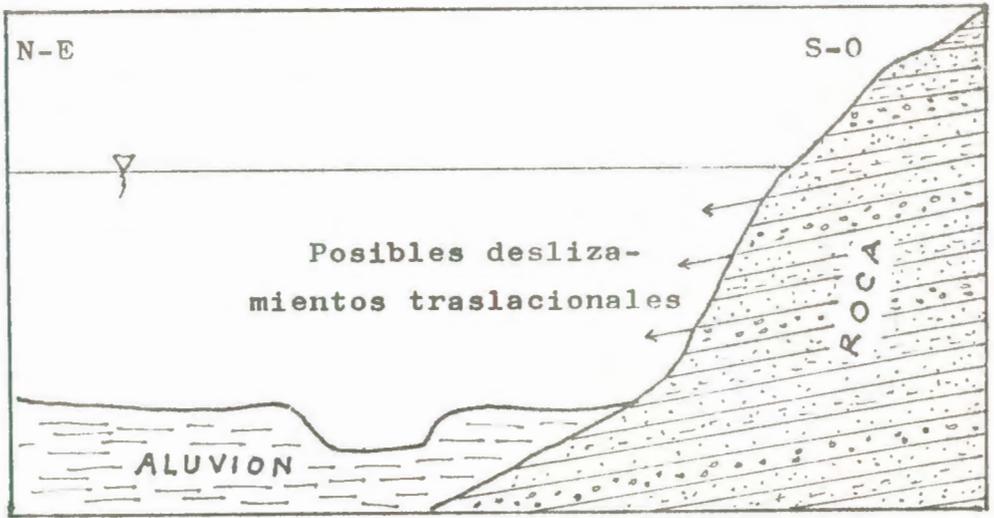
$U$  = presión de poros en un punto dado de la discontinuidad.

$\phi$  = ángulo de fricción interna de la discontinuidad.

De los parámetros mencionados arriba, para el caso de Valdivia tiene mayor incidencia la presión de poros ( $U$ ), ya que si hoy día el talud de la margen izquierda del río se mantiene estable, mañana, cuando se ejecute el Proyecto, el agua del embalse penetrará por la estratificación y aumentará el valor de la presión de poros, disminuyendo como consecuencia la resistencia al corte de la masa rocosa; se hace necesario entonces, realizar ensayos de resistencia al corte en seco y húmedo del material rocoso, para tomar las medidas preventivas del caso.

Es de anotar que esta anomalía existente en el talud de la margen izquierda del río involucra desde el estribo izquierdo hasta unos 200 metros aguas arriba.

ESTRIPO DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO



En los taludes de la margen derecha del río, las rocas tienen una estratificación buzando hacia afuera de la Presa, inclinaciones que no exceden los 20° - hacia el Oeste, por lo cual no hay lugar a una inestabilidad del talud en cuanto a deslizamientos traslacionales se refiere.



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**



### 10.3. PROBLEMA GEOTECNICO DE LOS VERTEDEROS

BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

De acuerdo a lo proyectado por el INERHI para la Presa de Valdivia, se construirá un vertedero por el estribo de la margen derecha del río; ésto, debido fundamentalmente a las condiciones topográficas.

Los materiales de fundación para éste vertedero se-rían las rocas, cuya litología fue descrita en el nu-meral 10.1. Como se indicó aquí, las rocas areniscas y lutitas son muy delesnables; además, pasan por éste sector 5 fallas normales (descritas en el numeral 8.1 en la parte de estructuras) dispuestas en esca-lón. El suelo que recubre a la roca varía entre 10 y 40 cm. de espesor.

10.4. PROBLEMA GEOTECNICO DEL VASO.- En el vaso de la pre-sa del Proyecto Valdivia nó existen afloramientos, pues íntegramente se encuentra recubierto por una gruesa capa de material arcilloso-limoso aluvial que aparece íncluso en las paredes del cauce del río, con un espesor que en términos generales supera los 10 metros. Los datos del vaso que se analizan en esta tesis, provienen de las perforaciones y pruebas de permeabilidad realizadas, de las trincheras existentes y de la pros

pección Geofísica.

Con los resultados de la prospección Geofísica y la excavación de las trincheras, se pudo ubicar la existencia del paleocanal ya mencionado en otros numerales, y que no ocasionará problemas para la ejecución del Proyecto. La falla  $f_6$  de rumbo N 50°0 presente en el estribo de la margen izquierda del río, es posible que cruce el vaso, lo cual va a depender de su alcance en profundidad; pues fué ubicada hasta donde aflora en la parte más baja, a 40 metros de altura - sobre el nivel del mar, mientras que el lecho rocoso del vaso está por debajo de los 20 metros sobre el nivel del mar.

10.4.1 FILTRACIONES.- Los resultados de las pruebas de permeabilidad, indican que los valores entran en el margen mínimo de seguridad de  $10^{-4}$  cm/seg. ya discutido en el numeral 9.3.1.

El yeso existente en el área, es posible que ocasione filtraciones, en virtud de que puede disolverse - en determinadas condiciones. Hasta con un pH del agua de 8, el yeso precipita, y con un pH menor, se disuelve. En análisis efectuados por el autor en

Septiembre de 1970 del agua del río Valdivia, se obtuvo valores del pH de 8.2 y 8.4; pero, es indudable que estos valores van a variar, influenciados por la presencia del CO<sub>2</sub> y sus derivados, de los ácidos húmicos orgánicos, y de sales de los metales pesados. Sin embargo, el yeso está presente en tan poca proporción, que las disoluciones que acarrié no ocasionarán mayores problemas.

#### 10.5. ANALISIS DEL YESO: Características Geológicas.

El Yeso presenta en el área del proyecto, es de origen secundario (selenita) y se encuentra presente - rellenando ciertas diaclasas, o interestratificado, pero con espesores muy reducidos. De los afloramientos existentes, en 2 ó 3 fracturas aparece el yeso y su persistencia es muy limitada.

También localizamos el yeso entre estratos de diferente litología, como en ciertos contactos de conglomerado y arenisca, pero su espesor no sobrepasa el 1 cm. y disminuye su grosor hasta desaparecer - completamente.

En la trinchera existente en el posible muro de la

Preso se hizo una evaluación del yeso; en una pared de un promedio de 3.8 metros de alto por 30 de largo, aparece muy irregularmente en capas de un promedio de 0.5 cm. de espesor y 5 cm. de largo, en siete observaciones que sumándolas y proyectándolas en área de 3.5 x 5 cm. de yeso en un área de 3.8 x 30 metros de roca da un porcentaje mínimo del yeso; y, más aún si consideramos que éste es uno de los lugares donde más yeso aflora.

En algunos de los pozos perforados en el área, se indica también la presencia del yeso en forma de pequeñas capas y/o como vetillas.

En términos generales se puede decir aquí que el yeso existente es mínimo y se encuentra distribuido muy aisladamente.

## 11. MATERIALES DE CONSTRUCCION

### 11.1. ARIDOS PARA HORMIGON

#### 11.1.1 Localización.

Las gravas arenosas que pueden ser utilizadas como material de construcción, están localizadas en el cauce del río, tanto aguas arriba como abajo del posible Muro de la Presa, sitios de donde se las puede extraer para los fines consiguientes.

#### 11.1.2 Propiedades Físicas y Mecánicas.

De acuerdo a la "Memoria" del "Proyecto Valdivia" publicado por el INERHI en Febrero de 1970, "se tomaron algunas muestras a una profundidad de 2 metros y se realizaron ensayos de granulometría y de peso volumétrico máximo y mínimo. Los ensayos granulométricos indicaron que la grava arenosa es de buena graduación, con la siguiente granulometría:

TAMIZ	% QUE PASA
2"	100
1"	68-76
1/2"	46-52
Nº 4	26-30



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TAMIZ	% QUE PASA
Nº 10	14-20
Nº 40	5-8
Nº 100	1-2



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Los resultados de la densidad máxima y mínima arrojaron los siguientes valores promedio:

Densidad máxima seca =  $1700 \text{ Kg/m}^3$

Densidad mínima seca =  $1570 \text{ kg/m}^3$

La densidad correspondiente a una densidad relativa del 65% resultó ser de  $1600 \text{ kg/m}^3$ . De acuerdo con la densidad relativa y la granulometría del material se hicieron varias correlaciones para estimar la característica de la resistencia del esfuerzo cortante de este material y se adoptó como ángulo de fricción  $36^\circ$ .

Los materiales para el hormigón fueron ensayados con las gravas arenosas del cauce del río, encontrándose que a los 28 días la resistencia a la rotura fue de  $140 \text{ Kg/cm}^2$  con 6 sacos de cemento por metro cúbico, esperándose que con una reducción de los finos ese valor llegue a los  $175 \text{ kg/cm}^2$ .

### 11.1.3 Cubicación Estimada.

En el lecho del río Valdivia se han perforado los pozos PV-6, PV-7, PV-8, PV-10 y PV-17, que tienen un perfil esquemático graficado en el anexo # 5 , y en el cual se muestra la variación del espesor de la grava arenosa. Asumiendo:

Ancho promedio del río = 3.70 metros

Area del Perfil de Grava

arenosa (medida con planímetro) = 2075 m<sup>2</sup>

Cubicación estimada: 7670 m<sup>3</sup> desde el pozo PV-17 al PV-10.

## 12. DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (BASADA EN LA INVESTIGACION CONJUNTA CON EL SR. MIGUEL CHAVEZ).

### 12.1. MURO

Las presas de hormigón, en general, requieren de fundaciones en roca de buena calidad, principalmente en lo que se refiere a la capacidad portante de la roca. Las presas de Tierra (como la de Valdivia) no necesitan del mismo grado de calidad de fundaciones. La orientación de planos de discontinuidades, tales como la estratificación, es también un factor condicionante para la cimentación del Muro, pues generalmente la resistencia de la roca es mayor, perpendicular a las discontinuidades y disminuye considerablemente a lo largo de las mismas.

En la zona donde se piensa construir el muro de la presa de Valdivia, las rocas tienen una calidad aceptable, que en su mayoría son conglomerados y areniscas (80%); y, lutitas (20%). Los conglomerados, que son muy compactos y cementados a tal punto que el martillo de Geólogo no los penetra, son los que poseen las mejores características de fundación, pudiendo considerárseles como impermeables; en las a-

reniscas, cuando su permeabilidad es alta, su utilización como material de fundación es comprometida, pero los valores de permeabilidad obtenidos en el área de estudio varían de:

cm/seg.	%
$10^{-3}$	6
$10^{-4}$	62
$10^{-5}$	25
$10^{-6}$	7

que permiten una buena participación, además de que su grado de compactación es relativamente bueno. Las lutitas, dan la apariencia de tener un buen grado de consolidación, aunque no se descarta la idea de que puedan haber asentamientos, pero que serán de poca magnitud y que no incidirán mayormente en la estabilidad del muro.

La falla,  $f_5$ , que cruza el muro de la presa, es de proporciones mínimas, con su abertura rellena de arcilla y carbonato de calcio. Es posible que el carbonato se disuelva y que ocurran filtraciones, pero esto va a depender de la profundidad de ella, (falla) que debido a su pequeña magnitud es probable que no se

se extienda mayormente en profundidad.

La inclinación de las capas, no excede los  $16^\circ$  hacia el Oeste (rumbo N-S), en donde los esfuerzos debidos al peso del muro serían casi perpendiculares a estas discontinuidades, condición apropiada para su fundación; y, aunque esta inclinación es hacia afuera de la Presa que permitirían filtraciones del agua del embalse, los resultados de los ensayos de permeabilidad compensan esta situación, pues los valores son bajos; y, las pérdidas serán también bajas.

La existencia del yeso es otro factor que podría ser negativo para la ejecución del Proyecto, pero como se discutió anteriormente, su presencia limitada y aislada no incidirá mayormente.

Como conclusión, la construcción del muro es factible.

## 12.2. ESTRIBOS

### 12.2.1 Estribo de la Margen Derecha del Río.

Como se discutió anteriormente en el numeral 10.1, las características de la roca en este estribo, a excepción de los lentes de conglomerados muy compac-

tos, no son muy apropiadas, debido a su excesiva meteorización que le dan un aspecto delesnable, acentuado más en las areniscas que en las lutitas (que están en menor volumen). Sin embargo, estas observaciones que fueron hechas en los afloramientos existentes, pueden no encontrarse en la roca no aflorante. Por este motivo es necesario "limpiar" este estribo cuando se decida construir la Presa, hasta tener roca sana o inalterada.

La estratificación en este estribo no está orientada favorablemente, pues el buzamiento de las capas es hacia el Oeste ( $15^\circ$  como máximo); pero, de acuerdo a los resultados de los ensayos de permeabilidad, se podría considerar que las filtraciones serán menores. El yeso también presente aquí, debido a su escasa cantidad, no ocasionaría mayores filtraciones en caso de que se disuelva.

#### 12.2.2 Estribo de la Margen Izquierda del Río.

Las características geológicas de este estribo fueron mencionadas ya en los numerales 10.1.1. y 10.2; es decir, la roca aflorante de conglomerados muy compactos, areniscas y lutitas; la falla  $f_5$  normal; el



material suelto que recubre la roca, etc.

Aquí, las rocas están en mejores condiciones que en el estribo derecho ya que los efectos de meteorización han sido menores, pero en todo caso se hace necesario "limpiar" este sector hasta encontrar la roca sana, previo a la ejecución del Proyecto.

Otro aspecto importante y que también fué discutido en párrafos anteriores es la estabilidad de talud. Debido a que la inclinación de los estratos es hacia el vaso y muro de la Presa, es posible que se produzcan deslizamientos a lo largo de la estratificación por efectos del aumento de la presión de poros, cuando el embalse adquiriera ciertos niveles de agua. Por este motivo se hace necesario realizar ensayos en seco y húmedo de resistencia al corte de la masa rocosa, para evaluar este posible deslizamiento; aunque vale acotar aquí que el buzamiento de las capas que no excede los 15° hacia el Oeste aparentemente no sería de mayor peligro.

### 12.3. VERTEDEROS

El único vertedero a construirse de acuerdo a la planificación del INERHI, parte de un costado del estribo

bo de la margen derecha del río hasta empalmarse con el cauce del río, y será revestido de hormigón.

Este vertedero estará asentado en roca en la parte más alta, y en suelo aluvial en la más baja. Para lo primero, tendría que excavarse la roca delesnable hasta tener roca fresca de mejores condiciones; y, para lo segundo, es necesario realizar ensayos de expansión para tomar las medidas preventivas en caso de que el suelo sea expansivo; se recomienda además que el suelo de fundación sea compactado a un mínimo del 95% del Proctor modificado hasta una profundidad de por lo menos 50 cm. abajo de la superficie inferior del concreto de revestimiento.

#### 12.4. VASO

En esta parte de la Presa es quizás donde no existan mayores problemas. Los resultados de los ensayos de permeabilidad tipo Lefranc, con valores inferiores a  $10^{-4}$  cm/seg., indican que las pérdidas por infiltración serán mínimas. Las estructuras presentes, tales como el cauce fosil del río; y, las pequeñas fallas  $\delta_5$  del estribo de la margen izquierda del río y  $\delta_6$  del muro de la presa que podrían proyectarse hacia el vaso, no incidirán en mayor grado.

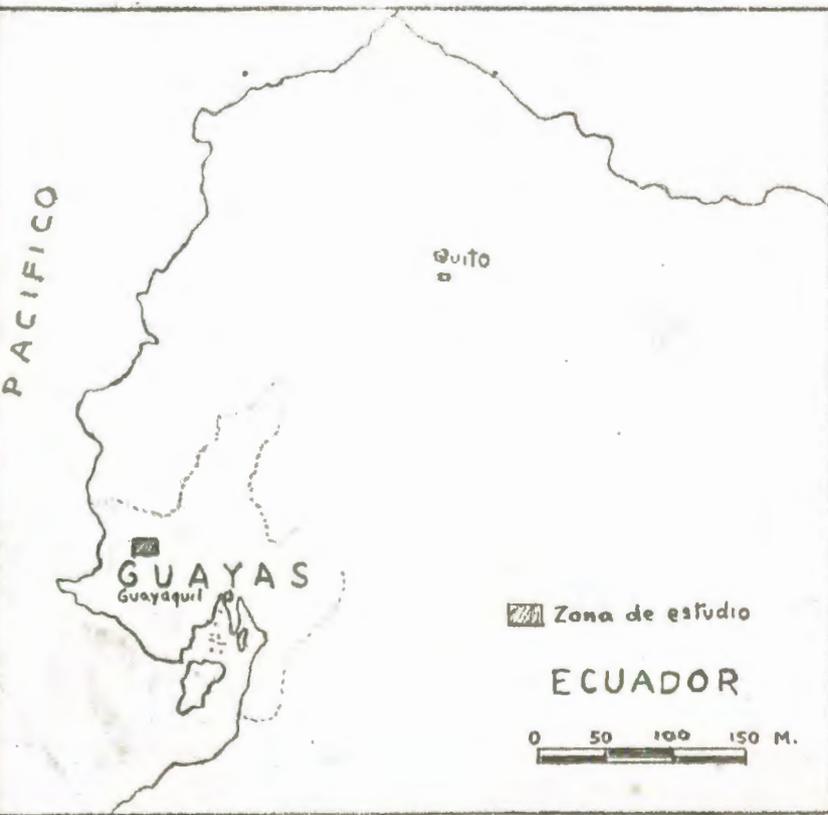
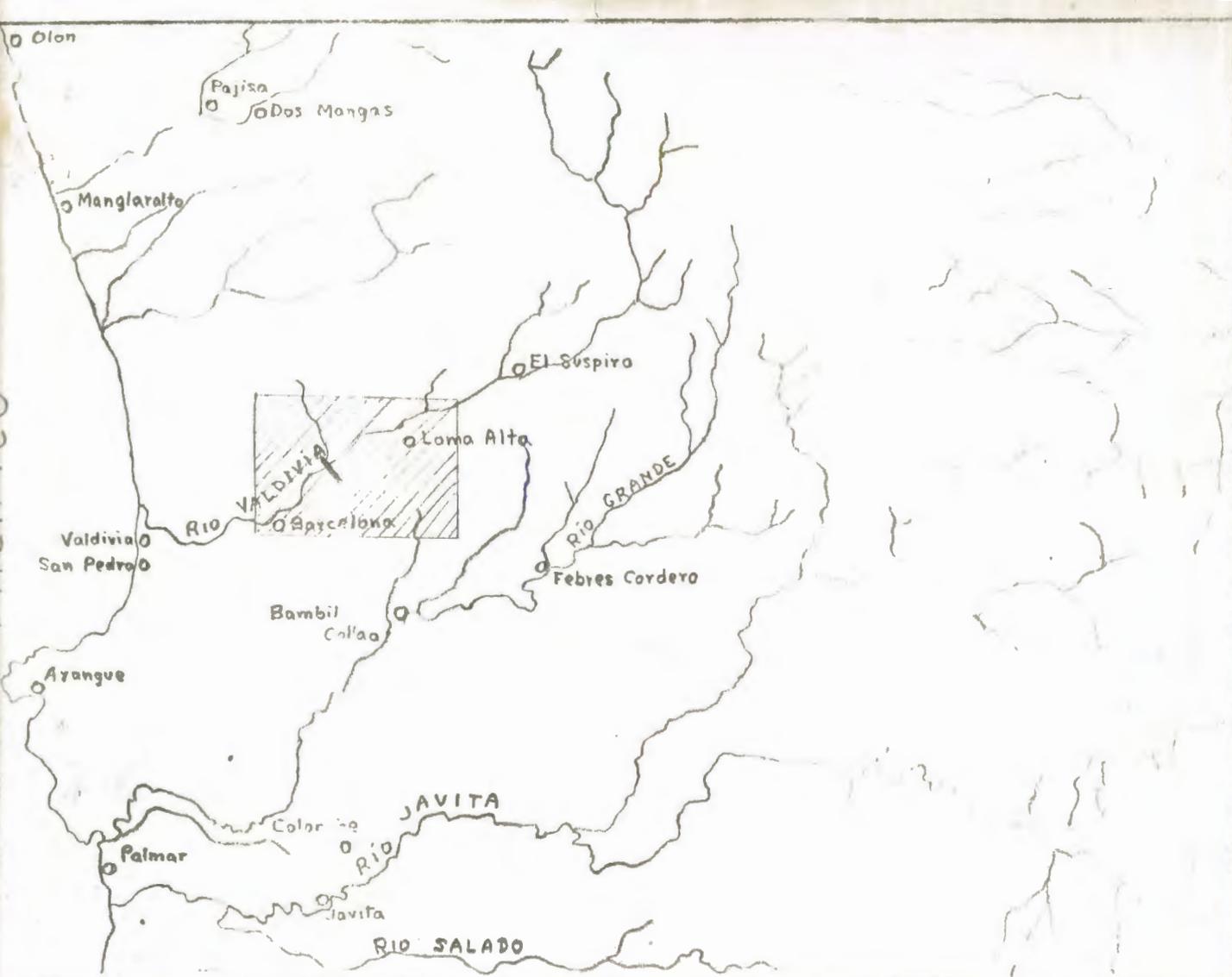
## 13. MAPAS Y ANEXOS

13.1. MAPAS. *Constan los siguientes mapas:*

- Mapa # 1. *Mapa de ubicación de la zona de estudio.*
- Mapa # 2. *Mapa geológico.*
- Mapa # 3. *Isópacas del Aluvión.*
- Mapa # 4. *Contornos estructurales del lecho rocoso.*

13.2. ANEXOS. *Constan los siguientes Anexos:*

- Anexo # 1. *Análisis del tiempo de la Investigación*
- Anexo # 2. *Cortes geológicos de los Estribos (2.1 y 2.2).*
- Anexo # 3. *Perfiles Sísmicos (3.1, 3.2, 3.3 y 3.4)*
- Anexo # 4. *Ensayos de Permeabilidad (22 pozos)*
- Anexo # 5. *Corte Esquemático de las Gravas.*



AREA  
UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

AREA  
 ZONA DE ESTUDIO  
 EJE DE LA PRESA

ESCALA : 1 : 200 000

MARIANO SANTOS

FEBRERO-1975    MAPA # 1

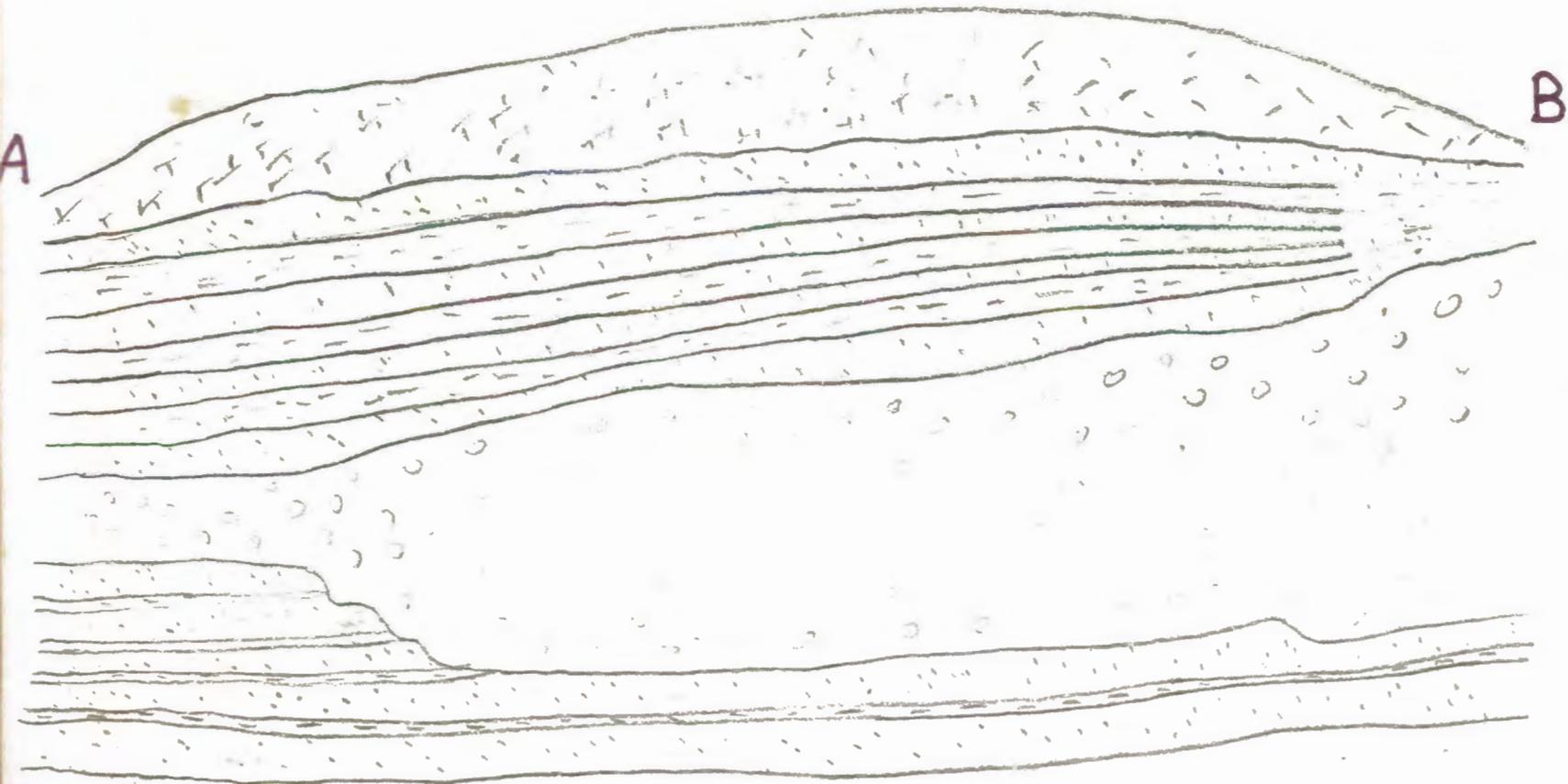
# ANÁLISIS DEL TIEMPO DE LA INVESTIGACIÓN

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.
ACTIVIDADES						
Recopilación de Bibliografía.	[Barra]					
Interpretación Fotogeológica.	[Barra]					
Chequeo de Campo.		[Barra]				
Prospec. Geofísica		[Barra]				
Prospec. Mecánica.				[Barra]		
Análisis del Yeso.					[Barra]	
Investigación geológica en detalle.					[Barra]	

