

VIII-D-1.2

RECONOCIMIENTO Y ESTUDIO PRELIMINAR  
DE LAS POSIBILIDADES DE EMBALSE  
PRESELECCIONADAS EN LA CUENCA DEL RIO MAULE

C E D E C

VIII - D - 1.2

RECONOCIMIENTO Y ESTUDIO PRELIMINAR  
DE LAS POSIBILIDADES DE EMPALSE  
PRESELECCIONADAS EN LA CUENCA DEL  
RIO MAULE

C E D E C

## 1.2 RECONOCIMIENTO Y ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS POSIBILIDADES DE EMBALSE PRESELECCIONADAS EN LA CUENCA DEL RIO MAULE

### a) INTRODUCCION

Una vez identificados todos los lugares de la cuenca del Maule que posean características adecuadas para la creación de embalses y preseleccionados aquellos que presentan condiciones favorables para lograr una regulación económica, se ha procedido a visitarlos, para así reunir una información más sólida, que permita posteriormente emitir un juicio respecto a su conveniencia y a los beneficios que proporcionarían.

La visita a los diversos lugares se ha realizado en dos etapas: primero por tierra, entre los días 9 y 15 de septiembre de 1977 y luego por aire, entre los días 25 y 26 de octubre, mediante un helicóptero que permitió alcanzar todos aquellos sitios que resultaron inaccesibles por tierra. En ambas oportunidades participó el mismo personal técnico, compuesto de un geólogo y dos ingenieros civiles especializados respectivamente en mecánica de suelos y evaluación de proyectos.

Durante las dos visitas complementarias se observaron los sitios de embalse que se muestran en los Cuadros 1 y 2, además de otros que por presentar condiciones desfavorables fueron descartados después de ser examinados.

Entre las posibilidades estudiadas se incluyeron varias, como por ejemplo las de los esteros Chiles, Picazo y Tinajas que, desde el punto de vista del análisis global del riego de la cuenca no juegan papel alguno, pero que podrían tener cierta gravitación en el estudio del riego zonal.

En el presente informe se exponen los antecedentes recogidos en cada uno de estos sitios, los resultados obtenidos de su análisis y las conclusiones que de ellos se derivan.

## CUADRO I

**NOMINA DE LAS POSIBILIDADES DE EMBALSE VISITADAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS PROVENIENTES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES**

Nombre del Rfo	Nombre del Afluente	Nombre del Embalse	Designación dada en el Informe
b.1) Los Puerces	Litá	Hornito	b.1.1
	Litá	Tapihue	b.1.2
b.2) Clare		Panamericana	b.2.1
	Las Chilcas	Los Verduges	b.2.2
	Las Chilcas	El Consuelo	b.2.3
	Las Chilcas	El Espino	b.2.4
	Las Chilcas	El Gringo	b.2.5
b.3) Lircay		Panguilemo	b.3.1
	Picazo	Picazo en Guapi	b.3.2
	Picazo	Picazo en Lihue no	b.3.3
b.4) Ancoa		Ancoa	b.4.1
b.5) Achibueno		Montecillos	b.5.1
		Colliguay	b.5.2
		Vega de Salas	b.5.3
		<u>La Receva</u>	b.5.4
		El Peñón	b.5.5
b.6) Longaví		Longaví	b.6.1
b.7) Perquillauquén		San Manuel Alto	b.7.1
		San Manuel Bajo	b.7.2
		<u>Lavadero</u>	b.7.3

## CUADRO H

**NOMINA DE LAS POSIBILIDADES DE EMBALSE VISITADAS DEPENDIENTES DE LAS AGUAS PROVENIENTES DE LA CORDILLERA DE LA COSTA**

---

Nombre del Rfo	Nombre del Afluente	Nombre del Embalse	Designación dada en el informe
b.7) Perquillauquén		Pocillas	b.7.4
		Quella	b.7.5
b.8) Purapel		Los Pequeños	b.8.1
		Purapel	b.8.2
		Sausal	b.8.3
b.9) Cauquenes	San Juan	San Juan	b.9.1
	La Raya	La Raya	b.9.2
	Huedque	Huedque	b.9.3
	Coronel del Maule	Coronel del Maule	b.9.4
		La Chiripa	b.9.5
		Puente San Francisco	b.9.6
		Sausal	b.9.7
		Villaseca	b.9.8
b.10) Estero Tinajas		Botacura	b.10.1
		San Miguel	b.10.2

---

A continuación se describirán con el grado de precisión que permita el detalle de la información obtenida en el terreno, las principales características de cada uno de los embalses potenciales visitados y definidos en el Cuadro I, ordenados según la cuenca del río en que se encuentran y siguiendo de aguas arriba hacia aguas abajo.

Este análisis se limitará, por el momento, sólo a estos embalses, ya que para configurar los Esquemas de Riego que deberán analizarse a través del modelo de Simulación Hidrológica, se necesita definir cuales de ellos resultan factibles y con posibilidades económicas de poder integrar estos Sistemas o Esquemas Generales de Riego.

Las soluciones de la Cordillera de la Costa constituyen posibilidades aisladas que por condiciones de cota constituyen soluciones puntuales y que no pueden ser integradas a los Sistemas de Riego dependientes de las aguas de la Cordillera de Los Andes y, por lo tanto su estudio es posible realizarlo en forma independiente, sin perjudicar el avance por el camino crítico del Estudio Integral de los Recursos del Maule.

Cabe hacer presente, sin embargo, que a continuación de este informe se preparará el análisis de los embalses de la Cordillera de la Costa, de modo que para los efectos de las etapas posteriores del estudio se cuente con la información completa sobre posibilidades de regulación de la cuenca. En este último informe se incluirán además los antecedentes de los embalses Colbún-Machicura, Maule-Melado, Guaiquivilo y Laguna del Dial, sobre los cuales existe información suficiente como para poder evaluar su factibilidad y posibilidades de utilización e integración en los Esquemas de Riego Integrado de la Cuenca.

**POSIBILIDADES DE EMBALSE VISITADAS  
DEPENDIENTES DE LAS AGUAS PROVE -  
NIENTES DE LA CORDILLERA DE LOS  
ANDES**

**b) DESCRIPCION DE LOS LUGARES DE EMBALSE VISITADOS  
Y DE LAS OBRAS QUE EN ELLOS PODRIAN CONSTRUIRSE**

**B.1 RIO LOS PERCOS**

**b.1.1 Embalse Horally**

**A. Ubicación**

El lugar en que se elegiría la presa se sitúa en el curso alto del estero Lité, a la latitud de  $35^{\circ}15'S$ , a la lon gitud de  $71^{\circ}37' W$  y a una altura de 110 m sobre el nivel del mar. Este lugar se puede ver en la Figura 1.

**B. Accesos**

Al sitio de presa se llega siguiendo un camino de tierra que se encuentra en regular estado y que parte del pueblo de San Rafael hasta el noroeste para llegar hasta la confluencia de los ríos Lité y Los Percos, en la cabecera del valle de Penabaz. La distancia que hay que recorrer desde la carretera Panamericana hasta el sitio de presa es de 14 km.

El estado actual se muestra en la Figura 1 en forma más detallada.

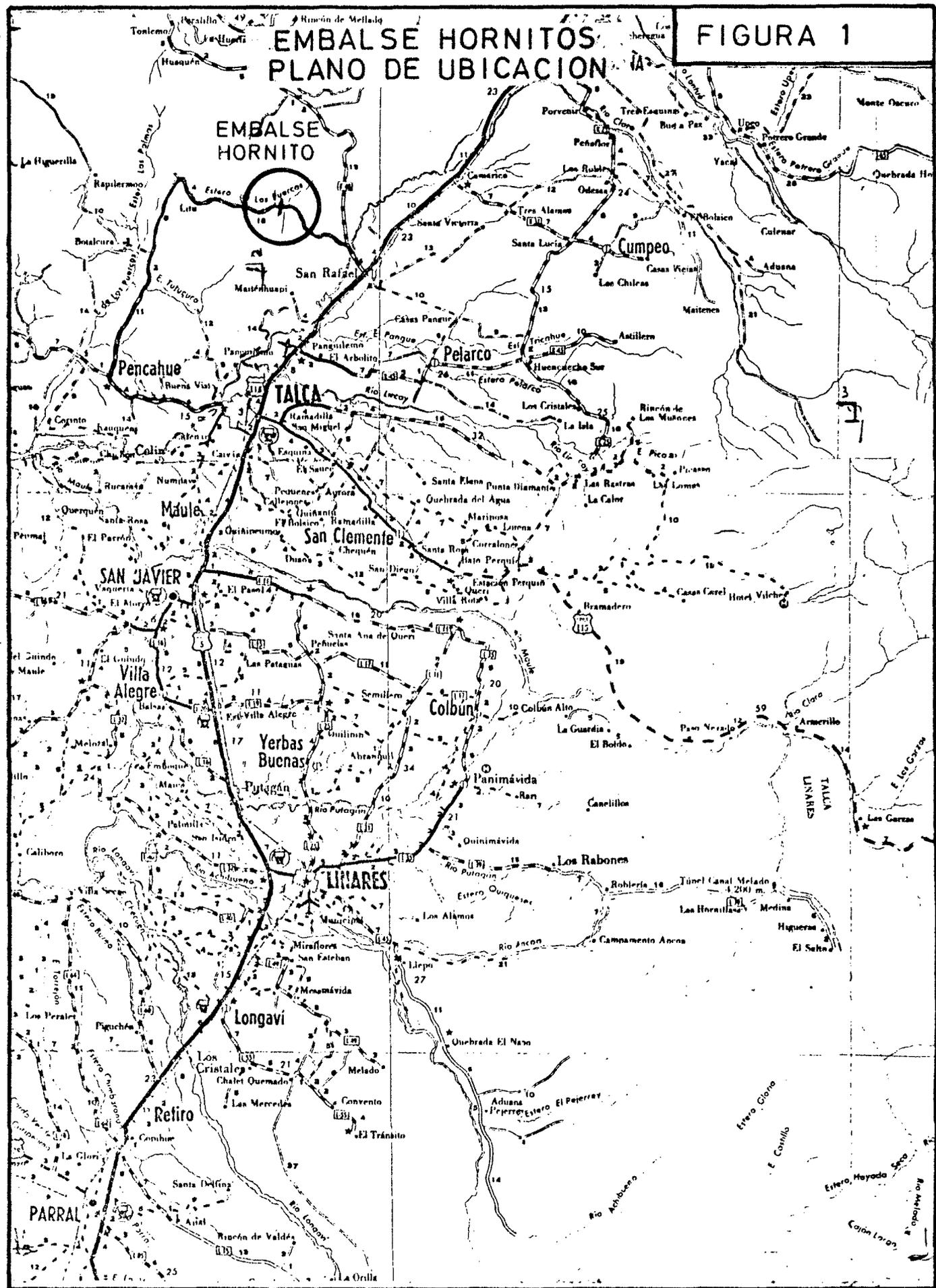
**C. Hidrología**

La cuenca afluente comprende una extensión de  $40,5 \text{ km}^2$ . Sobre esta superficie cae una precipitación media anual de unos 630 mm, la que produce un rendimiento específico estimado en  $13 \text{ l/s.km}^2$ . Conforme a este valor, el caudal medio y el volumen anual apartados por la cuenca serían de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  y de 16 millones de  $\text{m}^3$  respectivamente.

En un año muy seco el volumen anual sería aproximadamente la mitad del valor anotado, o sea de 8 millones de  $\text{m}^3$ , y al del período de abril a septiembre de ese año, durante el cual se llenaría el embalse, de 5 millones de  $\text{m}^3$ .

# EMBALSE HORNIITOS PLANO DE UBICACION

FIGURA 1



## D. Topografía

La angostura muestra taludes parejos en ambos costados, siendo el derecho más escarpado que el izquierdo. En todo caso, la pendiente de este último es inferior a 45°.

Aguas arriba de la angostura el valle muestra poca pendiente longitudinal y se mancha considerablemente, formando una sucesión apropiada para embalsar las aguas del estero.

El plano más detallado que existe en la actualidad de esta zona corresponde al de escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Militar.

Las dimensiones medidas en forma estimativa en el terreno son las que se muestran en el corte transversal de la Figura 2 A (superior).

## E. Geología

El estero Litt y los tributarios de la parte superior de esta cuenca habieron un ancho valle en un conjunto estratificado de rocas volcánicas (lavas y brechas) y sedimentos con limonitas de edad terciaria y/o terciaria inferior. En general, estas rocas están tectonizadas y posiblemente intrudidas por pequeñas apéñitas y filones graníticos.

Las rocas estratificadas afloran en el lecho del estero prácticamente en todo su recorrido, hasta llegar a la zona de angostura en que se implantaría la presa.

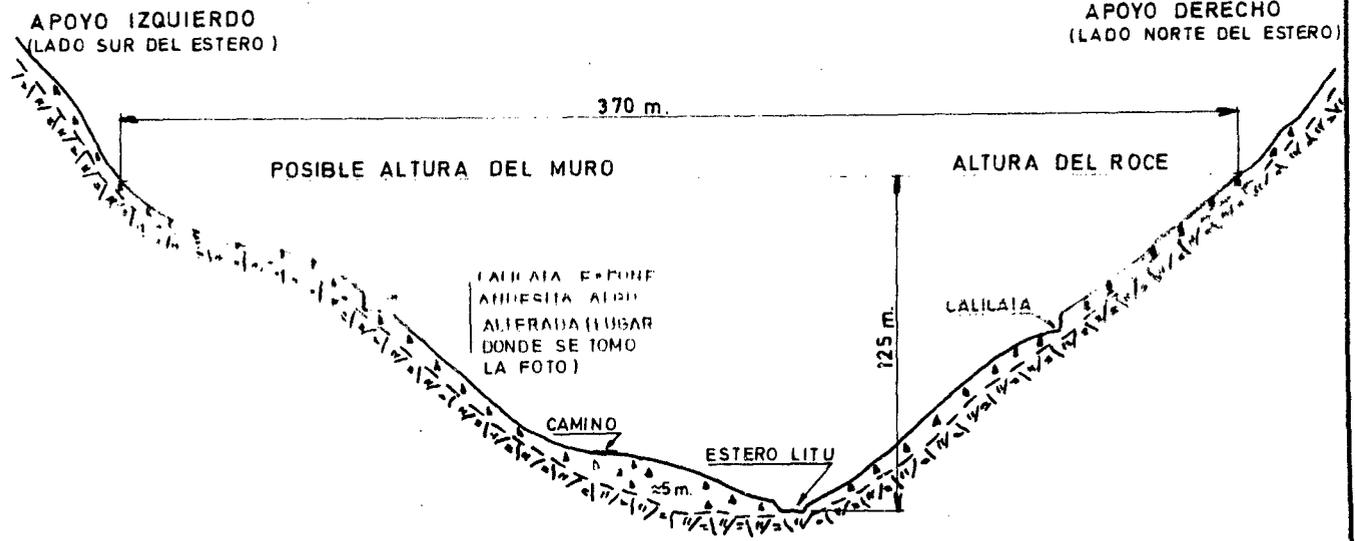
El rollo de sedimentario en la zona de inundación se estima casi nulo. En todo caso, está restringido a pequeños depósitos de terraza, localmente distribuidos dentro del valle, y a pequeños espesores de escambro de falda, situados en la base de las laderas. No se han observado signos de deslizamiento de taludes que comprometan las laderas de la posible zona de inundación de este embalse.

# EMBALSE HORNITO ESTERO LITU

FIGURA 2

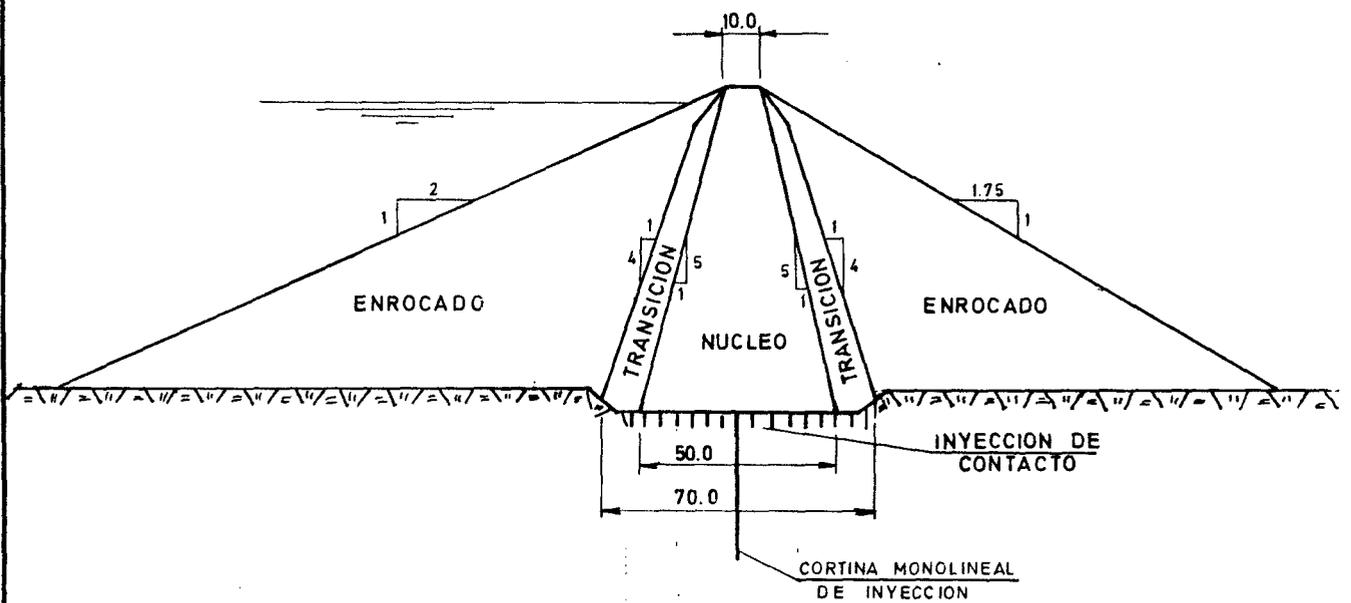
## CORTE TRANSVERSAL POR LA ANGOSTURA

(A)



## PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA

(B)



La angostura en que se originó la presa corresponde a una garganta creada por la acción fluvial en el mismo tipo de roca descrita anteriormente. En su sección más estrecha la roca aflora en el lecho del estero, indicando que todavía continúa el proceso erosivo. Además, estos afloramientos permiten suponer que el espesor de los sedimentos en el área de fundación de la presa sería mínimo (inferior a 10 m) y que éstos se habrían generado principalmente por la acumulación de escombros de falda.

En la zona de los apoyos laterales existe un reducido espesor de escombros de falda (inferior a 2 m) que cubre la roca. Esta última posiblemente se halla alterada cerca de la superficie, pero a poca profundidad tendría que encontrarse en un estado apto para servir de fundación a la presa.

Las características descritas de la garganta se pueden observar en la Figura 1 A y parcialmente en la Foto N° 1, en la que se observa su perfil transversal.

Durante la corta visita al lugar no se detectaron fallas o estructuras geológicas que pudiesen inhabilitar a la angostura como posible sitio de presa. Sin embargo, deberá estudiarse cuidadosamente la puntilla que serviría de apoyo izquierdo, para aclarar si corresponde a un núcleo de roca más duro y resistente que el resto, o si está controlada por alguna estructura geológica filtrante.

#### F. Contexto

En la zona de fundación de la presa el lecho del río está compuesto por roca sana, cubierta en parte por escombros de falda y suelos aluviales de espesor reducido.

El empotramiento derecho está formado por roca posiblemente agrietada en superficie y cubierta por una delgada capa de escombros de falda descompuestos. El izquierdo presenta rasgos similares a los del lado derecho, salvo que tiene una menor pendiente.

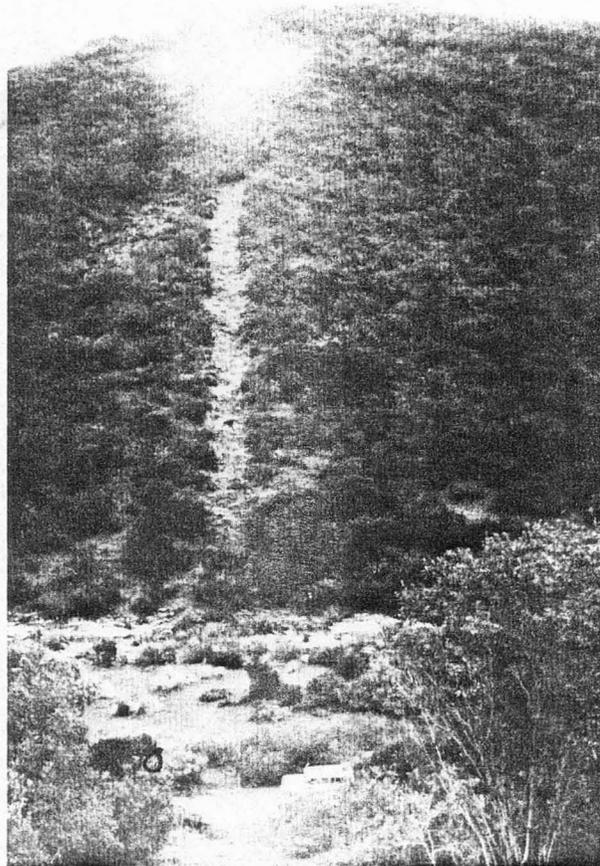


FOTO N° 1. Estero Litú en la angostura Hornito. Vista según el eje transversal de la angostura. Se observa la pequeña acumulación de escombro de falda entre el camino y el estero, que debe alcanzar un espesor de unos 5 m.

Las características de la roca que conforma las zonas de empotramiento permiten afirmar que probablemente no se presentaría dificultades en las excavaciones de túneles o de otras obras subterráneas (plenas, etc.) de tamaño moderado. Los materiales provenientes de estas obras, especialmente de la excavación del vertedero, podría utilizarse en los espaldones de la presa.

Para implementar una presa en esta angostura, la zona de fundaciones tendría que someterse a un tratamiento. Este consistiría primero en disminuir la altura total de los materiales de relleno existentes en el lecho del estero y de la roca descompuesta de los empotramientos en toda el área ocupada por la presa. En la zona en que se apoyaría el núcleo al estorpe tendría que hacerse de modo de disminuir la roca más agrietada. Además aquí se haría una cortina macollana de inyección en la roca, que alcanzaría a los 40 m de profundidad, y que tendría por objeto sellar las grietas o fallas mayores (grouting empotrante). Entre el material del núcleo y la roca se colocaría la ejemplar de inyecciones de concreto, dado que probablemente la roca se presentará bastante agrietada en superficie. Estas inyecciones se planea que deberían permitir sellar la roca hasta unos 6 m de profundidad.

Los materiales permeables que se requerirían para la construcción de la presa tendrían que extraerse del lecho del río Claro, que está a más de 10 km de distancia, puesto que éstos son escasos en el río Lité y probablemente de mala calidad.

Los materiales impermeables pueden obtenerse de un sitio localizado en la margen derecha del estero Lité, a unos 4 km aguas abajo de la angostura, donde existen en abundancia caudales.

Los empotrados podrían extraerse de una canchala que se ubicaría en las cercanías de la angostura. La localización de esta canchala no debería ofrecer problemas, ya que en toda la zona de inundación y vertederos la roca se encuentra muy próxima a la superficie.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

La presa que mejor parece adaptarse a las condiciones importantes en el lugar es la de enrocados compactados, con núcleo central de espesor máximo. Los espaldones se construirán con materiales lo más graduados que fuese posible obtenidos de la cantera, colocados en capas horizontales y compactados con rodillo o tractor de oruga. Las zonas de transición también se harán con materiales provenientes de la cantera.

La cota de la base en la zona central de la presa, donde se alcanza el núcleo, es de 110 m aproximadamente, en tanto que la cota máxima del embalse, determinada por su canal de alimentación, se ubicará alrededor de los 210 m. Por lo tanto, en este sitio podría construirse una presa de unos 100 m de altura si fuese necesario.

La presa propuesta tendría un ancho de 10 m en su coronamiento y taludes de 1.75:1 en el lado de aguas abajo y de 2:1 en el de aguas arriba. En la Figura 2 B se puede ver un corte a lo largo de su eje longitudinal, que permite apreciar su forma.

El núcleo tendría un ancho en la base de 50 m y taludes de 1:5. Los taludes del embudo de las transiciones con el enrocado serán de 1:4. Como se había dicho, en toda la sección transversal de cambio del núcleo con la roca de fundación ésta se impermeabilizará mediante inyecciones que formarán una cortina maculinal.

El volumen de la presa dependerá de la altura que se le de a la presa. En el gráfico A de la Figura 3 se indican los volúmenes estimados sobre la base de anchos de coronamiento medidos en la cota del RCM a escala 1:50 000 ("Villa Prate") y en la suposición que los taludes de los cerros son rectos.

El vertedero conviene ubicarlo en el lado izquierdo de la angostura, cuyos linderos son más suaves que los del lado derecho. En todo caso, la capacidad de esta obra sería reducida, ya que el canal adyacente es pequeño, debido a la poca expansión de la cuenca hidrográfica.

La derivación de las aguas durante la construcción conviene realizarla mediante un túnel que se ubicaría en el lado derecho de la garganta rocosa. Para conducir al canal del río probablemente bastaría con dar al túnel la sección en herradura máxima, de unos 2.5 m de altura. Esta misma obra podría acondicionarse posteriormente para ubicar las válvulas de entrega.

## G.2 Embalse.

Las superficies inundadas por el embalse se han deducido de las cartas mencionadas cartas 1:50 000 del IGM (Villa Prat y Talca). Los valores obtenidos se han representado en el gráfico B (Anexo) de la Figura 3. Como se observa, el área máxima por apropiarse sería de unos 14 km<sup>2</sup>.

Los volúmenes embalsados para las distintas echas de aguas máximas se han deducido por integración de la curva de áreas inundadas. La curva de volúmenes así obtenida se ha incluido en el mismo gráfico B de la Figura 3. Según ésta, la capacidad máxima del embalse sería de unos 564 millones de m<sup>3</sup>.

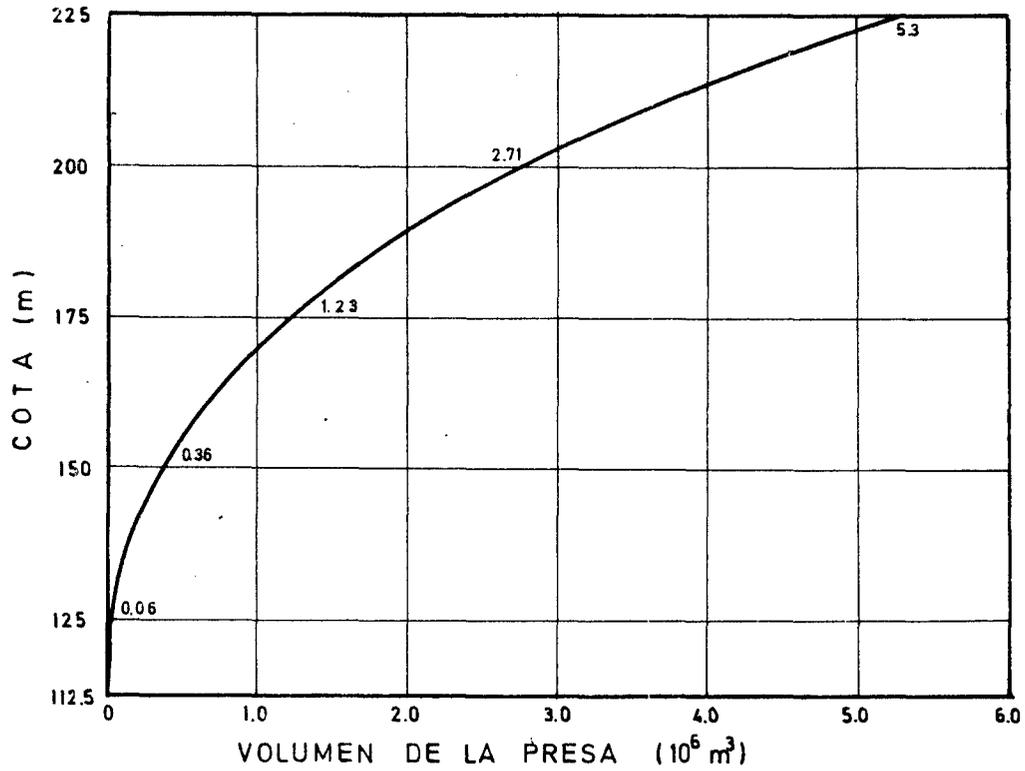
Los terrenos que inundaría el embalse se encuentran naturalmente cubiertos por matorrales y vegetación de monte, por lo que puede afirmarse que ellos carecen de valor para la agricultura.

## G.3 Obras de almacenamiento

El caudal afluente al embalse durante el período de abril a septiembre de un año 89% se ha estimado en 0.4 m<sup>3</sup>/s.

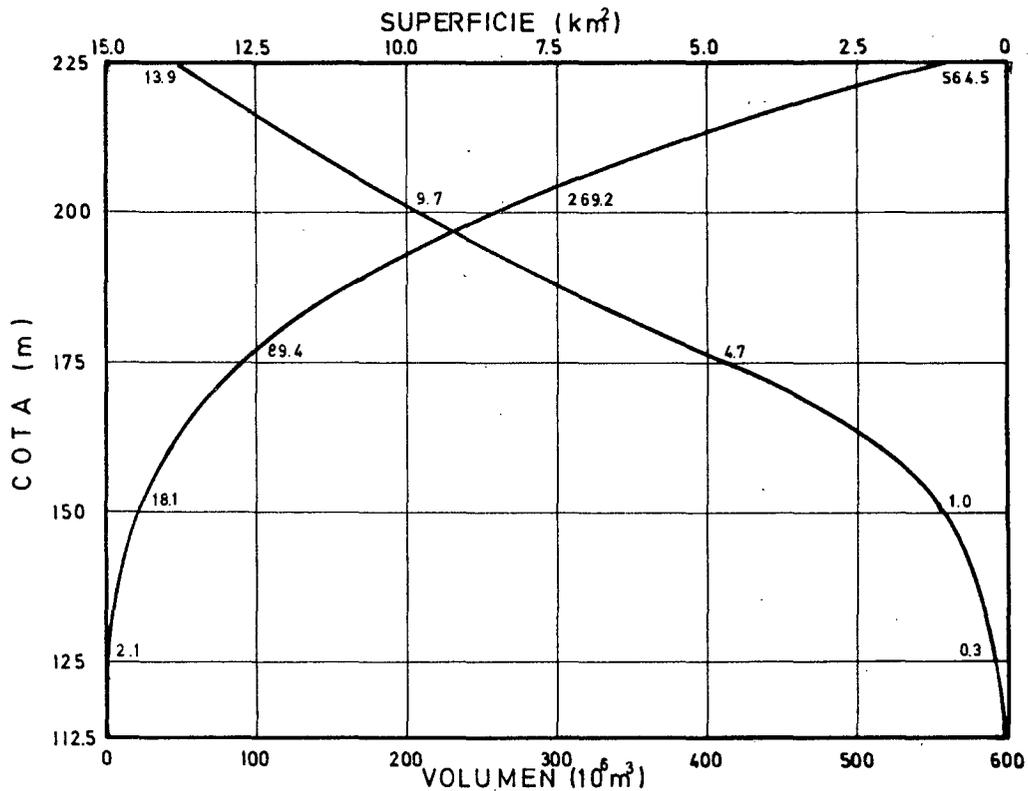
EMBALSE HORNITO  
ESTERO LITU  
VOLUMEN DE LA PRESA

(A)



SUPERFICIES Y VOLUMENES EMBALSADOS EN FUNCION  
DE LA COTA DE CORONAMIENTO DE LA PRESA

(B)



Esto significa que si se embalsan las aguas durante el período de abril a agosto apenas se alcanzaría a acumular unos 5 millones de  $m^3$ , cantidad que resulta totalmente insuficiente para regar las tierras fértiles situadas hacia aguas abajo.

Lo anterior pone de relieve que este embalse sólo se justifica si se le puede alimentar desde algún río cercano y caudaloso. El único que cumple con estas características es el Claro, por lo que sería necesario construir un canal desde éste hasta la divisoria de las aguas de los ríos Litú y Claro. El portezuelo más bajo de esa divisoria se encuentra a la cota 260 m aproximadamente. Sin embargo, al observar el plano a escala 1:50 000, se puede ver que un canal construido a esa altura saldría extremadamente largo, y que sería preferible captar el caudal del río Claro a la cota 210 m más o menos, aunque esto significase tener que cruzar la divisoria de las aguas mediante un túnel.

Al adoptar la cota anterior, el canal tendría que captar en el río Claro donde se encuentra la estación de ferrocarril de Itaboe. Desde aquí se iría por las laderas de los cerros hasta la entrada del túnel que atravesaría la divisoria de las aguas. La longitud del canal descrito sería de aproximadamente 40 km, y la del túnel de unos 700 m. El volumen máximo que podría captarse en el río Claro dentro del período abril-septiembre de un año 85% seco sería de 240 mill. de  $m^3$ , para lo cual las obras de alimentación descritas tendrían que diseñarse para un caudal máximo de  $37 m^3/s$ .

#### G.4 Obras de entrega

El embalse entregaría sus aguas al lecho del río Litú a través de dos válvulas que se instalarían en el interior del túnel de desviación.

## H. Superficie por regar

El embalse Hornito se utilizaría para regar el valle de Penechus, puesto que, gracias a que se encuentra en la cabecera de éste, se prestaría para cumplir el anunciado objetivo. Durante la temporada de riego (septiembre-marzo) podría descargar los 240 millones de  $m^3$  acumulados más los 5 millones de  $m^3$  aportados por el Litú durante ese período. Con ese volumen se podría regar una extensión de unas 18 000 hás, cantidad que es superior a la regable en el citado valle.

## I. Conclusiones

En el gráfico de la Figura 4 se ha representado la variación de la relación agua/muro en función de la cota de coronamiento de la presa, calculada con los valores de los gráficos A y B de la Figura 2. Se observa que esta relación aumenta con la altura del muro, aunque después de la cota 200 el incremento de la relación es pequeño. Desde este punto de vista se ve que la obra es atractiva para alturas superiores a 60 m más o menos.

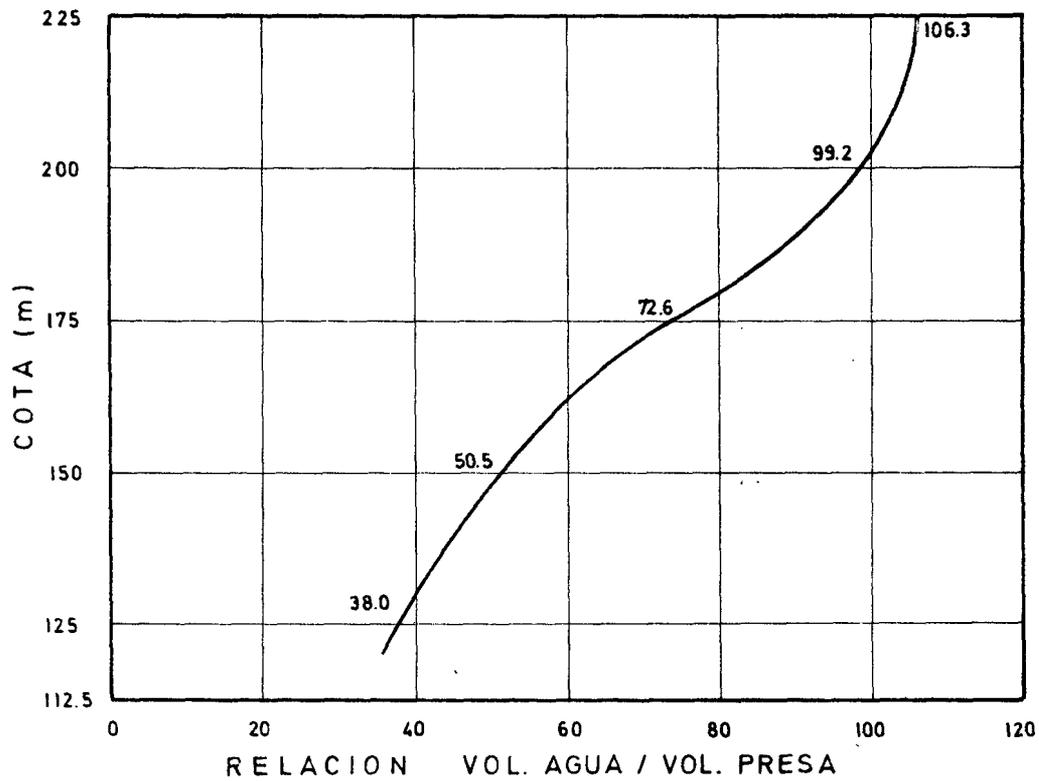
No obstante lo anterior, es necesario tener presente que el volumen deficitario en el valle de Penechue es del orden de 150 millones de  $m^3$ . De aquí se concluye que no se justificaría construir una presa superior a 65 m de altura, ni un canal de alimentación con más de 13  $m^3/s$  de capacidad.

### b.1.2 EMBALSE TAPIHUE

#### A. Ubicación

La angostura de este embalse se encuentra cerca de donde el valle del Litú se junta con el del río Los Puercos, en un lugar de coordenadas geográficas  $35^{\circ}13'$  de latitud sur y  $71^{\circ}43'$  de longitud oeste, y a 70 m sobre el nivel del mar. La ubicación descrita se muestra en la Figura 5.

EMBALSE HORNITO  
 ESTERO LITU  
 RELACION AGUA / MURO EN FUNCION DE LA COTA



### B. Accesos

A este lugar se puede llegar siguiendo un camino de tierra que parte de San Rafael en dirección noroeste y que se prolonga a lo largo del curso del estero Litú hasta el río Los Puercos. La distancia que hay que recorrer entre San Rafael y la angostura de Tapihue es de unos 25 km.

Además existe una segunda vía de acceso desde Corinto. Partiendo desde este pueblo y siguiendo el camino que se prolonga a lo largo del valle de Penechue también se puede llegar a la angostura, pero según parece, este último camino se encuentra normalmente en peor estado que el anterior.

Los dos caminos descritos se han destacado en la Figura 5.

### C. Hidrología

La extensión de la cuenca afluente a este lugar es de  $98,4 \text{ km}^2$ . La precipitación media anual que cae sobre ella es del orden de  $620 \text{ mm}$  y produce un rendimiento específico de  $13 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . En consecuencia, el caudal medio que escurre en este lugar es de aproximadamente  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . El volumen afluente medio anual correspondiente a este caudal es de  $41 \text{ mill. m}^3$ . El volumen del período abril a septiembre de un año 85% seco se estima en  $12 \text{ millones de m}^3$ .

### D. Topografía

La angostura está formada por dos cerros, entre los cuales se encuentra el lecho del Litú. El lado izquierdo presenta una ladera poco inclinada, cuyo talud podría estimarse en  $5:1$ , mientras que el derecho tiene una pendiente mayor, que es del orden de  $2:1$ . El ancho en la base es de unos  $300 \text{ m}$ . Lo anteriormente descrito se puede observar en el corte transversal esquemático A de la Figura 6.



La zona de posible embalse que se extiende aguas arriba de la angostura se prolonga por 7 km y es de muy poca pendiente. Desde el punto de vista puramente topográfico constituye una buena cuenca de abastecimiento.

Los planos más detallados con que se cuenta en la actualidad de esta zona son los a escala 1:50 000 (Villa Pray) del IGN.

### E. Geología

La presa se emplazaría entre dos cerros formados por roca volcánica estratificada pertenecientes a la misma unidad geológica descrita en el caso del embalse Hornito del Lltá.

El sector Lltá oscuro en este lugar sobre sedimentos cuaternarios, compuesto de arenas y ripios finos que rellenan un cauce antiguo más profundo. La profundidad media de este vallejo puede ser del orden de 10 o 20 m, aunque no se puede descartar la posibilidad de que localmente exista un cauce con una erosión fluvial más profunda.

En ambas laderas la roca prácticamente aflora a la superficie. La de la ladera izquierda corresponde a una andesita brechosa gris rojiza, en parte gris avilada y de aspecto cónico, cuya superficie se ve bastante dura y muy fracturada. Se estima que a poca profundidad su fracturamiento es menos intenso, por lo que se supone sea poco permeable.

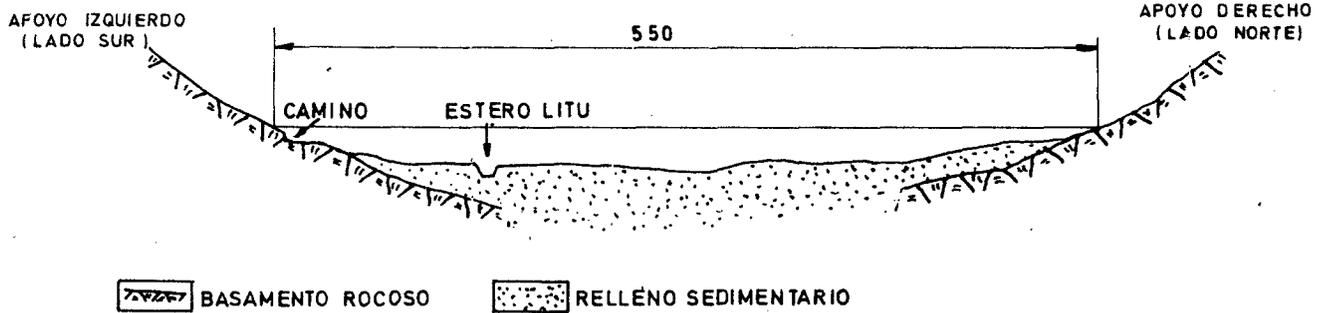
El lado derecho no se ve visible, pero es razonable pensar que está formado por la misma roca recién descrita.

En general, el lugar parece ser apto para implantar una presa, ya que no se observan estructuras geológicas que puedan afectar negativamente a la zona de fundación de la presa o a las taludes de los cerros en el área de posible inundación. Es muy probable que de existir algunas fallas geológicas de cierta importancia, estas se encuentren fuera de la zona de presa y sigan una dirección nor-occidente, tanto aguas arriba como aguas

# EMBALSE TAPIHUE ESTERO LITU

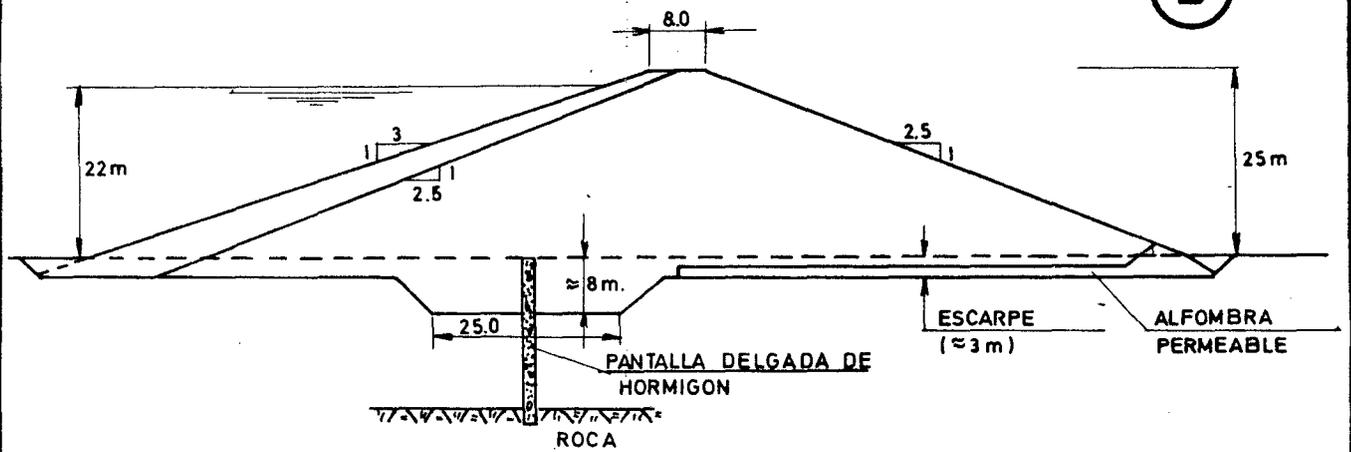
## CORTE TRANSVERSAL POR LA ANGOSTURA

(A)



## PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA

(B)



abajo de la angostura. Si alguna de estas estructuras cruzara la cuenca del embalse, podría comprometer localmente su estanqueidad.

## F. Geotecnia

De acuerdo a lo expuesto en el acápite anterior (E), el lecho del estero está constituido por depósitos aluviales cuaternarios, en los que deben predominar las arenas mezcladas con materiales finos y gravas de tamaño mediano a pequeño, que se espera tengan un espesor de 10 a 20 m.

En el lado derecho, como puede observarse en la Foto N° 2, la roca está cubierta por una delgada capa de constituyentes alterados y de escombros de falda. El lado izquierdo es similar al derecho, pero su talud es mucho más tendido.

Es posible encontrar en el lecho del estero Litú y en las cercanías del sitio de presa los materiales permeables para los espaldones, pero en reducidas cantidades. En mayor abundancia se los encuentra en el lecho del río Los Puercos. En cuanto a los impermeables, existen en cantidades más que suficientes, y a menos de 2 km aguas arriba de la angostura, en la zona del cauce del estero Litú.

Para fundar una presa en la zona de esta angostura, el terreno de fundación tendría que someterse a un tratamiento, consistente en el retiro de un espesor del orden de 3 m del lecho del estero, a fin de que la presa quede apoyada en los materiales aluviales más compactos. La impermeabilización de la fundación y su protección contra fenómenos de erosión retrógrada se conseguiría mediante la ejecución de una delgada pantalla de hormigón, que tendría que alcanzar hasta la roca.

En los empotramientos se realizaría un reducido escarpe, hasta alcanzar la roca sana.

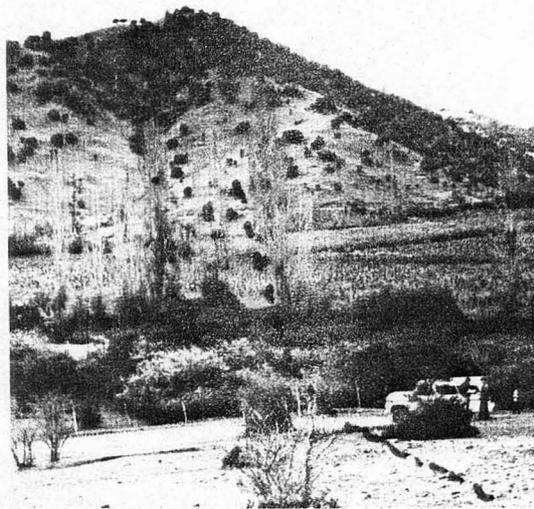


FOTO N° 2. Vista del lado derecho  
cho de la angostura  
Tapihue del Litú, desde el costado  
izquierdo.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El tipo de presa que mejor se adapta a las características de la angostura es la homogénea, con un mínimo de rellenos permeables y predominio de materiales impermeables.

El lecho del estero en la zona de la presa se encuentra a una cota algo inferior a los 75 m. Para aprovechar en buena forma la zona plana tras la angostura que serviría de vaso, el nivel de embalse tendría que llegar a la cota 100 m más o menos. Ello significaría que la presa tendría que alcanzar una altura máxima de unos 25 m. Con este tamaño su coronamiento, de 8 m de ancho, tendría una longitud de 500 m.

Los taludes de aguas arriba y de aguas abajo serían respectivamente de 3:1 y de 2,5:1.

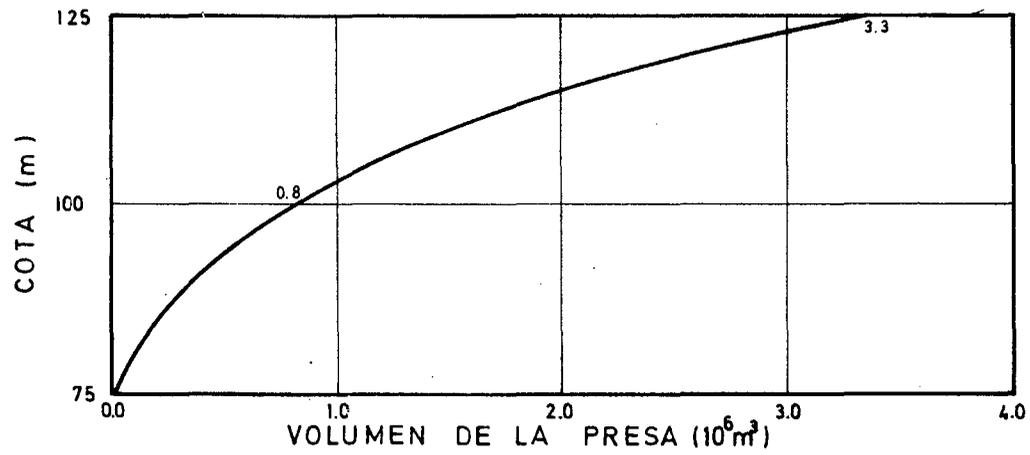
Con el fin de visualizar la forma de la presa propuesta, se ha incluido en la Figura N° 6 B un corte por su eje longitudinal.

El vertedero, que sería de dimensiones reducidas, se localizaría en el empotramiento izquierdo, mientras que el tipo de derivación, si fuese necesario construirlo, se situaría en el costado derecho. Dado el ancho de la garganta y la escasa altura de la presa, podría resolverse mediante la construcción de esta obra por partes, a fin de evitar la costosa excavación de un túnel de derivación. Pero por otra parte, este podría usarse después como obra de entrega.

Los volúmenes estimados de la presa, sobre la base de mediciones hechas en el plano de escala 1:50 000 del IGM, se han representado para distintas alturas en el gráfico A de la Figura 7.

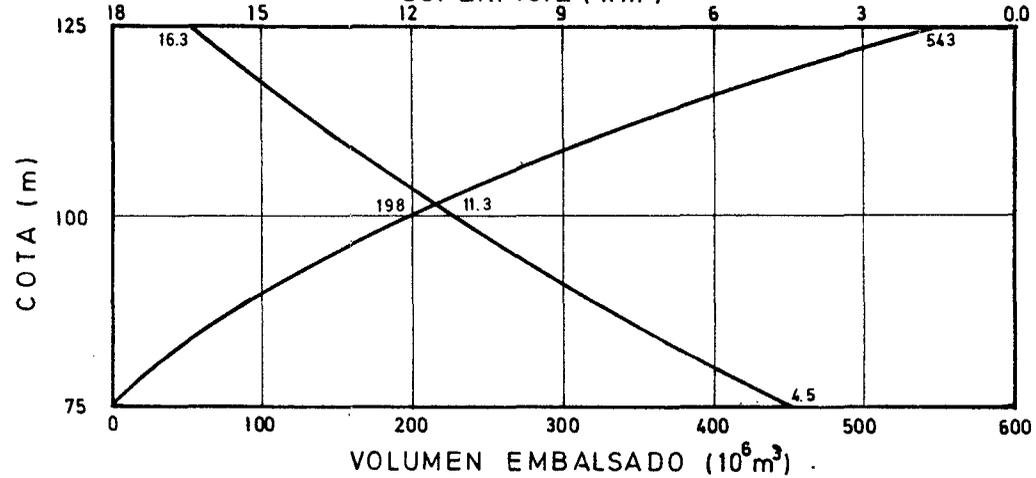
EMBALSE TAPIHUE  
ESTERO LITU

VOLUMEN DE LA PRESA



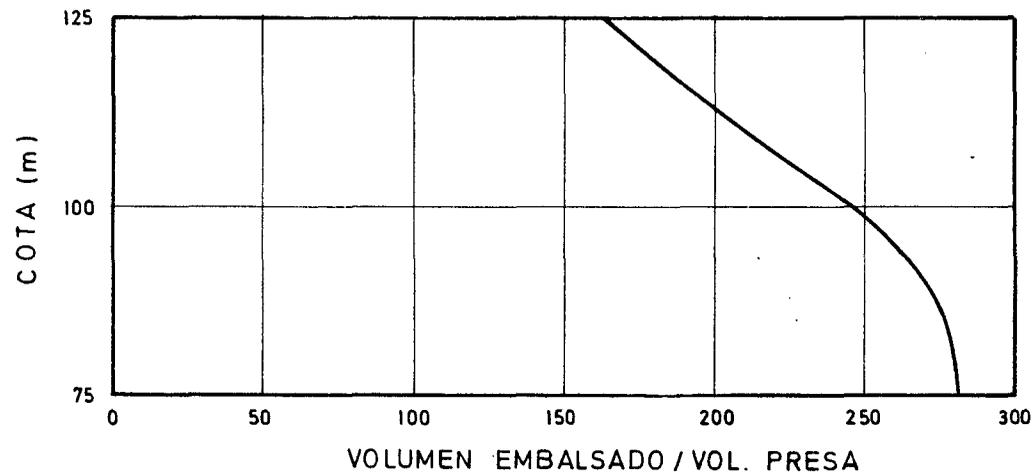
(A)

SUPERFICIES INUNDADAS Y VOLUMENES EMBALSADOS  
SUPERFICIE ( $km^2$ )



(B)

RELACION AGUA / MURO



(C)

## G.2 Embalse

Las curvas características de superficies de inundación y de volumen embalsado en función de la altura se muestran en la Figura N° 7 B. La primera de ellas se ha obtenido por mediciones directas del plano a escala 1:50 000, mientras que la segunda ha resultado por integración de la anterior.

El embalse inundaría toda la superficie agrícola del valle del estero Litú, que es fértil y se utiliza para viñedos, gramíneas y pastizales, por lo que se considera de valor. Esta superficie abarca unas 1 000 hectáreas.

Si se deseara embalsar solamente el volumen aportado por el estero Litú durante el período abril-septiembre de un año 85%, que es de unos 12 millones de  $m^3$ , bastaría con levantar un muro de unos 5 m de altura en la angostura. Si por el contrario, se deseara aprovechar plenamente la capacidad de embalse de la cuenca, se requeriría de un canal de alimentación similar al descrito en el caso del embalse Hornito para transportar aguas del río Claro hacia el estero Litú.