ANEXO # 1

# ANEXO # 2.1

## CORTE GEOLOGICO DEL ESTRIBO DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO



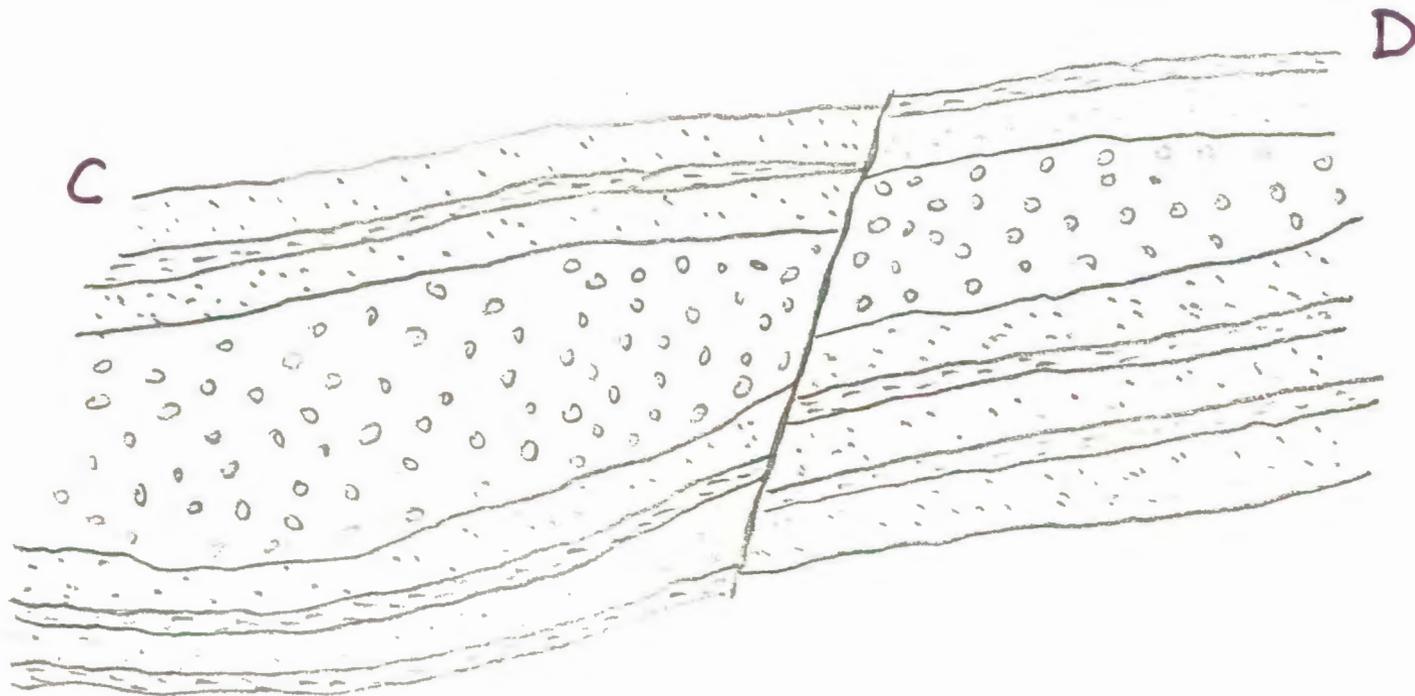
### LEYENDA

-  CONGLOMERADA
-  ARENISCA
-  LUTITA
-  SUELO

ESCALA 1:100

# ANEXO # 2.2

CORTE GEOLOGICO DEL ESTRIBO DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO



LEYENDA



CONGLOMERADO



ARENISCA



LUTITA



FALLA

ESCALA 1:100

TV-1 Diámetro Cámara = 4"

Numero de golpes/pis

0 20 40 60 80 100

H<sub>2</sub> cm

0 42.51 10°

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16

42.51

Fin Cámara  
35.51

16.75 24.73



PV-2 Diámetro camisa = 4"

Número de golpes/pie

k cm/sec

0 20 40 60 80 100

C 25.22 10° 1 2 3 4 5

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21

25.22

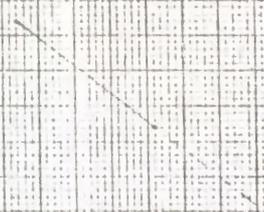
Fin Camisa  
27.60

25.72

21.82

13.25

k  
L



PV-3 Diametro Camisa = 4"

Numero de Golpes/pie

k cm/seg.

0 20 40 60 80 100

0 41.95 10 5 4 5

139 / 8"

164 / 10"

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19.03

41.95

39.15

38.75

Fin Camisa

37.35

37.25

28.20

26.75

25.21

22.92

19.03

k

k  
L

Let. / ...

FV-4

Diámetro Camisa: 4"

Número de Golpes / pte

k cm/SEG

0 20 40 60 80 100 0 32.93 10<sup>c</sup> -1 -2 -3 -4 -5 -6



27.44 NE

Fin Camisa  
25.52

k

k  
L

AV-5 Diámetro camisa 4"

Número de Golpes/pic k cm/seg  
 0 20 40 60 80 100 0 30 60 90 1 2 3 4 5 6



- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 1990

2783 NF

Fuga total

Fuga total

16 2/5"

Fin Camisa 16.90

k

L

1990

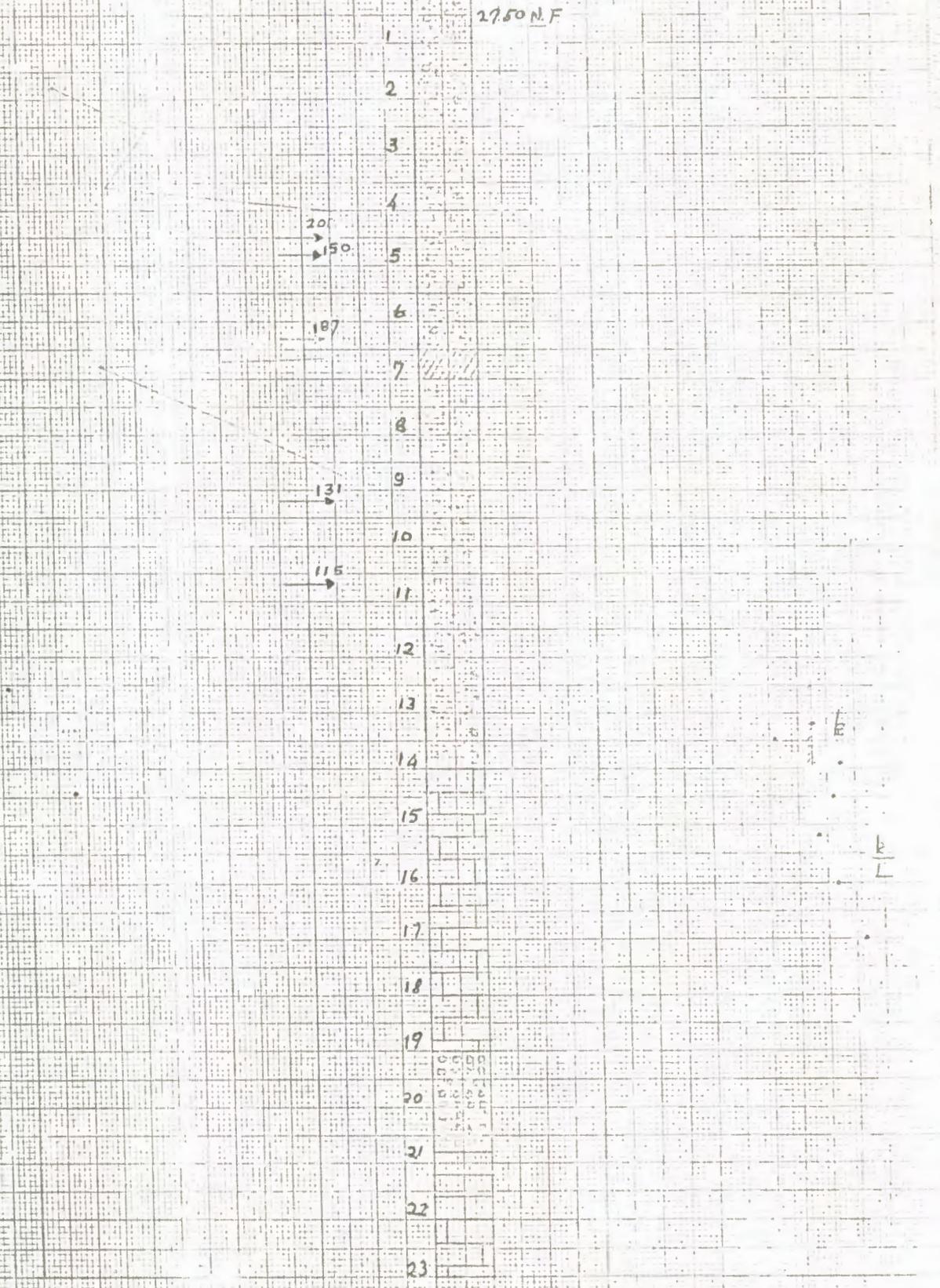
PV-6 Diámetro camisa = 4"

Número de ciclos pie

$\dot{p}$  cm/seg

0 20 40 60 80 100 0 20.44 10° -1 -2 -3 -4 -5 6

1750 N.F



DY-6A

Diámetro Camisa 4"

Número de Golpes

k cm/SEG

0 20 40 60 80 100

0 100 1 2 3 4

1 27.33 N.F.

2

3 Fuca total

4

5 Fuca total

800

6

400

6 Fin Camisa  
22.33

7

8 20.83

9

10

10 18.33

11

12 16.33



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

RV+7 Diámetro camisa = 4"

Número de Golpes/pie

k cm/sec

0 20 40 60 80 100

0 28.33 10° -1 -2 -3 -4 -5 -6

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19

134

150

171

105

27.50 N.F.

Fin Camisa  
22.04

1.5

0.01  
0.02  
0.03  
0.04  
0.05  
0.06  
0.07  
0.08  
0.09  
0.10

PV-E

Límite No Camisa = 4"

Número de Golpes/pic

0 20 40 60 80 100

f mm/sec

0 2017 100 -1 -2 -3 -4 -5 -6

1 2907

2 2747 N.F

3

4

5

121/6" 6

7

164/6" 8

Fin Camisa

2152

9

2047

131 10

11

183 12

13

14

15

16

17

1706

12.11

k

k

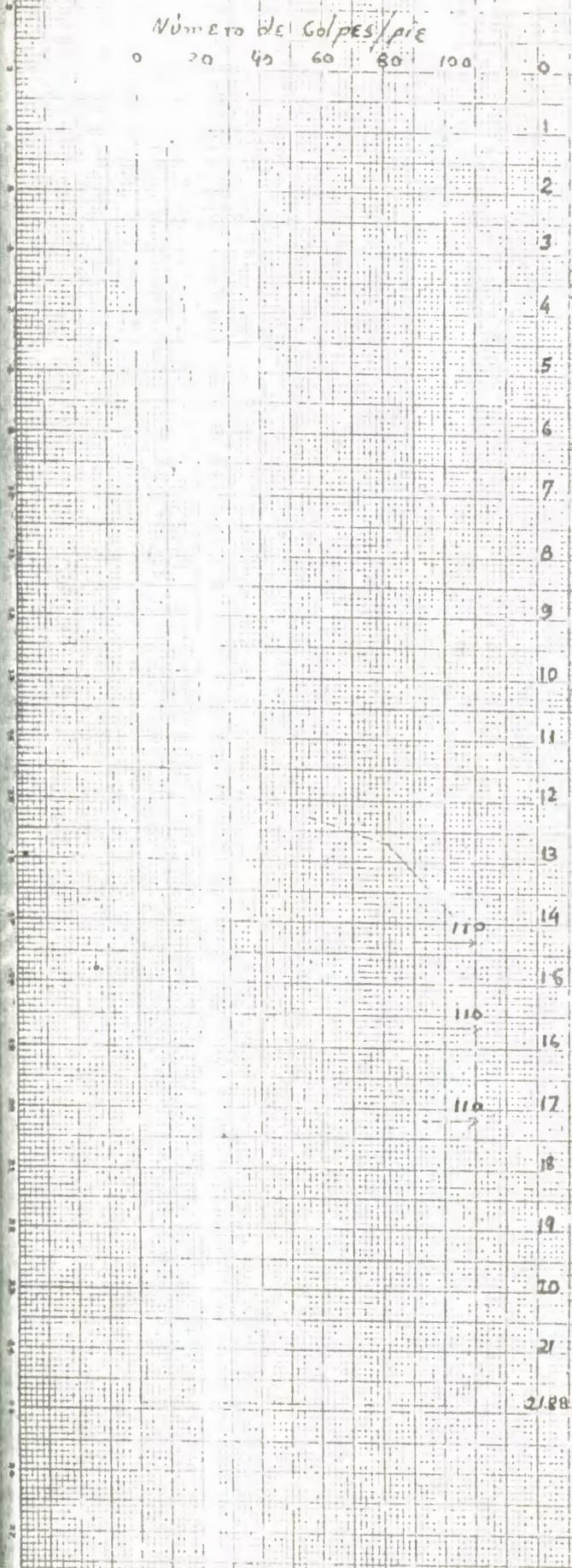
L

DV-9

Diámetro 27.2 4"

Número de Golpes/pie  
0 20 40 60 80 100

R cm sec



39.26

100

1

2

3

31.50

28.91

25.56 NF

23.40

21.40

Fin Corren  
17.21

21.88

13.39

DV-10

Diám. Tro. Camisa - 4"

Número de Gapes / pie

0 20 40 60 80 100

k cm/gal

2 3 4 5

0 29.20 10"  
28.79 N.F.

1

2

3 26.60

4

5 24.60

6

7

8

9

109

Fin Camisa  
20.02

10

11

12

13 16.40

14

15 14.82

16

15.38

13.82

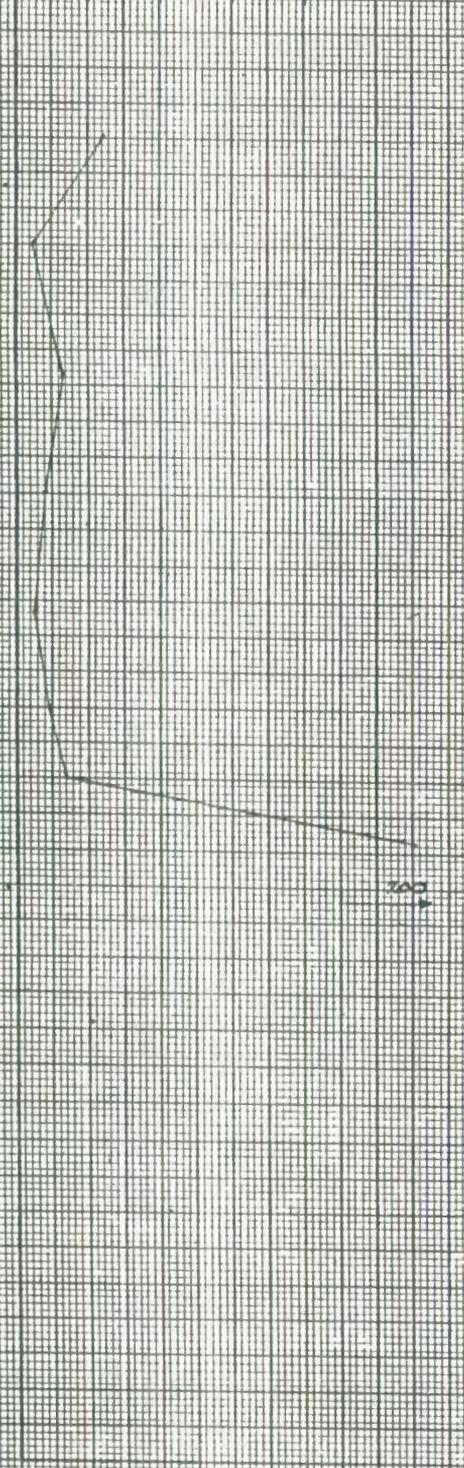
k

138

FD-11 Diámetro (Camisa) = 4"

Numero de golpes por  
0 20 40 60 80 100

R. cm/sec  
2 3 4 5 6



0	34.26	10.5	2	3	4	5	6
1							
2							
3							
4							
5							
6	28.7						
7							
8							
9							
10							
11	22.7						
12	22.36						
13							
14	Fin Camisa	20.51					
15		19.61					
16		17.76					
17	0.000 0.000 0.000 0.000 0.000	17.60					
18	0.000	16.36					
19							
20							
20.50		13.76					



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

BOSSA VALINHOS - Carrizal

30-V-67

FV-13 Diámetro 30 Carrisa = 4"

Número de G-120/125

0 20 40 60 80 100

8 477/106

2 13 14 15

23.67 10°

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14

28.17

27.97 F

Fa Carrisa

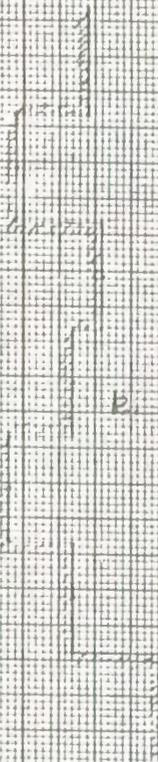
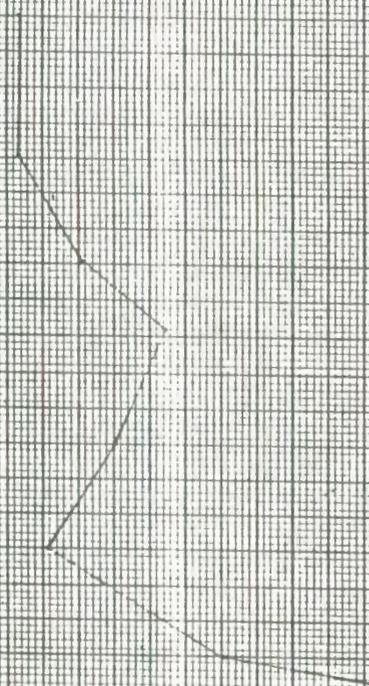
26.77

30.17

10.13

205

16.36

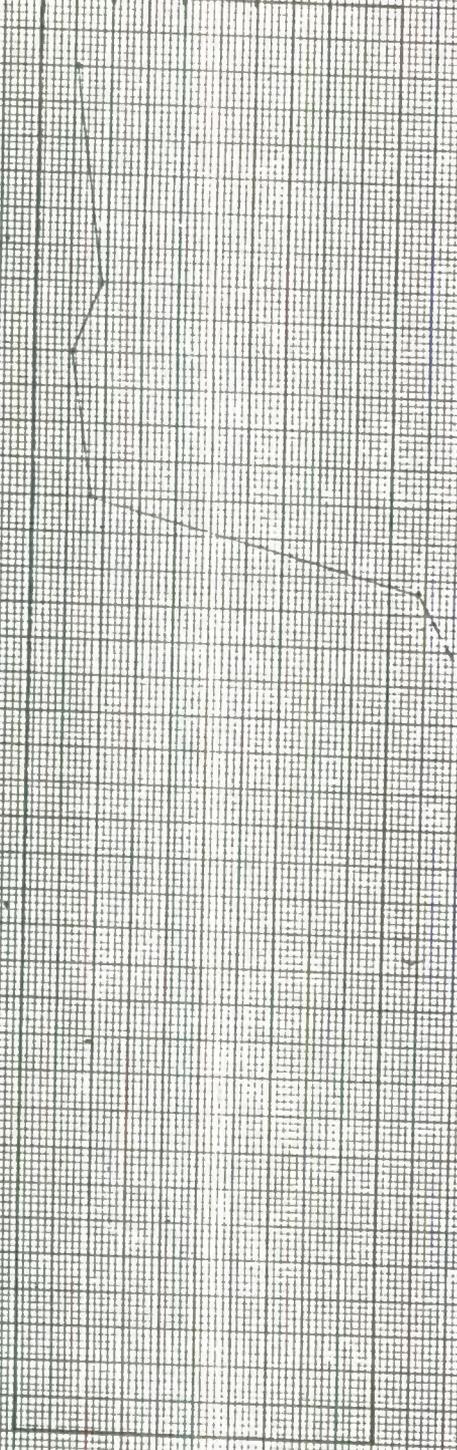


FV-13

Diámetro Canal - 4"

Número de Cálculos

h. esp/seg



0	34.13	10°
1		
2		
3		
4	30.61	
5		
6	27.92	1.7
7		
8	26.82	
9	26.17	
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20	14.14	



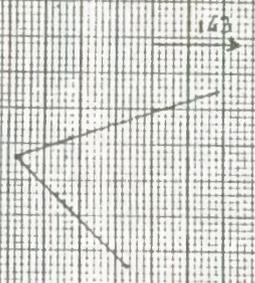
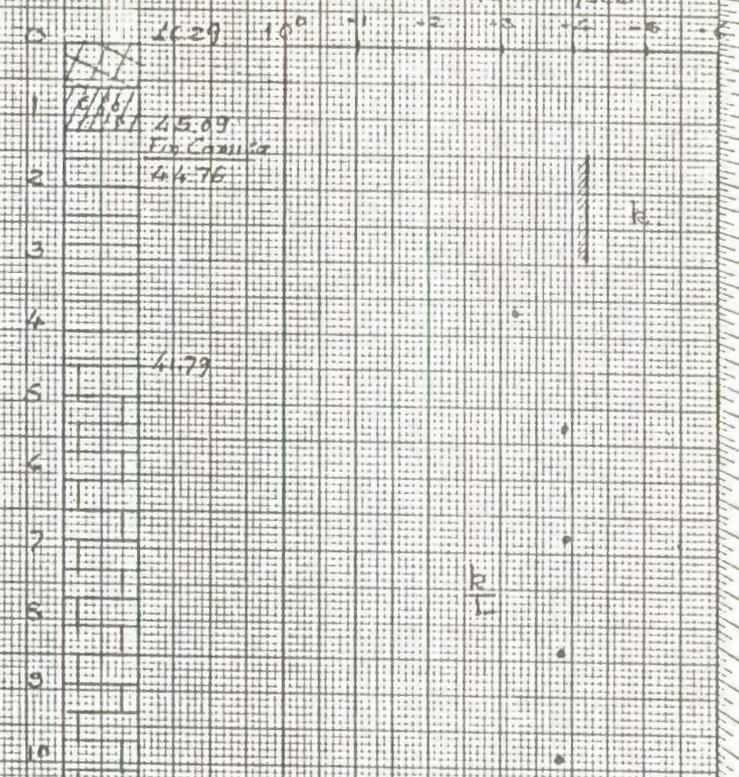
BIBLIOTECA NACIONAL DE ESPAÑA  
ESPOL

PV-14

Diametro Camisa = 4"

Número de Golpes/pes  
0 20 40 60 80 100

k = 27/126



10.76  
35.83  
67.2

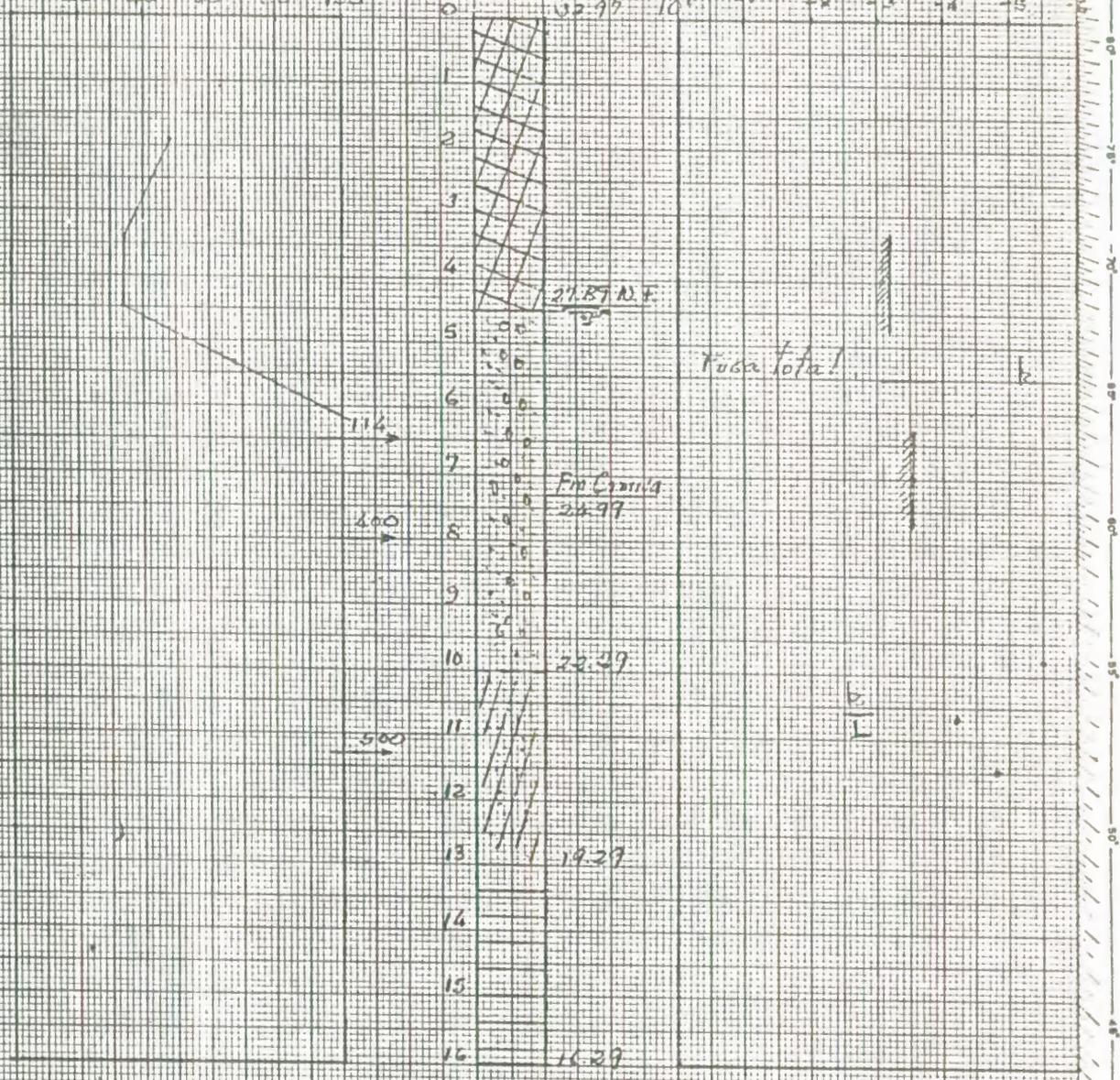


BIBLIOTECA FIC  
ESPOI

17-15 Diámetro Carrizal: 4"

Número de golpes/m<sup>2</sup>  
0 20 40 60 80 100

k. cm/seg.  
0 1 2 3 4 5



114

200

500

32.97 10<sup>6</sup>

21.87 N.F.

Fm Carrizal  
24.97

zona total

L

NU-16

# Dímetro Camisa

Número de revoluciones

R. cm/seg.

0 20 40 60 80 100

0 30.75 10° 1 2 3 4 5 6

1 31.55

2 31.55

3 29.71

4 28.25

5 25.82 A.F.