## G.3 Obras de alimentación

Conforme a lo anterior, la alimentación de este embalse tendría que hacerse a través de un canal que captaría las aguas del río Claro a la altura de Itahue y las conduciría hasta la divisoria de la cuenca. Desde aquí pasarían a la cuenca del Litú a través de un túnel de 6,7 km de longitud. El canal tendría una longitud total de 40 km, y para transportar un volumen de unos 150 millones de  $m^3$  que podrían captarse en forma razonable en el río Claro durante el período abril-septiembre de un año 85% seco, tendría que dársele una capacidad de unos 13  $m^3/s$ .

## G.4 Obras de entrega

Para descargar las aguas embalsadas, sería conveniente excavar un túnel de sección mínima (2,5 m x 2,5 m)

y de unos 120 m de longitud en el cerro del empotramiento derecho, y colocar las válvulas de descarga en su interior.

#### N. Superficie por regar

Por su ubicación a la cabecera del valle de Pencabue, el embalse Tapihua se prestaría para regar todas las tierras fértiles que se encuentran en este valle bajo la cota de 70 m aproximadamente. Se estima que la superficie de dichas tierras es de unas 10 000 has, por lo que su riego exigiría de unos 120 millones de  $m^3$ .

#### I. Construcciones

El volumen aportado por los cauces naturales del valle de Pencabue en un año 85% seco podría ser de unos 30 millones de  $m^3$ , por lo que el embalse tendría que aportar unos 100 millones de  $m^3$ . Para ello bastaría con construir una presa de unos 15 m de altura.

En el gráfico C de la Figura 7 se ha representado la variación de la relación volumen embalsado/volumen de presa en función de la altura de la presa. Este muestra que dicha relación es alta, por lo que el embalse sería económico, y que su valor es decreciente con los aumentos de altura.

Lo anterior refuerza la conveniencia de implantar una presa de no más de 15 m en el lugar analizado.

## b.2 RIO CLARO

### b.2.1 EMBALSE PANAMERICANA

#### A. Ubicación

Se ubica inmediatamente aguas arriba de los puentes sobre el río Claro de la carretera Panamericana y del ferrocarril. El sitio de presa se encuentra a la latitud sur de  $35^{\circ}11'$  S y longitud oeste de  $71^{\circ}23'$ , y su cota sobre el nivel del mar es de 175 m. Dicho lugar se puede ver en la Figura 8.

#### B. Accesos

La angostura elegida para el emplazamiento de la presa está a unos 200 m aguas arriba del puente del ferrocarril y a 400 m al este de la Panamericana, por lo que dispone de un fácil acceso desde esa carretera.

#### C. Hidrología

La zona afluente tiene una extensión de unos 780 km<sup>2</sup>. En el sector alto de la cuenca se registran precipitaciones medias anuales de hasta 1 400 mm, las que disminuyen hacia aguas abajo hasta unos 620 mm en la zona de la angostura.

Basándose en los registros de la estación fluviométrica de río Claro en Camarico, se ha calculado el caudal promedio en la angostura, el que ha dado un valor de 16,4 m<sup>3</sup>/s. El volumen medio anual que ocurre por este lugar es de 517 mill. de m<sup>3</sup>, mientras que el correspondiente al período comprendido entre abril y septiembre de un año 85% seco es de unos 240 mill. de m<sup>3</sup>.

#### D. Topografía

La zona de angostura tiene un ancho basal de unos 70 m y una altura de 25 m. El talud del lado derecho tiene una pendiente fuerte, que debe ser cercana a 1,2:1, en tanto que



el del lado izquierdo se más suave, alcanzando un valor cercano a 1,511. En su parte superior el ancho es de 200 m.

A ambos lados de la angostura se extiende una amplia meseta, cuya cota fluctua entre 203 y 210 m, y que llimita a la cota 200 m, la altura máxima de la presa que podría fundarse en este lugar.

Los planos más detallados que se poseen de la angostura son los de escala 1:50 000 del IGM, en los que no se puede apreciar ningún detalle de la zona.

La forma de la angostura descrita se puede observar en la Foto N° 5 y en la Figura 9 A, en que se muestra un corte transversal de ella. En la Foto N° 4 se ve el sector situado aguas abajo de la angostura.

### E. Geología

La zona en que se fundaría la presa corresponde a la más angosta del cañón que erosionó el río Claro al pasar sobre los sedimentos del cuaternario antiguo que rellenan esta parte del valle central. Tanto la presa como el embalse se apoyan sobre este relleno cuaternario, que tiene la estructura lenticular típica de una unidad sedimentaria reciente, pero mucho más compacta y cementada.

En la zona de angostura parecen existir dos estratos o unidades de suaves con características hidrogeológicas y geotécnicas diferentes. La parte superior del depósito estaría formada por una serie de capas o lentes dispuestas en forma más o menos horizontal y compuestas por limos arenosos, ripios, mantos de cenizas volcánicas y posibles paleosuelos de regular cementación y compactación. Algunos de estos lentes pueden ser bastante permeables y poco cementados, por lo que en caso de estar interconectados podrían constituir vías de fuga para las aguas embalsadas. La permeabilidad horizontal del depósito podría ser significativa. En cambio, la parte inferior del depósito, que se extiende hasta unos 10 m sobre el lecho del río, estaría formada



FOTO N° 3. Angostura del río Claro situada inmediatamente aguas arriba de puente FF.CC.

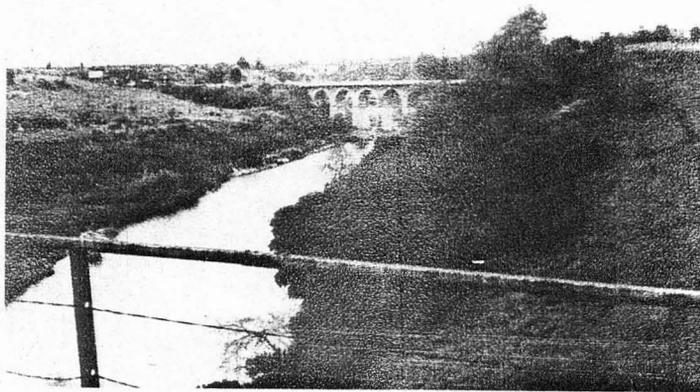
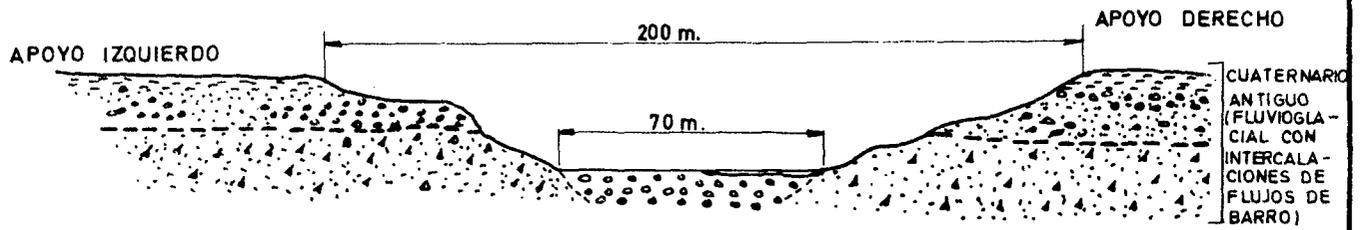


FOTO N° 4. Río Claro entre el puente del ferrocarril y el de la carretera Panamericana.

En primer plano se observa la baranda del puente del ferrocarril.

EMBALSE PANAMERICANA  
RIO CLARO

A

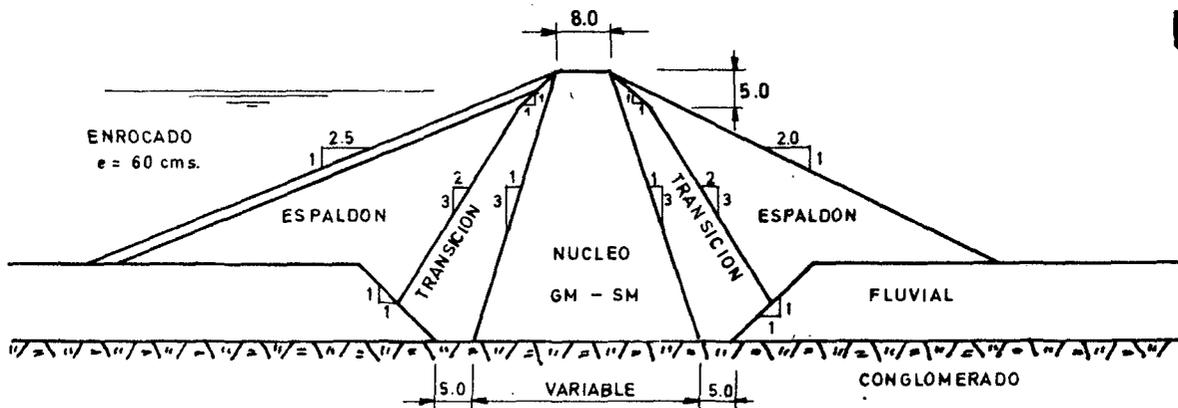


CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO EMBALSE PANAMERICANA

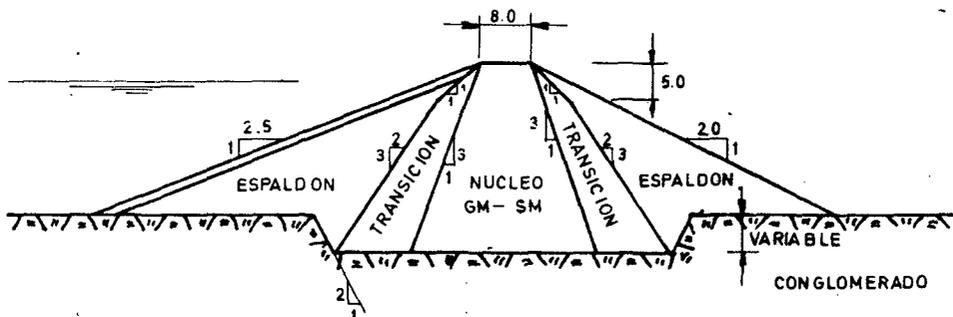


CORTE POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA

B



CORTE POR UN EMPOTRAMIENTO DE LA PRESA



por un conglomerado más cementado, una especie de flujo de barro, que da la impresión de ser duro y prácticamente impermeable. Este conglomerado se ve en la vista del lado izquierdo del río que aparece en la Foto N° 5.

En el lecho del río existen depósitos fluviales recientes, que podrían ser de un espesor inferior a 10 m. Sin embargo, debido al tipo de erosión fluvial, no puede descartarse la posibilidad que existan cañones más profundos debajo de este relleno reciente.

En la Figura 9 A se han representado las dos capas a que se ha hecho referencia y los demás rasgos geológicos descritos.

La zona de inundación de este embalse no pudo examinarse en detalle, por lo que aquí no es posible pronunciar se respecto al riesgo de que ocurran deslizamientos en los taludes, debido a su saturación con posterioridad a la construcción del embalse. Se estima que la factibilidad de este embalse depende en gran parte del grado de permeabilidad de los materiales que forman la parte superior de la angostura y de los resultados que se obtengan de un estudio de estabilidad de los taludes saturados.

#### F. Geotecnia

En la posible zona de fundación de la presa el lecho del río está constituido por rellenos cuaternarios depositados por el río Claro, en los que predominan las gravas gruesas, densas y arenosas. Su potencia se estima inferior a 10 m. Estos rellenos se apoyan sobre un depósito estratificado y fuertemente cementado, similar al que se observa en ambos lados del lecho.

En el lado derecho se distinguen las dos capas descritas en el punto anterior (E). Los rellenos que se sitúan inmediatamente sobre el nivel de las aguas del río están intencionalmente cementados y en ellos se observan desde suelos finos



FOTO N° 5

Vista del conglomerado endurecido. Afloramiento cerca del lecho del río en la zona del puente del FF. CC.

NOTA :

No corresponde al mismo lugar de la angostura seleccionada.

y limosos (cenizas y leánitas) hasta gravas de tamaño mediano y cantos redondeados. Presentan junto al lecho del río un talud ca si vertical. En general se puede decir que su permeabilidad es baja.

En el lado izquierdo se ven los mismos mate riales que en el lado derecho, pero con un talud más tendido.

Para la construcción de la presa se dispon - dría de materiales permeables e impermeables que podrían ex - traerse en las cercanías de la angostura. Los permeables exis - ten en grandes cantidades en el lecho del río Claro. De aquí pue - den obtenerse gravas arenosas limpias, de buena calidad para la ejecución de rellenos permeables, filtros y transiciones. En lo referente a impermeables, los únicos cercanos serían los que pue - den obtenerse de los depósitos estratificados y cementados que abundan en la zona. Estos depósitos entregarían suelos del tipo SM y GM, que en su parte fina no presentan ninguna plasticidad.

La implantación de la presa no exige de mayor tratamiento de la fundación. En la zona del lecho bastará con re - tirar las gravas del cauce, para permitir que el núcleo se apoye directamente sobre los depósitos cementados. Sin embargo, en los empotramientos el núcleo y las transiciones deberán apoyarse sobre taludes con pendientes no superiores a 2/3 (H/V), lo cual obligará a la ejecución de una zanja relativamente importante en el empotramiento derecho. Los espaldones de la presa podrán apoyarse sobre los depósitos existentes, previa realización del escarpe.

## G. Características de las obras de embalse proyectadas

### G.1 Presa

Para esta obra se ha adoptado un diseño del tipo "por zonas", con un núcleo central ancho, realizado con los materiales provenientes de los rellenos cementados y protegido por transiciones anchas, que impidan totalmente la posibilidad de erosión retrógrada, dado que su material constituyente sería muy

susceptible a este fenómeno. En las transiciones se emplearían los fluviales más avocados, para lo cual se eliminaría la fracción más gruesa. Las espaldones se harían directamente con los materiales extraídos del lecho del río Claro.

La forma de la presa propuesta se puede observar en los cortes por el eje central y por un empotramiento que se muestra en la Figura 9 B. El talud de aguas arriba tiene una pendiente de 2,5:1 y el de aguas abajo una de 2:1. La pendiente de las dos caras del núcleo es de 1:3 y la de las caras exteriores de las transeptos es de 2:3. El coronamiento tiene un ancho de 8 m y una longitud de 200 m.

La cota del río en la angostura es de 175 m, mientras que la del borde de la muestra superior es de 200 m. De aquí que la altura de la presa que utilizase totalmente la capacidad de embalse del lugar tendría que ser de 25 m. Con estas dimensiones la presa ocuparía un volumen total de unos 180 000 m<sup>3</sup>.

El vertedero se tendría que ubicar en el lado izquierdo de la angostura, ya que el derecho tiene demasiada pendiente para estos efectos. Además en el lado izquierdo se logra una mejor alineación del núcleo de descarga con la dirección del río. Su capacidad se estima tendría que ser del orden de los 500 m<sup>3</sup>/s.

Al término del vertedero sería indispensable colocar un colador dissipador, ya que el material que constituye la angostura es de fácil erosión y no resistiría el impacto de las aguas.

Para la derivación de las aguas durante la construcción se tendría que emplear un túnel en el conglomerado cementado del lado derecho de la angostura. Sin embargo, la excavación de un túnel de grandes dimensiones en este material podría presentar dificultades serias, por lo que sería preferible realizar la derivación mediante dos túneles de menor diámetro. Si se acepta que el túnel por desviar podría ser de unos 200 m<sup>2</sup>/h,

cada uno de estos túneles tendría que tener un diámetro de unos 5 m. Con posterioridad a la construcción de la presa, los túneles pasarían a formar parte de las obras de entrega.

## G.2 Embalse

La información topográfica que existe para de terminar los valores característicos del embalse es mínima, ya que ésta se reduce a la publicada en el plano 1:50 000 del IGM (Molina). Dicho plano indica que la superficie que ocuparía el embalse sería de 2 km<sup>2</sup>, de donde se puede suponer que el volumen embalsado sería del orden de 25 millones de m<sup>3</sup>.

Los terrenos inundados carecen de valor agrícola, ya que corresponden a los del lecho del río.

El embalse se llenaría incluso en un año muy seco, ya que el río Claro trae un volumen del orden de 170 millones de m<sup>3</sup> durante el período abril-septiembre de un año 85%.

## G.3 Obras de entrega

El embalse entregaría directamente al lecho del río Claro a través de dos válvulas instaladas en los túneles empleados originalmente en la desviación del río.

## H. Superficie por regar

No se conoce una aplicación directa en regadío de los recursos acumulados en el embalse. El volumen de embalse debería permitir regar unas 1 900 há.

## I. Conclusiones

El embalse Panamericana tiene un valor de la relación agua/muro cercano a 140, por lo que podría ser económico si no se presentan problemas de permeabilidad en los ripios

ubicados en la parte superior de la angostura. Por otra parte, no se visualiza con suficiente claridad la utilidad de este embalse en el riego de las áreas que se encuentran bajo su influencia.

### b.2.2 EMBALSE LOS VERDUGOS - Estero Las Chilcas

#### A. Ubicación

El lugar de embalse se ubica en el estero Las Chilcas, en un punto de coordenadas  $35^{\circ}19' S$  y  $71^{\circ}21' W$ , que se encuentra a unos 200 m sobre el nivel del mar. Dicho sitio resulta fácil de individualizar porque coincide con el de cruce de una línea de alta tensión sobre el estero. En la Figura 10 se muestra su localización.

#### B. Accesos

Al lugar de posible emplazamiento de la presa se llega siguiendo un camino de tierra que parte de la Carretera Panamericana en el pueblo de Camarico con dirección sureste, para dirigirse a Cumpoo. A 14 km de Camarico el camino se cruza con otro de características similares al primero, pero que sigue la dirección noroeste-suroeste. Continuando por este último por otros 7 km hacia el suroeste se llega al lugar más cercano a la angostura que es posible alcanzar en vehículo. En total, es necesario recorrer 21 km desde la Carretera Panamericana.

Los caminos descritos se han destacado en la Figura 10.

#### C. Hidrología

La cuenca total afluyente tiene una extensión de  $86 \text{ km}^2$ , superficie sobre la cual caen unos 900 a 1 000 mm de promedio anual. El rendimiento específico se ha estimado en unos  $25 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , con lo cual se obtiene un caudal promedio anual de  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  y un volumen anual afluyente de 68 millones de  $\text{m}^3$ .

FIGURA 10

# EMBALSE LOS VERDUGOS PLANO DE UBICACION

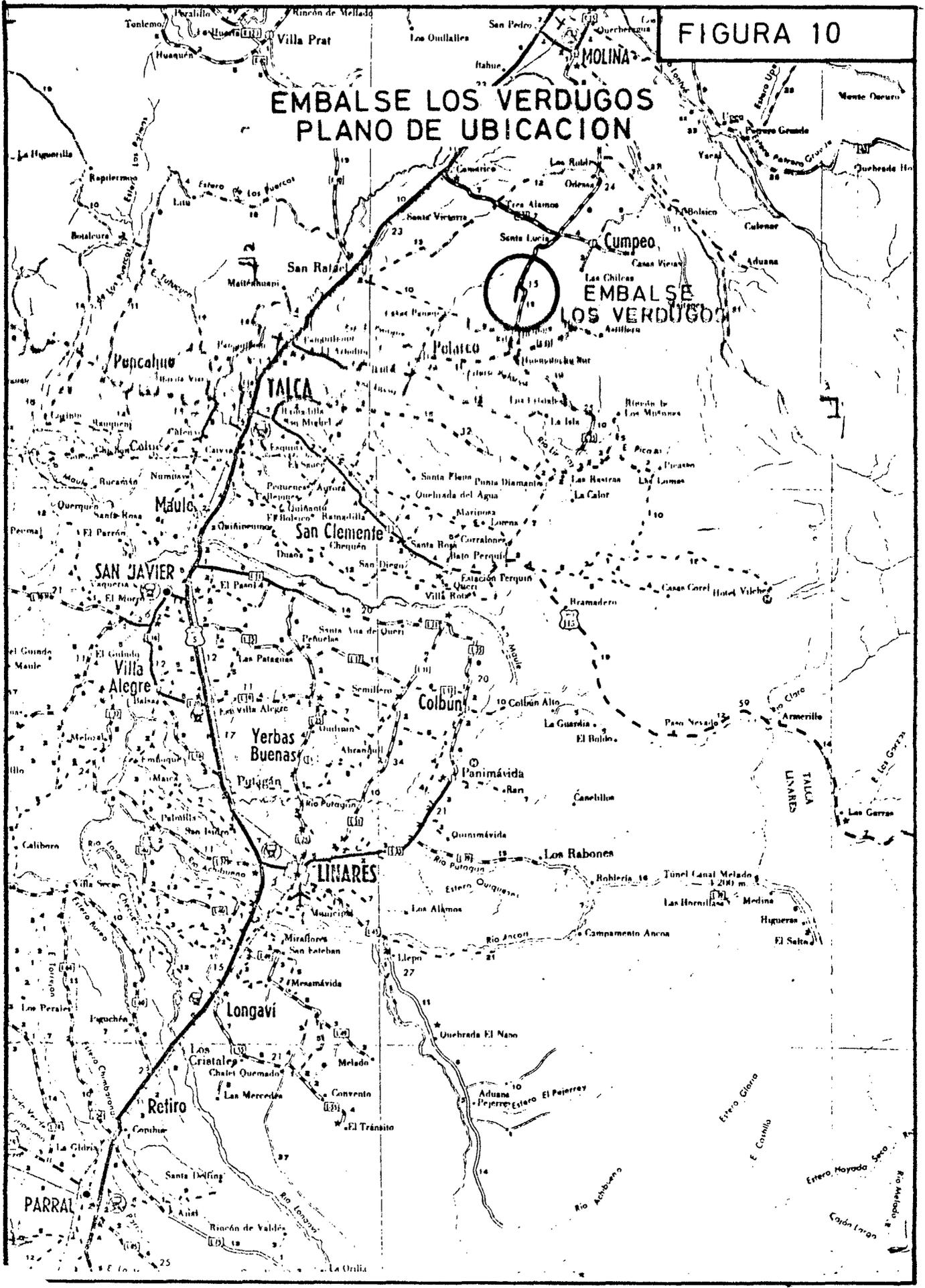
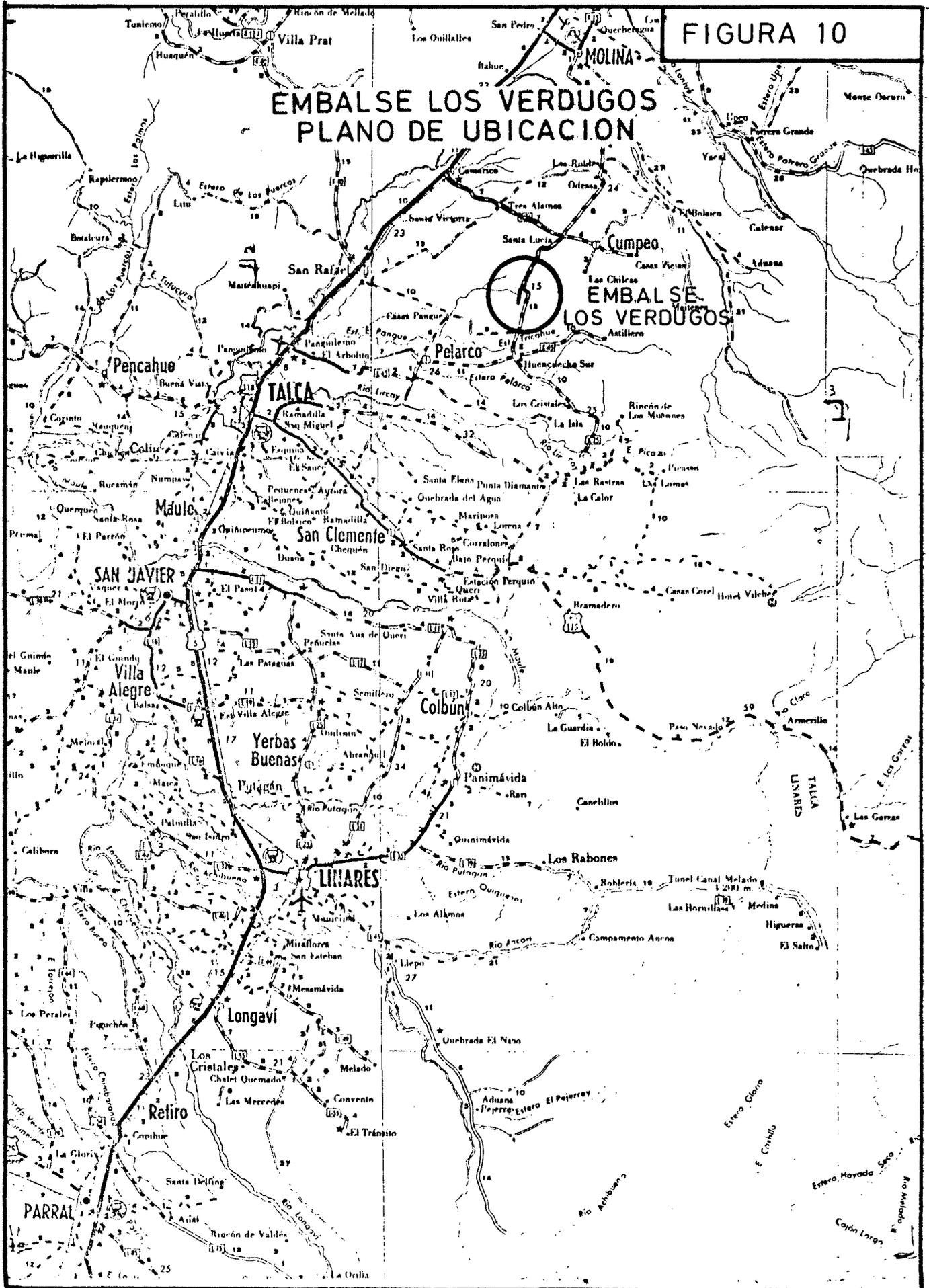


FIGURA 10

# EMBALSE LOS VERDUGOS PLANO DE UBICACION



El volumen afluente durante el período abril-septiembre de un año seco podría estimarse en unos 20 millones de m<sup>3</sup>.

#### D. Topografía

En esta zona del estero Las Chilcas se distinguen dos angosturas que se prestan para fundar una presa. La de aguas arriba es más angosta que la otra, pero tras ella se acumula también una menor cantidad de agua.

La angostura situada hacia aguas arriba tiene un ancho en la base de 200 m, una pendiente de sus laderas de 1,5:1 aproximadamente y un ancho de 250 m en su parte más alta. La diferencia de altura entre el estero y la planicie que limita el valle es de 18 m.

La otra angostura, situada 500 m hacia aguas abajo, tiene una menor extensión en la base, pero taludes mucho más acostados, por lo que el ancho a los 20 m de altura es de unos 350 m.

El plano de escala mayor que se posee de esta angostura es el a escala 1:50 000, denominado "Pelarco" del IGM, en el que no se distingue ningún detalle.

La forma de la angostura situada más hacia aguas arriba se puede ver en las Fotos N<sup>o</sup>s. 6, 7 y 8.

#### E. Geología

Los dos lugares alternativos de muro presentan la misma configuración geológica. En ambos casos se trata de zonas algo más angostas del pequeño y joven valle erodado por el estero Las Chilcas en los sedimentos cuaternarios antiguos que rellenan esta parte del valle central. Probablemente estos rellenos corresponden a un gran cono aluvial, producido por la acción conjunta de los ríos Lomá y Claro al salir de sus cajones cordilleros. En todo caso, se trata de la misma unidad geológica presente en la angostura "Panamericana" del río Claro. No obs-

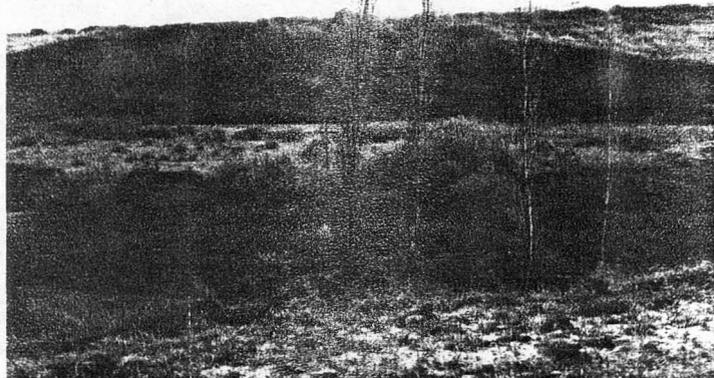


FOTO N° 6. Angostura de aguas arriba del  
estero Las Chilcas en Los Ver  
dugos. Lado derecho visto desde el izquierdo.



FOTO N° 7. Angostura de aguas arriba  
vista desde el lado de aguas  
abajo.



FOTO N° 8. Vista desde aguas abajo de la angostura superior del estero Las Chilcas en Los Verdugos. El terreno cultivado que aparece en primer plano corresponde al lado izquierdo de la angostura inferior.

tante, en el área del embalse Las Chilesas no se ha podido observar la constitución precisa de estos sedimentos, debido al gran desarrollo de los suelos cultivados y a la escasez de afloramientos.

De lo poco que pudo observarse en los afloramientos, se puede suponer que los faldeos del valle que servirían de empotramientos a la presa están formados por una especie de conglomerado indurificado, matriz de bolones, ripio y cantos angulosos incluídos en una matriz arenítica. El depósito presenta un aspecto compacto y macizo, todo lo cual hace pensar que probablemente se muy poco permeable.

Se estima que el suelo de cultivo agrícola se ha formado directamente de este conglomerado, o localmente, en las zonas más bajas de los depósitos arenosos que se han originado a partir del retrotransporte de estos mismos materiales por las aguas de lluvia.

El lecho del valle, o sea la parte plana que constituiría la base de la zona de fundación, está formada por un depósito sedimentario reciente, principalmente arena-limoso, con algunos bolones y ripio derivado del transporte y sedimentación fluvial del estero Las Chilesas. Este relleno, que alcanza un espesor comprendido posiblemente entre 10 y 15 m, es poco compacto, blando, permeable y se encuentra saturado de agua. Dentro de la planicie del estero ha dado origen a las vegas cultivadas - áreas que allí se observan.

El estudio geomorfológico que se muestra en la Figura II A muestra la posición relativa de estas unidades geológicas -

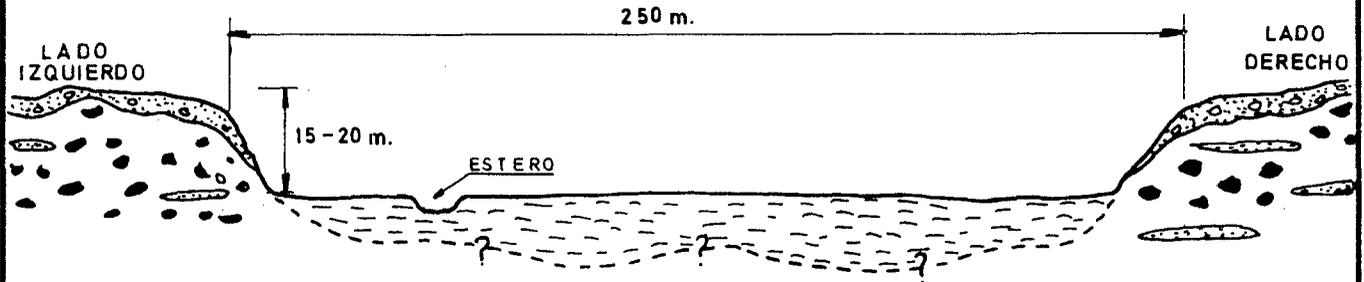
Los futuros estudios que pudiesen hacerse de estas angosturas debería poner especial énfasis en la determinación de la distribución y características del conglomerado que se presume formaría los apoyos de la presa y en fijar el espesor del relleno reciente dentro del valle.

# EMBALSE LOS VERDUGOS ESTERO LAS CHILCAS

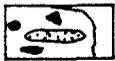
FIGURA 11

## CORTE ESQUEMATICO DE LA ANGOSTURA DE AGUAS ARRIBA

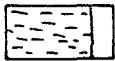
(A)



SUELOS SUELTOS CULTIVADOS: ARENA LIMOSA CON BOLONES Y ALGO DE GRAVA  
MATERIA SUELTO, PERMEABLE.



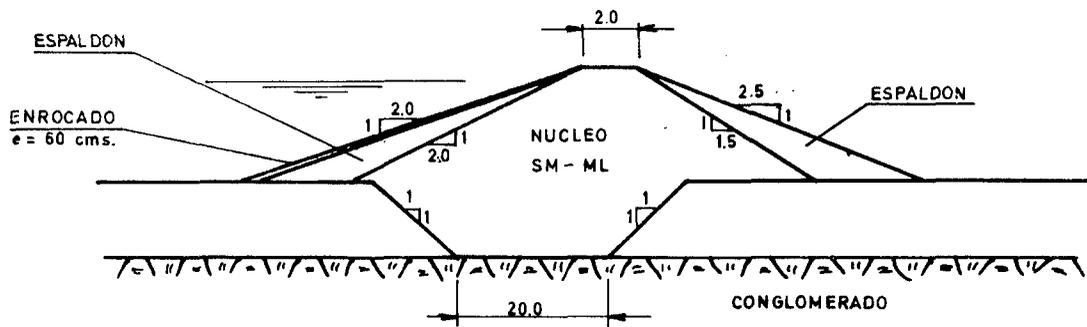
CUATERNARIO ANTIGUO CONGLOMERADO ENDURECIDO: BLOQUES DE ROCA EN MATRIZ CINERITICA  
MATERIAL COMPACTO, MASIVO, POCO PERMEABLE.



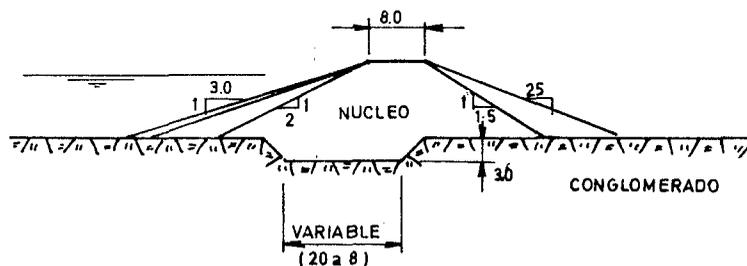
SEDIMENTOS FLUVIALES RECIENTES VEGAS CULTIVADAS: ARENA LIMOSA Y LENTES DE GRAVILLA. MATERIAL SUELTO, SATURADO DE AGUA QUE RELLENA EL VALLE. ESPESOR VARIABLE ESTIMADO ENTRE 10-15 m.

## PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA

(B)



( por empotramiento )



## F. Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico, las dos angosturas analizadas presentan características similares. Como se había dicho, el lecho del río se encuentra relleno con sedimentos de no más de 10 o 15 m. de espesor, compuestos de materiales granulares, entre los cuales abundan las arenas. Bajo este relleno debe aparecer el conglomerado cementado a que se ha hecho referencia anteriormente, y que es el que formaría los empetramientos de la presa. En este conglomerado aparecen suelos francamente limosos. Se estima que el depósito debe presentar una baja permeabilidad.

Los materiales permeables para la construcción de una presa podrían encontrarse en cantidades limitadas en el lecho del estero Las Chilesas, aunque éstos serían de regular calidad y quizás bastante heterogéneos.

Los únicos materiales impermeables cercanos serían los que pueden obtenerse de los depósitos estratificados y fuertemente cementados que abundan en la zona. Ellos entregarían suelos del tipo SM y ML que no presentan plasticidad.

Para fundar una presa en la angostura sería previo someterla a un tratamiento que tendría por objetivo posibilitar que el núcleo pudiese ponerse en contacto directo con los depósitos estratificados y cementados que yacen bajo el fluvial. Ello se conseguiría excavando una zanja de un ancho basal no inferior a 20 m. En los empetramientos esta zanja se continuaría con un ancho que disminuiría paulatinamente hasta alcanzar 8 m en el coronamiento. La zanja tendría que penetrar por lo menos unos 3 m en el conglomerado.

Las laderas del valle deberán tener pendientes inferiores a 45°. Si ellas fuesen mayores, tendrán que tenderse hasta alcanzar ese límite. Esta situación podría presentarse en la ladera izquierda de la angostura de más aguas abajo.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

Se ha elegido para este lugar el tipo "Zonado" de presa, con un núcleo central muy ancho y con dos pequeños espadines de gravas arcillosas limpias, que se extraerían del lecho del estero. Sus taludes son de 1:1 el de aguas arriba y de 2,5:1 el de aguas abajo. Los correspondientes valores del núcleo son de 2:1 y de 1,5:1 respectivamente. El ancho del coronamiento es de 8,0 m y su longitud de 220 m en la angostura de aguas arriba y de 350 m en la de aguas abajo. La altura es de 18 m en la de aguas arriba y de 20 m en la de aguas abajo, con lo cual se obtienen volúmenes de presa de 0,22 millones de  $m^3$  y de 0,23 millones de  $m^3$  respectivamente.

El vertedero se puede ubicar en cualquiera de los dos lados, aunque es preferible hacerlo en el lado izquierdo por que presenta un talud más suave. Su capacidad tendría que ser de unos 50 o 60  $m^3/s$ , por lo que sus dimensiones serían reducidas.

Como los caudales por desviar durante la construcción serían pequeños, podría evitarse la ejecución de obras especiales de desviación mediante la realización de la presa por partes.

### G.2 Embalse

De acuerdo a la carta 1:50 000 (Polarco), la superficie ocupada por el embalse es de 0,8  $km^2$  en la angostura de aguas abajo y de 0,6  $km^2$  en la de aguas arriba. A partir de estos valores se puede estimar en 7,5 y 4,4 millones de  $m^3$  los respectivos volúmenes embalsados.

Los terrenos inundados son de escaso valor agrícola, ya que se componen de vegas que se utilizan como potreros.

El embalse se llenaría incluso en los años secos, ya que su capacidad es inferior a los 20 millones de  $m^3$  que se estima tras el estero Las Chilcas durante el período abril-septiembre de un año 85% seco.

### G.3 Obras de entrega

Las aguas del embalse se descargarían directamente al estero Las Chilcas a través de válvulas comunicadas con el embalse a través de tubos de hormigón.

### H. Superficie por regar

La capacidad de riego del embalse Las Chilcas podría abarcar unas 500 há.

### I. Conclusiones

El embalse de la angostura de aguas abajo tiene una relación agua/muro de 33, mientras que en el de aguas arriba esta relación baja a 20. De aquí se concluye que la primera angostura es más favorable para el emplazamiento de la presa, ya que las demás condiciones geológicas y geotécnicas son similares.

Por su baja relación de agua/muro, el embalse sería poco atractivo. Sólo podría justificarse en caso de existir otras condiciones limitantes en la zona que pudiesen ser resueltas por este embalse.

### b.2.3 EMBALSE EL CONSUELO - Estero Las Chilcas

#### A. Ubicación

La angostura El Consuelo del estero Las Chilcas se sitúa en un lugar de coordenadas  $35^{\circ}18' S$  y  $71^{\circ}16' W$  y a 250 m sobre el nivel del mar. Este lugar coincide exactamente

con el cruce sobre el estero de la línea Charrúa-Alto Itahue de 220 kV. La ubicación de la angostura se muestra en la Figura 12.

### B. Accesos

Para llegar a la angostura se toma el camino de tierra que parte desde la carretera Panamericana en el pueblo de Camarico y que conduce a Cumpeo. Una vez recorridos los 17 km que separan a ambas localidades, debe continuarse por otros 3 km hacia el sur a lo largo de un camino que lleva directamente a la angostura. La distancia total desde la catrerra es de 20 km.

También es posible llegar al lugar partiendo desde Talca hacia Polarco y siguiendo desde aquí hacia el oriente primero y luego hacia el norte.

Los dos caminos descritos se ven en la Figura 12, donde se les muestra de manera que se destaquen con respecto a los demás.

### C. Hidrología

La extensión de la cuenca afluyente es de 78 km<sup>2</sup>. Aceptando un rendimiento específico de 25 l/s · km<sup>2</sup>, se llega a un caudal medio afluyente de 2 m<sup>3</sup>/s y a un volumen medio anual de 62 millones de m<sup>3</sup>. Durante el período abril-septiembre de un año 85% seco el volumen afluyente sería de unos 18 millones de m<sup>3</sup>.

### D. Topografía

El lugar estudiado se ubica inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los esteros Las Chilcas y La Cruz. El lado izquierdo está constituido por un cerro con laderas de suave pendiente, mientras que el derecho está formado por una meseta que se quiebra abruptamente hacia el cauce del estero.



El ancho basal del valle es de unos 150 m y la altura entre el lecho del estero y la meseta es de unos 10 m. El talud del lado izquierdo debe tener una pendiente similar a 10:1 y la del derecho de aproximadamente 1:1.

La configuración topográfica descrita se puede observar en las fotos N<sup>o</sup>s. 9 y 10 y en el corte transversal mostrado en la Figura 13 A.

El plano más detallado que se ha dispuesto de esta angostura es el de escala 1:50 000 del IGM.

### E. Geología

En esta zona el estero Las Chilcas excavó su lecho en los sedimentos terrazados del cuaternario postglacial pertenecientes a la misma unidad geológica en que se ubica la otra posibilidad de embalse (angostura Los Verdugos). Dichos sedimentos están constituidos por areniscas y por un conglomerado fino de color gris claro amarillento, muy compacto, bastante endurecido y seguramente impermeable, en el que se observan clastos angulosos de rocas volcánicas y pómez. Es posible que estos materiales correspondan a sedimentos torrenciales finos con algunos flujos de barro intercalados en su masa.

Cerca del lugar elegido como fundación de la presa hay varios cerros formados por las rocas estratificadas típicas de esta zona precordillerana. Estas rocas están constituidas principalmente por capas alternadas de lavas y brechas volcánicas. Uno de los cerros en referencia se encuentra inmediatamente al sur del lugar estudiado, por lo que, dependiendo de la altura que se le diere a la presa, podría llegar a constituir la parte superior del empotramiento izquierdo. Lo anteriormente descrito se puede observar en el corte transversal esquemático de la Figura 13 A.

La cuenca que contendría las aguas almacenadas se estima se situaría íntegramente en los mismos sedimentos terrazados que se encuentran en la zona de fundación de la presa.

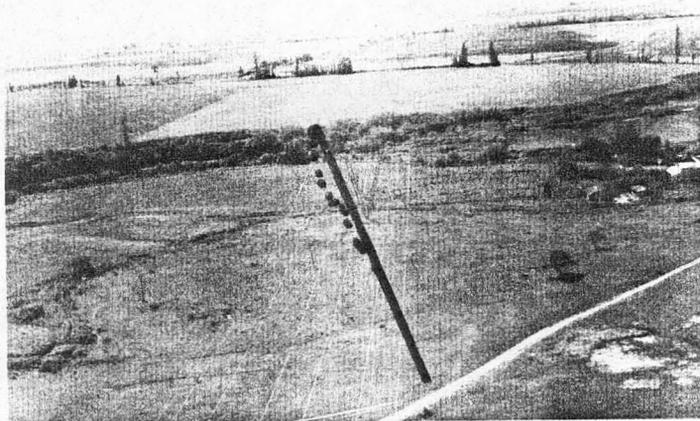


FOTO N° 9. Vista de la zona de emplazamiento de la presa del embalse El Consuelo en el estero Las Chilcas. Se observa el cruce de la línea 220 kV sobre el lugar.

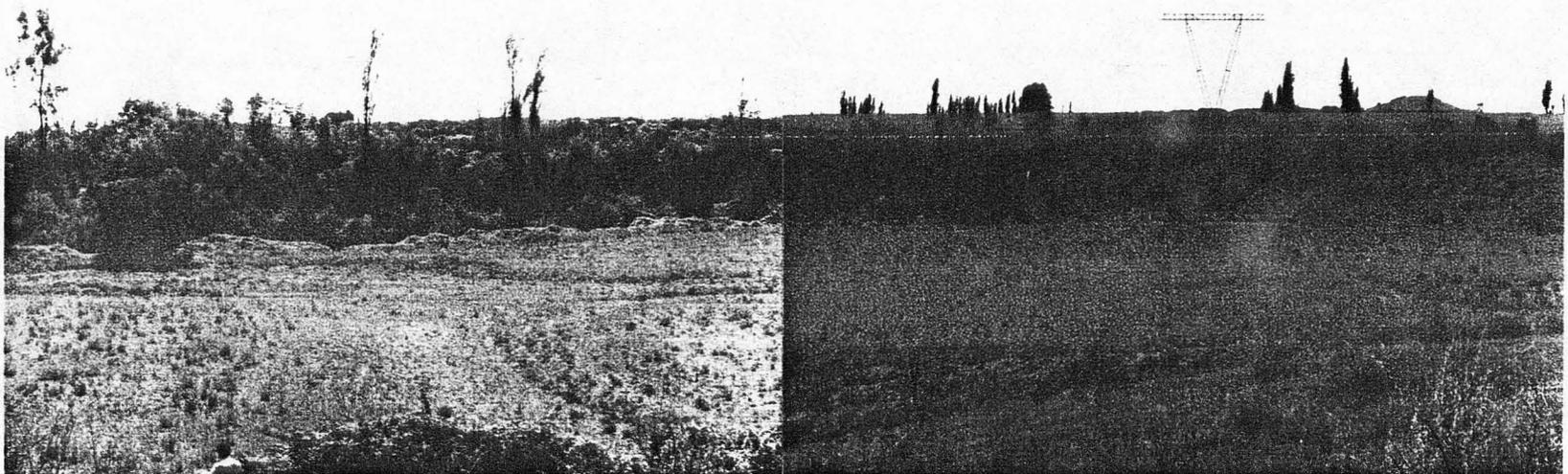


FOTO N° 10. Vista de la angostura El Consuelo desde el lado izquierdo y según la dirección aproximada del eje transversal de la presa.

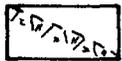
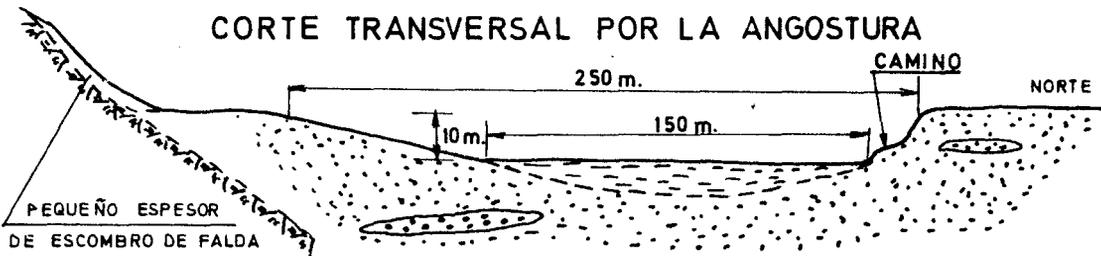
EMBALSE EL CONSUELO  
ESTERO LAS CHILCAS

(A)

SUR (LADO IZQUIERDO)

CORTE TRANSVERSAL POR LA ANGOSTURA

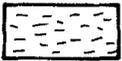
NORTE (LADO DERECHO)



BASAMENTE ROCOSO { FORMACION DE ROCAS ESTRATIFICADAS (TERCIARIA INF - CRETACICA SUPERIOR) (POSIBLES LAVAS Y BRECHAS VOLCANICAS.)



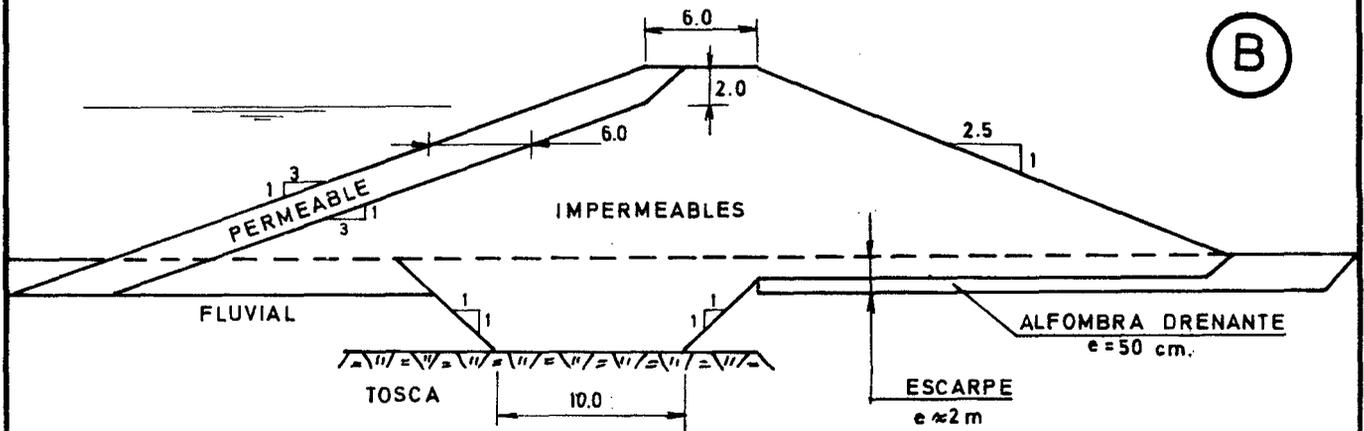
ARENISCAS Y CONGLOMERADO FINO CEMENTADO (TOSCA) { SEDIMENTOS ATERRAZADOS DEL CUATERNARIO POST GLACIAL (POSIBLES SEDIMENTOS TORRENCIALES CON INTERCALACIONES DE FLUJOS DE BARRO)



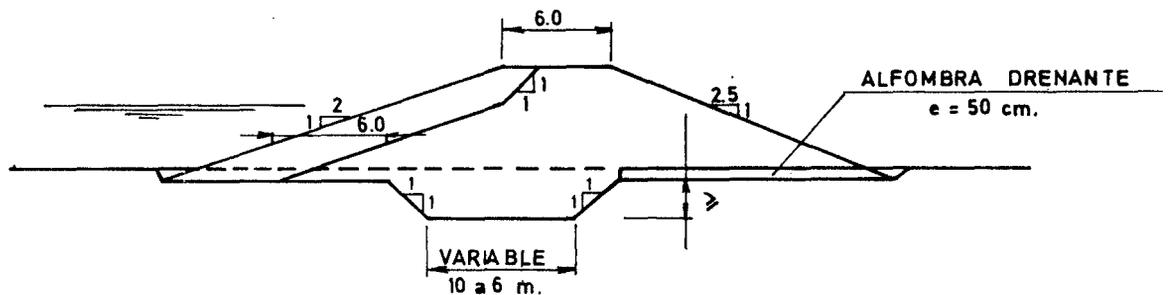
ARENAS Y GRAVAS FINAS NO CEMENTADAS { SEDIMENTOS FLUVIALES RECIENTES 5 A 10 m. DE PROFUNDIDAD

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA

(B)



CORTE POR EL EMPOTRAMIENTO



## F. Geotecnia

El lecho del estero contiene un espesor moderado de rellenos fluviales, con algo de gravas finas y arenas. Las laderas del valle excavado por el estero están formadas por el conglomerado que contiene limos, arenas limosas muy cementadas y flujos de barros.

Los materiales permeables para la construcción de una presa son muy escasos. Es posible que pudiesen encontrarse en cantidades reducidas en el lecho del estero, tanto aguas arriba como aguas abajo del lugar examinado.

Como materiales impermeables podrían usarse los limos y las arenas limosas cementadas que existen en abundancia en las cercanías del lugar de emplazamiento de la presa.

Previo a la erección de la presa la zona de fundación tendría que prepararse, haciendo escarpes mínimos en las zonas de empotramiento y retirando un espesor de unos 2 o más metros de la zona del lecho del río, hasta encontrar un terreno con suficiente capacidad de soporte. La parte central de la presa tendría que apoyarse sobre el conglomerado, por lo que en su base se deberá consultar la excavación de una zanja que alcance hasta ese material. La zanja deberá continuar hacia los empotramientos, pero con dimensiones más reducidas. Deberá cuidarse de tender, si es necesario, el lado derecho en la zona del empotramiento, de modo de dejarlo con un talud de 1:1 (H:V).

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

Debido a la escasez de materiales permeables la presa que mejor se adaptaría a esta circunstancia es la homogénea de tierra. La presa propuesta tendría la forma mostrada en el corte por el eje longitudinal de la Figura 13 B.

La altura máxima de la presa diseñada es de 10 m y está determinada por la cota de las terrazas del lado derecho. El ancho en el coronamiento es de 6 m y su longitud de unos 250 m, mientras que las pendientes de los taludes son de 3:1 en el lado de aguas arriba y de 2,5:1 en el lado de aguas abajo. El ancho basal se ha estimado en unos 150 m.

Con las dimensiones adoptadas, la presa tendría que tener un volumen cercano a 61 500 m<sup>3</sup>.

El vertedero convendría situarlo al lado izquierdo, donde la suave pendiente natural facilitaría su construcción. Su capacidad sería de unos 50 m<sup>3</sup>/s.

Debido a que el caudal del estero es pequeño, la desviación de las aguas durante la construcción no sería problemática. Además, las dimensiones de la angostura debería permitir afrontar la construcción de la presa por partes.

## G.2 Embalse

Según la carta 1:50 000, el área del embalse sería de 3,1 km<sup>2</sup>. Sin embargo, esa carta (Pelarco) muestra una diferencia de nivel de casi 25 m entre el fondo de la quebrada del estero y la terraza, en circunstancias que durante la visita al terreno se midió una altura de unos 10 m. Esto hace dudar de la precisión de los datos obtenidos de la carta a escala 1:50 000.

Si la superficie fuese del orden de la señalada, el volumen embalsable podría ser de 39,4 millones de m<sup>3</sup>, y la relación agua/muro de 650. Estos valores se dan con gran reserva y deben considerarse altamente dudosos, ya que pareciera existir un error importante en la representación del relieve de esta zona en el plano 1:50 000.

El volumen afluente durante la época de abril-septiembre de un año 85% seco es de 18 millones de m<sup>3</sup>, por lo que no alcanzaría para llenar el embalse. El resto podría entre-

garas a través del canal Maule Norte Alto, que cruza por la parte alta de la cuenca del estero Las Chilcas.

Los terrenos que se inundarían serían de poco valor agrícola.

### G.3 Obras de entrega

El embalse podría entregar las aguas para el riego de la zona bajo su influencia a través de un tubo que pasaría bajo la presa y que se apoyaría sobre el conglomerado a que se ha hecho mención en el párrafo E.