6 24.83

7 24.83

8 24.83

9 24.83

10 24.83

11 24.83

12 21.82

13 21.82

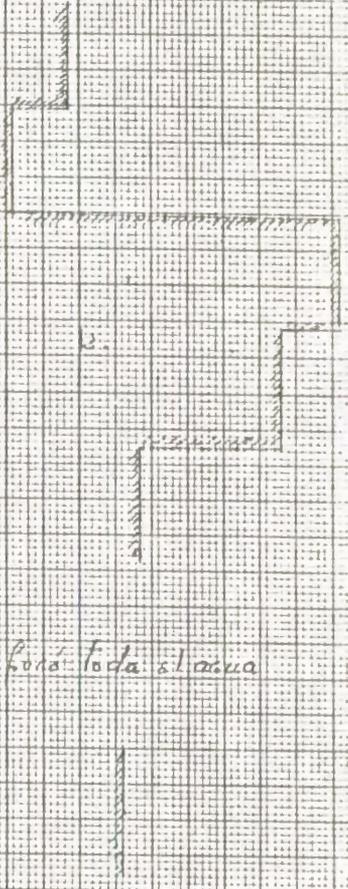
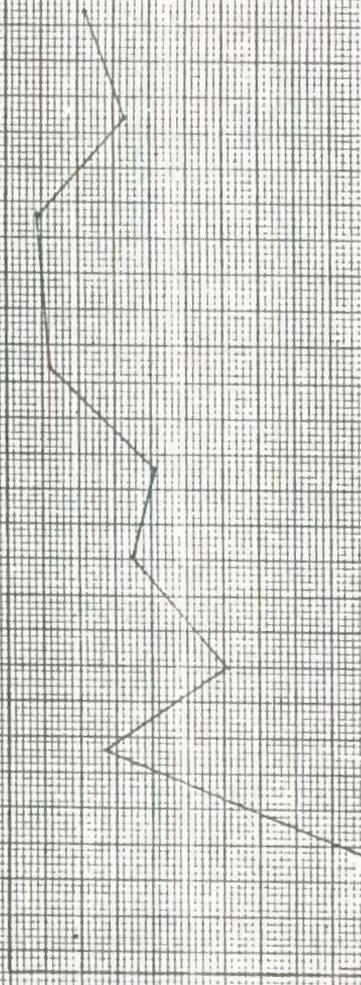
14 19.45

15 17.18

109/10"

1502

Se foró toda la pieza

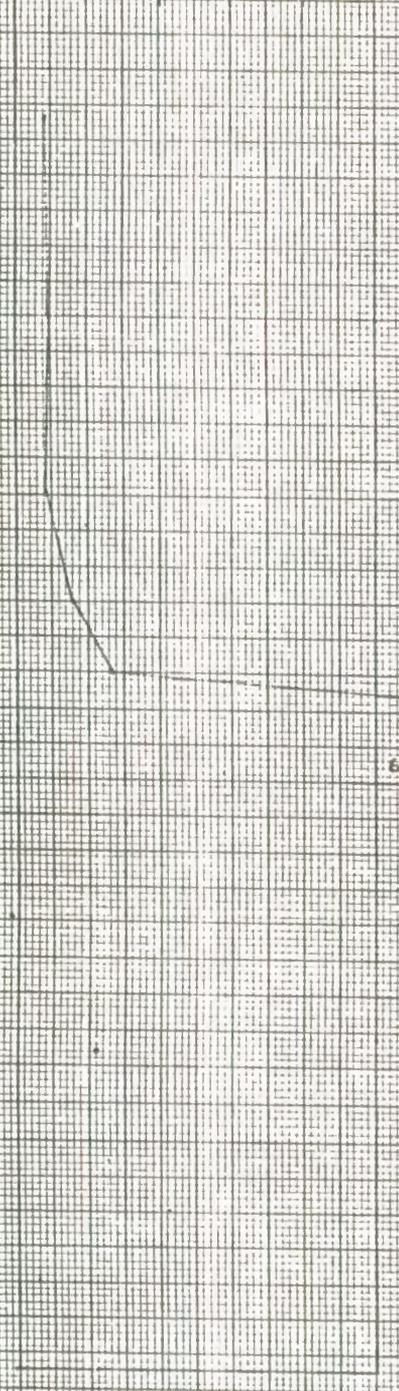


PV-17

Diameter Corriente - 4"

Numero de Repeticiones  
0 20 40 60 80 100

10 cm/156



0	29.60	10°
1	26.90	15°
2		
3	24.34	
4		
5		
6		
7		
8		
9	15.52	
10	17.60	
11	Fit Corriente	15.75
12		
13		
14		
15		
16	11.70	
17		
18		
19	8.12	
19.18		



PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: VALDIVIA  
 PERFORACION N: PV-18  
 TIPO DE PERFORACION:  
 ELEVACION: 43.00 M. SNM.

FECHA: 20-NOV-1969  
 LOCALIZACION:  
 INSPECTOR: ING. GG - G.L.  
 HOJA N: 1 DE: 2

PROFUNDIDAD (METROS)	ELEVACION (METROS)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	Q. DE AGUA cm <sup>3</sup> /s	TIEMPO s.	PERMEABILIDAD cm/s	OBSERVACIONES
	43.00							
	41.74	1.61 1		ALTERNANCIA DE LUTITAS Y ARENISCAS FINAS OXIDADAS.				
	40.41	3.18 2 3.29		ARENISCA FINA CON MICA BLANCA SEMI-COMPACTADA; ESCASA LUTITA FINA	0.998	305	0.7x10 <sup>-2</sup>	REACCIONA DEBILMENTE CON EL HCL
500	39.09	4.46 3 5.12		ARENISCA CON Poca LUTITA INTERCALADA PRESENCIA DE YESO	0.804	270	4.5x10 <sup>-2</sup>	
	37.76	6.16 4 6.62		LUTITA VERDE OSCURA CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCA FINA CON NIVELES DE OXIDACION; PRESENCIA DE YESO	4.204	220	6.5x10 <sup>-2</sup>	
	36.43	7.68 5 8.11		LUTITA VERDE OSCURA CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCA FINA ≈ 4	4.618	205	8.7x10 <sup>-2</sup>	
	35.10	9.18 6 9.61		LUTITA VERDE OSCURA CON DELGADOS NIVELES DE ARENISCA FINA	4.081	198	3.3x10 <sup>-2</sup>	
1000	33.77	10.69 7 11.15		LUTITA VERDE OSCURA CON ARENISCA FINA ≈ 6	7.007	181	4.0x10 <sup>-2</sup>	
	32.44	12.18 8 12.64		LUTITA VERDE OSCURA CON DELGADAS INTERCALACIONES DE ARENISCA FINA. PRESENCIA DE YESO.	7.449	127	3.8x10 <sup>-2</sup>	
	31.11	13.72 9 14.02		LUTITA VERDE OSCURA CON YESO Y ARENISCAS MILIMETRICAS COLORE ROJO AHARILLENTO	6.824	145	3.4x10 <sup>-2</sup>	
1500	29.78	15.20 10 15.68		ARENISCA DE GRANO MEDIO-VERDE ROJIZO OSCURO	7.088	120	4.3x10 <sup>-2</sup>	YESO PERPENDICULAR A LA ESTRATIFICACION
	28.45	16.71 11 17.01		LUTITAS VERDE OSCURAS CON NIVELES FINOS DE ARENISCAS OXIDADAS FINAS PRESENCIA DE YESO MILIMETRICO	5.773	166	2.4x10 <sup>-2</sup>	
	27.12	18.36 12 18.76		LUTITA VERDE OSCURA CON ARENISCA OXIDADAS FINAS; PRESENCIA DE YESO	8.226	115	3.3x10 <sup>-2</sup>	



BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: VALDIVIA  
 PERFORACION N: PV-18  
 TIPO DE PERFORACION:  
 ELEVACION: 43.80 M. S.N.M.

FECHA: 20-NOV-1969  
 LOCALIZACION:  
 INSPECTOR: ING. G.S.-G.L.  
 HOJA N: 2 DE: 2

PROFUNDIDAD (METROS)	ELEVACION (METROS)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	Q. DE AGUA cm <sup>3</sup> /s	TIEMPO s	PERMEABILIDAD cm/s	OBSERVACIONES
20.00	23.90	13		ALTERNANCIA DE LUTITAS NEGRAS - VERDOSAS CON ARENISCA FINA GRIS CON MUCHO CUARZO				RESISTENTE A LA PENETRACION
	21.26	14		ALTERNANCIA DE LUTITAS NEGRAS - VERDOSAS CON ARENISCA GRIS N. 13	10.61	90	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	
	22.70	15		LUTITA NEGRA-VERDOSA CON LAMINACION Y ARENISCA GRIS N. 14				
	24.30	16		LUTITA NEGRA VERDOSA Y GRANULOS VOLCANICOS Y CUARZO	7.88	120	2.9 x 10 <sup>-3</sup>	
28.00	24.40			FIN DE LA PERFORACION				

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: VALDIVIA  
 PERFORACION N: DV-20  
 TIPO DE PERFORACION:  
 ELEVACION: 242.004 S.N.M.

FECHA: 29-NOV-1969  
 LOCALIZACION: MARGEN IZQ.  
 INSPECTOR: ING. G.S. - G.L.  
 HOJA N: 1 DE 2

PROFUNDIDAD (METROS)	ELEVACION (METROS)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	Q DE AGUA cm <sup>3</sup> /s	TIEMPO s	PERMEABILIDAD cm/s	OBSERVACIONES
29.96	204	1		LIMO ARCILLOSO, PLASTICO - COLOR MASANO				
29.44	206	2		LIMO ARCILLOSO MUY PLASTICO - CAFE VERDOSO - CON GUIJOS CALCAREOS	0.198	318	3.4x10 <sup>-8</sup>	
29.00	208	3		ARCILLA LIMOSA MUY PLASTICA CON GUIJOS CALCAREOS	16.81	58	2.1x10 <sup>-1</sup>	
28.56	210	4		ARCILLA LIMOSA MUY PLASTICA - CAFE VERDOSA	189.2	60	1.6x10 <sup>-2</sup>	
28.56	212	5		ARCILLA VERDE AMARILLENTA - ALGO LIMOSA, ALTAMENTE PLASTICA	110.4	60	8.8x10 <sup>-1</sup>	
28.00	214	6		ARCILLA VERDE AMARILLENTA - ALTAMENTE PLASTICA.	4966	70	2.7x10 <sup>-1</sup>	
27.52	216	7		LIMO ARCILLOSO PLASTICO; VERDE AZULADO CLARO	17.20	110	1.0x10 <sup>-1</sup>	
27.07	218	8		LIMO ARCILLOSO; ARENA; GUIJOS DE TOBA VERDE	4.08	288	2.1x10 <sup>-2</sup>	
26.00	220	9		ARENISCA GRIS FINA CON LUTITAS OSCURAS - GUIJOS DE TOBA				
25.67	222	10		ALTERNANCIA DE LUTITAS NEGRAS Y ARENISCA GRIS FINA COMPACTA 20				
25.16	224	11		LUTITA NEGRA Y ARENISCA GRIS FINA, COMPACTA; RESISTENTE A LA PENETRACION: 20				
24.97	226	12		LUTITA NEGRA CON LAMINACION, CON GUIJOS NEGROS, Y ARENISCA GRIS FINA				

FILTRACION VIOLENTA A LOS 14. METROS.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: VAL DIVIA  
 PERFORACION N: DV-20  
 TIPO DE PERFORACION:  
 ELEVACION: 24200 M. SNM.

FECHA: 29 - Nov - 1969  
 LOCALIZACION:  
 INSPECTOR: ING. G.S - G.L.  
 HOJA N: 2 DE: 2.

PROFUNDIDAD (METROS)	ELEVACION (METROS)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	Φ DE AGUA cm <sup>2</sup> /s	TIEMPO s.	PERMEABILIDAD cm/s	OBSERVACIONES
20.00	27.00	19.87 13 19.93		LUTITA NEGRO-VERDOSA CON LAMINACION Y ARENOSA GRIS COMPACTA-FINA FIN DE LA PERFORACION				

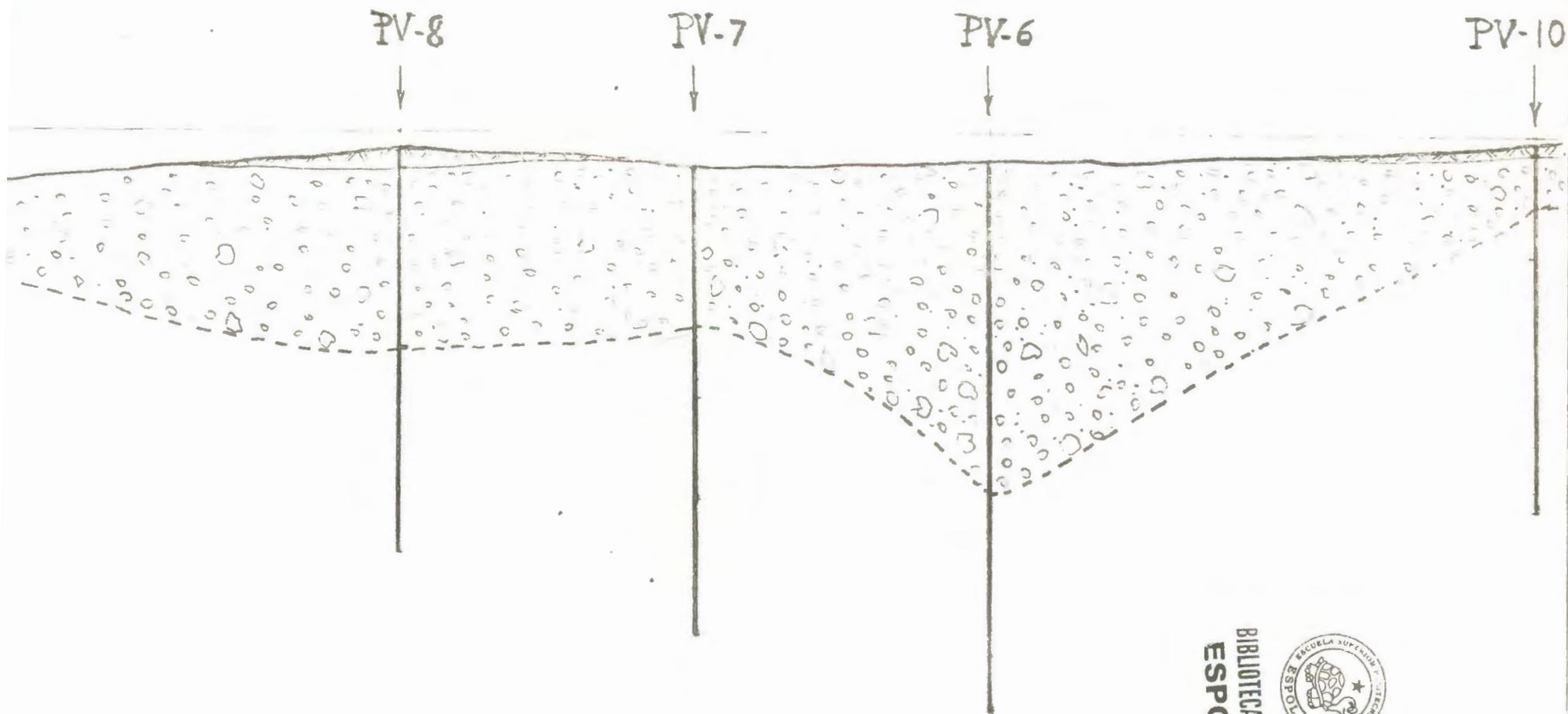
PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: VALDIVIA  
 PERFORACION N: PV-21  
 TIPO DE PERFORACION:  
 ELEVACION: 42.00 M. SNH.

FECHA: 29-NOV-1969  
 LOCALIZACION:  
 INSPECTOR: ING. C.D - GL.  
 HOJA N: 1 DE: 1

PROFUNDIDAD (METROS)	ELEVACION (METROS)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCION	Q. DE AGUA cm <sup>3</sup> /s	TIEMPO s	PERMEABILIDAD cm/s	OBSERVACIONES
	42.00	1.45						
	39.90	1 2.10		LIMO ARCILLOSO PLASTICO - COLORES CAFE AMARILLENTO				
	38.20	8.17 2 3.62		PEDAZOS DE TOBA VOLCANICOS, GUIJARROS DE ARCILLA ENDURECIDA MEZCLADOS CON ARCILLA Y ARENA.				
5.00	36.93	4.62 3 5.07		MEZCLA DE ARCILLA, ARENA; MATERIA DESCOMPUESTA, CLASTOS CALCAREOS VOLCANICOS.				
	36.40	6.10 4 6.40		GUIJARROS DE MATERIAL VOLCANICO CHERT, TOBA.				
	35.99	7.56 5 8.01		ARCILLA VERDE AMARILLENTO ALGO LIMOSA; MUY PLASTICA				A LOS 7.37 M. EL AGUA SE FILTRA RAPIDAMENTE
	35.57	9.18 6 9.63		ARCILLA VERDE AMARILLENTO CON PEDAZOS CALCAREOS; MUY PLASTICA				
10.00	30.61	10.84 7 11.39		ARENA VERDE AMARILLENTO, CON NIVELES DE OXIDACION; CONTIENE MICA BLANCA,				
	29.27	12.20 8 13.78		PEDAZOS DE MATERIAL VOLCANICO Y CANTOS REDONDEADOS (0.4-3 cm) MEZCLADOS CON ARCILLA				
	27.15	13.70 9 14.26		NUCLEO DE UN BLOQUE DE (DIORITA)? LUTITA VERDE OSCURA CON ARENISCA GRIS FINA				
15.00	26.84	15.23 11 16.46		LUTITA VERDE OSCURA CON LAMINACION Y ARENISCA GRIS ≈ 10				AL VOLTA DE CADA UN LUGAR DE PERFORACION, DE AMARILLENTO A VERDE OSCURO
	25.00	16.75 12 17.00		LUTITA VERDE OSCURA CON ARENISCA GRIS FINA CON BASTANTE CUARZO ≈ 11				

ANEXO # 5



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL



PERFIL ESQUEMATICO DE LAS GRAVAS

NNE

ESCALA HORIZ. 1:1000

ESCALA VERT. 1:250

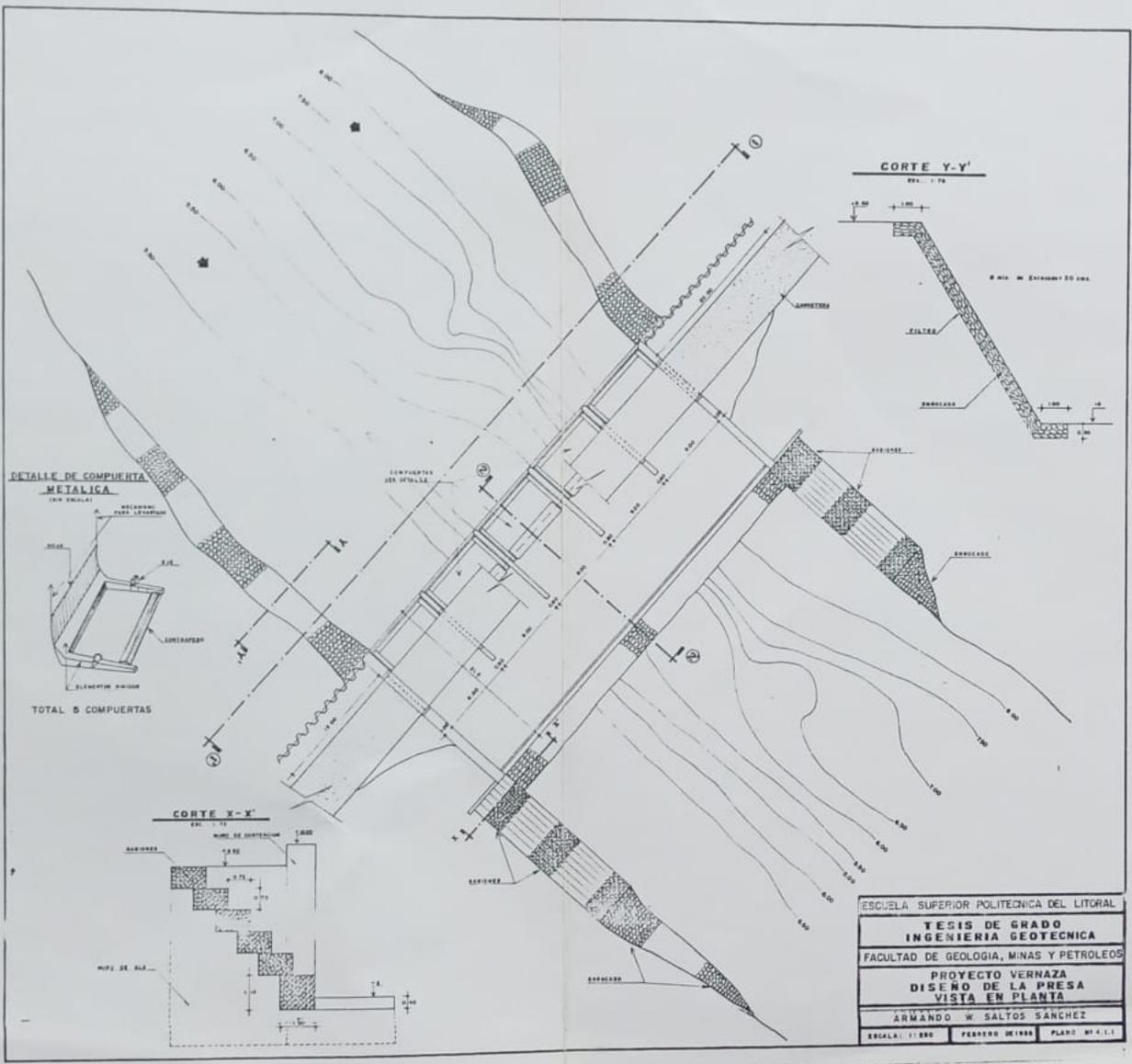


BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

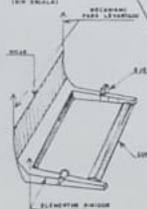
## 14. BIBLIOGRAFIA

1. André Bernard: Informe geológico del Proyecto Valdivia. Junio 1969 y Junio 1970. Quito.
2. Hoffstetter R.: Lexique Stratigraphique International. Vol. V. Amerique Latine. 1956. Paris.
3. Krynine D.P. y Judd W.R.: Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros. 1972. Barcelona-España.
4. Leite Carlos: Apuntes del Curso intensivo vacacional de Geotecnia. 1974. Guayaquil.
5. Ministerio de Industrias y Comercio: Informe geológico preliminar sobre las posibilidades petrolíferas del Ecuador. Junio de 1966. Quito.
6. Ministerio de Industrias y Comercio: Reporte Geológico de la Costa Ecuatoriana. Abril de 1966. Quito.
7. Ministerio de Industrias y Comercio; Servicio Nacional de Geología y Minas: Mapa geológico de la república - del Ecuador. 1969. Quito.
8. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas: Mapa Geológico del Ecuador, Hoja de Manglaralto. 1974. Quito.
9. Sauer W.: Geología del Ecuador. Octubre de 1965. Quito.

10. Sauer W.: *El mapa geológico del Ecuador*. 1957. Quito.
11. Takeda H.: *Informe geológico del Proyecto de la Presa Valdivia*. Diciembre 22 de 1969. Quito.

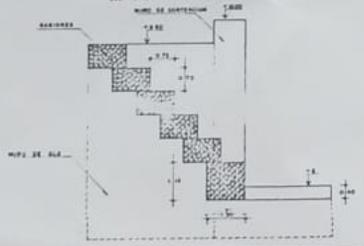


**DETALLE DE COMPUERTA METALICA**  
(VER DIMENSIONES)

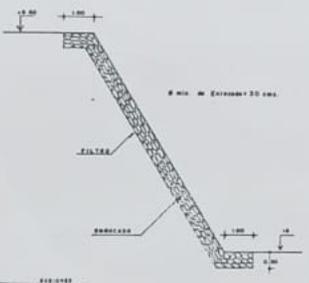


TOTAL 5 COMPUERTAS

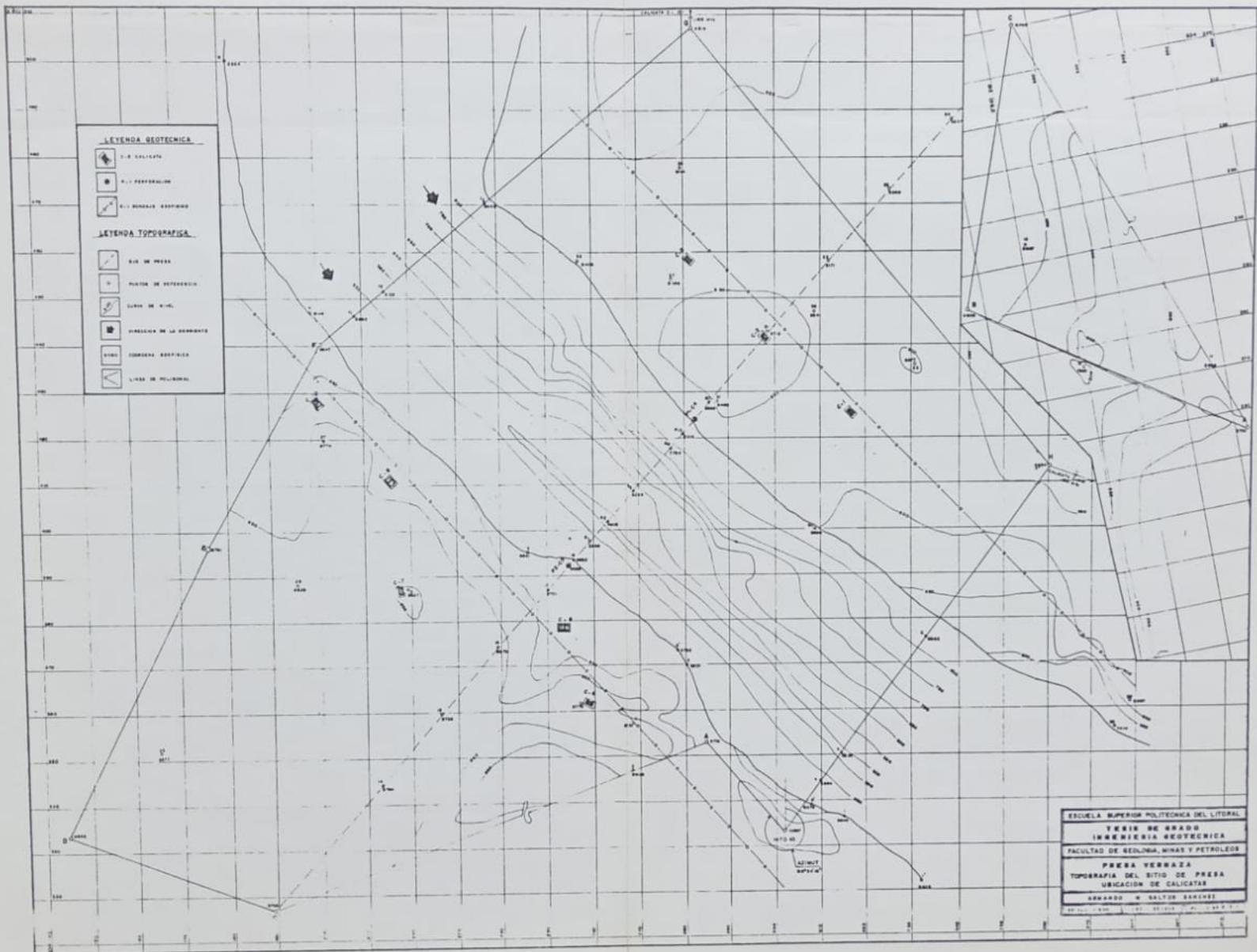
**CORTE X-X'**  
Escala: 1:50



**CORTE Y-Y'**  
Escala: 1:50



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO VERNAZA		
DISEÑO DE LA PRESA		
VISTA EN PLANTA		
ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ		
ESCALA: 1:500	FEBRERO 2018	PLANO Nº 1.1



**LEYENDA GEOTECNICA**

-  C-10 CALICATA
-  P-10 PERFORACION
-  P-10 MINERAL ESTERIL

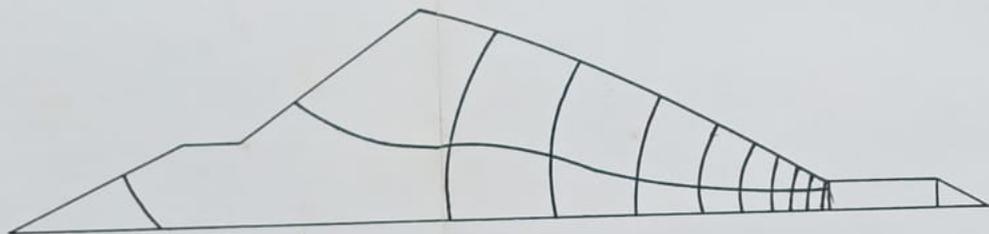
**LEYENDA TOPOGRAFICA**

-  RIO DE PRESA
-  PUNTO DE REFERENCIA
-  CURVA DE NIVEL
-  DIRECCION DE LA DRENANTE
-  EDIFICIO
-  LINEA DE POLIGONO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 VEREDA DE WAZO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS  
 PRESA VERREA  
 TOPOGRAFIA DEL SITIO DE PRESA  
 UBICACION DE CALICATA  
 HERNANDO H. SALDO SAEZ

# GRAFICO Nº 5.3

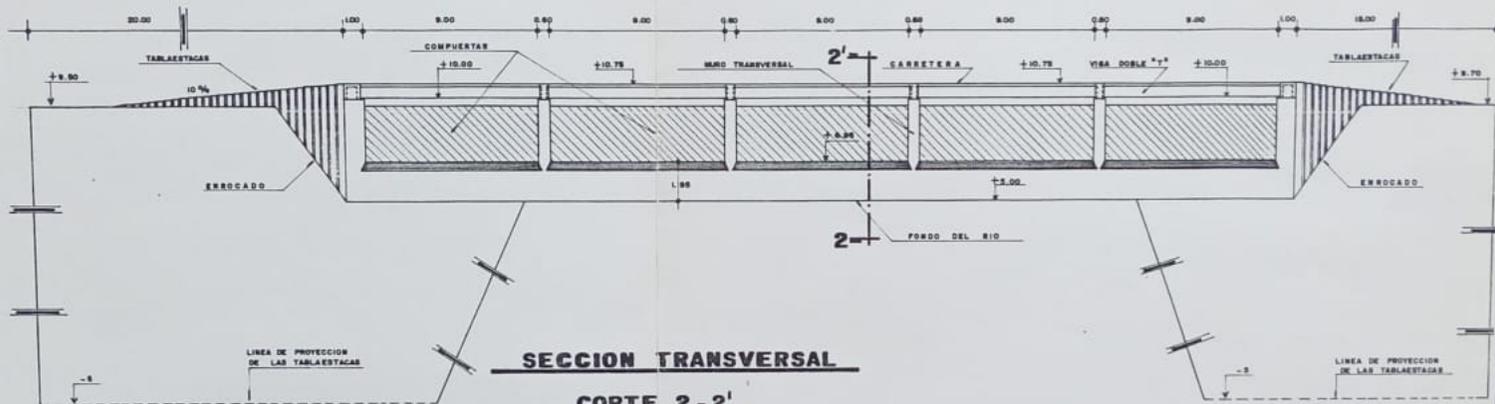
## "RED DE FLUJO"



**MODELO ANALOGICO DE DIQUES  
COMPLEMENTARIOS DEL PROYECTO BABA**

# VISTA LONGITUDINAL I-I'

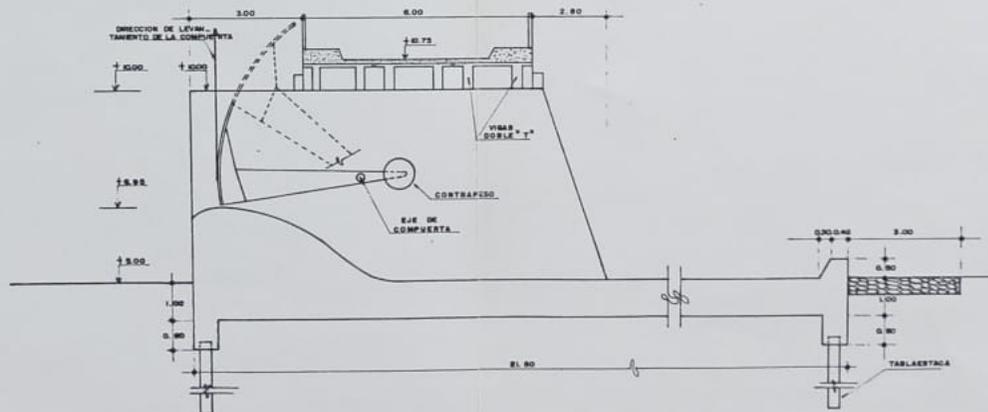
ESC. 1:200



## SECCION TRANSVERSAL

### CORTE 2-2'

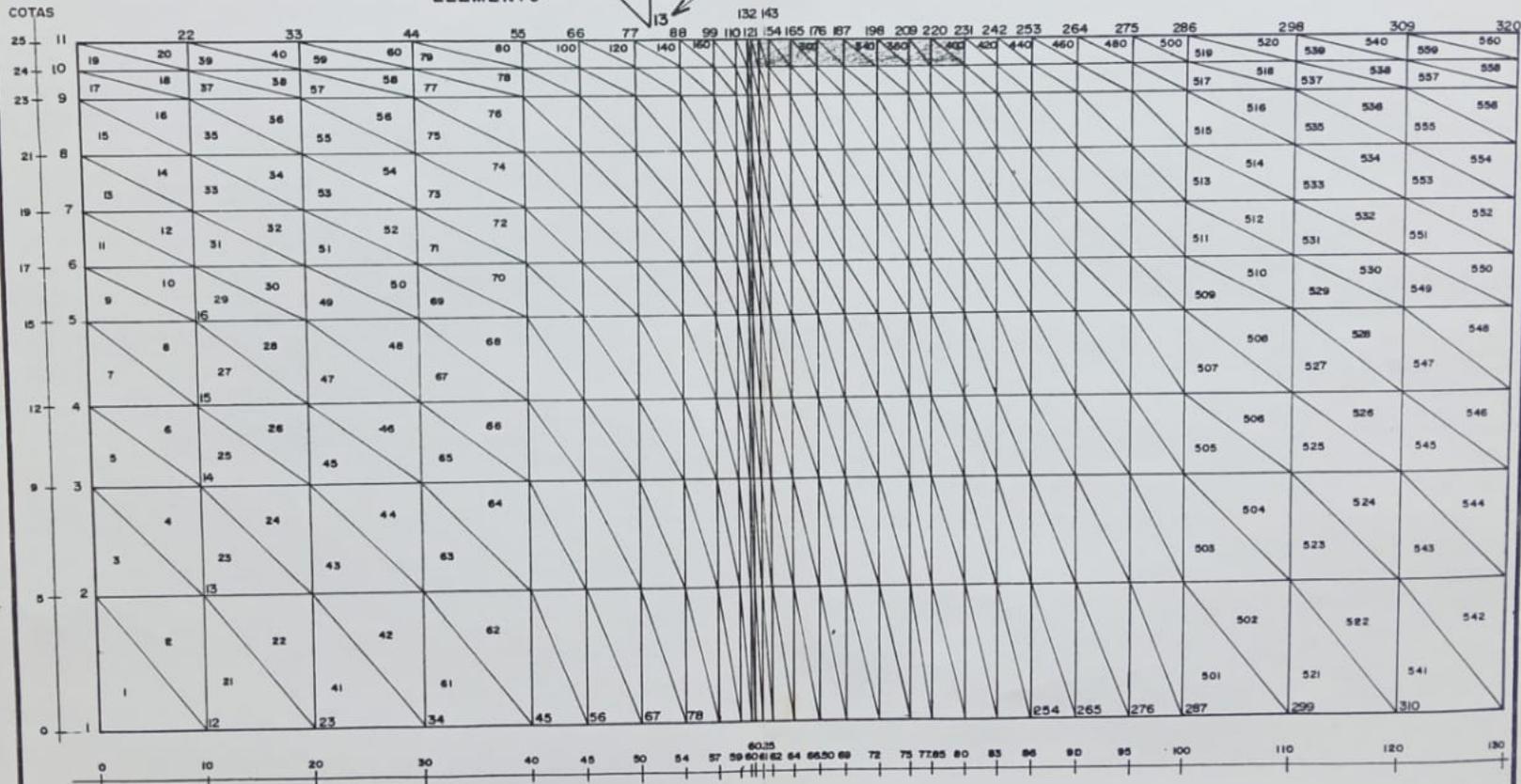
ESC. 1:100



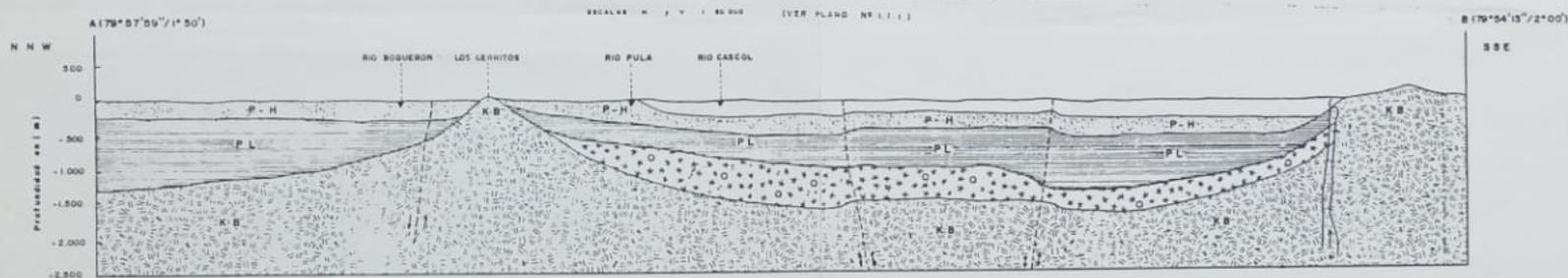
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS
PRESA VERNAZA
VISTA LONGITUDINAL
SECCION TRANSVERSAL
ARMANDO W. SALTOS BARRCHZ
ESCALAS INDICADAS JUNIO DE 1968 PLANO N° 1.1

# MODELO NUMÉRICO

PRESA LAUREL MALLA DE ELEMENTOS FINITOS

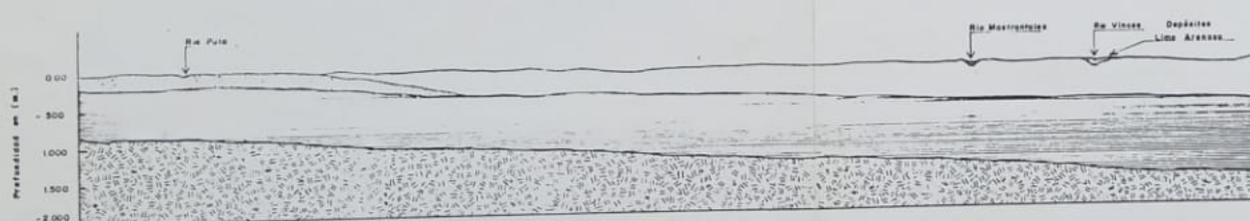


## PERFIL GEOLOGICO A LO LARGO DE LA LINEA A-B



## PERFIL GEOLOGICO A LO LARGO DE LA LINEA C-D

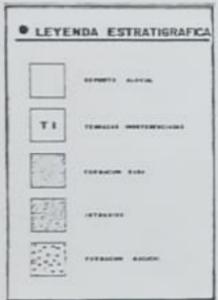
ESCALAS: H: 1:50 000  
 V: 1:25 000



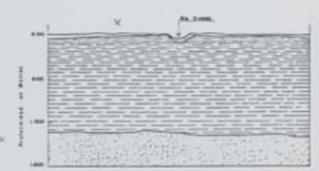
### LEYENDA Y ESTRATIGRAFIA

- DEPOSITO ALUVIAL Y ESTUARINO (Holoceno)  
Arenas, Arcillas, Limasas, Arenas Finas
- FORMACION CANABUA Conglomerado y Mica  
Conglomerado de Origen Marino  
(Platoceno Holoceno)
- Sedimentos del Terciario (Plioceno)
- FORMACION CAYO (Cretácico)  
Arenas, Tizas, Aglomerado, Mica Conglomerado
- COMPLEJO PIÑON  
Rocas Basálticas, Diabases, Doleritas (Triásico)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL Y VERNAZA		
PERFILES GEOLOGICOS GENERALES		
ARNANDO M. SALTOS SANCHEZ		
ESCALA INDICADA	FECHA DE 1988	PLANO Nº 1.1.1



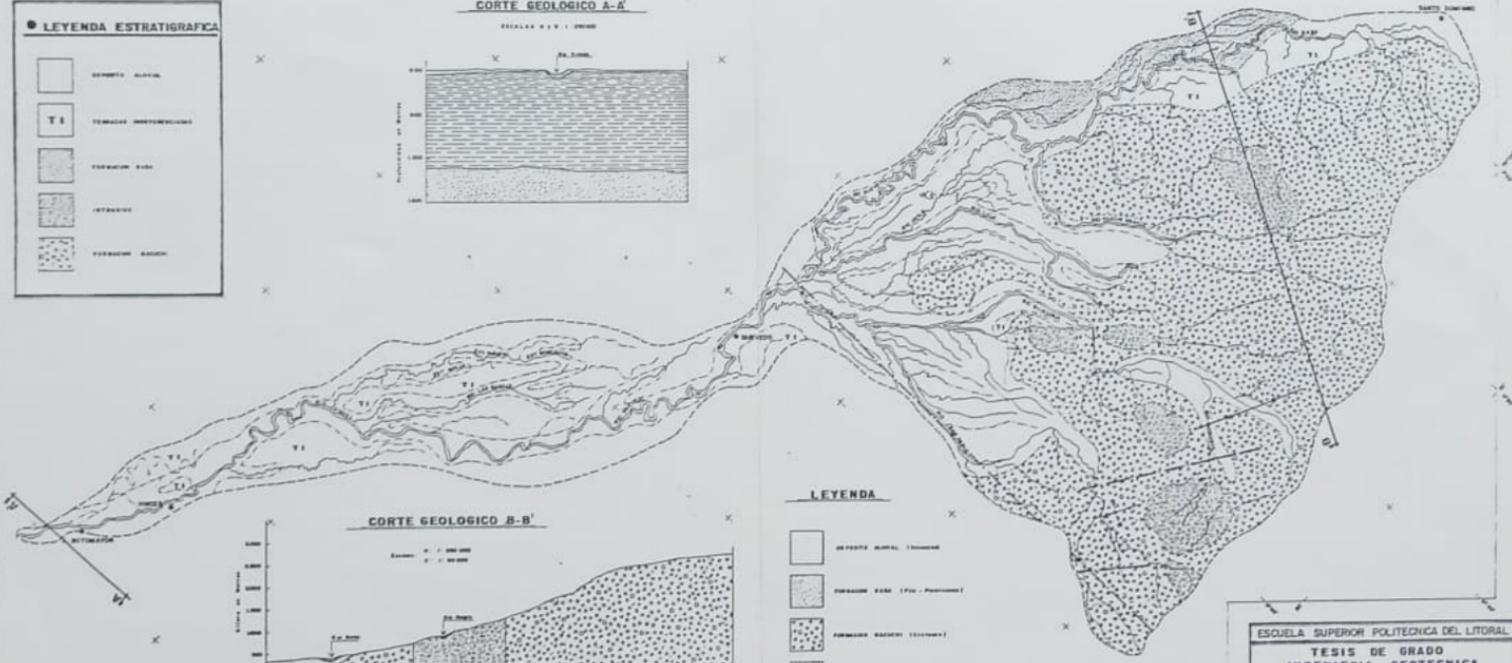
**CORTE GEOLOGICO A-A'**



**CORTE GEOLOGICO B-B'**



**LEYENDA**



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERIA GEOTECNICA**  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS  
**PROYECTO LAUREL**  
**GEOLOGIA DE LA CUENCA**  
**DE DRENAJE**  
 ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ  
 ESCALA 1:50000 | FECHA DE 1960 | PLANO Nº 1.1

**DIFERENTES RELACIONES DE PERMEABILIDADES  
UTILIZADOS POR EL METODO DEL PAPEL CONDUCTOR**

**T A B L A N º A**



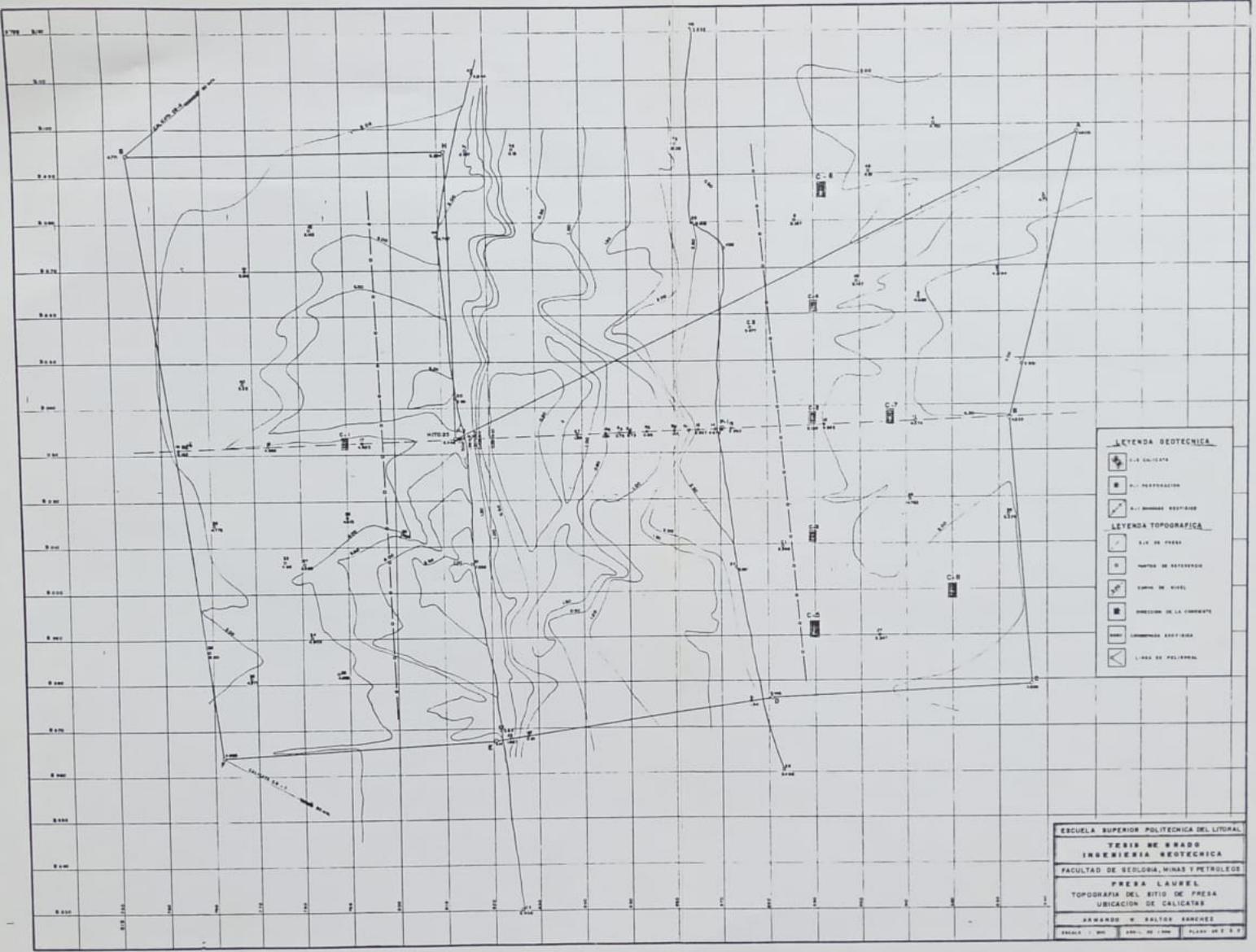
**RELACION DE PERMEABILIDAD 1 : 5**



**RELACION DE PERMEABILIDAD 1 : 3**

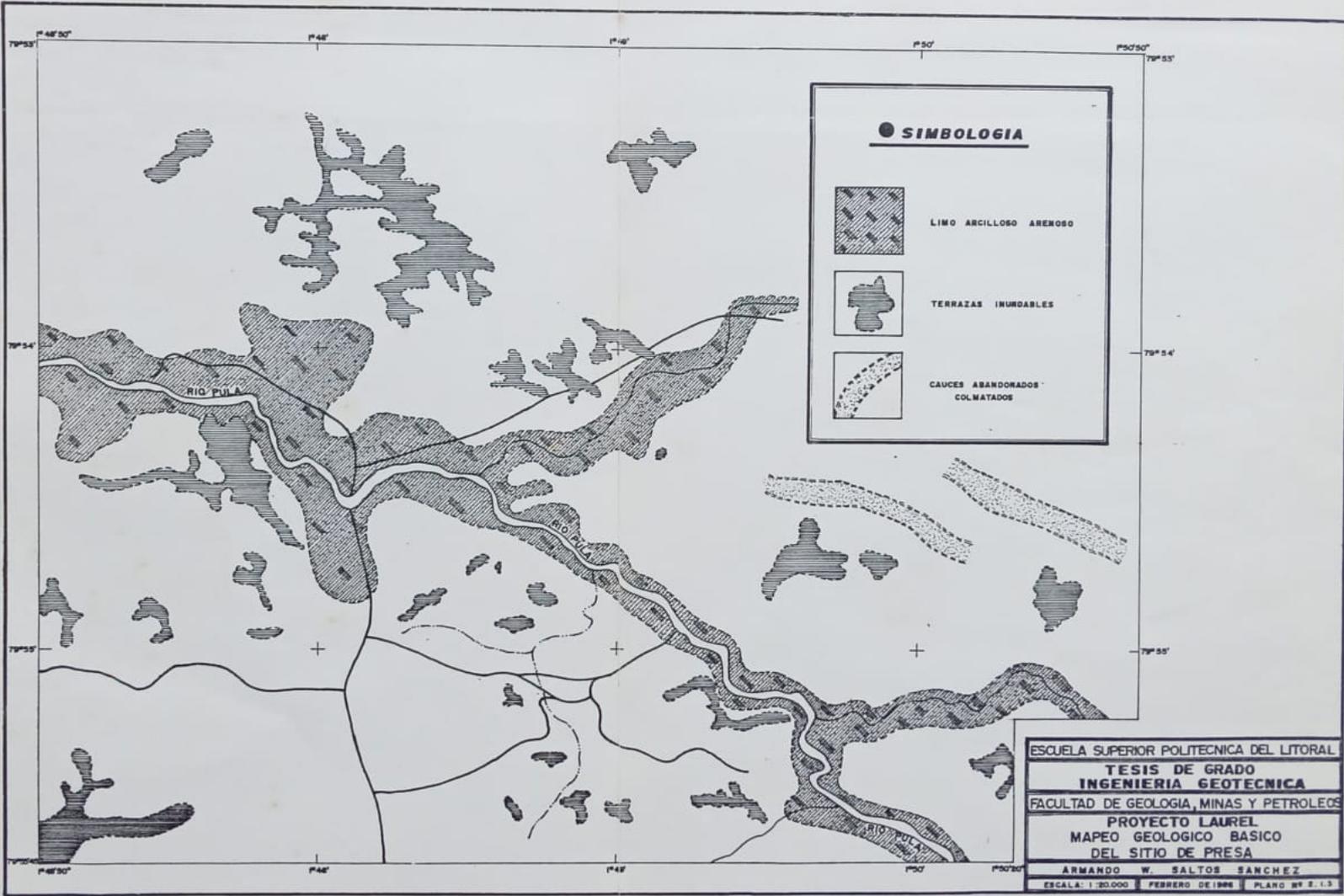


**RELACION DE PERMEABILIDAD 1 : 2**



- LEYENDA GEOTECNICA**
- SAL CALICATA
  - POZO DE OBSERVACION
  - MUESTRA GEOTECNICA
- LEYENDA TOPOGRAFICA**
- RIO DE PRESA
  - MAPA DE REFERENCIA
  - CONTORNO DE NIVEL
  - DIRECCION DE LA LLUVIA
  - CAMMINO GEOTECNICO
  - LINEA DE POLIGONAL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 TERCER SEMESTRE  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLOGIA  
 PRESA LAUREL  
 TOPOGRAFIA DEL SITIO DE PRESA  
 UBICACION DE CALICATAS  
 ARMANDO M. SALTOS SANCHEZ  
 ESCALA: 1:500    ANO: 2010    PLAN: 007-02