### H. Superficie por regar

Si el volumen de embalse fuese efectivamente de unos 39 millones de m<sup>3</sup>, las tierras regables mediante este embalse alcanzarían a unas 3 000 há.

### I. Conclusiones

Esta posibilidad de embalse se ve atractiva por su buena relación agua/mazo, por su capacidad de embalse y su ubicación favorable con respecto a los terrenos por regar. No obstante, es necesario comprobar la efectividad de los valores relacionados con el relieve del terreno (superficie inundada, volumen embalsable), ya que en el lugar se pudo comprobar la imprecisión de las cotas de la zona de la angostura señaladas en el plano a escala 1:50 000.

En caso de resultar de interés este embalse habría que pensar en ubicar la presa un poco aguas abajo del lugar analizado, para evitar las limitaciones constructivas que podría introducir la existencia de la línea de transmisión de 220 kV que cruza en este lugar.

#### b.2.4 EL ESPINO

##### A. Ubicación

La presa de este embalse se fundaría sobre el lecho de un afluente al estero Las Chilcas. Las coordenadas geográficas del lugar son : latitud  $35^{\circ}19'S$  y longitud  $71^{\circ}15' W$ . Esta ubicación se muestra en la Figura 14.

##### B. Accesos

El lugar se encuentra a unos 3 km al sureste de la angostura El Consuelo del estero Las Chilcas, de modo que los caminos de acceso son exactamente los mismos que los mencionados para esa angostura. El camino más apropiado probablemente sea el que parte de Camarico hacia Cumpeo y que de ahí sigue al sur, hasta el estero Las Chileas. Desde aquí hay que seguir una huella que conduce hasta la angostura El Espino. La distancia total desde Camarico hasta aquí es de unos 23 km.

El camino anterior se puede ver en la Figura 14.

##### C. Hidrología

La cuenca afluente al embalse es de  $6,2 \text{ km}^2$ . La precipitación media sobre esta superficie es algo superior a los 1 000 mm anuales, por lo que se estima que el rendimiento específico debe ser del orden de unos  $25 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ , y el caudal medio afluente de  $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ . El volumen medio afluente sería de 5 millones de  $\text{m}^3$  anuales, y el volumen escurrido en el período de abril-septiembre de un año 85% de 1,5 millones de  $\text{m}^3$  aproximadamente.

##### D. Topografía

El lugar elegido para el cierre de la cuenca muestra un relieve más bien irregular. El lado derecho está constituido por un cerro, mientras que el izquierdo está formado



por una meseta relativamente amplia, de pendiente suave, que termina al pie de unos cerros distantes unos 500 m del estero. El cauce de este último ocurre por una quebrada que está pegada al cerro de la derecha y que tiene algo más de 15 m de profundidad con respecto al nivel de la meseta. El ancho basal de la quebrada debe ser de unos 30 m.

El relieve de la angostura se observa parcialmente en la Foto N° 11, en que aparece el fondo de la quebrada y el cerro del lado derecho, y en la Foto N° 12, que corresponde a una vista de la quebrada desde la meseta.

Los planos más detallados que se poseen de este lugar son los a escala 1:50 000 del IGM.

### E. Geología

La geología del lugar muestra una complejidad que dificulta la interpretación de lo observado en el terreno. En el lado derecho del estero aflora la roca que muestra estratos de rumbo aproximadamente paralelo al eje del cauce y una inclinación de unos 40° hacia el este. Esta estratificación, compuesta de capas sucesivas de diferente dureza, sería la causa de la morfología escalonada que se ve en el lado este de la angostura.

En cambio, el lado izquierdo se caracteriza por su forma aterrazada. En él afloran areniscas compactas bastante cementadas.

En el lecho del estero y en la parte inferior de los taludes de su quebrada existen pequeños espesores de sedimentos fluviales recientes (arenas) y de escombros de falda (arena suelta derivada del "lavado de cerro" y bloques de roca).

Ligeramente aguas arriba de la zona de angostura se pueden observar en varios lugares del lecho del estero y cerca de la base de las laderas una brecha gruesa cementada, igual o más dura que el concreto, formada por clastos angulosos principalmente de rocas volcánicas modernas, que por sus características se estima corresponde a un lahar o flujo de barro volcánico bastante reciente (sustentario postglacial).

FOTO N° 11.

Vista del fondo de la  
quebrada El Espino.

El cerro del fondo co  
rrresponde al lado de-  
recho.

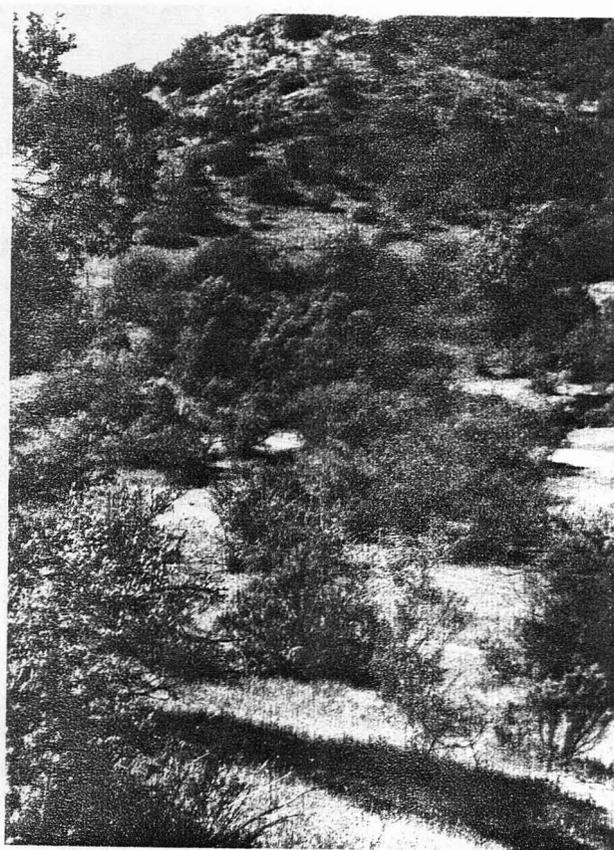


FOTO N° 12.

Vista del cerro que con-  
forma el lado derecho de  
la angostura desde la pla-  
nicie del lado izquierdo.



Sobre la base de estos antecedentes y lo observado en forma muy general en las zonas cercanas a la angostura (como ser los diferentes niveles terrazados que rodean los cerros de rocas y afloramientos rocosos en algunas quebradas vecinas), fue posible interpretar en forma muy tentativa la situación geológica de las diferentes unidades presentes en la zona de la presa. Esta situación se ilustra en el corte transversal A de la Figura 15. En él se observa una superficie irregular labrada en roca basal, sobre la cual se habrían depositado diferentes tipos de sedimentos cuaternarios. Entre éstos se encuentran el lahar, caracterizado por la brecha, y las areniscas cementadas del lado izquierdo de la angostura. Entre la superficie de la roca y estas unidades sedimentarias, como también dentro de la unidad descrita como arenisca cementada, podrían existir otros tipos de sedimentos, cuyas características se desconocen.

Todo esto destaca la complejidad geológica del lugar elegido para fundar la presa. Aunque pareciera que el sitio es apropiado para este objetivo. Será necesario en una etapa más avanzada del proyecto realizar exploraciones de subsuperficie y así llegar a determinar la ubicación relativa de la roca basal y las características del relleno sedimentario.

#### F. Geotecnia

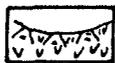
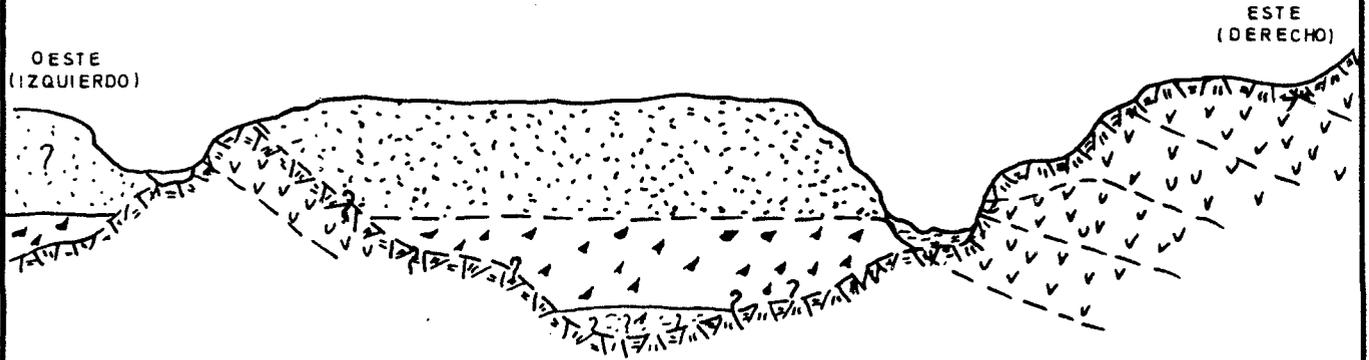
La presa quedaría fundada en roca y en suelos muy cementados (toscas). Se espera que el espesor de los escombros, materiales fluviales y suelos aluviales que se observan en el lecho del estero sea reducido.

En las cercanías del lugar elegido para fundar la presa no se encontraron materiales permeables, pero se espera que sea posible ubicar depósitos reducidos de éstos a algunos kilómetros de distancia. En cambio, materiales impermeables existen en abundancia, puesto que ellos pueden obtenerse a partir de las toscas.

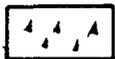
Previo a la construcción de la presa, tendría que tratarse la zona de fundación, retirando los escombros y los fluviales, de modo de dejar expuesto solamente la roca y los materiales consolidados.

EMBALSE EL ESPINO  
ESTERO EL ESPINO  
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR LA ANGOSTURA

(A)



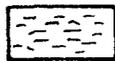
ROCA BASAL : FORMACION ESTRATIFICADA DE LAVAS Y BRECHAS. SIGNOS INTERROGATIVOS DONDE SU UBICACION ES SOLAMENTE TENTATIVA.



LAHAR : FLUJO DE BARRO VOLCANICO, TOTALMENTE CEMENTADO, DUREZA  $\geq$  QUE CONCRETO



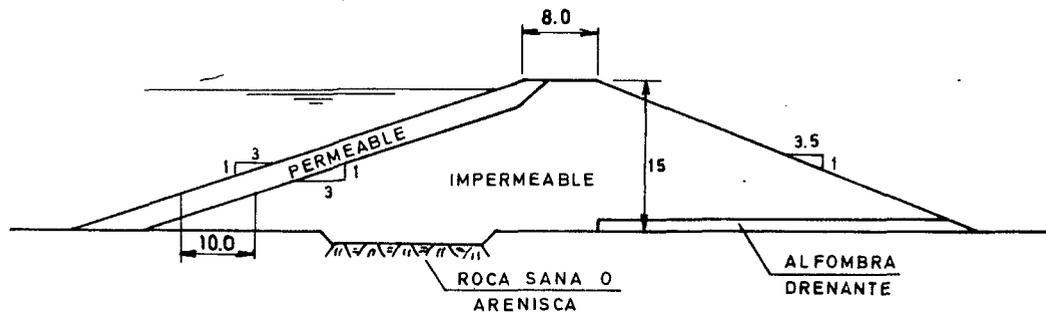
SEDIMENTOS ATERRAZADOS, PRINCIPALMENTE ARENISCAS COMPACTAS, DE MODERADA A BAJA PERMEABILIDAD (TOSCAS)



FLUVIALES RECIENTES Y ESCOMBRO DE FALDA (ARENAS Y BLOQUES DE ROCA, POCO CEMENTAS, PERMEABLES) SU ESPESOR ES MENOR QUE 5 m.

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(B)



## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

Débito a la escasez de materiales permeables en la zona, se ha decidido adoptar para este lugar una presa homogénea de 15 m de altura, con una capa de sólo 10 m de espesor de permeables colocada en su cara de aguas arriba. En la base del espaldón de aguas abajo iría una alfombra drenante. Los taludes de aguas arriba y aguas abajo tendrían pendientes de 3:1 y 2,5:1. El coronamiento tendría un ancho de 8 m y su largo al canzaría a unos 350 m. Con estas dimensiones se estima que la presa tendría un volumen de unos 300 000 m<sup>3</sup>.

La ubicación más conveniente para el verdadero pareciera ser el lado izquierdo por su suave pendiente. En la reca del derecho se excavaría el túnel de desviación, que sería de dimensiones mínimas y podría servir posteriormente para alojar las obras de entrega.

### G.2 Embalse

Según a la carta 1:50 000 (Pelarco), este embalse ocuparía una superficie de 0,8 km<sup>2</sup>. Calculando a partir de esa cifra el volumen acumulado en la cuenca inundada, se obtiene un valor de unos 10 millones de m<sup>3</sup>.

Como el volumen afluente aportado por el este ro es totalmente insuficiente para llenar el embalse, tendrían que realizarse los aportes necesarios desde el canal Maule Norte Alto, que pasa por la parte alta de la cuenca. Este último tendría que entregar unos 25 millones de m<sup>3</sup> durante la temporada de llenado de un año 85%.

Los terrenos inundados se estima que carecen de valor agrícola.

### G.3 Obras de entrega

Las aguas del embalse se descargarían a través de válvulas instaladas en el interior del mismo túnel que se usaría para desviar las aguas durante la construcción.

### H. Superficie por regar

La superficie regable con el volumen embalsado sería de unas 770  $km^2$ . Estas tierras tendrían que encontrarse en las cercanías del estero Las Chilcas.

### I. Conclusiones

La relación agua/muro de este embalse sería algo superior a 30, por lo que no parecería ser económico. Esto, sumado a la complejidad geológica de la angostura, hace recomendable su eliminación de entre las posibilidades de embalse que se ven interesantes.

#### b.2.5 EMBALSE EL GRINGO - Estero Las Chilcas

Por su pequeña capacidad (3,5 millones de  $m^3$ ), no se estimó necesario realizar en este caso una investigación de talada del lugar, observándose el lugar de implantación de la presa desde el aire solamente.

##### A. Ubicación

El sitio seleccionado para la presa se sitúa en la zona de nacimiento del estero Las Chilcas, a la cota 300 m, y tiene coordenadas geográficas  $35^{\circ}18'$  S de latitud y  $71^{\circ}14'$  W de longitud. Este lugar se muestra en el plano de ubicación de la Figura 16.

##### B. Accesos

A este lugar se puede llegar siguiendo el camino de tierra marcado en la Figura 16, que va de Camarico



(junto a la carretera Panamericana) a Cumpeo, y continuando luego por su prolongación más allá de este pueblo en dirección este hasta el lugar denominado Casas Viejas. Desde aquí se sigue una huella hacia el sur que conduce hasta las cercanías de la zona angosta.

En total, desde Camarico hasta el lugar de posible ubicación de la presa, hay que recorrer 23 km por caminos de tierra.

### C. Hidrología

La extensión de la cuenca afluyente al lugar en estudio es de unos 25,5 km<sup>2</sup>. Esta cuenca, con el rendimiento específico medio supuesto de 25 l/s·km<sup>2</sup>, produce un caudal de unos 0,6 m<sup>3</sup>/s y un volumen medio anual afluyente de 20 millones de m<sup>3</sup>. El afluyente en el período abril-septiembre de un año 85% seco se espera que sea del orden de 6 millones de m<sup>3</sup>.

### D. Topografía

En el lugar en que se implantaría la presa el valle reduce su ancho a unos 300 m. Desde el fondo de la quebrada hasta la cota de la meseta en la cual el estero ha labrado su lecho existe un desnivel de unos 6 m, de modo que la altura máxima de una presa construída en este lugar sería igual al citado valor.

La zona descrita se observa en las Fotos N°s 13 y 14, en una vista aérea lateral y desde aguas arriba respectivamente. En la Foto N° 15 se ve la superficie que inundaría el embalse.

El plano más detallado de que se dispone en la actualidad de esta región es el de escala 1:50 000 del IERM.



FOTO N° 13. Vista aérea de la zona de  
emplazamiento de la presa  
Al centro se observa el cauce del estero  
Las Chilcas.



FOTO N° 14. Vista aérea de la angostura  
El Gringo en el estero Las  
Chilcas.



FOTO N° 15. Zona inundación correspondiente  
a la posibilidad de embalse El  
Gringo del estero Las Chilcas.

### E. Geología

En este lugar el estero Las Chilcas excavó su lecho en los mismos sedimentos aterrazados del cuaternario post-glacial que conforman los otros lugares de embalse de este estero. Es probable que estos sedimentos también aquí correspondan a areniscas compactadas, duras (tipo tosca) e impermeables. Se espera que el espesor de fluviales recientes en la zona del lecho sea inferior a 5 m. Estos fluviales estarían constituidos por arenas limosas y gravillas saturadas, poco compactadas.

Con el objeto de visualizar lo descrito, se ha incluido en la Figura 17 A un corte transversal por el valle, en que se muestran sus dimensiones aproximadas y los posibles materiales que la constituyen.

### F. Gesteo

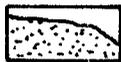
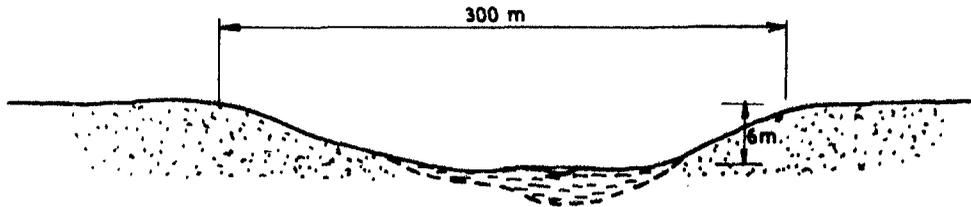
Conforme a lo explicado en el acápite anterior los materiales que conforman las laderas de la quebrada son limos arenosos y arenas limosas muy cementadas y compactas, mientras que en el lecho existe un espesor moderado de gravas y otros materiales fluviales. Estos últimos podrían emplearse como materiales permeables en la construcción de la presa. Como impermeables pueden utilizarse los limos y limos arenosos contenidos en abundantes cantidades en la tosca.

Para fundar una presa en la angostura habría que retirar el material del lecho del estero hasta alcanzar un fluvial compacto (aproximadamente 1 m de espesor) y excavar una ranja que alcanzase hasta el material cementado subyacente (tosca), a fin de posibilitar que el impermeable de la presa se apoye directamente sobre él.

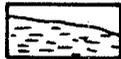
EMBALSE EL GRINGO

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ZONA  
IMPLANTACION DE LA PRESA

(A)



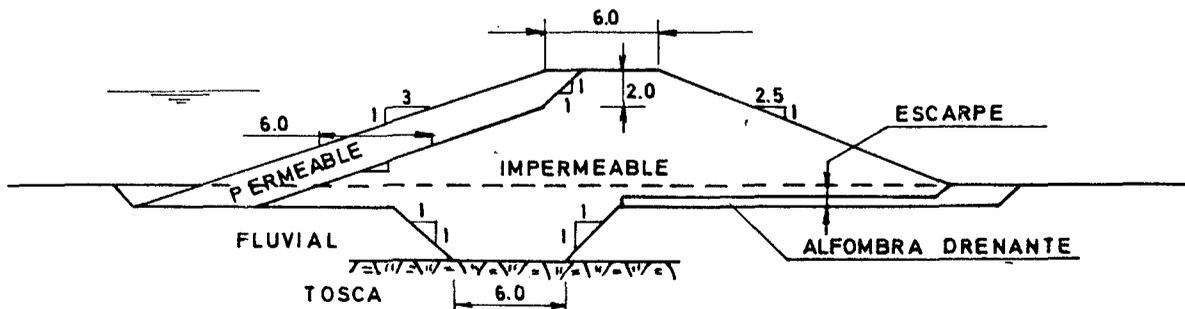
SEDIMENTOS ATERRAZADOS DEL CUATERNARIO POST GLACIAL  
(POSIBLES ARENISCAS COMPACTAS)



SEDIMENTOS FLUVIALES RECIENTES (POSIBLES ARENAS LIMOSAS  
Y LENTES DE GRAVILLA NO CONSOLIDADA)

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(B)



## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

Esta obra sería de tierra, de tipo homogéneo, con un mínimo de materiales permeables, ya que éstos son escasos.

Sus dimensiones serían de 6 m de altura, 300 m de largo y 6.0 m de ancho en el coronamiento, con taludes de 3:1 en el lado de aguas arriba y de 2,5:1 en el de aguas abajo, como puede observarse en el corte por el eje longitudinal que se muestra en la Figura 17 B.

Con las dimensiones señaladas se espera que el volumen de la presa sea de unos 40 000 m<sup>3</sup>.

El vertedero, que sería de reducido tamaño, convendría ubicarlo en el lado izquierdo de la quebrada. La desviación de las aguas durante la construcción no requeriría de obras de magnitud, dado el reducido caudal del estero. Probablemente lo más conveniente en este sentido sería construir la presa por partes.

### G.2 Embalse

Según el plano de escala 1:50 000, la superficie de inundación del embalse El Gringo es de 1,1 km<sup>2</sup>. El volumen que podría embalsarse en esta extensión es de unos 3,4 millones de m<sup>3</sup>, pero se dejarían bajo agua terrenos cultivables de relativamente buena calidad, como puede observarse en la Foto N° 15, que muestra la cuenca por inundar.

El volumen afluente durante el invierno, incluso en años secos, es más que suficiente para llenar el embalse,

de modo que no se necesitaría del posible apoyo del canal Maule Norte Alto que pasa por la cabecera de la zona inundada.

#### H. Superficie regable

Con la construcción de este embalse se podrían integrar al riego unas 269 há. vecinas al estero Las Chilcas.

#### I. Conclusiones

Por su pequeño volumen, este embalse presenta poco interés, a pesar de su buena relación agua/muro, que sería del orden de 85. Como el embalse inundaría terrenos agrícolas y regados por el canal Maule Norte Alto y por otra parte el estero Las Chilcas pueda ser embalsado en otros lugares situados hacia aguas abajo que no tienen los inconvenientes de El Gringo, parecería recomendable no continuar con el estudio de esta posibilidad.

### b.3 RIO LIRCAY

La magnitud de los recursos hidrológicos de este río son de suficiente importancia como para incluirlo entre aquellos que tienen incidencia en la planificación global del uso de las aguas de la hoya del río Maule.

Dentro de su cuenca alta se examinaron tres posibilidades de embalse, una de las cuales se ubica en el curso principal del Lircay y dos en el río Picazo, que es su principal afluente de la zona cordillerana. A continuación se describirá primero la del curso principal, que se ha denominado Panguillemo, para seguir después con las dos restantes del río Picazo.

#### b.3.1 EMBALSE PANGUILLEMO

##### A. Ubicación

La angostura donde se implantaría la presa se ubica en el lugar en que el río Lircay abandona su curso cordillero para penetrar en el valle Central. Al lado derecho de la angostura se encuentra el cerro Panguillemo, que es el que ha dado el nombre a este sitio de presa. Las coordenadas geográficas del lugar son de  $35^{\circ}30'$  S de latitud y  $71^{\circ}17'$  W de longitud, en tanto que su altura sobre el nivel del mar es de 225 m. Dicha localización se muestra en el mapa de la Figura 18.

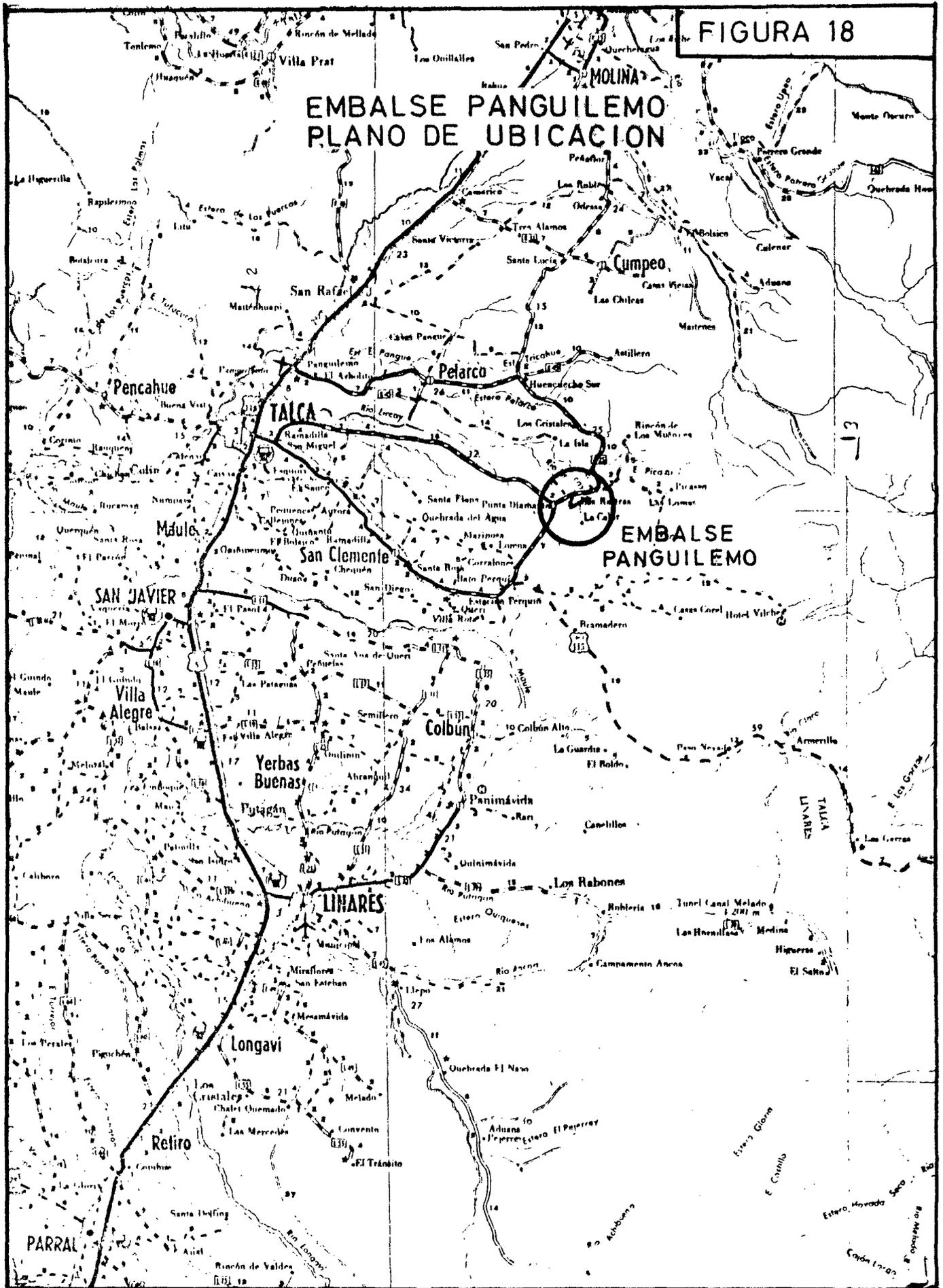
##### B. Accesos

El camino más directo para llegar al lugar es el que va de Talca a El Diamante y continua hacia el noreste hasta cruzar el Lircay. Después de atravesar sobre el puente, se sigue un camino que va hacia el sur, que corre paralelo al canal Maule Bajo y que conduce hasta la angostura. La distancia desde Talca por el camino descrito es de unos 40 km.