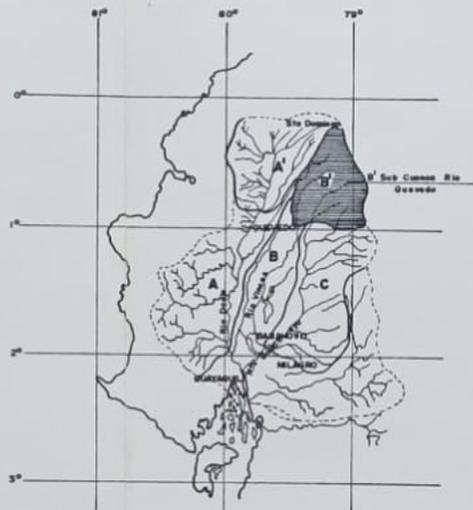


# PROYECTO BABA

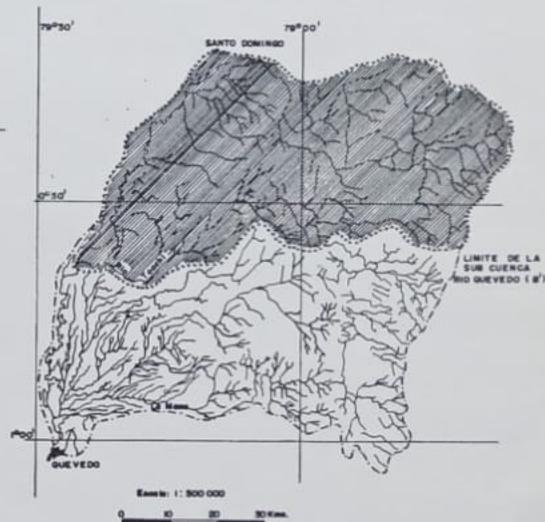
UBICACION GENERAL DE LA CUENCA RIO GUAYAS



SUB CUENCAS



SUB CUENCA - BABA - TOACHI CUENCA DEL PROYECTO



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO  
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

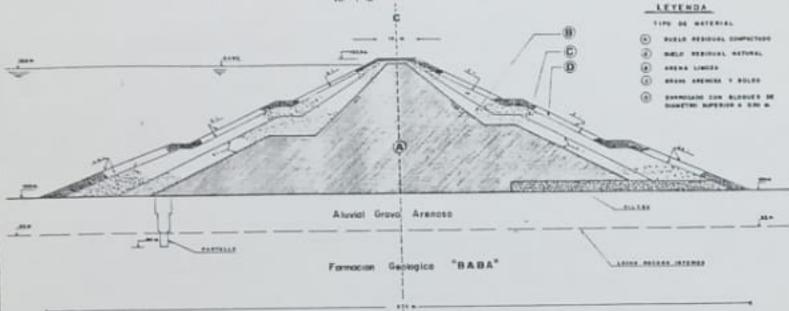
LOCALIZACION DE LA CUENCA  
DE DRENAJE

ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ

ESCALA: INDICADAS    MAYO DE 1988    PLANO NO 2.1.4

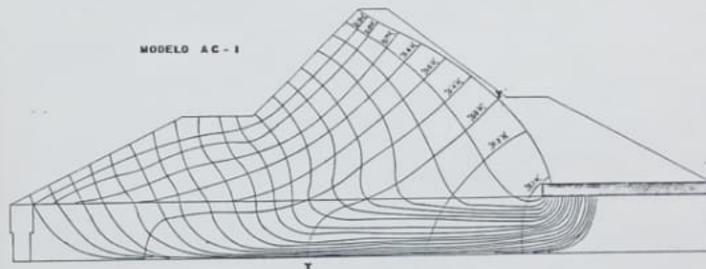
● **PROYECTO DE PRESA BABA**

● **SECCION TIPICA 0+800**

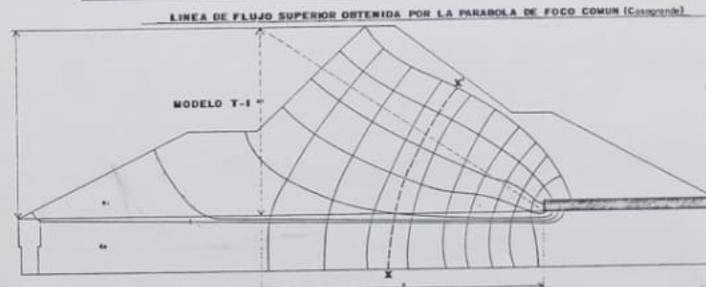


- LEYENDA**  
 TIPO DE MATERIAL  
 (1) SUELO RESISTENTE COMPACTO  
 (2) SUELO RESISTENTE NATURAL  
 (3) ARENA LIMPIA  
 (4) ARENA ARENOSA Y SOLES  
 (5) OBTENIDO CON BLOQUES DE DIAMETRO SUPERIOR A 5 CM. Ø

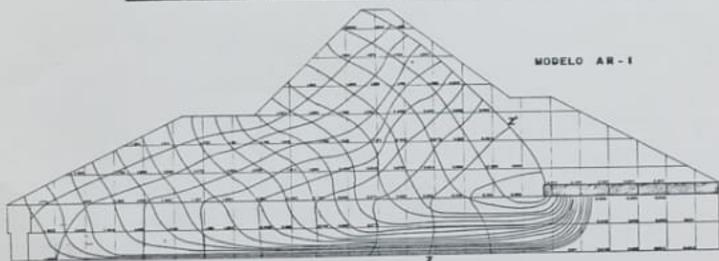
● **MODELO ANALOGICO DE CUBETA CON AGUA**



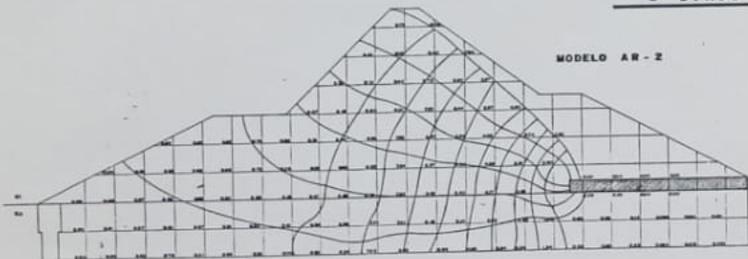
● **MODELO TEORICO POR EL METODO DE CASAGRANDE**



● **MODELO ANALOGICO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS**

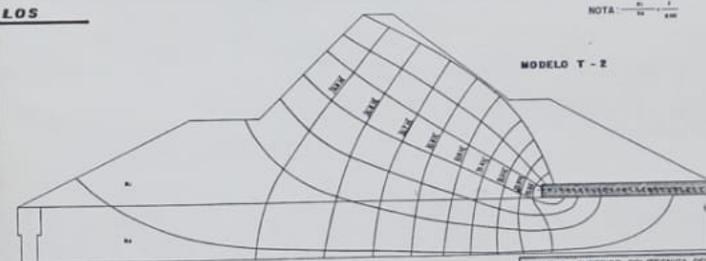


● **OTROS MODELOS**



**A) MODELO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS**

NOTA:  $\frac{1}{10} = 1:100$



**B) MODELO CON PAPEL CONDUCTOR**

NOTA:  $\frac{1}{10} = 1:100$

ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 VESES DE GRADO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS  
 PROYECTO BABA  
 MODELO ANALOGICO DE LA PRESA  
 ESCUELA - 600 - MAYO DE 1960 - FLESCA - 612-6



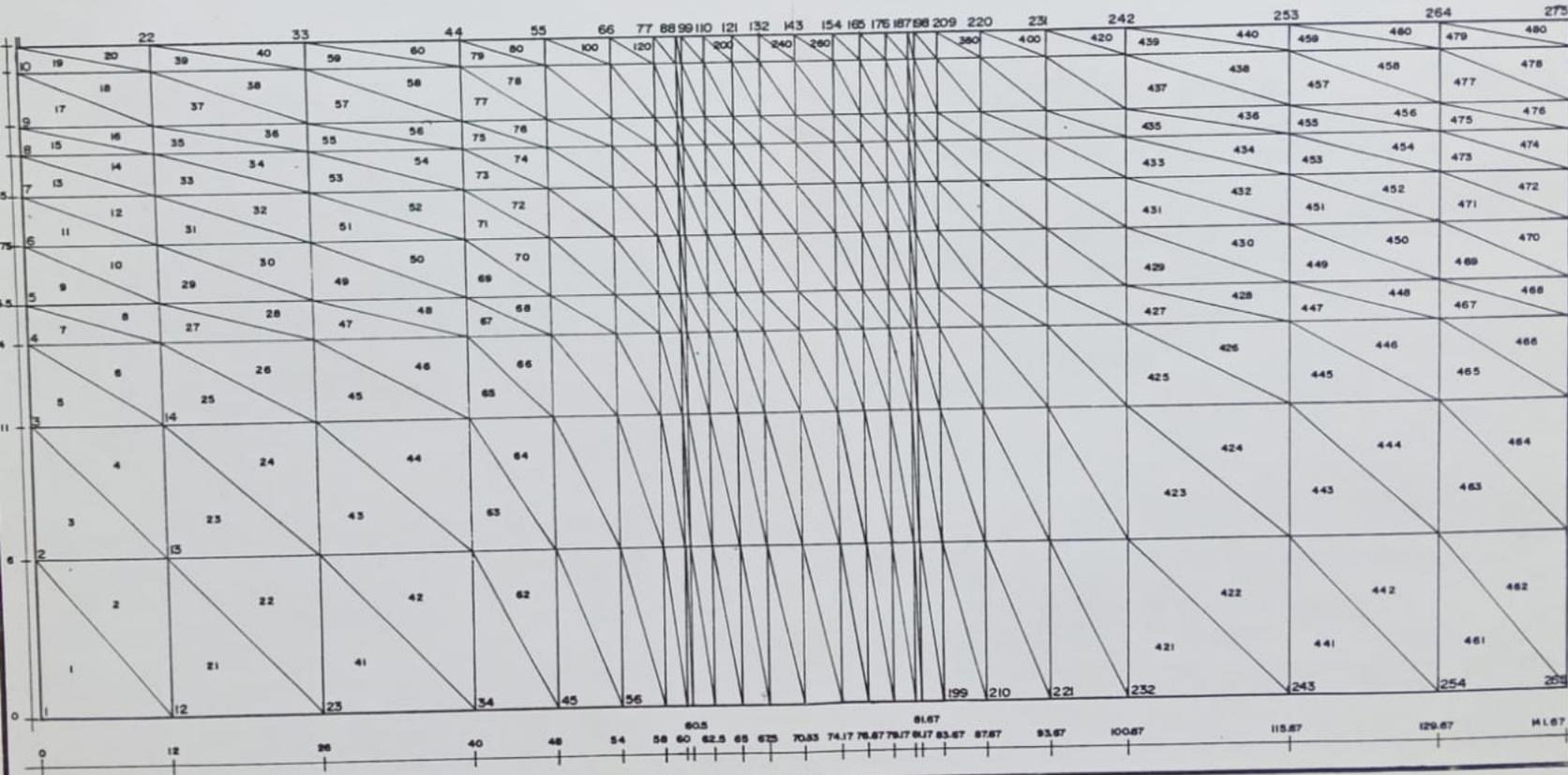
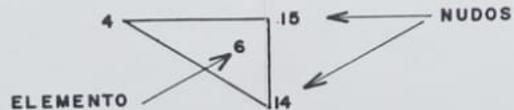
**● SIMBOLOGIA**

-  TERRAZAS INUNDABLES
-  LIMO ARENOSO
-  LIMO ARCILLOSO

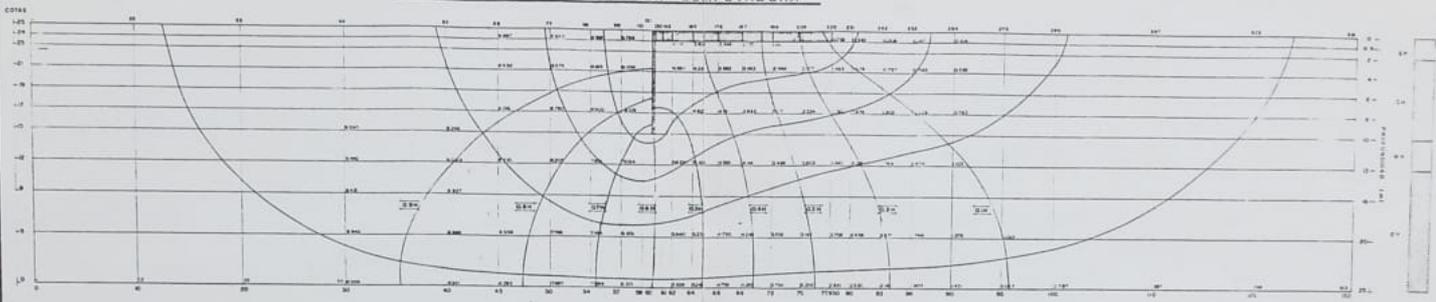
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL		
GEOMORFOLOGIA DEL RESERVOIRIO		
ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ		
ESCALA: 1:50000	FEBRERO DE 1986	PLANO N° 7 1 2

# MODELO NUMERICO

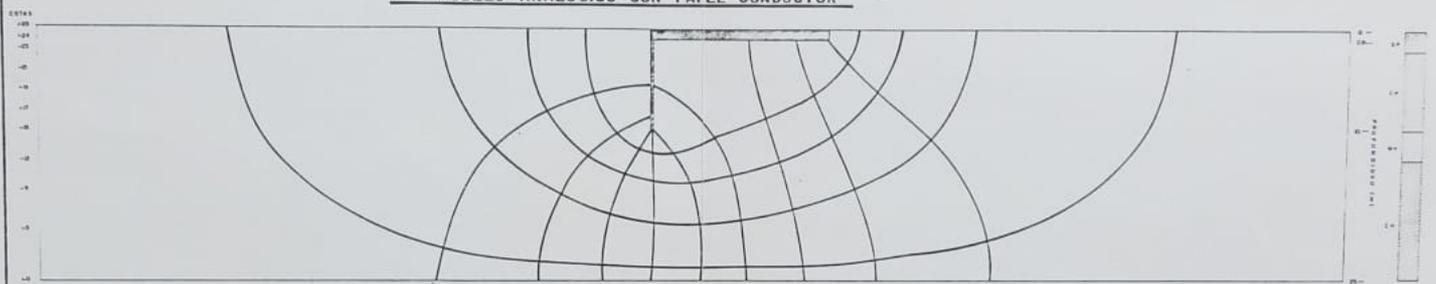
PRESA VERNAZA. MALLA DE ELEMENTOS FINITOS



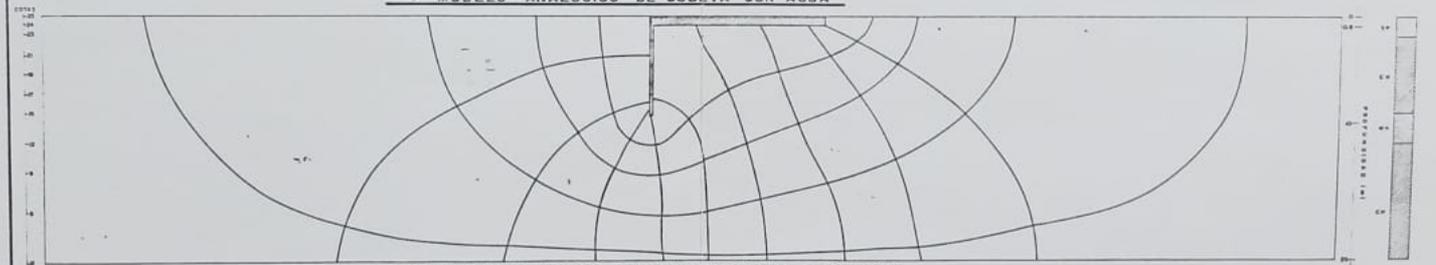
● **MODELO NUMERICO POR COMPUTADORA**



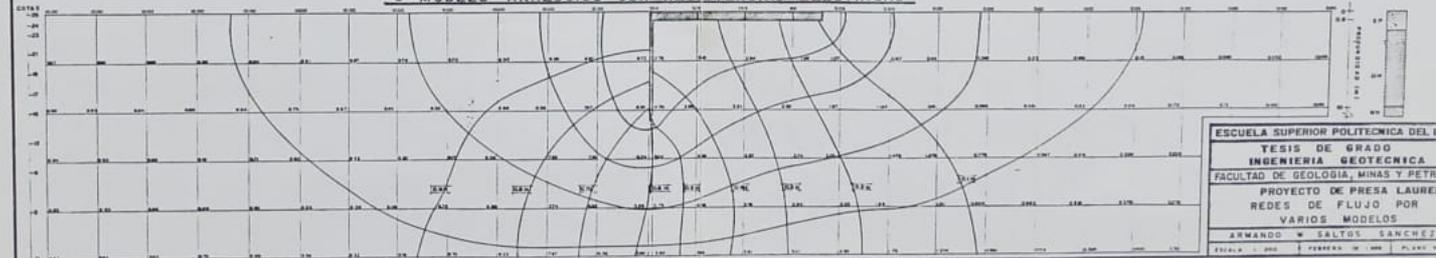
● **MODELO ANALOGICO CON PAPEL CONDUCTOR**



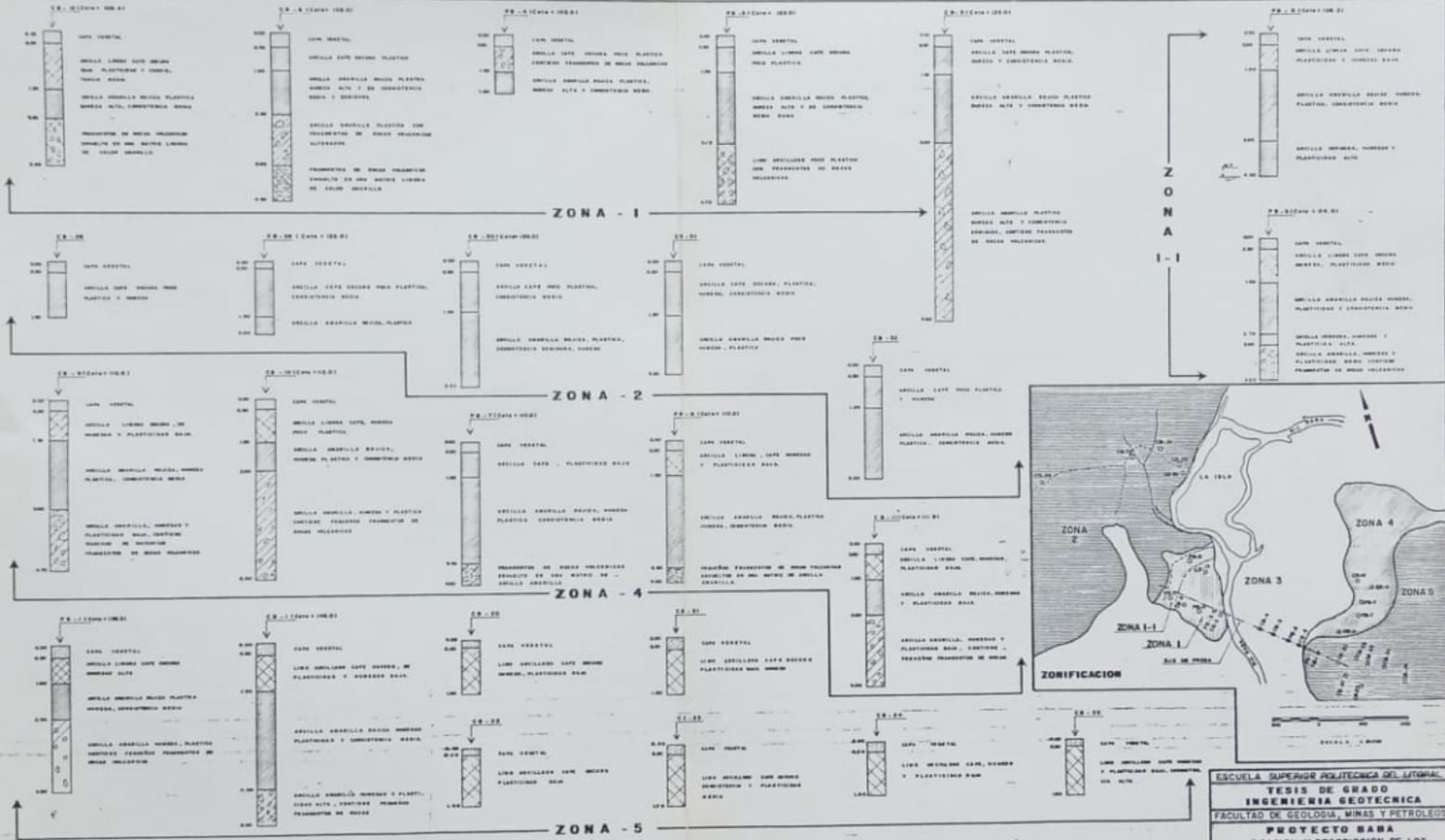
● **MODELO ANALOGICO DE CUBETA CON AGUA**



● **MODELO ANALOGICO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS**



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERIA GEOTECNICA**  
**FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS**  
**PROYECTO DE PRESA LAUREL**  
**REDES DE FLUJO POR**  
**VARIOS MODELOS**  
**ARMANDO W. SALTO SANCHEZ**  
 FIGURA 1.200 | PERIODO DE 1988 | PLANO N° 1.1

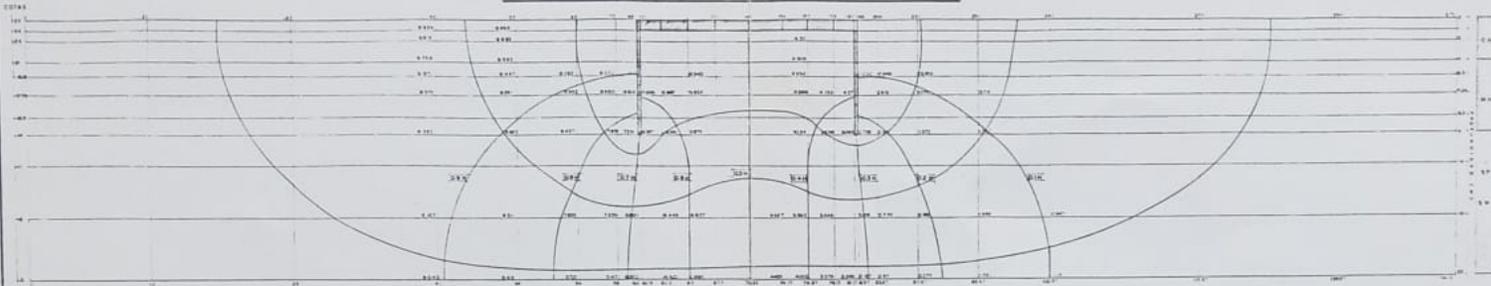


**LEYENDA:** □ SALICATAS  
 ○ PREPARACION POR BARRENADO

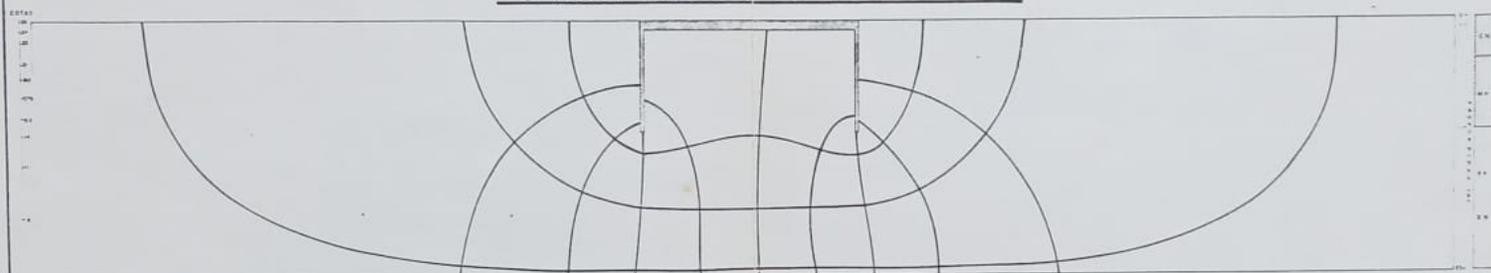
**NOTAS:** LAS UNIDADES DEBEN SER LEIDAS EN ORDEN DE ARRIBA HACIA ABAJO. LAS UNIDADES DE ARRIBA SON LAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL SUELO.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERA GEOTÉCNICA**  
 FACULTAD DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEOS  
**PROYECTO PARA**  
**ZONIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS**  
**SUELOS EN EL SITIO DE PRESA**  
 A. M. G. O. S. M. E. L. T. R. S. R. C. S. S.  
 ESTADOS UNIDOS DE AMERICA DEL NOROCCIDENTE PLANO N.º 1.1.4

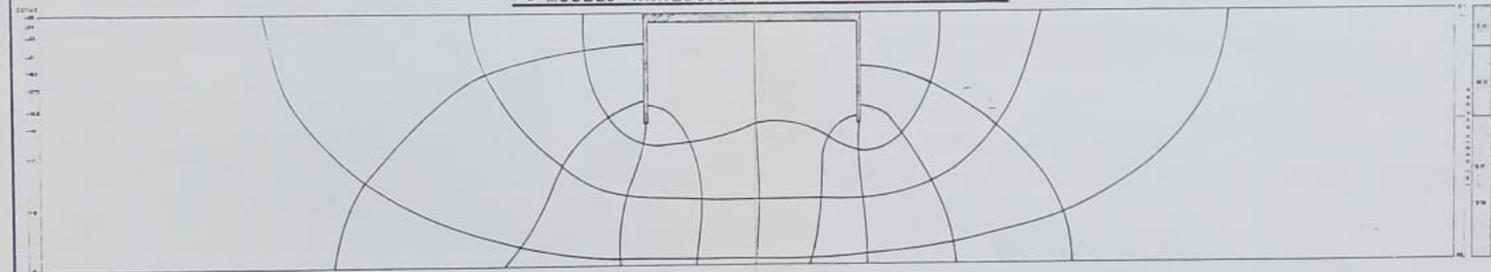
● **MODELO NUMERICO POR COMPUTADORA**



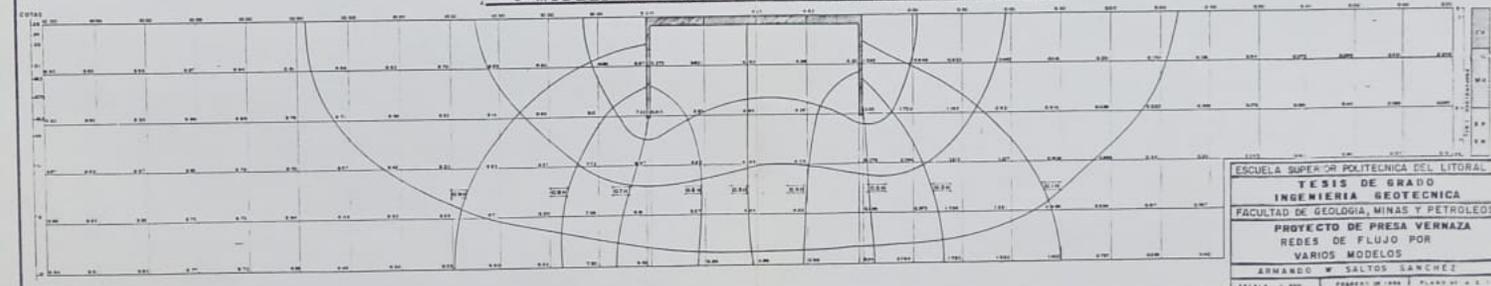
● **MODELO ANALOGICO CON PAPEL CONDUCTOR**

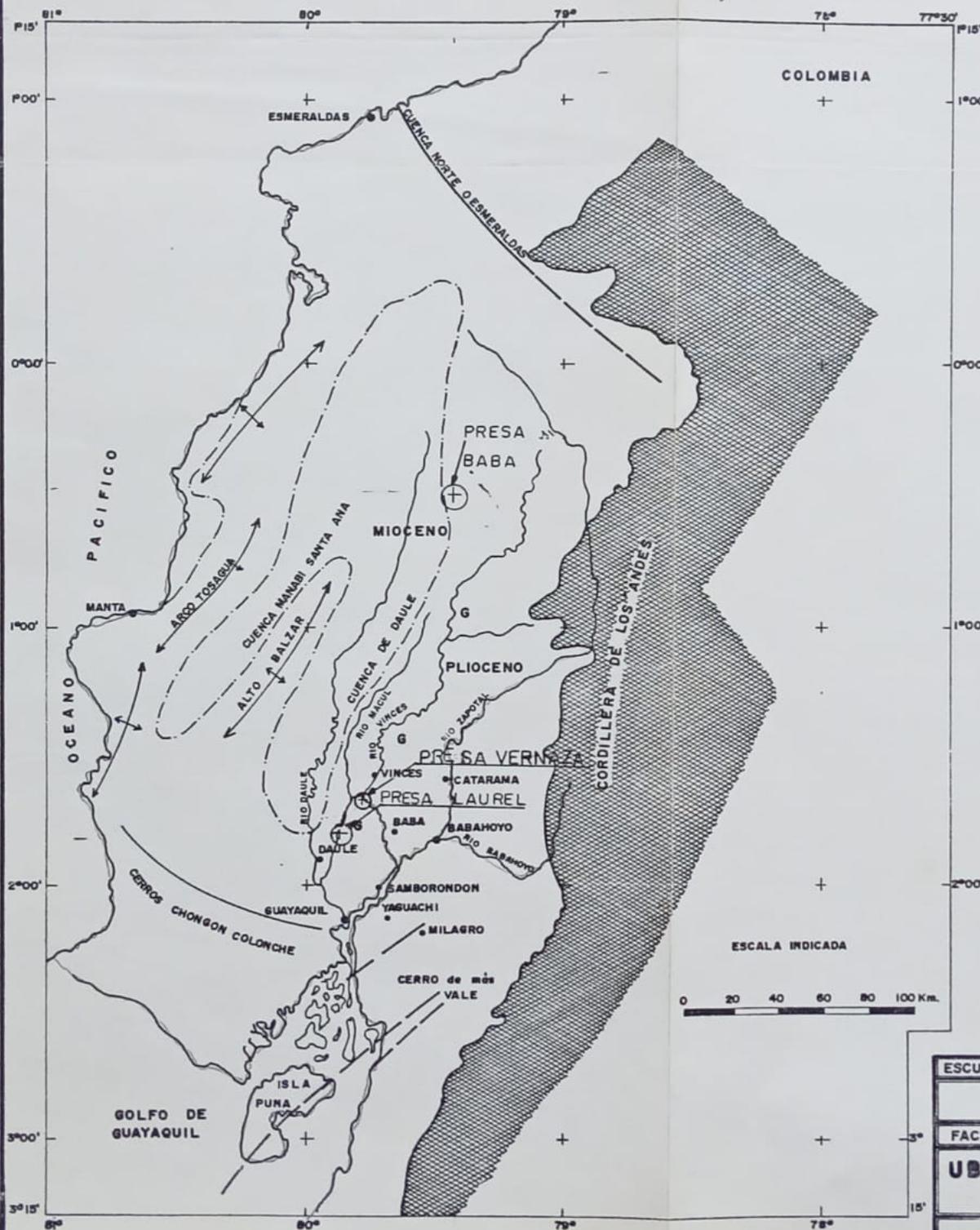


● **MODELO ANALOGICO DE CUBETA CON AGUA**



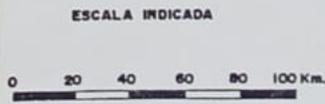
● **MODELO ANALOGICO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS**





**LEYENDA**

-  EJE DE CUENCA DEFINIDO
-  LIMITE APROXIMADO DE LA CUENCA GEOLOGICA
-  GRANDES FALLAS
-  AREA PERTENECIENTE A LA CUENCA GEOLOGICA GUAYAS



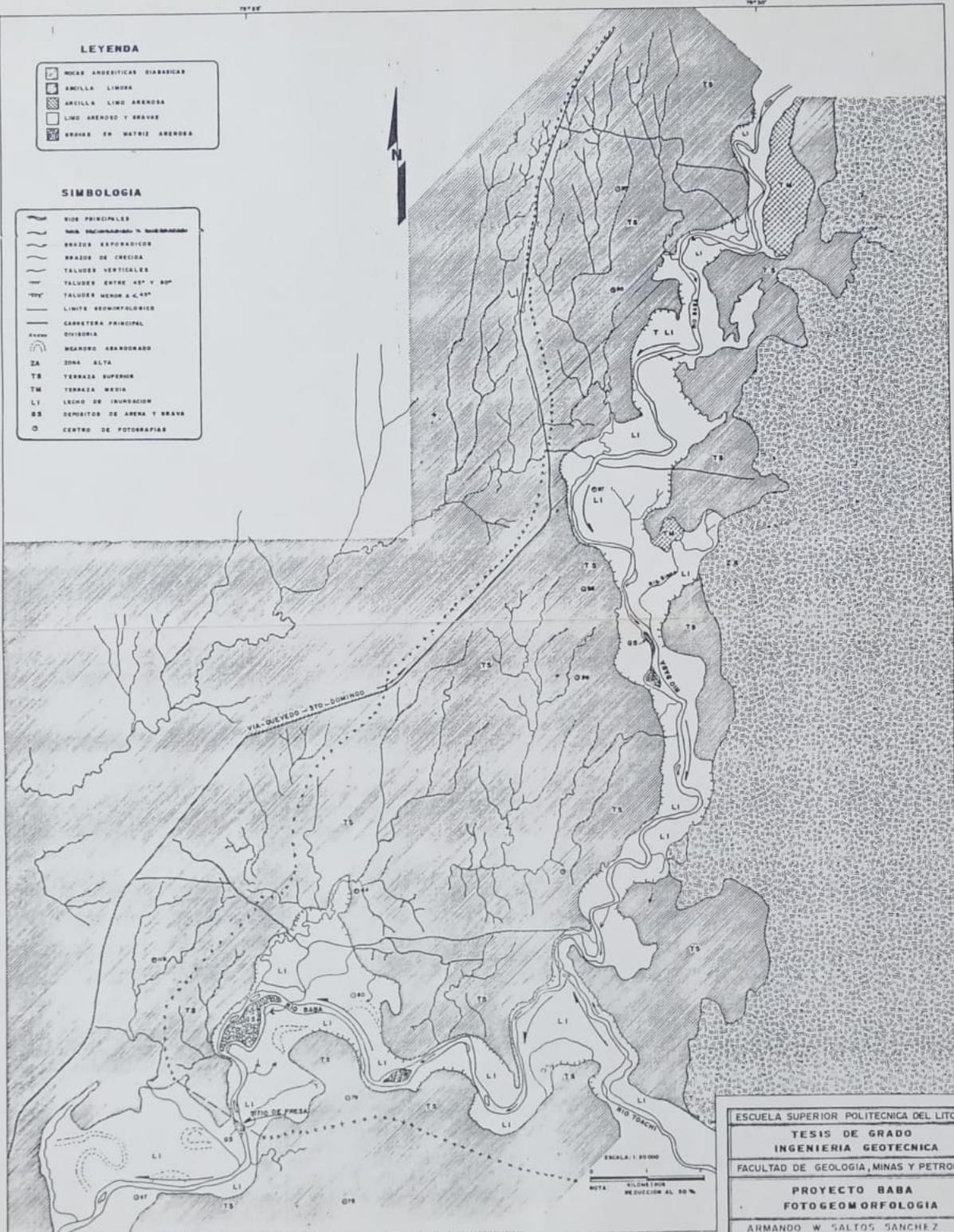
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL TESIS DE GRADO INGENIERIA GEOTECNICA FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS <b>UBICACION DE LOS          PROYECTOS</b> ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ ESCALA INDICADA    ABRIL DE 1986    PLANO Nº 1.1.0
---

**LEYENDA**

	MICA AMPHIBOLITE DIORITICA
	AMILLA LIMONIA
	AMILLA LIMONITOSA
	LIMO ARENOSO Y GRAVILLO
	GRAVILLO EN MATRIZ LIMONITOSA

**SIMBOLOGIA**

	RIOS PRINCIPALES
	RIO MEANDERANTE Y ANARCA
	BRANCO ESPORADICO
	BRANCO DE CRECIDA
	TALUDES VERTICALES
	TALUDES ENTRE 45° Y 80°
	TALUDES MENOS A 45°
	LIMITES GEOMORFOLOGICOS
	CARRISTERA PRINCIPAL
	DIVISORIA
	MEANDRO ABANDONADO
<b>ZA</b>	ZONA ALTA
<b>TS</b>	TERRAZA SUPERIOR
<b>TM</b>	TERRAZA MEDIA
<b>LI</b>	LISO DE INUNDACION
<b>ES</b>	DEPOSITOS DE ARENA Y GRAVILLO
	CENTRO DE FOTOGRAFIA

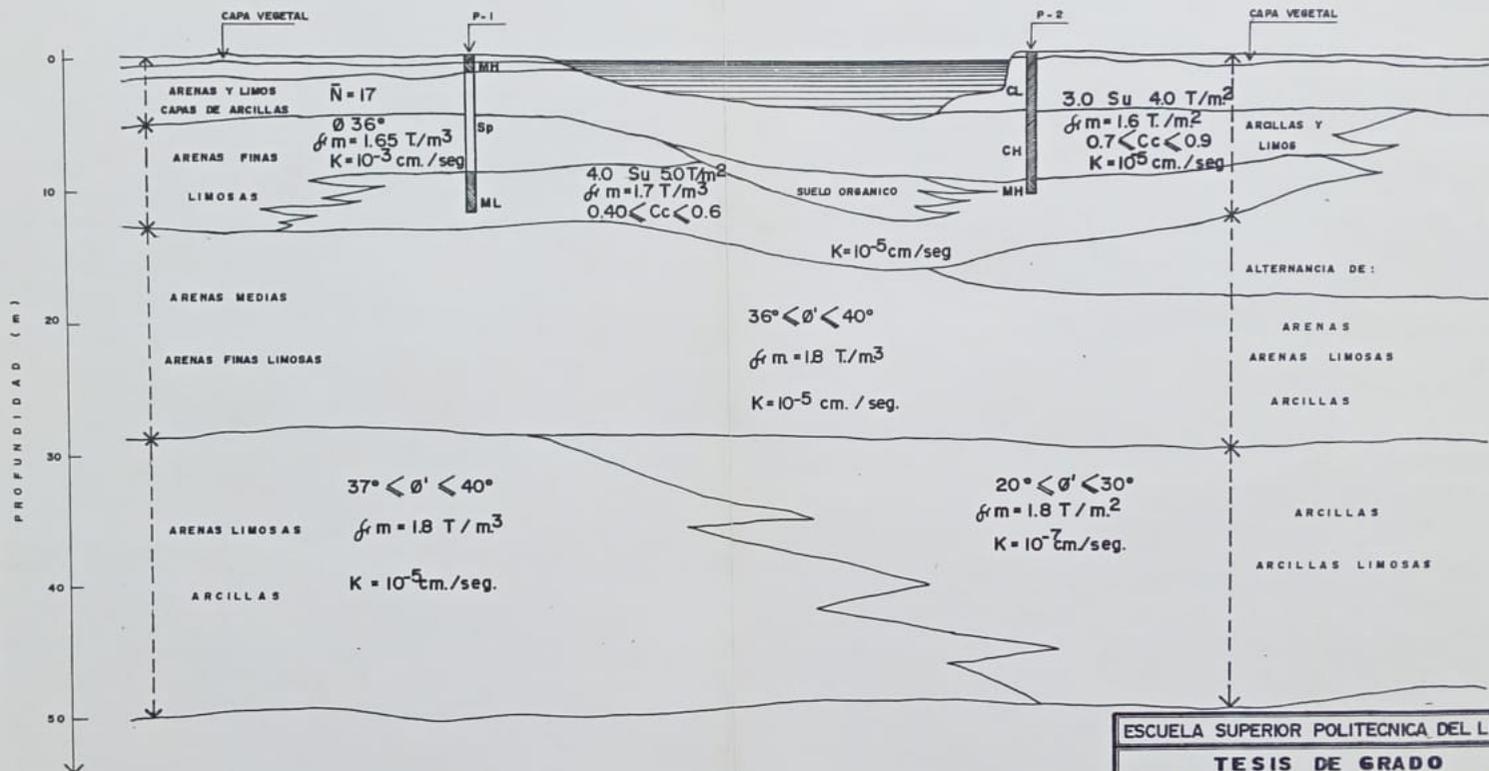


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 TESIS DE GRADO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

**PROYECTO BABA**  
**FOTOGEOLOGIA**

ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ

ESCALA: 1:20000    FEBRERO DE 1968    PLANO Nº 2.1.3

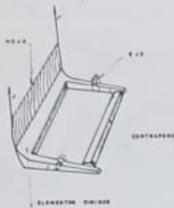


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
<b>TESIS DE GRADO</b>		
<b>INGENIERIA GEOTECNICA</b>		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
<b>PROYECTO VERNAZA</b>		
EVALUACION DE PARAMETROS DE MECANICA DE SUELOS		
ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ		
ESCALA: 1:300	FEBRERO DE 1966	PLANO N° 4.1.6

**DETALLE DE COMPUERTA METALICA**

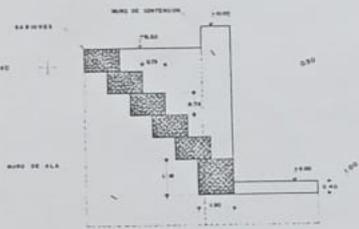
(24 ANCH.)

RELACIONES PARA LEVANTAR



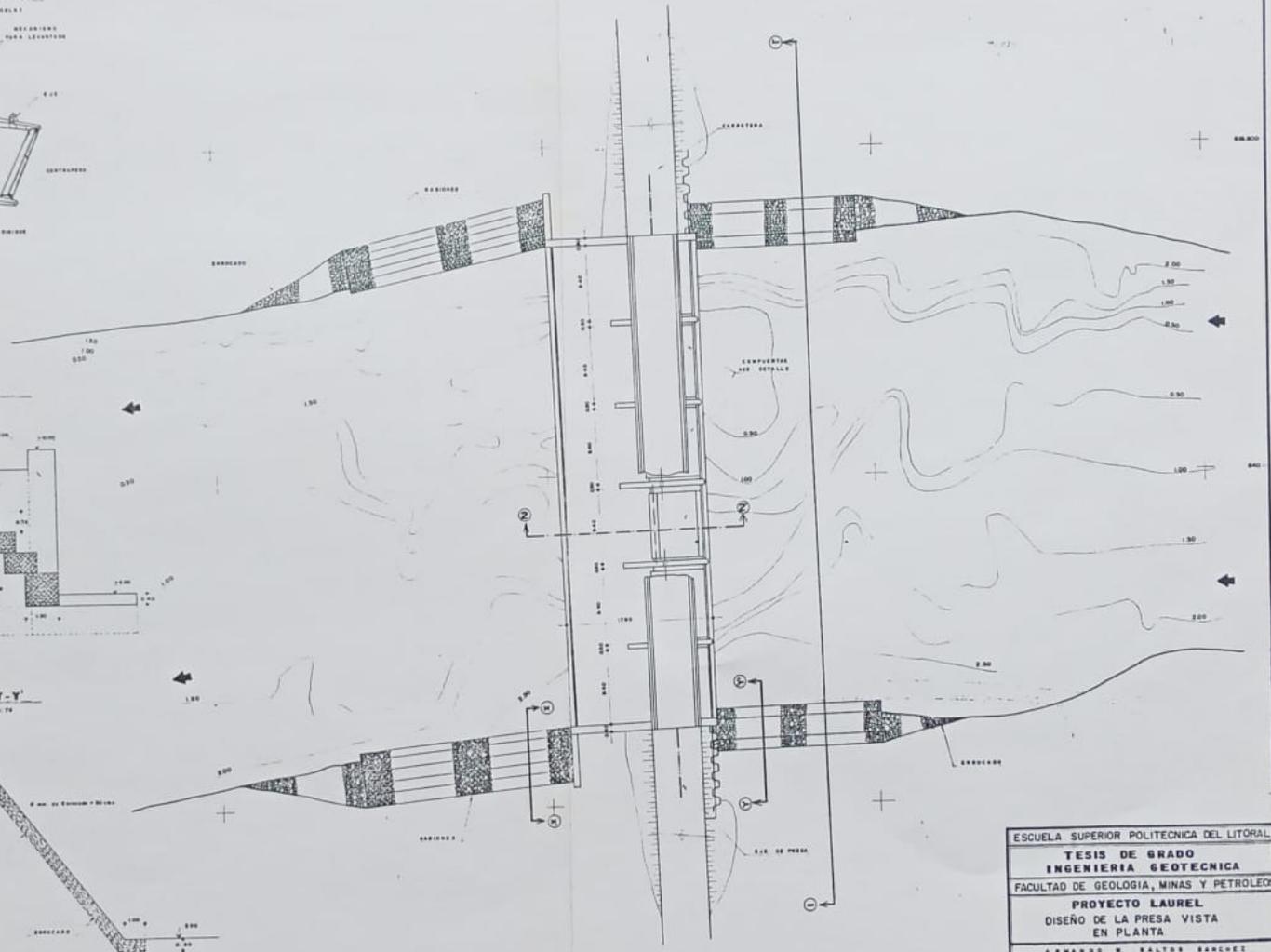
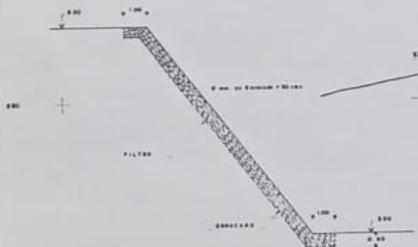
**CORTE X-X'**

ESCALA 1:75



**CORTE Y-Y'**

ESCALA 1:75



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL		
DISEÑO DE LA PRESA VISTA EN PLANTA		
ARMANDO B. BALTRA RAMIREZ		
ESCALA 1:250	JUNIO DE 1966	PLANTA N.º 4.1.B

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR LOS

"MÉTODOS DE FELLENIUS Y BISHOP"

SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, SUPERIOR

SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, INFERIOR

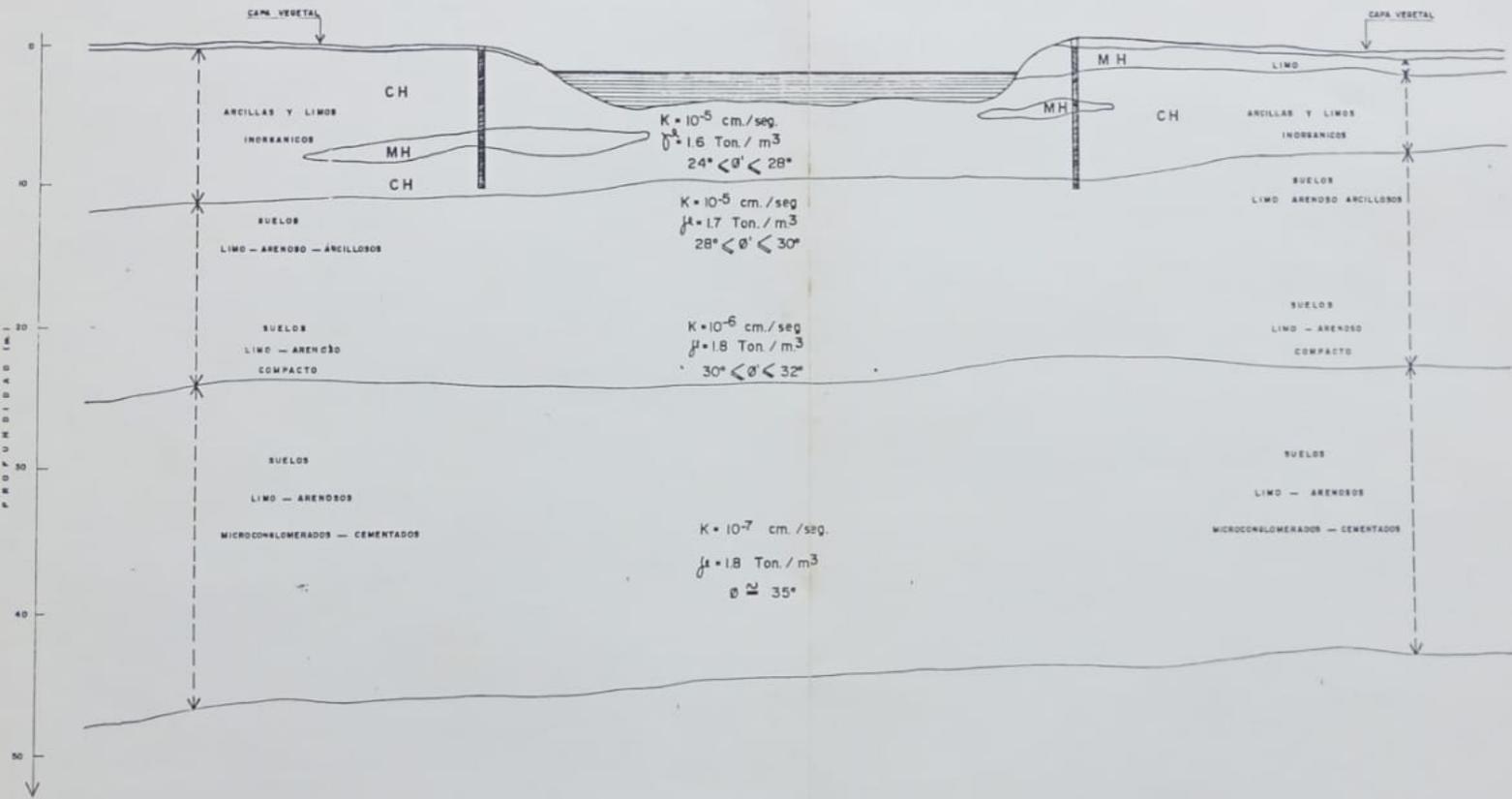
SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, SUPERIOR

SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, INFERIOR

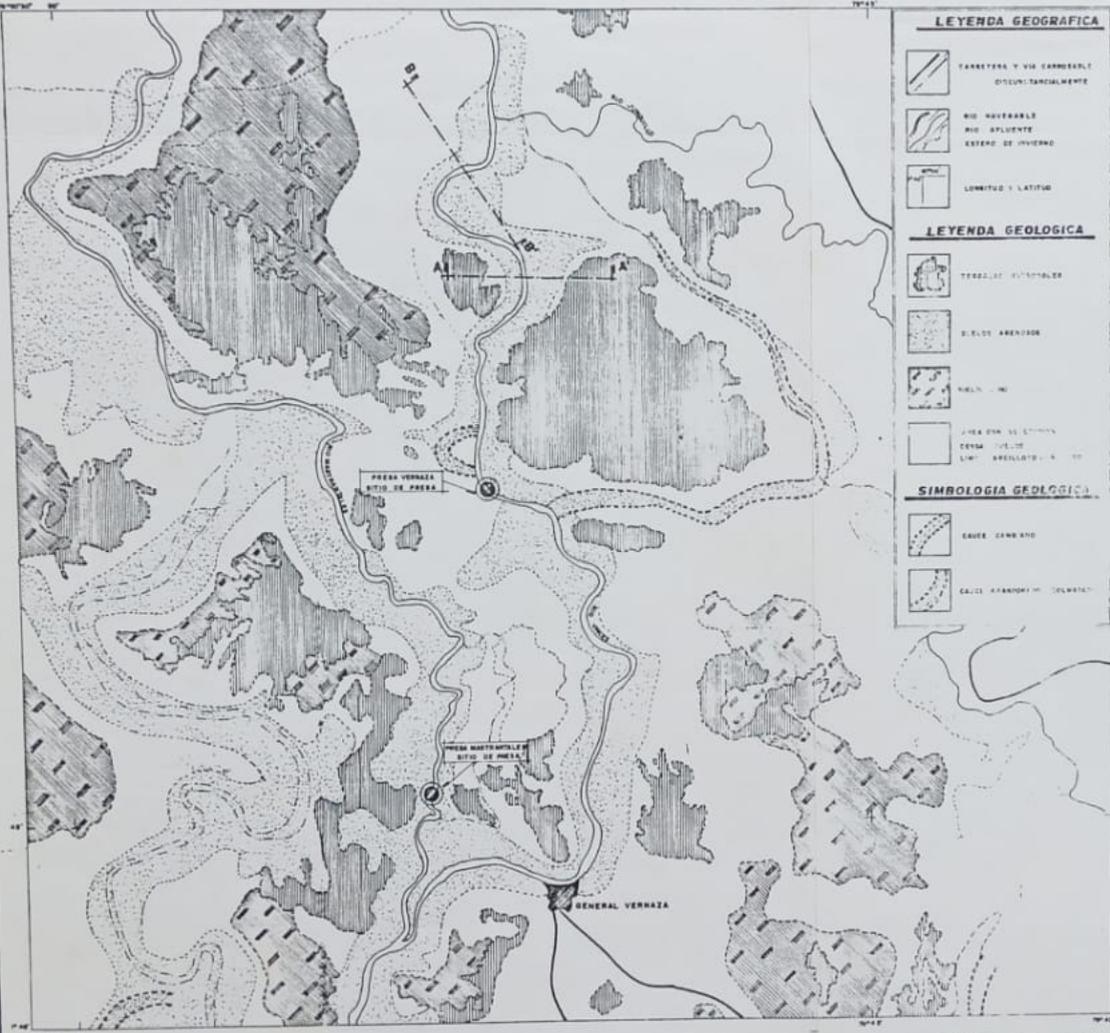
SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, SUPERIOR

SECCIONES DE ALICATA DE ALICATA SUPERIOR  
CON RESULTADO DE FALLO, INFERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
TECNOLOGIA DE INGENIERIA
INGENIERIA MECANICA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS Y APLICADAS
PRIMA PARTE
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
CHOCALÓ DE FALLO
GRUPO 4 - 2011 - 2012
ALUMNO: _____
FECHA: _____



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL		
EVALUACION DE PARAMETROS		
DE MECANICA DE SUELOS		
ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ		
ESCALA 1:100	FEBRERO 1986	PLANO N° 4.1.7



**LEYENDA GEOGRAFICA**

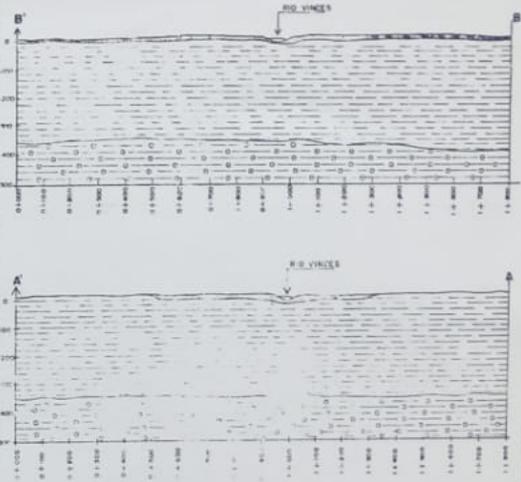
- CARRETERA Y VÍA CARREABLE  
DISCONTINUAMENTE
- RÍO NAVEGABLE
- RÍO AFLUENTE
- ESTADO DE INVIERNO
- LONGITUD Y LATITUD

**LEYENDA GEOLOGICA**

- TERCIARIO CUATERNARIO
- E. EOCENO
- M. MIOCENO
- P. PLIOCENO
- Q. CUATERNARIO
- Q. CUATERNARIO

**SIMBOLOGIA GEOLOGICA**

- GARCÉS SANDSTONE
- GARCÉS SANDSTONE (DOLOMITA)



**LEYENDA**

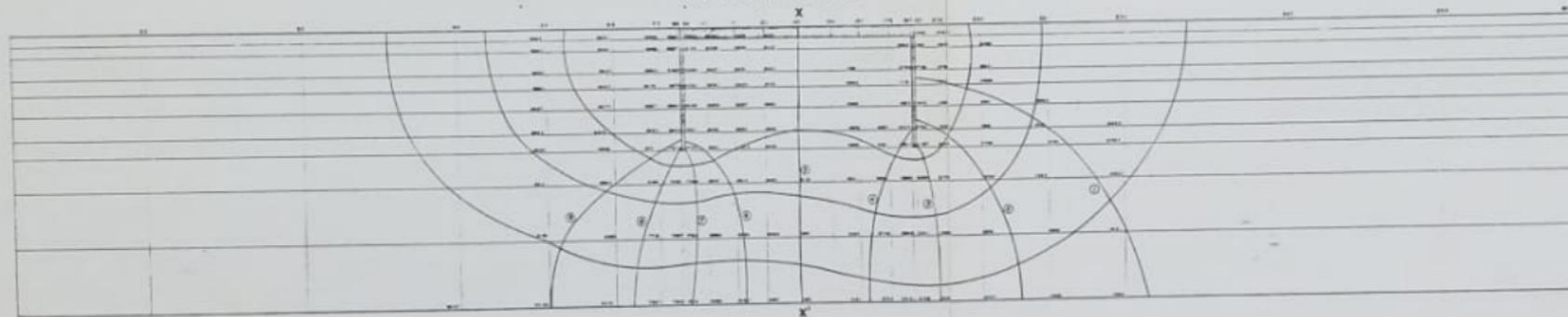
- ARENOSOS
- LIMAS ARENOSAS CLAYEAS
- LIMAS ARENOSAS TERCIARIAS
- ARENOSOS LIMAS ARENOSAS TERCIARIAS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL TUTOR  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERIA GEOTÉCNICA**  
 FACULTAD DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETROLOGÍA  
**PROYECTO VERNAZA**  
**GEOMORFOLOGÍA DEL RESERVOIR**  
 ARMANDO M. VILLAS TANGHEZ  
 ESCALA 1:20000 PLAZA DE 1966 PLANO Nº 2.1.1

MODELO NUMERICO

PRESA VERNAZA

MARCA 15010004  
CONSIDERANDO DOS CAPAS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
INGENIERÍA MECÁNICA		
PROYECTO DE GEOLÓGIA, MINAS Y PETRÓLEO		
PRESA VERNAZA		
MODELO NUMERICO		
AUTORES: A. CALVO GARCÍA		
FECHA: 1.08.00	HOJA: 01	DE: 01

PRESA LAUREL

PRESA VERNAZA

CASO A

CASO B

MODELO NUMERICO

MODELO CON CUBETA

MODELO NUMERICO

MODELO CON CUBETA

2 CARAS

VERNAZA

MODELO CON PAPEL CONDUCTOR

MODELO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS

MODELO CON PAPEL CONDUCTOR

MODELO CON RESISTENCIAS ELECTRICAS

DIAGRAMA DE

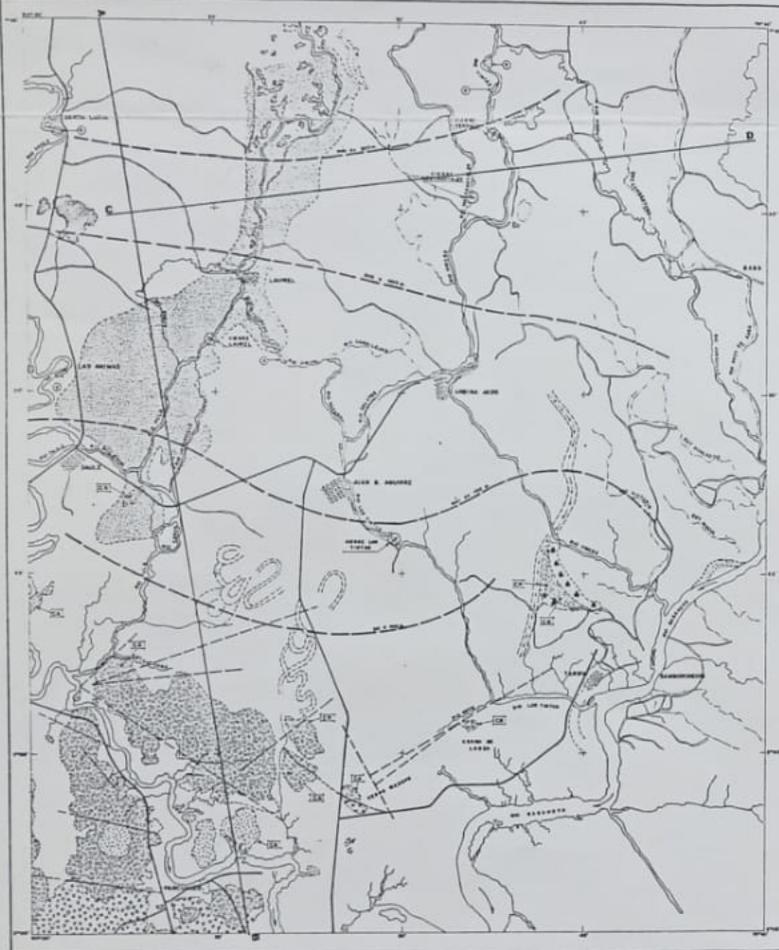
PRESIONES

DIAGRAMA DE PRESIONES

PRESA LAUREL

1:1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CARRERA DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRICISTA
FACULTAD DE INGENIERIA, MONTAJE Y CONTROL
DIAGRAMAS DE PRESIONES Y FUERZAS
ALUMNO: M. S. DEL ROSARIO
FECHA: 10/05/2011



**LEYENDA GEOGRAFICA**

- LIMITES Y OBRAS CARACTERISTICAS
- RIOS PERMANENTES SIN CAUDAL Y OBRAS DE SERVICIO DE SERVICIO
- RIOS PERMANENTES
- RIOS PERMANENTES
- RIOS PERMANENTES

**LEYENDA GEOTECNICA**

- LINEAS DE FALLAS

**LEYENDA Y ESTRATIGRAFIA**

- CUATERNARIO

**SIMBOLOGIA GEOLOGICA**

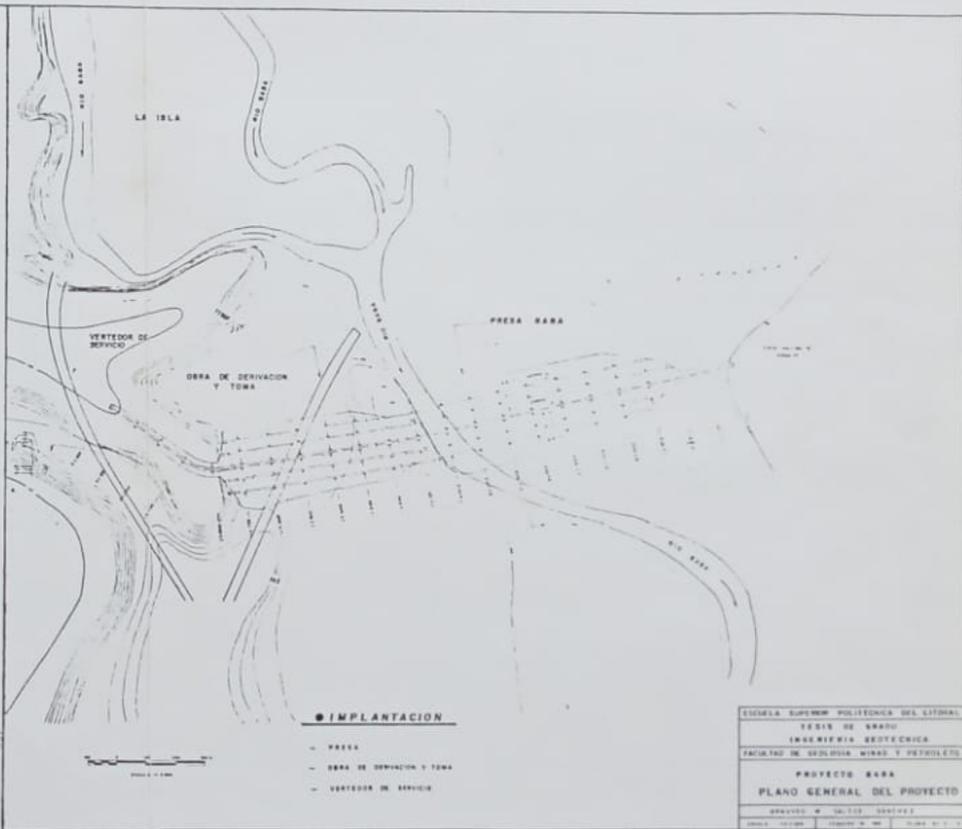
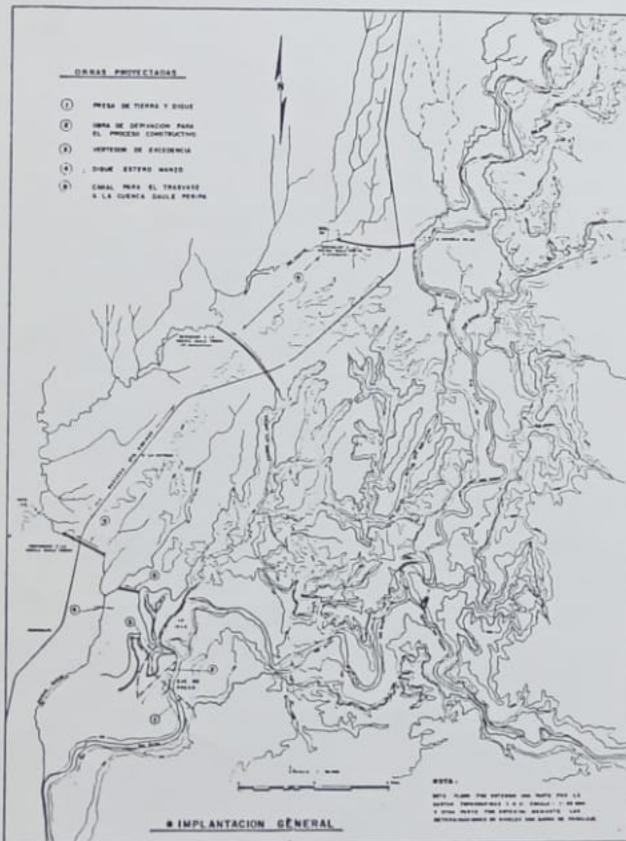
- LINEAS DE FALLAS

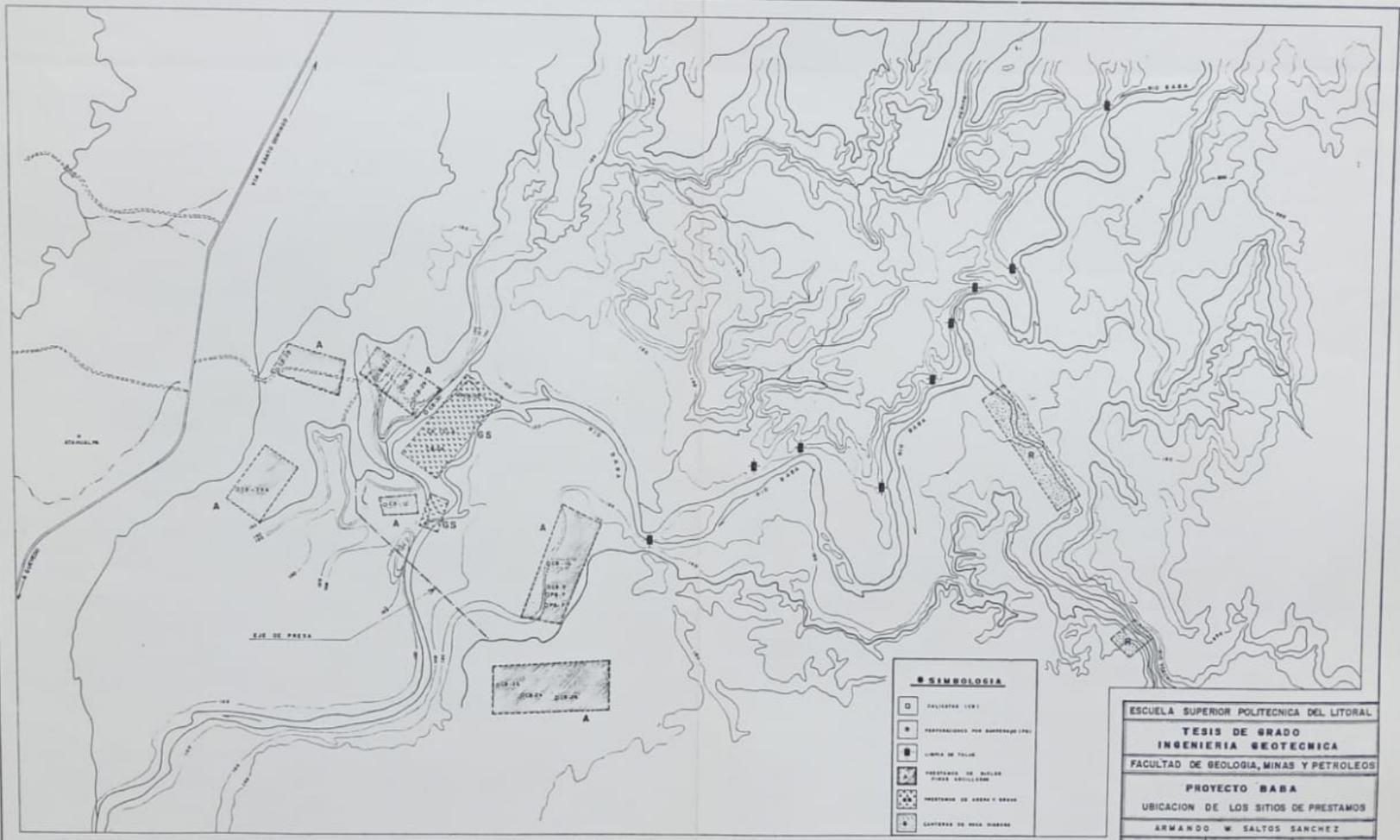


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 TESIS DE GRADO  
 INGENIERIA GEOTECNICA  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS  
 PROYECTOS LAUREL Y VERMAZA  
 CARTA GEOLOGICA - GEOTECNICA GENERAL  
 EDUARDO S. SALTOS SANCHEZ  
 QUITO - ECUADOR FEBRERO DE 1988 PLANO Nº 1.1

BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL



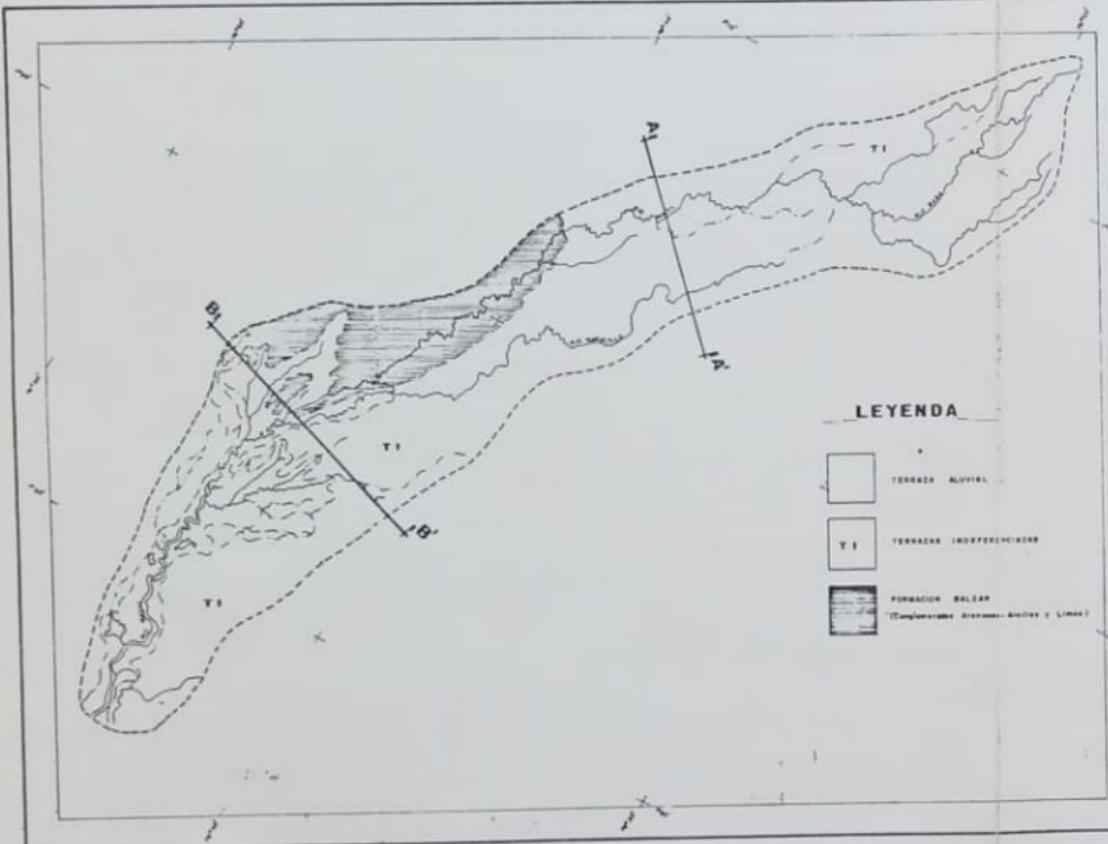




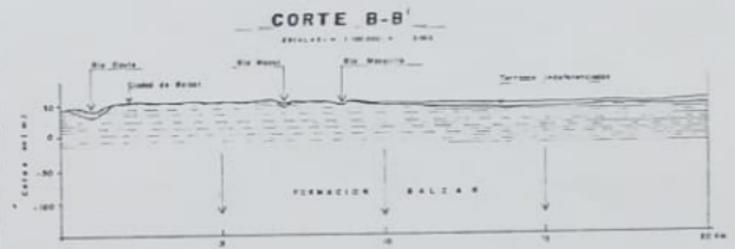
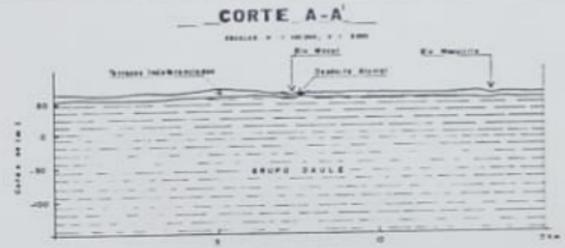
**● SIMBOLOGIA**