Alternativamente, se pueden usar los caminos que van de Talca a Pelarco y de Talca a San Clemente. Esta

FIGURA 18

# EMBALSE PANGUILEMO PLANO DE UBICACION



último, aunque más largo, podría ser ventajoso de utilizar, ya que en gran parte se encuentra pavimentado. Desde San Clemente se sigue hasta Bajos de Parquín, donde se toma el camino que va hacia el noroeste y que llega a El Diamante.

Los tres caminos mencionados anteriormente se muestran en la Figura 18.

### C. Hidrología

La cuenca del Lircay comprendida aguas arriba de la angostura de Panguilmo tiene una extensión de  $364 \text{ km}^2$  y conforme a la estadística registrada en la estación fluviométrica de Lircay en Puente Las Rastras el caudal promedio anual es de  $12,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . En un año 85% veces este valor se reduce a  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . El volumen que en estas circunstancias ocurre en el período comprendido entre abril y septiembre es de unos 190 millones de  $\text{m}^3$ .

### D. Topografía

El plano con mayor detalle que existe de la zona es el a escala 1:50 000 del IGM, que no permite discernir el detalle requerido. Por ello, los valores que se citan a continuación son los estimados durante la visita del terreno.

El cauce del río en este lugar ocupa un ancho de 50 m. A unos 6 m de altura sobre el lecho del río existe en el lado derecho una terraza de otros 50 m de ancho, por lo que podría decirse que la angostura tiene un ancho de 100 m en su base.

El lado izquierdo de la angostura está formado por el cerro Panguilmo, cuya ladera muestra una pendiente cercana a 1:1 (H:V). El derecho tiene una pendiente de 1,5:1 entre la terraza ubicada junto al lecho y el canal Maule Norte Bajo, que pasa aquí a unos 35 m sobre el río. A partir de la cota del canal, la pendiente va disminuyendo a medida que se sube, hasta alcanzar una meseta horizontal localizada a unos 50 m sobre el río.

La angostura descrita se puede observar en la Foto N° 16, que muestra una vista aérea desde aguas abajo. En las fotos N°s 17, 18 y 19 se muestran respectivamente la ladera derecha en que se ubica un rápido de descarga del canal Maule Norte Bajo, la margen derecha con la terraza inferior y la ladera izquierda en el sector del posible eje transversal de la presa.

Las dimensiones de la angostura se pueden apreciar en la planta esquemática y en el corte transversal que se muestran en la Figura 19.

Aguas arriba de la angostura de Fanguilemo el río Lircay ha excavado su valle en los mismos sedimentos fluviales que conforman la amplia meseta del lado izquierdo que alcanza a verse en la Foto N° 16. En consecuencia, la cuenca que contendría las aguas embalsadas estaría constituida por dichos materiales.

### E. Geología

La angostura en que se erigiría la presa de este embalse ha sido excavada por el río Lircay en una cadena de cerros que se encuentra semicubierta por los materiales fluvio-glaciales acarreados por éste. Dichos cerros, al igual que todos los de la zona precordillerana, están formados por una secuencia estratificada de rocas volcánicas y sedimentarias continentales, de edad terciaria inferior o cretácica superior.

En el lado izquierdo de la angostura afloran rocas volcánicas andesíticas de color gris oscuro que se encuentran bastante fracturadas, pero con muy pocos signos de alteración. La roca posee una resistencia adecuada, de modo que no ofrecería problemas para la ejecución de las obras de desviación. Sin embargo, podría requerirse de un grouting profundo para evitar filtraciones. En cambio, en el lado derecho la situación es más compleja. Sobre la cota del camino de acceso al lugar hay afloramientos dispersos de rocas volcánicas muy alteradas. Entre el camino y el río hay una zona plana de depósitos glacioflu-

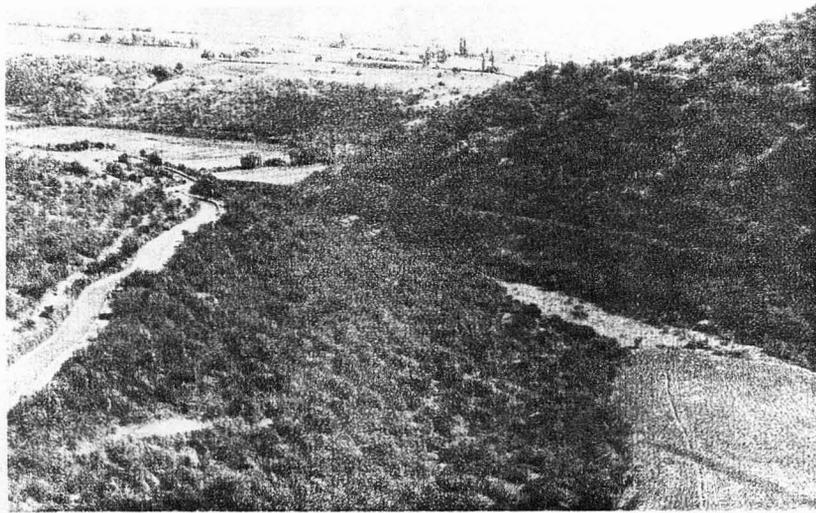


FOTO N° 16. Vista aérea desde aguas abajo de la angostura de Panguilemo. Junto al lecho del río se observa la terraza inferior.

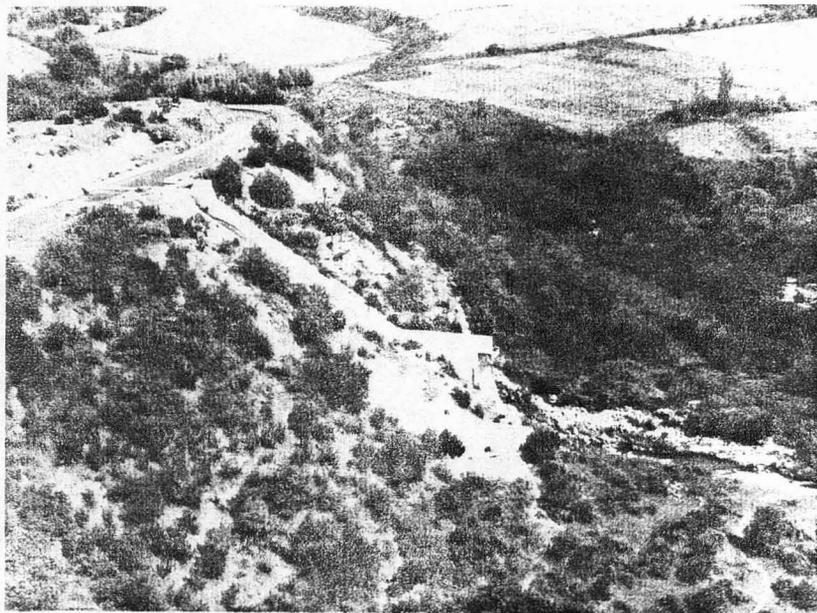


Foto N° 17. Vista desde aguas abajo, del lado derecho de la angostura. Se ve el canal Maule Norte Bajo y su rápido de descarga.

FOTO N° 18. Rápido de  
descarga  
del canal Maule Norte Ba  
jo. Se observa el río,  
que escurre aquí práctica  
mente sobre la roca, y la  
terraza inferior del lado  
derecho.

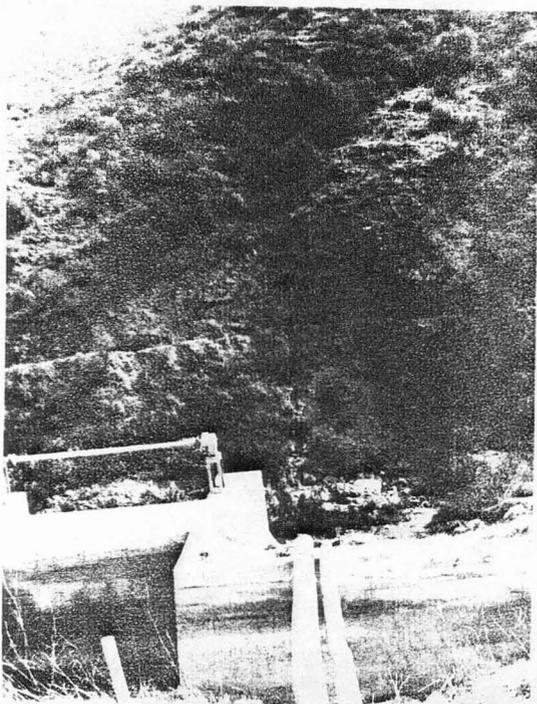
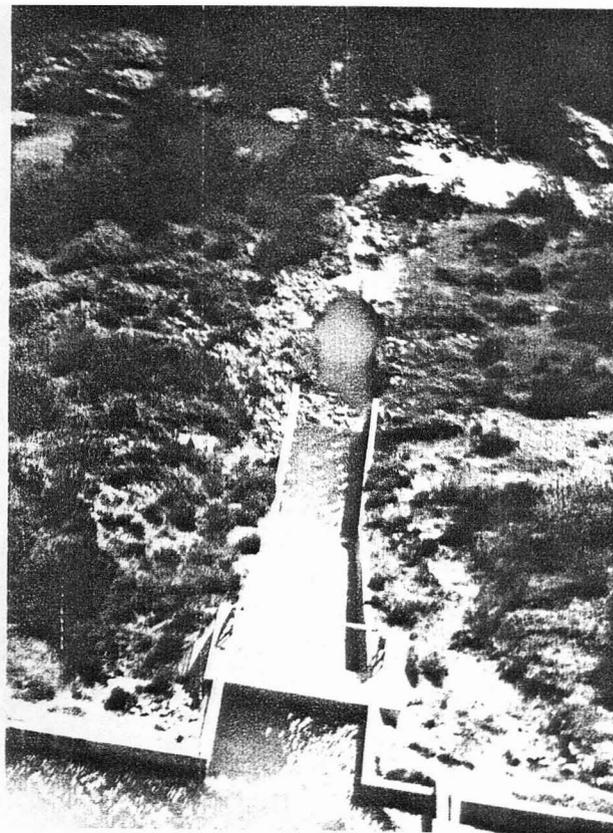
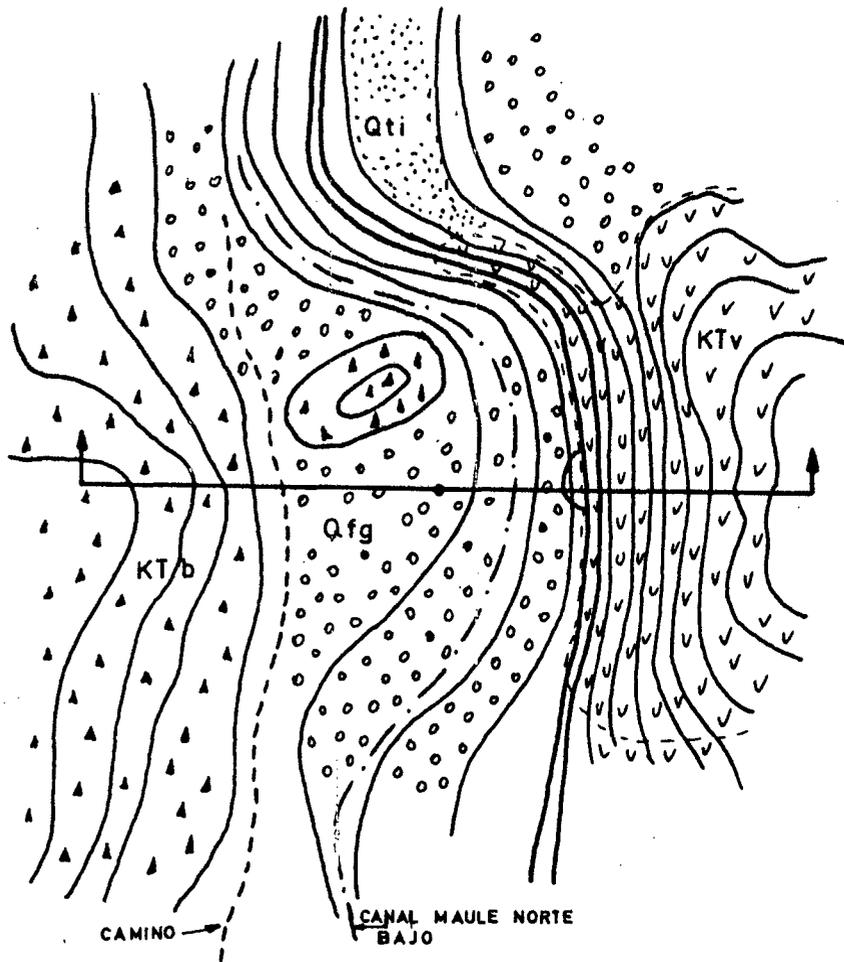


FOTO N° 19. Lado izquierdo  
de la angostura  
visto desde la cota del canal  
Maule Norte Bajo, en el sector  
del posible eje transversal de  
la presa.

EMBALSE PANGUILEMO-RIO LIRCAY  
 PLANTA ESQUEMATICA CON LA GEOLOGIA  
 DE SUPERFICIE

(A)

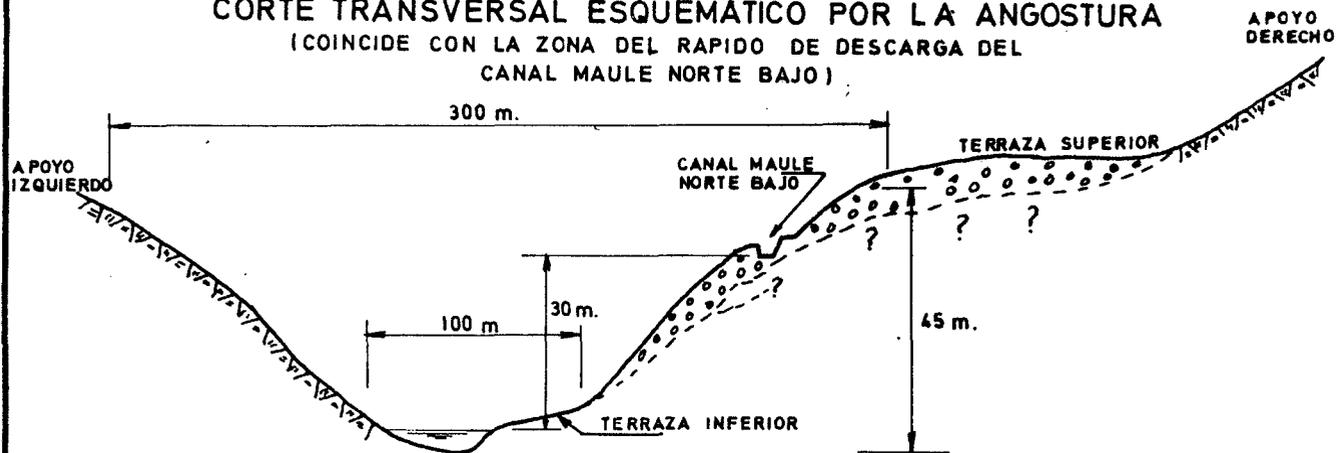


- Qti TERRAZA FLUVIAL MAS BAJA (INFERIOR)
- Qfg SEDIMENTOS FLUVIOGLACIALES
- KTb } BASAMENTO ROCOSO DEL CRETACICO SUPERIOR O TERCARIO INFERIOR
- Ktv }

KTb = BRECHAS Y TOBAS MUY ALTERADAS EN SUS AFLORAMIENTOS (ARCILLIZADAS)  
 Ktv = LAVAS ANDESITICAS SIN ALTERACION PERO MUY FRACTURADAS

(B)

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA  
 (COINCIDE CON LA ZONA DEL RAPIDO DE DESCARGA DEL  
 CANAL MAULE NORTE BAJO)



visos alterados, que sin lugar a duda cubren una morfología de arenita labrada sobre estas rocas.

Algo aguas arriba de la zona mostrada en el corte de la Figura 19 B el camino pasa por un parterralo de roca aparentemente alterada, que parece corresponder a una puntilla rocosa remembrada por los sedimentos fluvio-glaciales.

Sobre la base de lo observado a la orilla del canal, como también aguas arriba de la angostura, se dedujo la interpretación geológica mostrada en la Figura 19 A. Esta se ve corroborada por los afloramientos rocosos en el lecho del río que se extienden hacia aguas arriba de la angostura, siguiendo la dirección de la puntilla y por los afloramientos de lava expuestos bajo las fundaciones de la cuchara del rápido de descarga.

Según esta interpretación, la roca en el lado derecho se encontraría a poca profundidad debajo de una cubierta relativamente delgada de depósitos sedimentarios alterados del cuaternario. No obstante, subsisten las dudas referentes a la profundidad a que se encontraría la roca y a la permeabilidad de la cubierta sedimentaria del lado derecho.

En definitiva, se estima que en esta etapa preliminar de estudio se puede considerar como factible la construcción de una presa en la angostura en referencia, aunque dicha construcción se entienda está sujeta a comprobación a través de la ejecución de los estudios geológicos necesarios.

## F. Geología

La fundación de la presa estaría constituida por roca en el lado izquierdo y en el lecho del río. En el lado derecho también se espera encontrar roca bajo la cubierta de escombros y de fluviales gruesos, aunque podría aparecer bastante alterada.

Los materiales permeables para la presa se encuentran en abundancia en el lecho del río y en las terrazas que lo marginan. En la referente a las impermeables, aunque no han

side detectados en cantidades apreciables, se espera que existan depósitos del tamaño requerido a distancias moderadas de la angostura.

Antes de construir la presa, tendría que eliminarse totalmente los sedimentos que cubren a la roca. En la zona del núcleo habría que realizar un escarpe hasta alcanzar la roca sana y después efectuar inyecciones monolineales de 25 m de profundidad con carácter exploratorio, a fin de crear una cortina impermeable en todo el perímetro de la angostura.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El muro propuesto sería del tipo por zonas, con un núcleo central angosto y espaldones amplios de materiales permeables. Sus taludes tendrían pendientes de 2,5:1 en el lado de aguas arriba y de 2:1 en el de aguas abajo. Las caras del núcleo tendrían pendientes de 2:7 (H:V) y las del contacto entre permeables y semipermeables de 1:2. En el coronamiento su ancho sería de 8 m y su longitud de unos 180 m aproximadamente.

La altura de la presa se encuentra limitada por la ubicación del canal Maule Bajo, ya que éste no podría inundarse. Como dicha obra se encuentra a unos 30 m sobre el lecho del río, la presa podría alcanzar sólo hasta esa altura.

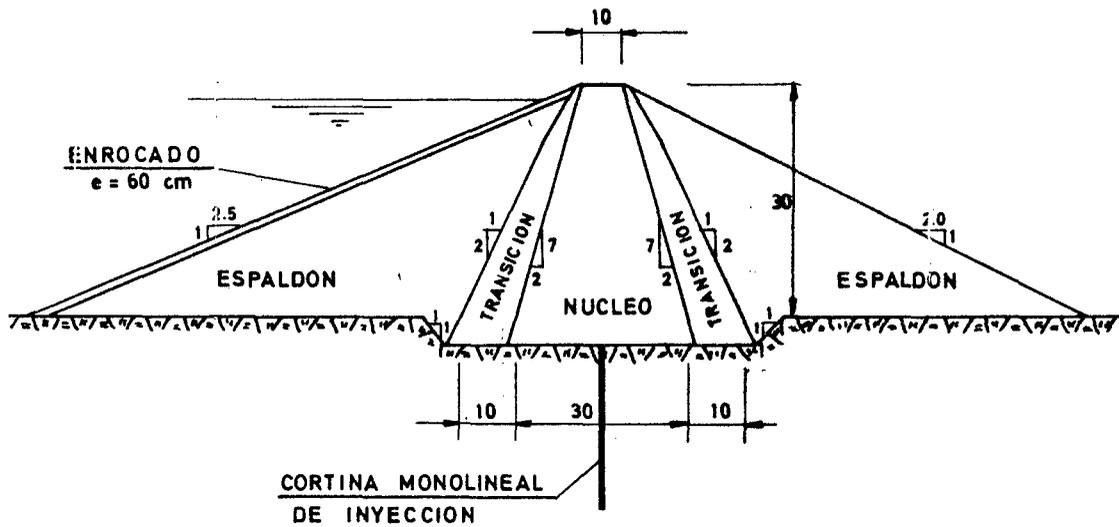
En la Figura 20, se muestra un corte por el eje longitudinal de la presa que permita ver la forma descrita.

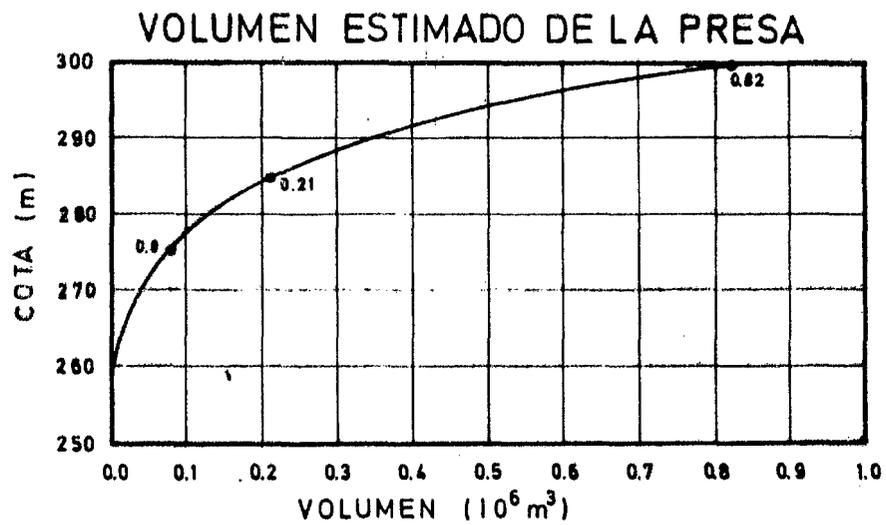
Un muro de las dimensiones expuestas se estima podría tener un volumen de aproximadamente 210 000 m<sup>3</sup>.

La variación del volumen estimado de la presa con la altura se muestra en el gráfico A de la Figura 21.

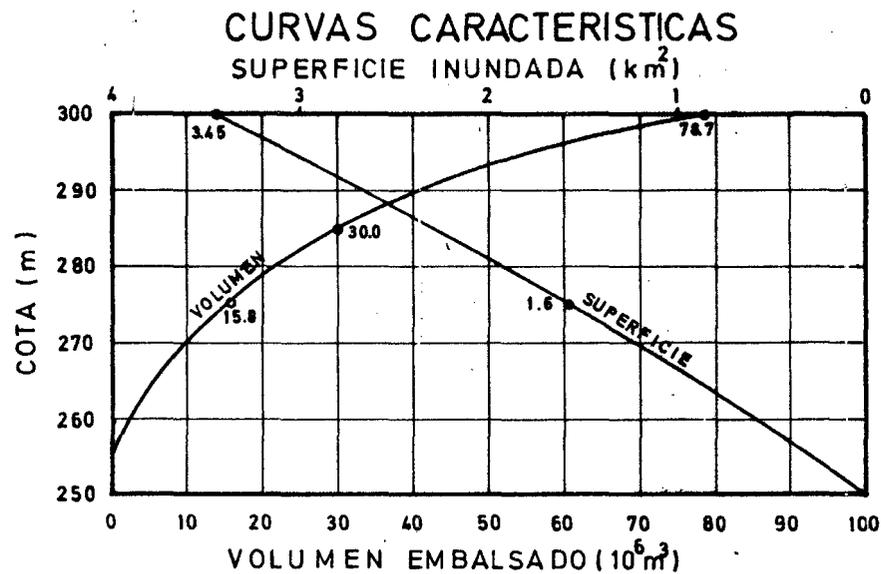
El vertedero sería recomendable ubicarlo en el lado derecho, el cual, por ser más tendido que el izquierdo,

EMBALSE PANGUILEMO  
PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA PROPUESTA

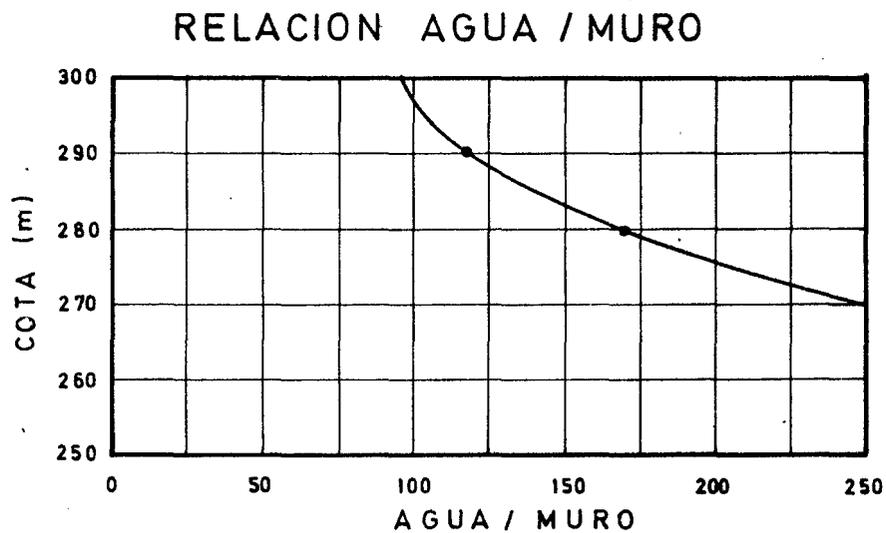




(A)



(B)



(C)

permitiría reducir al mínimo las excavaciones relacionadas con esta obra. Su capacidad tendría que ser de unos  $350 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El túnel de desviación durante la construcción se excavaría en la ladera izquierda y con posterioridad a la finalización de la presa podría utilizarse para alojar en él las válvulas de entrega.

## G.2 Embalse

Las características de superficie inundada y volumen embalsado en función de la altura derivadas del plano 1:50 000 se muestran en el gráfico B de la Figura 21. Como puede observarse, con 30 m de altura de aguas en el embalse se inunda una superficie de  $2,6 \text{ km}^2$  de terrenos casi sin valor agrícola y se logra acumular un volumen total de 30 millones de  $\text{m}^3$ . Este volumen es bastante inferior al que transporta el río en el período comprendido entre abril y septiembre de un año 85%, razón por la cual puede afirmarse que se llenaría siempre.

## G.3 Obras de entrega

Las aguas embalsadas se descargarían al lecho del río Liréay a través de válvulas que se alojarían en el mismo túnel empleado para la desviación de las aguas durante la construcción.

## H. Superficie por regar

Con el embalse Liréay sería posible poner bajo riego unas 2 300 hectáreas del Valle Central situadas en las cercanías del río Liréay.

## I. Conclusiones

El embalse Panguilmo aparece en esta etapa de estudio como una solución interesante para el regadío de las tierras agrícolas ubicadas en la zona del Valle Central del río

Lircay. Si se demostrase la existencia de roca apropiada en el lado derecho, la factibilidad de la presa quedaría confirmada, ya que tanto el lado izquierdo como el lecho del río no parecen presentar problemas para la fundación de un muro de unos 30 m. La relación agua/muro para esa altura sería superior a 140, lo cual destaca la economía de la obra.

Se espera que el vaso de esta represa, a pesar de estar constituido por materiales fluviales, tenga sólo fugas menores.

Desde el punto de vista de la acumulación de aguas, se ve como interesante la posibilidad de elevar la altura de la presa sobre los 30 m. Sin embargo, ello resulta imposible, porque se inundaría todo el tramo del canal Maule Norte Bajo situado aguas arriba de la presa. Por otra parte, la relación agua/muro se reduciría, según se observa en la Figura 21 C, disminuyendo el interés económico de la obra.

### ESTERO PICAZO

En este estero se estudiaron dos angosturas que se han denominado Picazo en sifón del Guapi y Picazo en Lihuano. Esta última se encuentra 3 km aguas abajo de la primera, por lo que puede considerarse como su ubicación alternativa.

#### b.3.2 EMBALSE PICAZO EN GUAPI y

#### b.3.3 EMBALSE PICAZO EN LIHUANO

##### A. Ubicación

Los dos lugares examinados se sitúan en el estero Picazo aguas abajo de su confluencia con el estero La Gloria. El primero de ellos coincide con la angostura del sifón Guapi, en que el canal Maule Bajo cruza la quebrada del Picazo. El segundo se encuentra 3 km hacia aguas abajo. Las coordenadas geo

gráficas de los dos lugares en el orden citado son  $135^{\circ}28' S$  con  $71^{\circ}16' W$  y  $13^{\circ}27' S$  con  $71^{\circ}18' W$ . En la Figura 22 se pueden observar sus ubicaciones.

#### B. Accesos

La forma más fácil de llegar a estos lugares consiste en seguir el camino que parte de Talca y sigue hasta los villajes El Descanso y El Diamante, para continuar cruzando el río Liberty y llegar a Guapi. La distancia entre Talca y este último lugar es de 40 km. El referido camino se muestra en la Figura 22.

#### C. Hidrología

La cuenca de la cuenca afluyente en Guapi es del orden de los  $170 \text{ km}^2$ . Sobre esta superficie cae una precipitación media anual de  $1600 \text{ mm}$ , produciendo un rendimiento estimado en  $22 \frac{1}{2} \text{ km}^3$ . El caudal medio anual ocurrido en el lugar sería de  $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$  y el volumen anual que aportaría la cuenca de unos  $120 \text{ millones de m}^3$ . En el período comprendido entre abril y septiembre de un año  $85\%$  podría esperarse la llegada al embalse de un volumen de  $40 \text{ millones de m}^3$ .

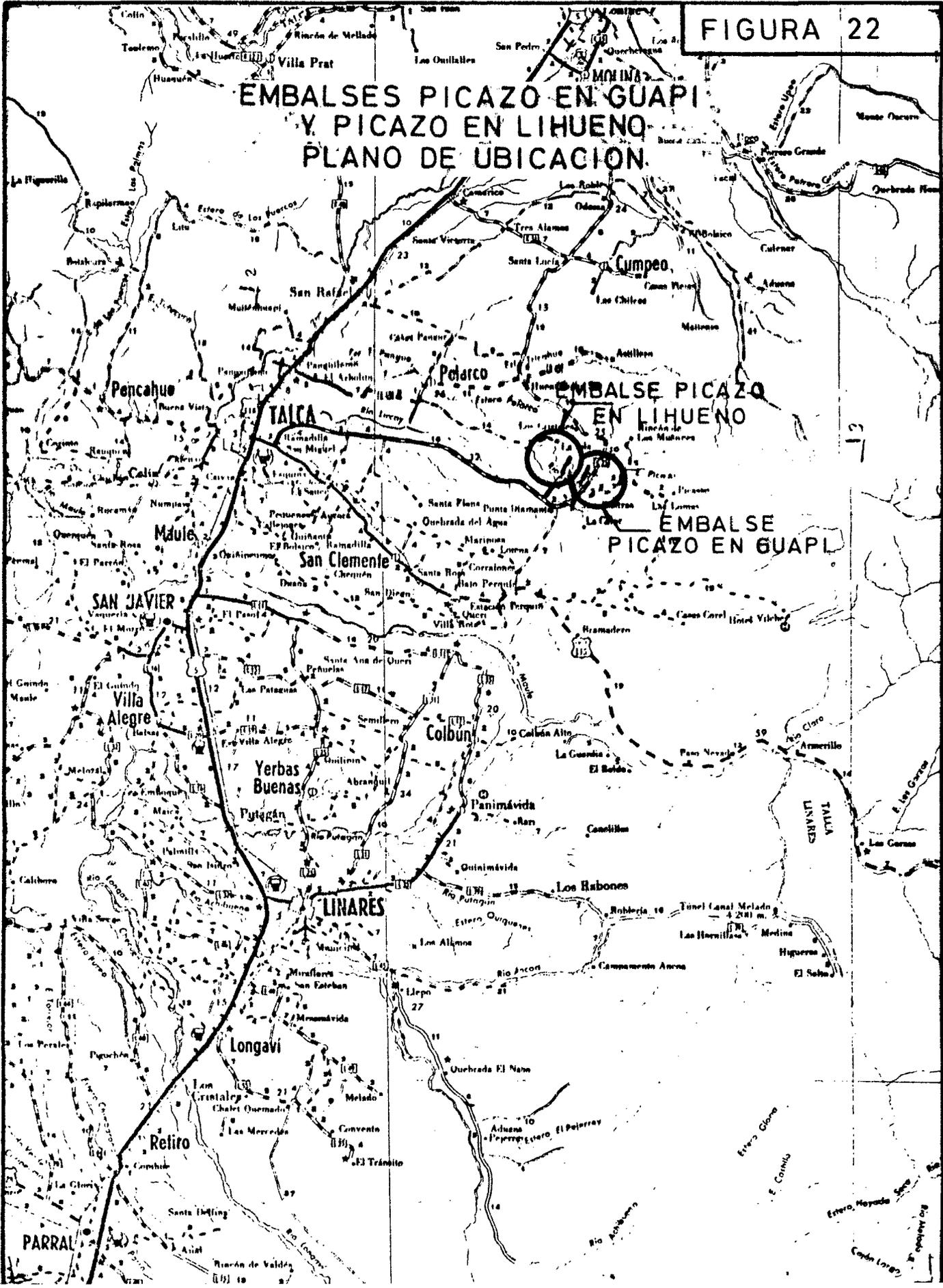
#### D. Topografía

Los planos más detallados que existen de la zona son los a escala  $1:50000$ , que en este caso suministran una escasa información topográfica de las angosturas. Las dimensiones que se dan a continuación son las obtenidas en el terreno.

La angostura del río Guapi tiene un ancho en la base de  $220 \text{ m}$  y de  $400 \text{ m}$  en su parte más alta. Los taludes de sus laderas tienen pendientes de  $3/1$  aproximadamente. Entre la base de la angostura y la parte más alta situada en la planicie superior que la limita existe una diferencia de nivel de  $44 \text{ m}$ .

La angostura de Libueno tiene un ancho de  $100 \text{ m}$  en la base y de unos  $250 \text{ m}$  en su parte más alta, que

# EMBALSES PICAZO EN GUAPI Y PICAZO EN LIHUENO PLANO DE UBICACION.



está a unos 50 m sobre el fondo. En el lado derecho la pendiente de la ladera está próxima a 1:1, mientras que en el lado izquierdo es alpeador de 2:1.

La angostura de Guapi puede observarse en la Foto N° 20 que corresponde a una vista panorámica desde aguas abajo. La otra angostura se puede ver sólo en forma parcial en la Foto N° 21, donde se aprecia la construcción rocosa del fondo de ésta.

### E. Geología

La angostura del río del Guapi es producto de la erosión hecha por el curso Plazo en las terrazas de sedimentos pliocenales que este mismo habría depositado con anterioridad. Los faldeos del valle están constituidos por diversas estratos lenticulares de ríola, aren y arenas de ambas. En general, se trata de materiales no muy compactos, delonables y probablemente bastante permeables.

En la Foto N° 22 y en el dibujo interpretativo que se incluye bajo esta se puede observar la secuencia de materiales anteriormente descrita. Se estima que lo mostrado en esa vista es representativo de lo que se encontraría en ambos lados de la angostura.

El lecho del río se encuentra relleno de sedimentos Quaternos gruesos más recientes. El espesor de éstos es difícil de determinar debido al ancho del valle, pero probablemente son del orden de 10 a 15 m.

La angostura de Libungo fue creada por el curso Plazo en una brecha de color gris amarillento a gris verdoso pertenecientes a una unidad geológica terciaria o preterciaria, que se estima es similar a la brecha que forma los empesamientos del curso principal del embalse Colbún, en el río Maule. La roca es de mediana dureza (200 - 400 kg/cm<sup>2</sup>), masiva e impermeable y está presente tanto en la zona de los apoyos como en el lecho del río.

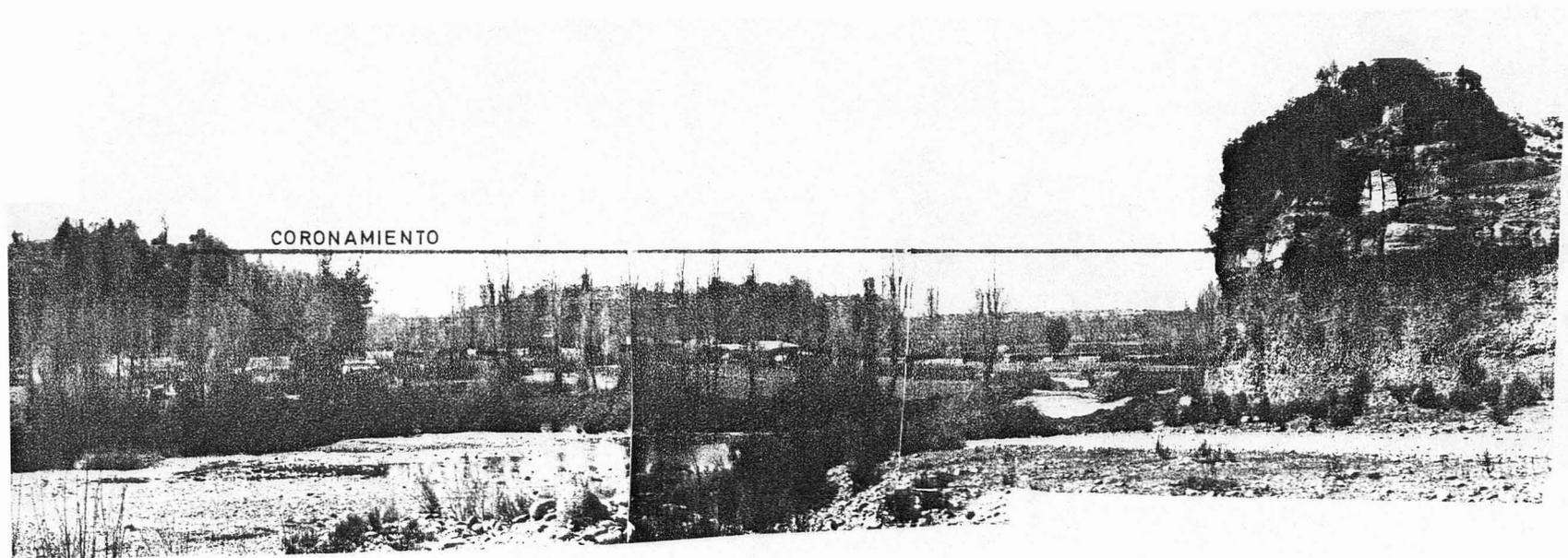


FOTO N° 20 Vista de la Angostura desde aguas abajo



FOTO N° 21. Vista hacia aguas arriba del  
lecho del río Picazo en la zo  
na de fundación de la presa. Se observa la  
roca in situ que aflora en el cauce del río.

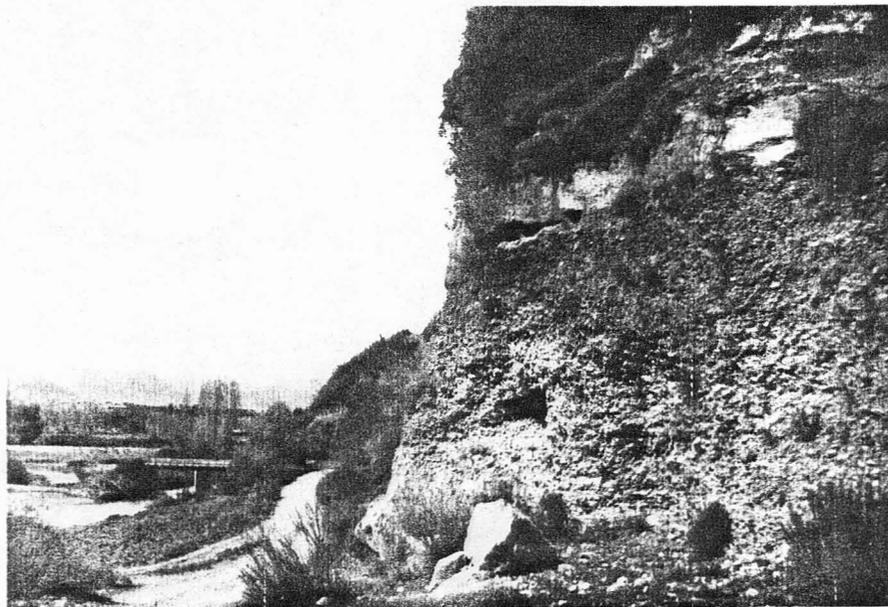
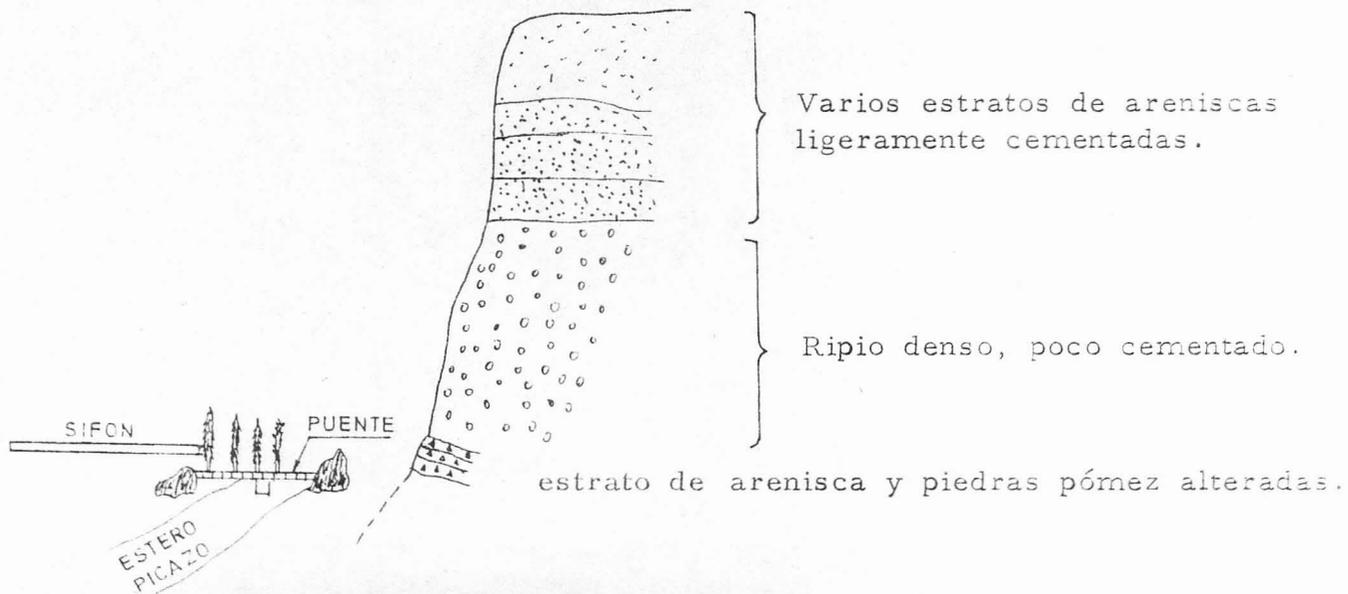


FOTO N° 22. Vista hacia aguas arriba del lado izquierdo del valle del río Picazo. En el extremo inferior izquierdo se alcanza a ver junto al puente parte del sifón del Guapi.

INTERPRETACION GEOLOGICA DE LA FOTO



La situación descrita se ha esquematizado en la Figura 23 A. En la Foto N° 21 se puede ver la roca en la zona del lecho del estero.

Aparentemente se trata de una cadena de cerros formados por rocas estratificadas antiguas, entre las cuales se incluye la brecha que forma la angostura. Estos cerros habrían sido rodeados y semicubiertos por los depósitos fluvio-glaciales del estero Picazo y del río Lircay. Es por ello que, si bien es cierto que la fundación de la presa se ubicaría en una roca de buenas características geotécnicas, será necesario verificar en estudios posteriores la estanquidad de la zona inundada. Estos estudios deberán concentrarse especialmente en el tramo del lado derecho del embalse que se extiende desde la angostura de Lihueno hasta 1 km aguas arriba.

#### F. Geotecnia

Como se explicó, el lado izquierdo de la angostura del sifón Guapi está formado por una serie alternada de arenas limosas con material fluvial grueso y permeable. Además, inmediatamente aguas abajo de la angostura llega por ese lado una quebrada relativamente profunda que facilitaría la fuga de las aguas embalsadas.

Debido a estas características de la angostura del sifón Guapi, se la considera inapropiada para implantar una presa en ella.

La angostura de Lihueno muestra roca a la vista, tanto en el lecho del río como en el lado izquierdo. En el derecho, por la conformación del terreno, la roca tendría que estar cubierta por un reducido espesor de escombros de falda.

Según se vió antes, el fianco izquierdo de la zona por inundar corresponde a una terraza de fluvial que separa el estero Picazo del río Lircay y cuyo ancho varía entre 1 000 y 1 500 m. La roca del lado izquierdo de la angostura pertenece a un cerro isla que es el término de una cadena de cerros.

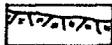
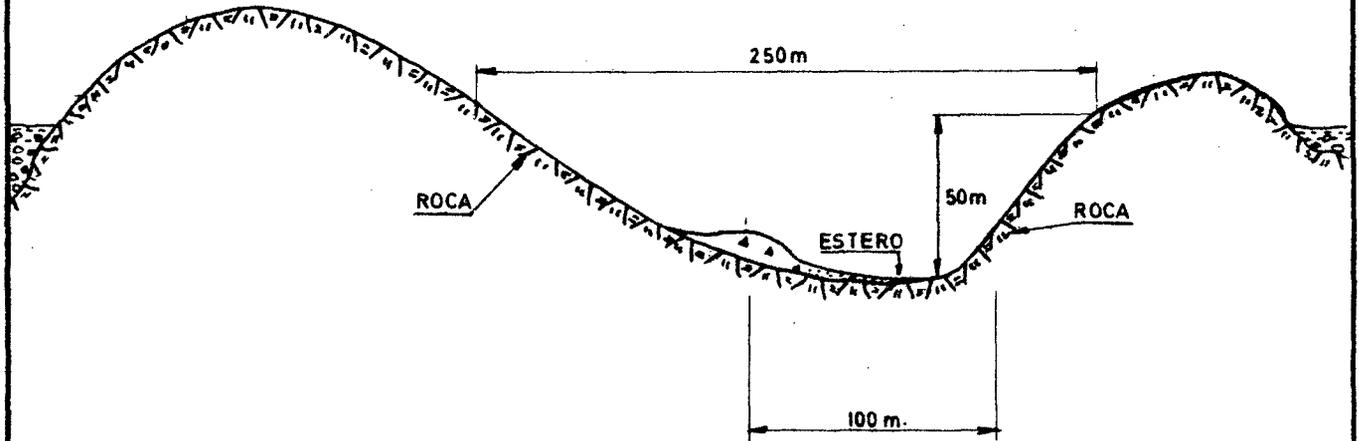
EMBALSE PICAZO EN LIHUENO  
ESTERO PICAZO

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR LA ANGOSTURA

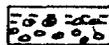
(A)

APOYO IZQUIERDO

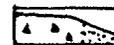
APOYO DERECHO



BASAMENTO ROCOSO: BRECHA GRUESA GRIS AMARILLENTO A GRIS VERDOSA



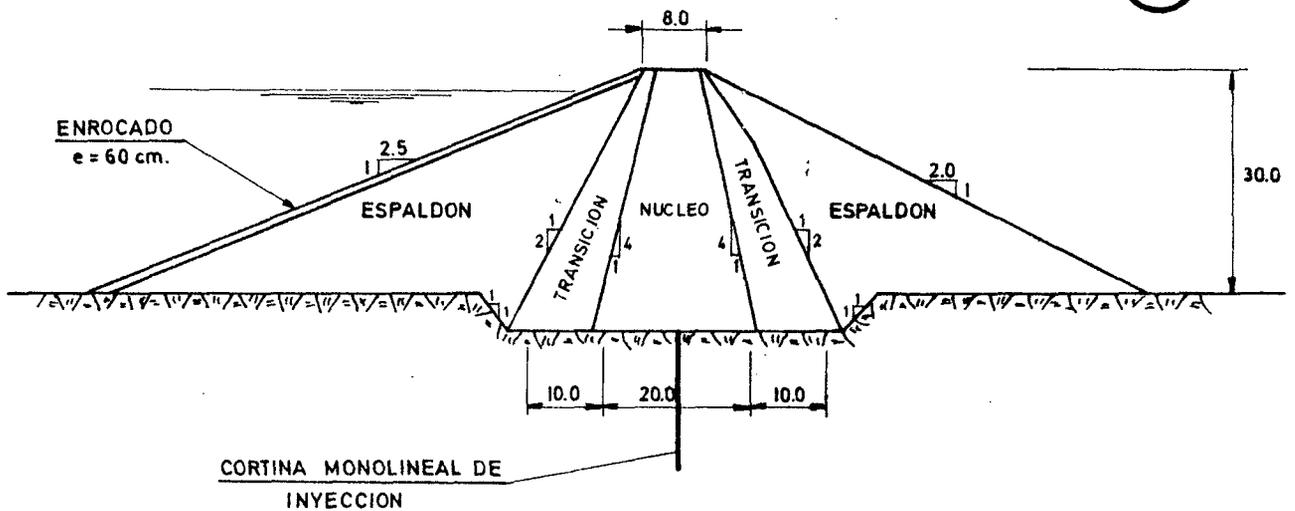
TERRAZAS FLUVIOGLACIALES (SEDIMENTOS CUATERNARIOS ANTIGUOS)



ESCOMBRO DE FALDA Y FLUVIAL RECIENTE

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(B)



Para la construcción de la presa se dispone de materiales permeables de buena calidad en el mismo estero Picazo, tanto aguas arriba como aguas abajo de la angostura, y a distancias que no superarían los 2 kilómetros. Probablemente se encontrarían también buenos materiales permeables en la terrazza que separa al estero del río Lircay.

Aunque aún no se ha logrado detectar un depósito importante de materiales impermeables, se estima que debería poderse encontrar uno en las cercanías.

Para fundar una presa en la angostura de Lihueno sería necesario eliminar totalmente los rellenos y despejar la roca. En la zona del núcleo el escarpe por realizar tendría que alcanzar hasta la roca sana. Para impermeabilizar a esta última se contempla además la ejecución de una cortina monolítica de inyecciones con carácter exploratorio, que tendría que extenderse hasta una profundidad de unos 20 m.

## G. Características de las obras de embalse en Lihueno

### G.1 Presa

El diseño adoptado es del tipo por zonas, con un núcleo central angosto y gruesos espaldones de material permeable que terminarían en taludes de 2,5:1 en el lado de aguas arriba y de 2,0:1 en el lado de aguas abajo. Las caras del núcleo tienen pendientes de 1:4, en tanto que las del contacto entre las transiciones y los espaldones tienen 1:2. El coronamiento tiene un ancho de 8 m y una longitud de unos 190 m.

Debido al desconocimiento de la forma de la terraza del lado derecho, se ha adoptado para la presa una altura de 30 m. No obstante, si antecedentes topográficos más detallados demostrasen que no existen puntos bajos en esa meseta por los que pudiese fugarse las aguas, se podría considerar una altura de presa del orden de 50 m.

La forma de la presa se puede ver en el corte por su eje longitudinal que se muestra en la Figura 23 B.

El volumen de la presa descrita para la altura de 30 m se estima que sería de unos 0,35 millones de  $m^3$ .

A pesar de la existencia de roca en toda la zona de fundación permite situar el vertedero en cualquiera de los dos lados, pareciera preferible colocarlo en el izquierdo, ya que la menor pendiente de éste permitiría disminuir el volumen de las excavaciones. La capacidad del vertedero se encontraría probablemente en el rango de los 100 a 150  $m^3/s$ .

La desviación de las aguas durante la construcción se realizaría a través de un túnel que se localizaría en el lado derecho de la angostura.

## G.2 Embalse

La superficie de inundación máxima del embalse se mide en el plano a escala 1:50 000, es de aproximadamente 1,9  $km^2$ . El volumen embalsado que se deriva de este valor es del orden de 28 millones de  $m^3$ .

Los terrenos inundados por el embalse en la zona de Guapi son relativamente buenos para la agricultura, por lo que la creación del embalse provocaría ciertos daños.

Conforme a lo expuesto en el punto (C), en un año 85% el volumen afluente durante el período abril-septiembre sería de unos 40 millones de  $m^3$ . Como el embalse tiene 28 millones de  $m^3$ , se llenaría todos los años durante el invierno, incluso en años secos.

## H. Superficie regable

El embalse Picazo en Lihueno serviría para regar las tierras cultivables del valle del río Lircay. Mediante sus aguas podrían ponerse bajo riego unas 2 100 hectáreas.

## I. Conclusiones

Un embalse con presa emplazada en la angostura del Picazo en el sifón del Guapi no se ve factible. En cambio, la angostura de Lihueno no presentaría problemas para fundar una presa. El embalse que se crearía en este último lugar tendría una relación agua/muro de 80, por lo que probablemente sería económico.

Para confirmar la factibilidad del embalse en la angostura de Lihueno deberá determinarse ante todo la permeabilidad de las terrazas fluviales que se extienden junto a sus costados y conocerse mejor la topografía para definir la altura máxima posible de la presa.

#### b.4 RIO ANCOA

El único embalse que se estudió en este río es el denominado "Ancoa", cuya construcción fue iniciada en el año 1957 y descontinuado en 1965. Durante ese período se alcanzaron a construir las obras de desviación, el colchón dissipador de energía del vertedero, la parte inferior del núcleo y se terminó el acarpe de la zona de empotramiento en el lado izquierdo. A continuación se describirán las características más importantes de esta obra y las conclusiones que se sacaron de la visita al sitio de la presa.