□	COLLECTOR (C)
■	REPERICIONES POR BARRERAJE (R)
—	LIMITE DE TALLAS
▨	PROYECTO DE BULLAS PARA REVELACION
▩	PROYECTO DE ARENA Y GRAVA
■	CANTONERA DE MALLA METALICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
**TESIS DE GRADO**  
**INGENIERIA GEOTECNICA**  
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS  
**PROYECTO BABA**  
 UBICACION DE LOS SITIOS DE PRESTAMOS  
 ARMANDO W. SALTOS SANCHEZ  
 ESCALA: 1:5000    FEBRERO DE 1966    PLANO N° 2.0.1



- LEYENDA**
-  TERRAZAS ALUVIAL
  -  T.I. TERRAZAS INDEPENDENCIAS
  -  FORMACION BALZAR  
(Compuestos Arcillosos - Arenas y Limas)

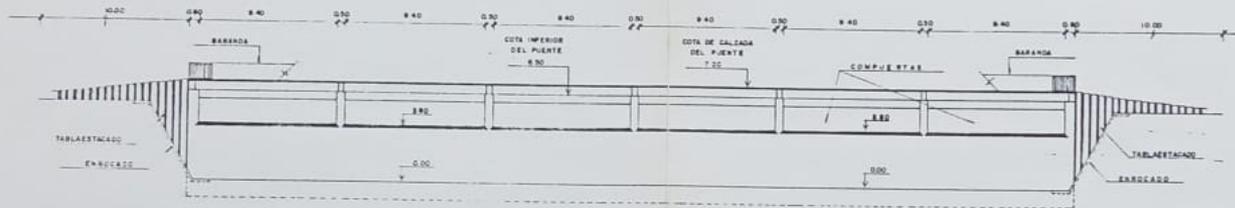


- LEYENDA**
-  DEPOSITO ALUVIAL
  -  TERRAZAS INDEPENDENCIAS
  -  GRUPO DAULE
  -  FORMACION BALZAR  
(Compuestos Arcillosos - Arenas y Limas)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TECNOLOGIA DE MINAS		
INGENIERIA METALURGICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL Y YERBAZA		
GEOLOGIA DE LA CUENCA DE DRENAJE		
ARMANDO W. SALTOS TAYAN ET AL.		
ESCALA	20000	1:50000
FECHA	2000	2000

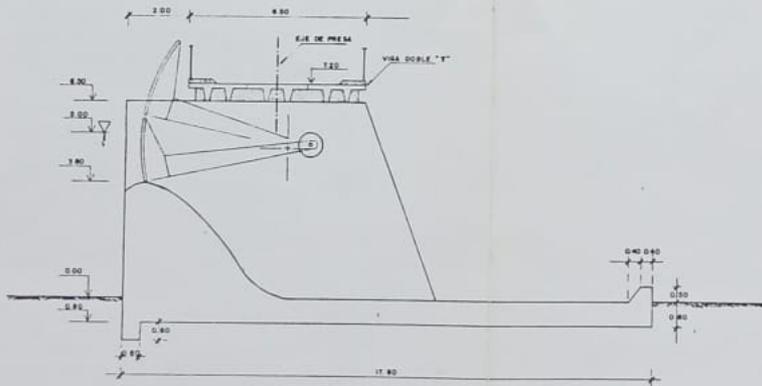
## ● VISTA LONGITUDINAL 1-1'

ESC. 1:100



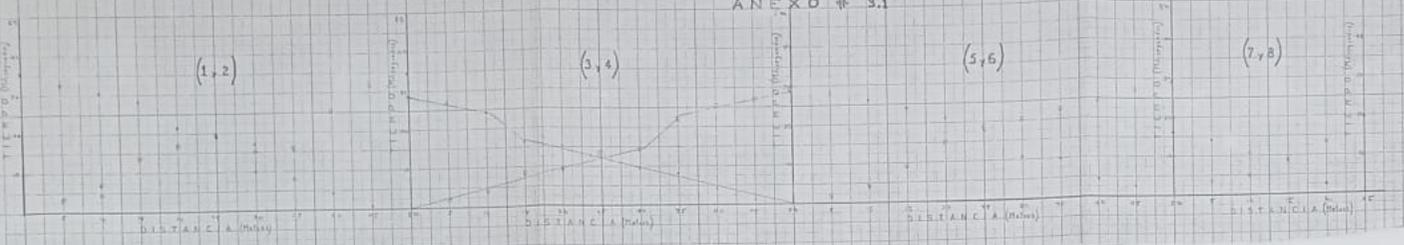
## ● SECCION TRANSVERSAL 2-2'

ESC. 1:100

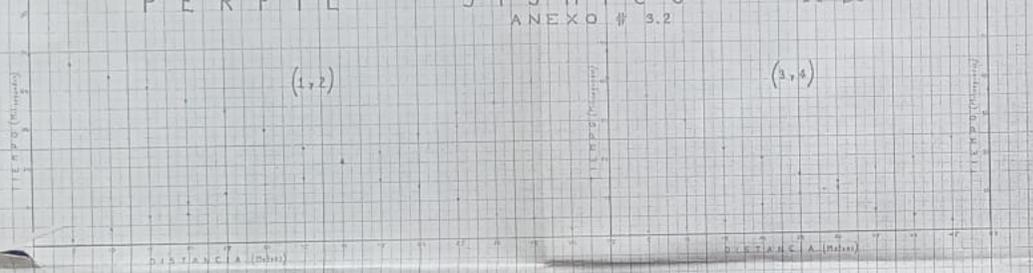


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TÉRMINO DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS		
PROYECTO LAUREL		
VISTA LONGITUDINAL		
SECCION TRANSVERSAL		
ARMANDO W. SALTO SANCHEZ		
ESCALAS INDICADAS	MAYO DE 1982	PLANO N° 4.14

PERFIL SISMICO P<sub>1</sub> S<sub>1</sub>  
 ANEXO # 3.1



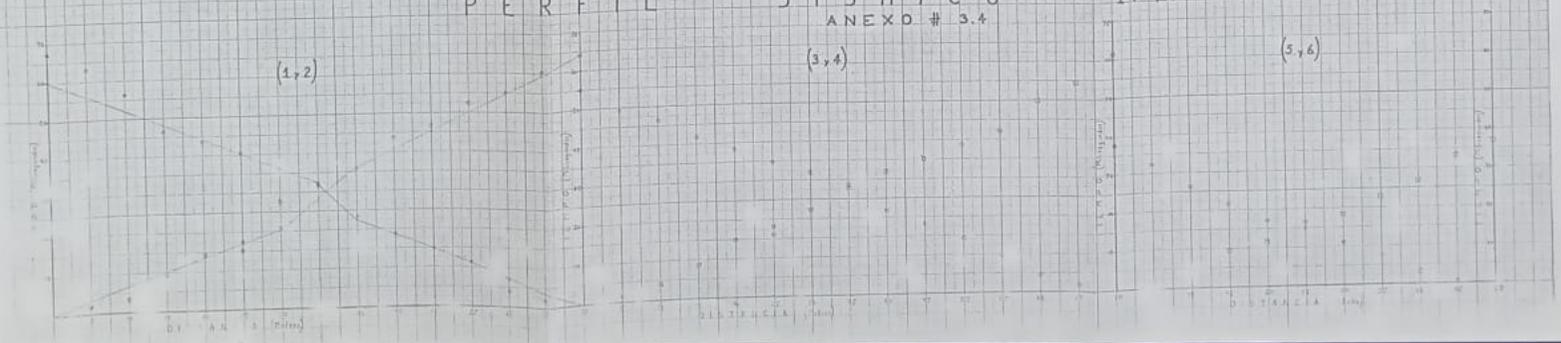
PERFIL SISMICO P<sub>2</sub> S<sub>2</sub>  
 ANEXO # 3.2

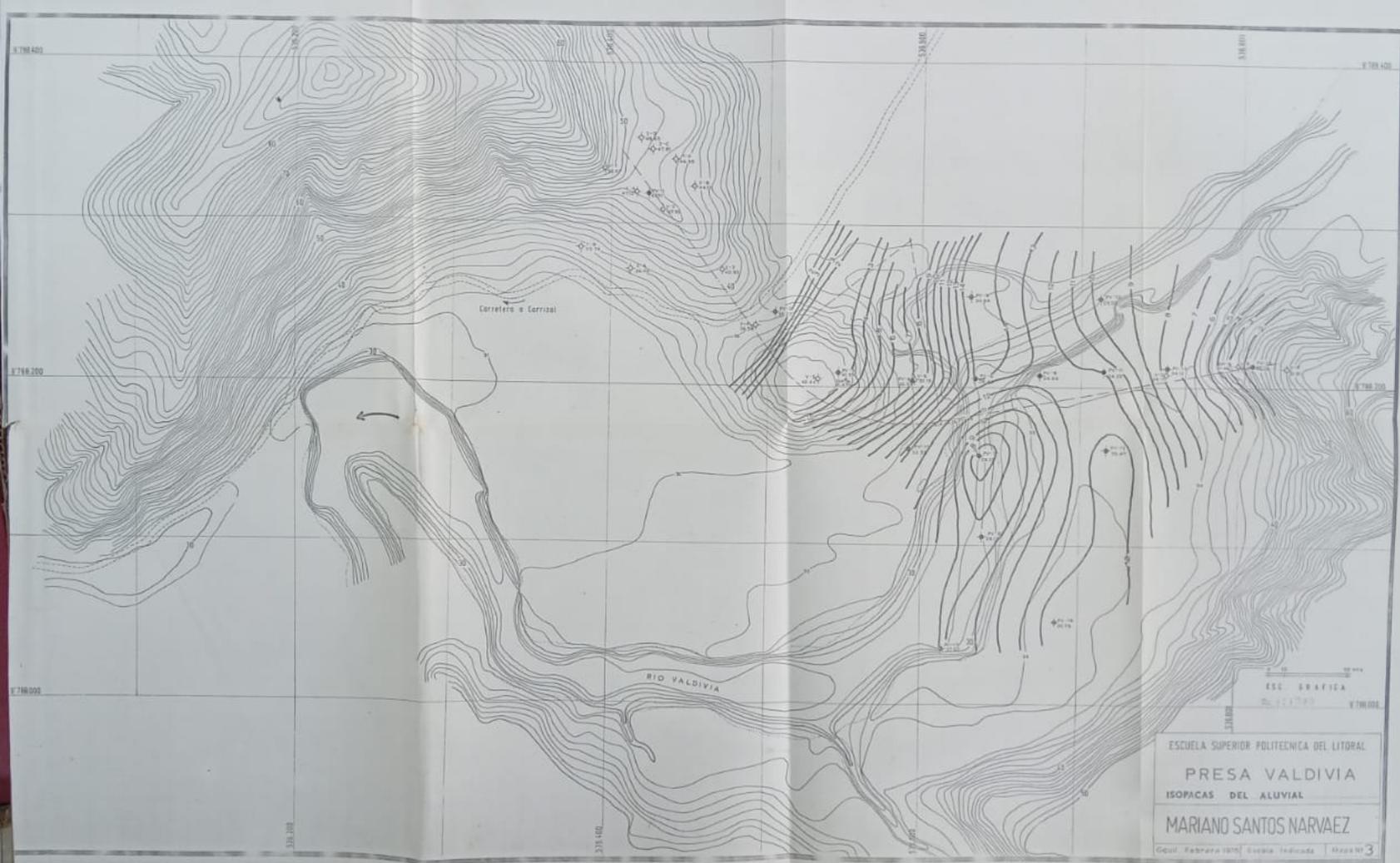


PERFIL SISMICO P<sub>3</sub> S<sub>3</sub>  
 ANEXO # 3.3



PERFIL SISMICO P<sub>4</sub> S<sub>4</sub>  
 ANEXO # 3.4





Carretero a Corrales

RIO VALDIVIA

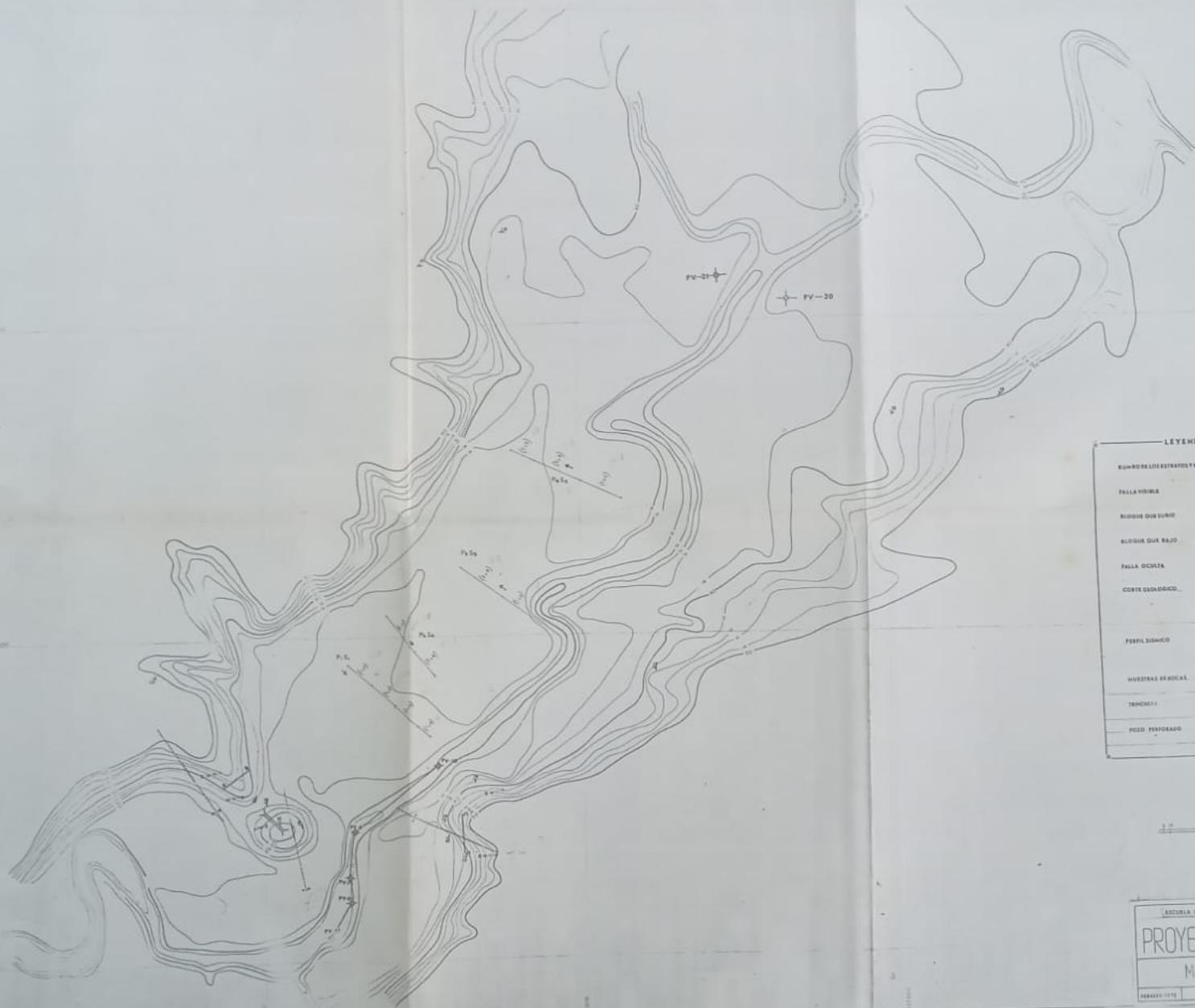
ESCALA GRAFICA  
1:50,000

ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

PRESA VALDIVIA  
ISOPACAS DEL ALUVIAL

MARIANO SANTOS NARVAEZ

Geol. Febrero 1976 Escala 1:50,000 Mapa No 3



**LEYENDA**

SUMOS DE LOS ESTADOS Y BLENAMIENTOS	
FALLA VISIBL	
RIOQUE QUE SURD	
BLIQUE QUE RAJO	
FALLA OCULTA	
CORTE GEODINCO	
PERFIL DINCO	
MUESTRAS DE ROCAL	
TRENCHES	
POZO PERFORADO	

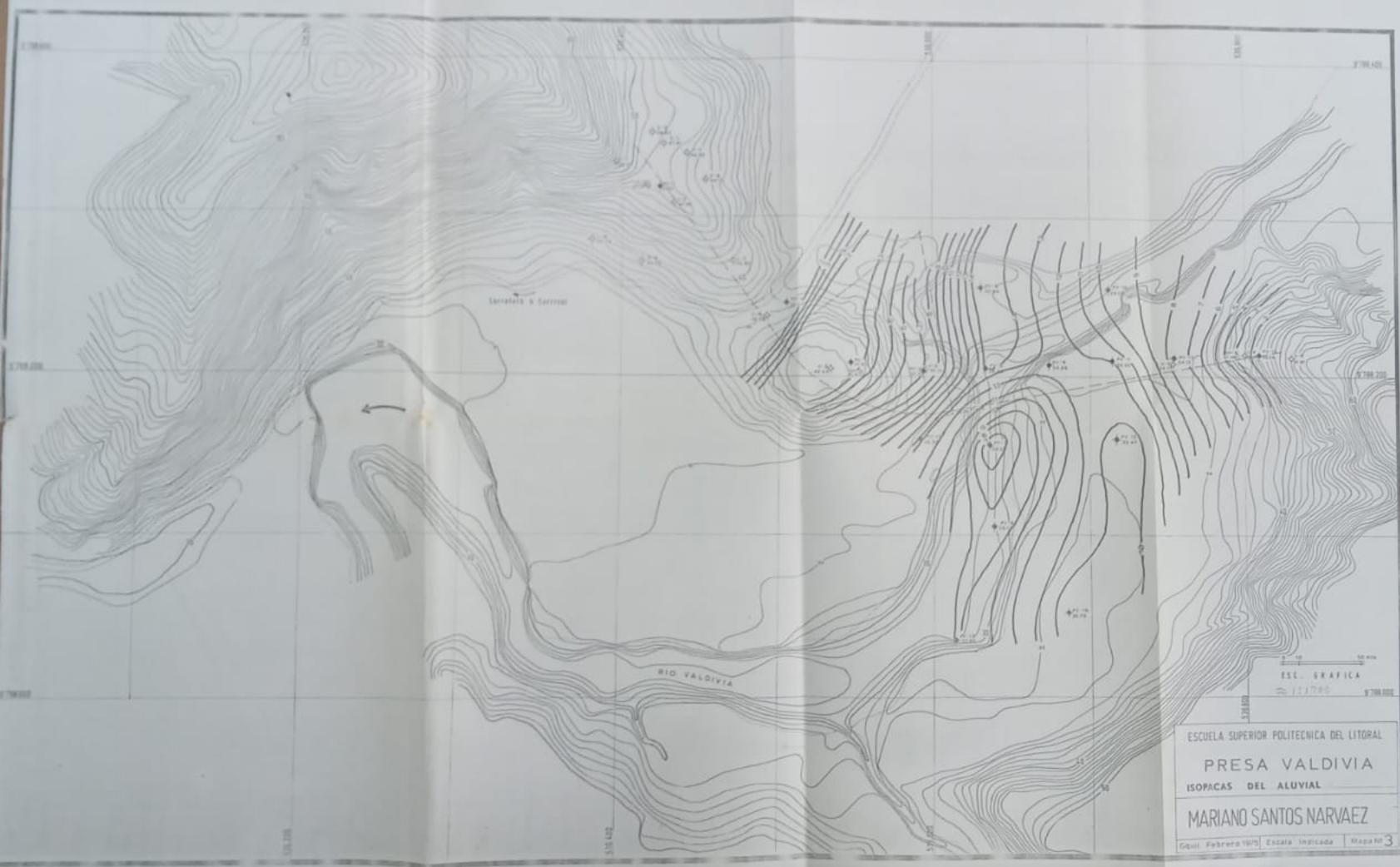


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**PROYECTO VALDIVIA**

MARIANO SANTOS

FEBRERO 1972      SUYANA      MARZO 1972



Lavadero y Corral

RIO VALDIVIA

ESCALA GRAFICA

1:27,000

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
PRESA VALDIVIA  
ISOPACAS DEL ALUVIAL  
MARIANO SANTOS NARVAEZ  
Genil, Febrero 1960, Escala indicada, Mapa No 3

BRASIL

PERU

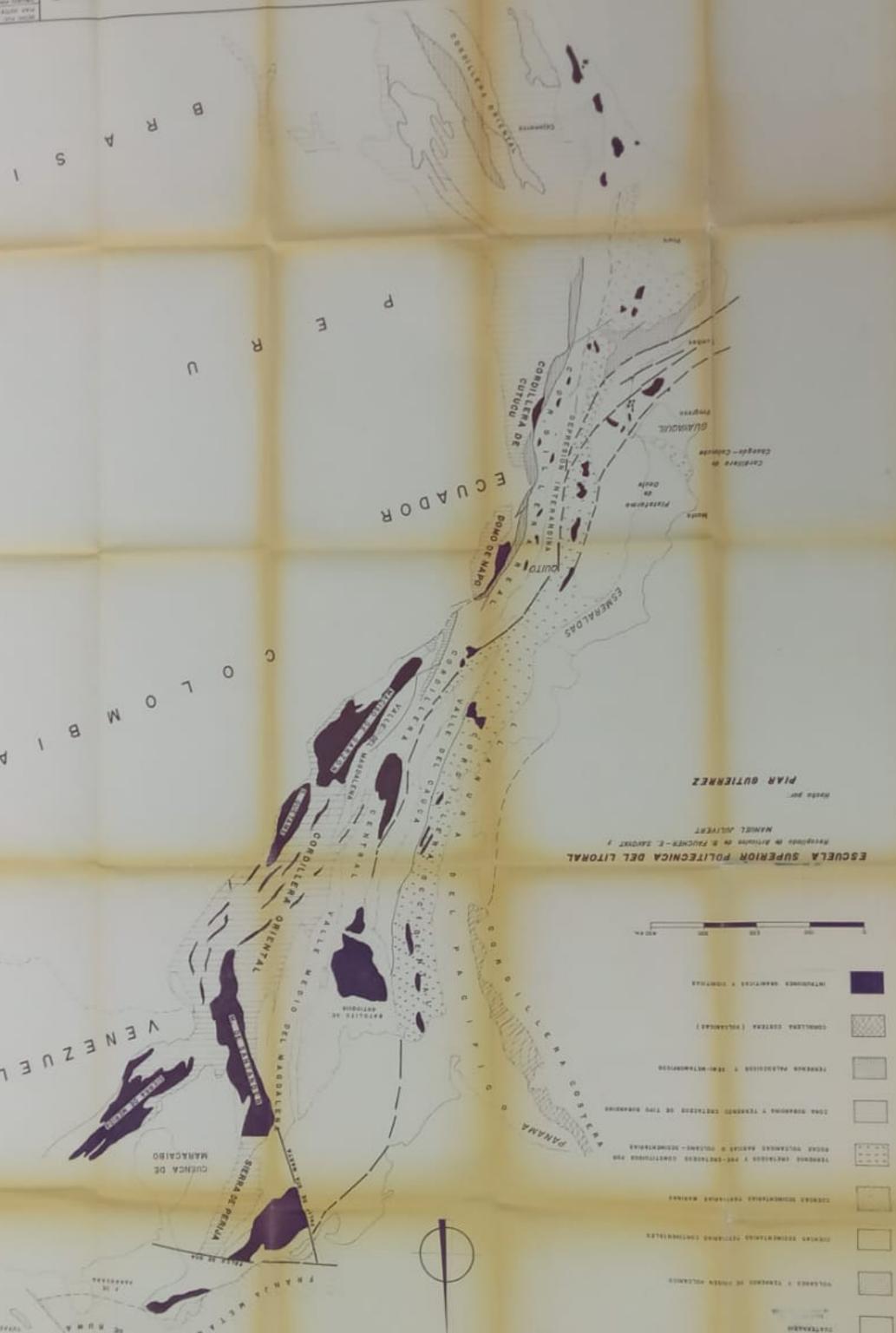
COLOMBIA

VENEZUELA

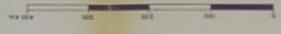
FRANJA RESTAURADA DE RUMA

ECUADOR

PANAMA



Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Manuel Soliveri  
Investigación de Arriaga de R. Pacheco - E. Zárate y  
Manuel Soliveri



- INTERRUPCIONES OROGÉNICAS Y TECTÓNICAS
- CONJUNTA COSTERA (VOLCÁNICA)
- TERRANOS PALÉOGÉNICOS Y NEO-OROGÉNICOS
- LOSA ANDINA Y TERRANOS TECTÓNICOS DE TIPO SHANDONG
- ROCA VOLCÁNICA PASADA O VOLCÁNICO-OROGÉNICA
- TERRANOS TECTÓNICOS Y NEO-OROGÉNICOS CONSTITUIDOS POR
- CONJUNTO OROGÉNICO TECTÓNICAMENTE MODIFICADO
- ROCA OROGÉNICA TECTÓNICAMENTE MODIFICADA
- VOLCÁNICO Y TERRANOS DE TIPO HIMALAYAS
- DETECTADOS
- LEYENDA