##### b.4.1 EMBALSE ANCOA

###### A. Ubicación

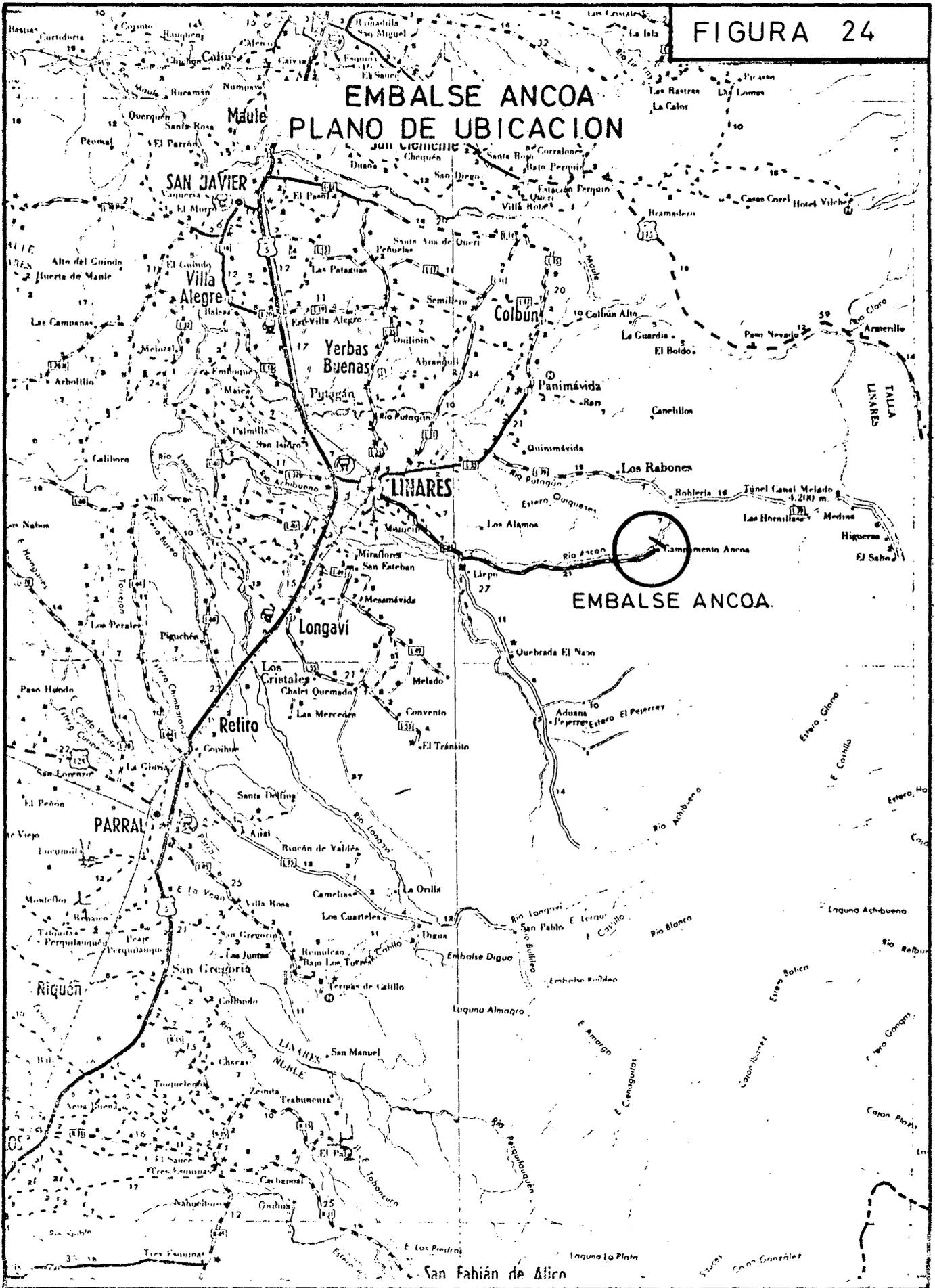
El lugar en que se sitúa la presa se encuentra en el curso alto del río Ancoa, a una distancia de 1 km aguas arriba de la confluencia de éste con el estero La Sombra y a una altura de 410 m sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas del lugar son de 15° 54' de latitud sur y 71° 17' de longitud oeste. Esta ubicación se muestra en la Figura 24.

###### B. Accesos

Para llegar al lugar en que se encuentra la presa hay que seguir el camino que parte desde Linares en dirección a la Vega del Ancoa. Después de cruzar el puente del Ancoa, el camino se divide en dos: uno que se dirige hacia el Achibueno en dirección sur y otro que va hacia el este y que sigue junto a la margen sur del río Ancoa. Tomando este último tras un recorrido de 14 km, medidos desde Linares, se llega al sitio en que se construye la presa.

El camino descrito se puede ver en la Figura 24, donde se le ha destacado con respecto a los demás.

# EMBALSE ANCOA PLANO DE UBICACION



### C. Hidrología

La cuenca afluente al embalse comprende una superficie de  $194 \text{ km}^2$ , que tiene una productividad específica media de  $65,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . El caudal promedio afluente, deducido de la estadística correspondiente a Ancoas en el Morre, es de  $12,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dicho caudal se reduce en un año 85% seco a  $8,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El volumen afluente al embalse en condiciones medias es de 400 millones de  $\text{m}^3$ , mientras que el escurrido entre abril y septiembre de un año 85% seco es de 190 millones de  $\text{m}^3$ .

### D. Topografía

Este embalse cuenta con toda la información topográfica necesaria para su construcción. El plano más detallado de la zona de angostura en que se implantaría la presa está a escala  $1:1\ 000$ , mientras que el más detallado de la zona de embalse está a  $1:1\ 000$ .

Según los planes anteriores, el ancho basal de la presa es de  $300 \text{ m}$ , mientras que en su coronamiento alcanza un ancho de  $650 \text{ m}$ .

En la Foto N° 23, sacada desde la ladera derecha de la angostura se puede observar el estado actual en que se encuentra esta obra. En la Foto N° 24 se ve la atagüa de aguas arriba y se alcanza a distinguir en la zona rocosa del lado derecho de la foto los daños que provocó la crecida del año 19 cuando sobrepasó en ese lugar a la atagüa.

La zona de embalse, a pesar de ser más bien ancha, no tiene una capacidad de acumulación grande, debido a la pendiente del río, que es de  $1,1\%$ . Dicha zona se puede ver en la Foto N° 25, tomada desde el coronamiento de la atagüa de aguas arriba.



FOTO N° 23. Estado actual de la presa del embalse Ancoa.

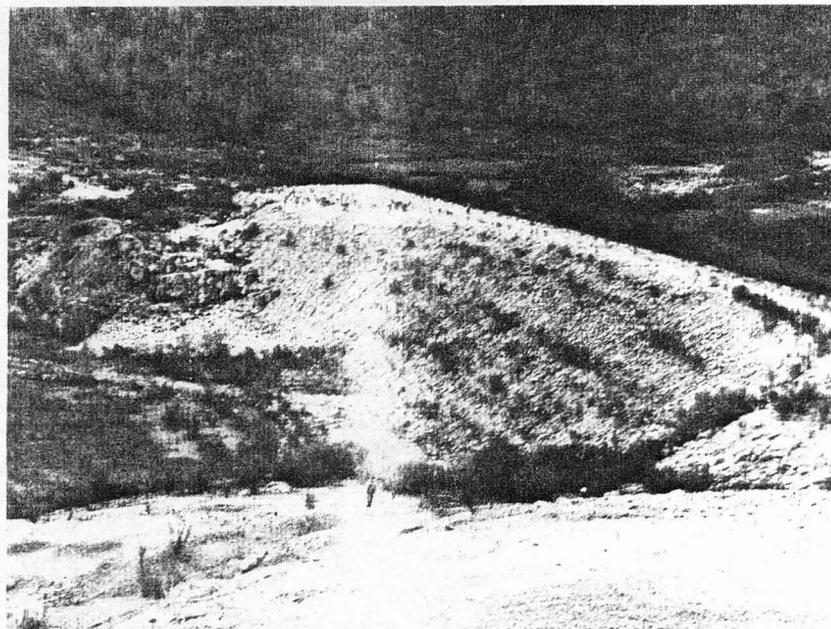


FOTO N° 24. Ataguía de aguas arriba. En el extremo izquierdo de la foto se alcanzan a apreciar parte de los daños provocados por la crecida del año 19 , que sobrepasó a la ataguía.

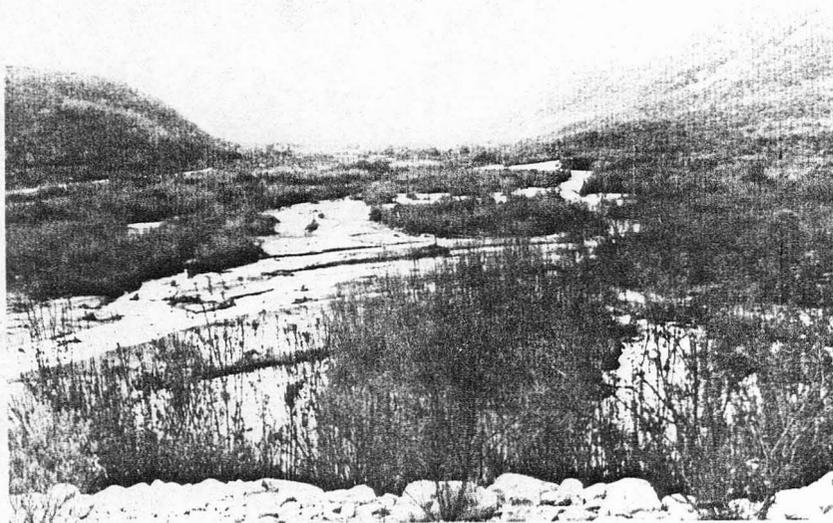


FOTO N° 25. Zona de inundación del embalse Ancoa. Vista tomada hacia aguas arriba desde el coronamiento de la ataguía.

### E. Geología

Existen abundantes antecedentes geológicos de superficie y subsuperficie referentes a este embalse. Sin embargo, debido a las dificultades que se han tenido para ubicarlos, sólo se han podido leer unos pocos. Es por ello que lo expuesto en el presente informe es resultado principalmente de la información recopilada durante la visita al sitio de presa. En consecuencia, es posible incluso que se planteen aquí dudas geológicas ya resueltas con anterioridad.

Lo observado durante la visita al terreno ha motivado el planteamiento de dos interrogantes que se estiman de importancia en caso de no haberse considerado con anterioridad. La primera está relacionada con la roca que se ha encontrado bajo los sedimentos fluviales del cauce del Ancoa, y la segunda, con los materiales que conforman el empotramiento derecho.

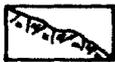
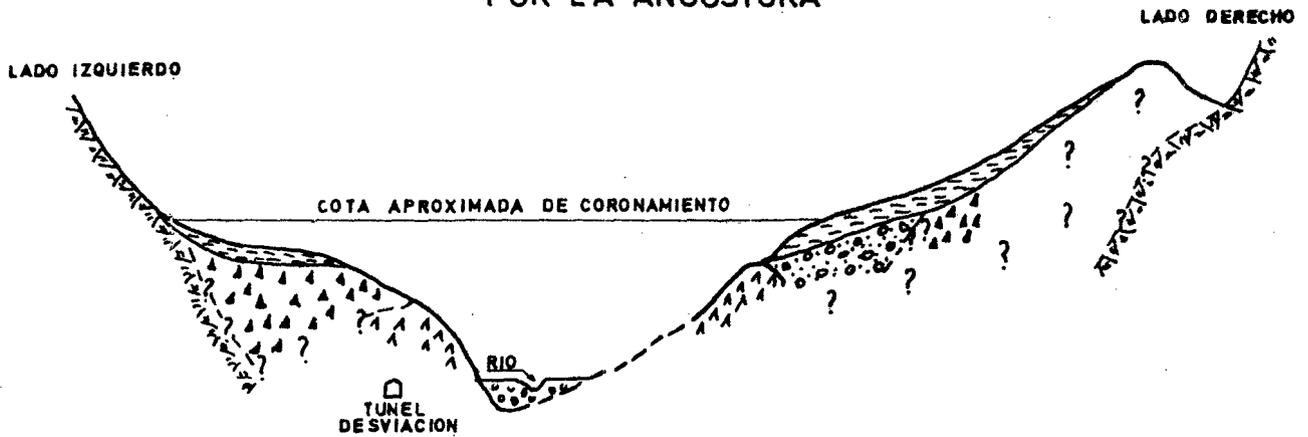
El lugar de la presa está ubicado dentro de un ancho valle glacial. A juzgar por lo que se ve aguas arriba de la zona de la presa, parece tener un fondo bastante regular y más profundo que el que se ha interpretado como fondo del valle en el sitio de la presa.

Los antecedentes recogidos en terreno no son de ninguna manera completos, pero permiten elaborar el corte esquemático presentado en la Figura N° 25. En este corte se destacan dos espelones recosos en el centro de este valle glacial. Al examinar estos espelones nace la siguiente duda: ¿corresponden realmente estos dos espelones rocosos al fondo del valle glacial? Por los antecedentes de una serie de sondajes y por los datos de excavación del túnel de desviación la pregunta podría responderse en forma afirmativa, pero se estima que estos antecedentes deberían ser vueltos a revisar en forma cuidadosa.

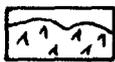
En este mismo corte se observa además que en la zona del empotramiento derecho, debajo de una cubierta de loess, existe un depósito de fluviales gruesos que forma una especie de terraza entre uno de estos espelones y un cerro mayor.

EMBALSE ANCOA  
RIO ANCOA

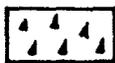
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR LA ANGOSTURA



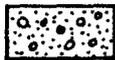
ROCAS QUE FORMAN LADERAS DEL VALLE ANCOA



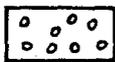
ESPOLONES ROCOS DENTRO DEL VALLE GENERAL DEL ANCOA  
( SE DUDA SI CORRESPONDEN REALMENTE AL FONDO DEL VALLE GLACIAL )



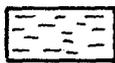
DEPOSITOS MORRENICOS



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



POSIBLES TERRAZAS DE FLUVIAL RECIENTE ( POST GLACIAL )



LOESS . LIMOS COLOR CAFE CLARO

Este cerro de mayor altura constituye el empotramiento derecho del muro. Cerca de la altura de coronamiento se observó que el cerro tiene afloramientos de depósitos morrénicos similares a los del lado izquierdo.

Con respecto a este cerro surge la interrogante de si corresponde a roca in situ o si es más bien un remanente morrénico de mayor altura. Si se trata de una morrena, la roca fundamental que forma los bordes del valle glacial estaría más atrás, tal como se indica en el corte esquemático de la Figura 25. Según parece, el espesor del fluvial grueso, y sobre todo su distribución, no han sido determinados con la precisión requerida.

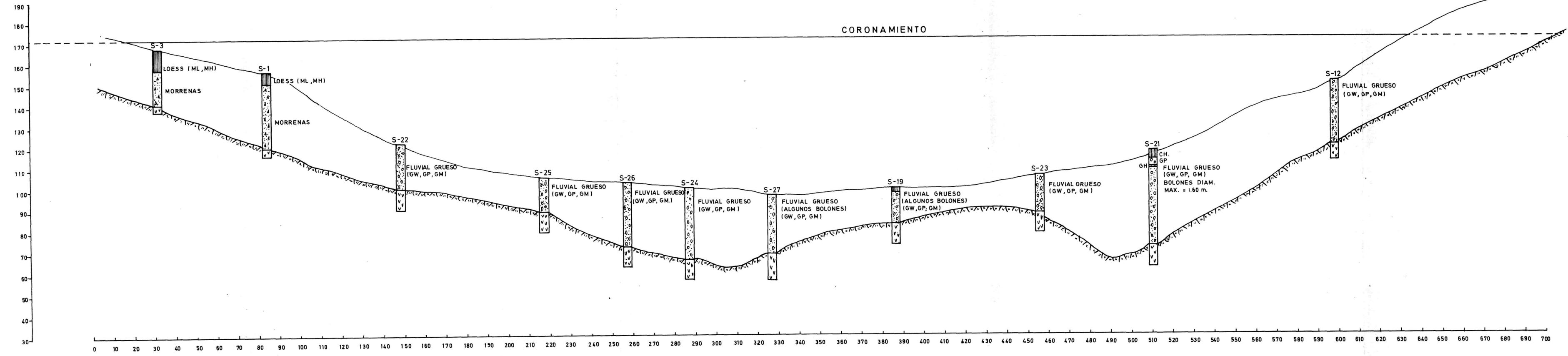
Como conclusión final, se estima que es muy necesario hacer una cuidadosa revisión de todos los datos geológicos, tanto de superficie como de los provenientes de las prospecciones de subsuperficie, complementada con una revisión detallada en el terreno, para tener un concepto claro y definitivo de la geología de este lugar. Esta revisión se hace más evidente aun al considerar que durante la ejecución de la parte ya terminada de la fundación de la presa hubo sorpresas al compararse la geología supuesta con la realmente encontrada. La obra está en una avanzada etapa de construcción y parecería conveniente terminarla. Todavía existe la posibilidad de resolver los problemas geológicos que pudiesen afectar a la presa, y que de no ser afrontados en la actual etapa de construcción podrían posteriormente limitar la operación de la presa e incluso conducir a su destrucción.

#### F. Geotecnia

En la Figura 26 se muestra el perfil del terreno por el eje transversal de la presa, con la ubicación probable de la roca subyacente, deducida de la información proporcionada por los sondeos hecho hasta la fecha. Se observa que tanto en la zona del lecho del río como en la del empotramiento derecho la roca se encuentra cubierta por un fluvial grueso. En el empotramiento izquierdo, en cambio, aparecen materiales morrénicos.

### EMBALSE ANCOA

PERFIL POR EL EJE TRANSVERSAL DE LA PRESA  
MIRADO DESDE AGUAS ARRIBA HACIA AGUAS ABAJO



Exceptuando estos últimos, todos los demás suelos presentes en la zona de la angostura son permeables y susceptibles de ser erosionados.

Los materiales permeables e impermeables apropiados para la construcción de la presa existen en suficiente cantidad en las cercanías de la angostura, en sitios ya reconocidos y explotados durante las faenas ejecutadas hasta el presente.

El tratamiento de la fundación de la presa se encuentra en una etapa bastante avanzada. En la zona del núcleo, se realizó una zanja "cut-off", que no alcanzó a la roca en su parte más profunda. Esto obligaría posteriormente a inyectar la mencionada parte, a fin de extender así la impermeabilización hasta la roca.

En la zona del empotramiento derecho no se ha realizado hasta el momento ningún tratamiento de impermeabilización de los fluviales que allí existen. En el empotramiento izquierdo se ha efectuado una buena parte de las excavaciones necesarias para preparar el apoyo de la presa y sólo resta finalizarlas.

El estado actual en que se encuentran los empotramientos se muestra en las fotos N°s 23 y 26, en que aparecen respectivamente el lado izquierdo y el derecho. En la N° 26 se ve además un montículo de roca que aflora a la derecha del centro del valle.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

La presa proyectada es del tipo por zona, con núcleo impermeable ligeramente inclinado hacia aguas arriba. Su altura es de 72 m y tiene un coronamiento de 650 m de longitud y 8 m de ancho. La pendiente de sus taludes es variable, predominando la de 3:1 en el de aguas arriba y fluctuando entre 3:1 y 1,6:1 en el de aguas abajo. El volumen de la presa es de 4,5 millones de m<sup>3</sup>.



FOTO N° 26. Vista del empotramiento derecho de la presa.



FOTO N° 27. Vista de la parte ya colocada del núcleo. Al fondo se divisa la zona del empotramiento izquierdo desprovisto de la sobrecarga que sobre él se apoyaba.

El vertedero se ubica en el lado izquierdo y su capacidad de evacuación es de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Las obras de desviación para su construcción se encuentran en operación desde el año 1959 y consisten en una atagüa de 26 m de altura, que después deberá quedar integrada al espaldón de la presa, y en un túnel de desviación de 7 m de diámetro y 378 m de longitud que ha sido excavado en el lado izquierdo. La capacidad de estas obras, que es de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , fue sobrepasada durante la crecida de de , a consecuencia de lo cual las aguas rebasaron la atagüa erosionando parte de lo hecho en el espaldón de aguas abajo. La zanja que excavó el escurrimiento de las aguas se observa al centro de la Foto N° 23.

Como se ve en esa foto panorámica, el núcleo (zona plana del lado izquierdo) se ha colocado sólo hasta una cota algo superior a la que tenía el terreno natural antes de que se realizara la zanja cut-off, y el espaldón de aguas abajo (parte central de la foto) ya tiene varios metros de altura.

Dadas las características de la presa, su núcleo deberá apoyarse en la roca o en una morrena impermeable, como la que existe en el empotramiento izquierdo. Para que ello se verifique, será necesario introducir algunas modificaciones al proyecto que se encuentra en ejecución.

En las Fotos N°s 27 y 28 se puede ver el estado actual en que se encuentra el núcleo de la presa, mientras que en la Foto N° 29 se observa el dissipador de energía del vertedero y la salida del túnel de desviación.

## G.2 Embalse

En la Figura N° 27 se muestra la curva de superficie inundada y volumen embalsado en función de la altura. Conforme a dichas curvas para almacenar 103 millones de  $\text{m}^3$  e inundará una extensión de  $4,3 \text{ km}^2$ . La cuenca de inundación se muestra en la Foto N° 25.

FOTO N° 28.

Vista de la zona del mu  
ro cut-off de la presa.  
Al fondo se ve el mate-  
rial del espaldón de a-  
guas abajo.

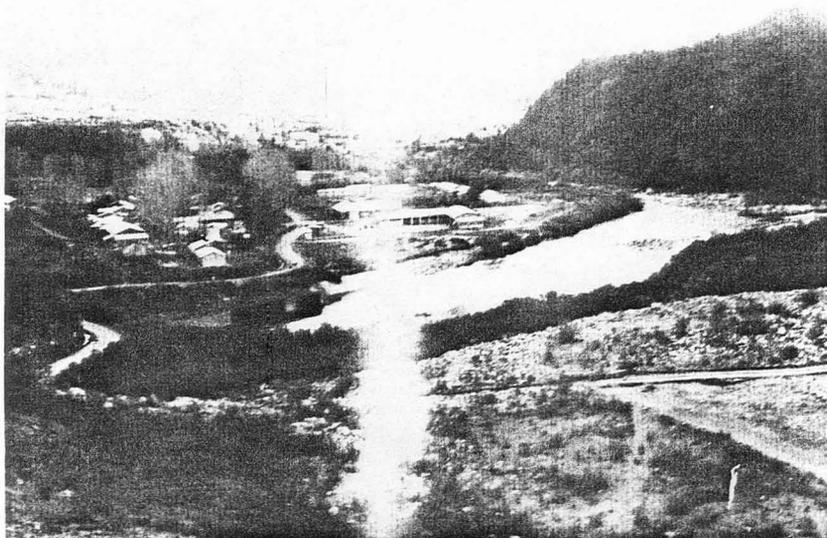
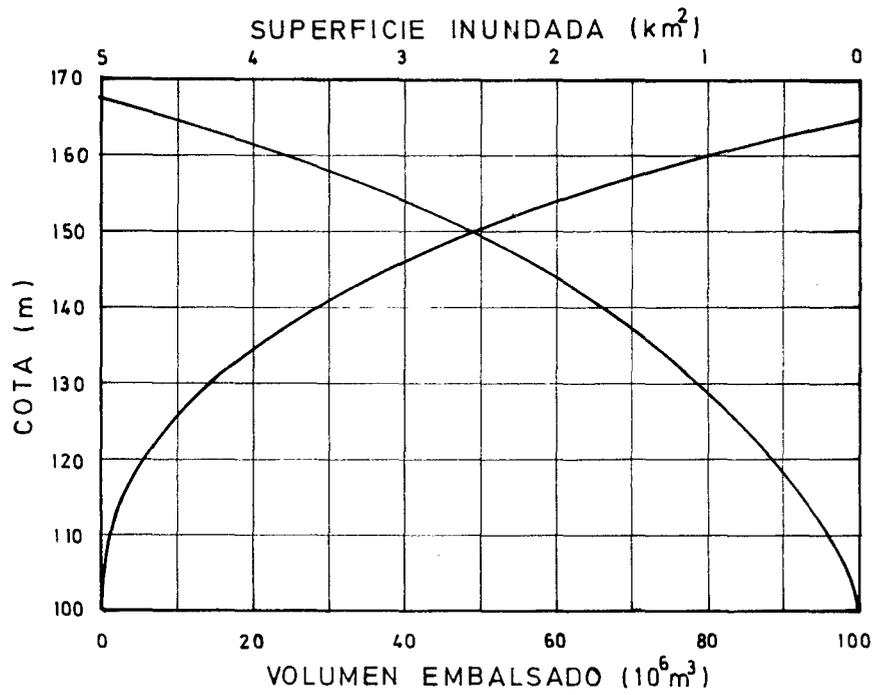


FOTO N° 29.

Vista desde el lado  
izquierdo hacia aguas  
abajo. A la izquier-  
da se alcanza a ver  
el colchón dissipador de  
energía del vertedero y  
la salida del túnel de  
desviación.

EMBALSE ANCOA  
RIO ANCOA

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE



El volumen que aporta normalmente el río Ancoa durante el período de llenado del embalse que va de abril a septiembre es de 280 millones de  $m^3$ . Este valor se reduce a 190 millones de  $m^3$  en un año 85% seco. Esto demuestra que el embalse no requiere de una alimentación adicional para su llenado.

Los terrenos que se inundan corresponden a los de la caja del río (ver Foto N° 25), por lo que son de muy poco valor agrícola.

### G.3 Obras de alimentación

El caudal adicional que pudiese requerirse para llenar el embalse en condiciones hidrológicas extremadamente severas será aportado por el canal Melado, que capta en el río del mismo nombre y transporta un gasto máximo de  $18 m^3/s$  hacia la cuenca del río Ancoa. Como el río Melado lleva un caudal base superior a esa cantidad, el canal puede aportar incluso en un año seco un volumen de 47 millones de  $m^3$  mensuales, o sea un total de 282 millones de  $m^3$  durante todo el período de llenado. Se aprecia que la capacidad del canal está más que sobrada en comparación a la que pudiese requerir el embalse en un caso muy eventual.

### G.4 Obras de entrega

El agua del embalse se descargará a través de dos válvulas de  $60 m^3/s$  de capacidad, que se ubicarán en el interior del túnel de desviación.

### H. Superficie por regar

El volumen del embalse Ancoa será suficiente para asegurar el riego de una superficie de  $19\ 000 km^2$  y mejorar el correspondiente a 11 500 hectáreas adicionales. Estas tierras serán las ubicadas en las cercanías de los cauces de los ríos

Ancoa y Achibueno y las situadas en la zona de riesgo de los diversos canales del sistema Melado (Putagán, Lircay y Longavi).

### I. Conclusiones

El embalse Ancoa presenta actualmente algunos problemas que provienen en gran parte del desconocimiento de la geología general de la zona de fundación de la presa. Se estima que estos problemas serán de fácil solución una vez conocida en detalle esa geología. Probablemente bastará con cambiar el diseño del núcleo y realizar algunas inyecciones para garantizar la estanquidad y seguridad de la presa.

## b.5 RIO ACHIBUENO

En este río se visitaron los lugares de embalse que en el inventario de posibilidades de embalse se identificaron con los nombres de Montecillos, Vega de Salas, La Recova y El Peñasco. En vista de la deficiente relación agua/muro o problemas de diverso orden que se detectaron en casi todos ellos, se buscó además otra posibilidad, ubicada en el río Achibueno entre las confluencias de éste con los esteros Vega de Salas y Pejerreyes, que se denominó Colliguay. A continuación se describirán cada uno de estos embalses en orden de aguas arriba hacia aguas abajo.

### b.5.1 EMBALSE MONTECILLOS

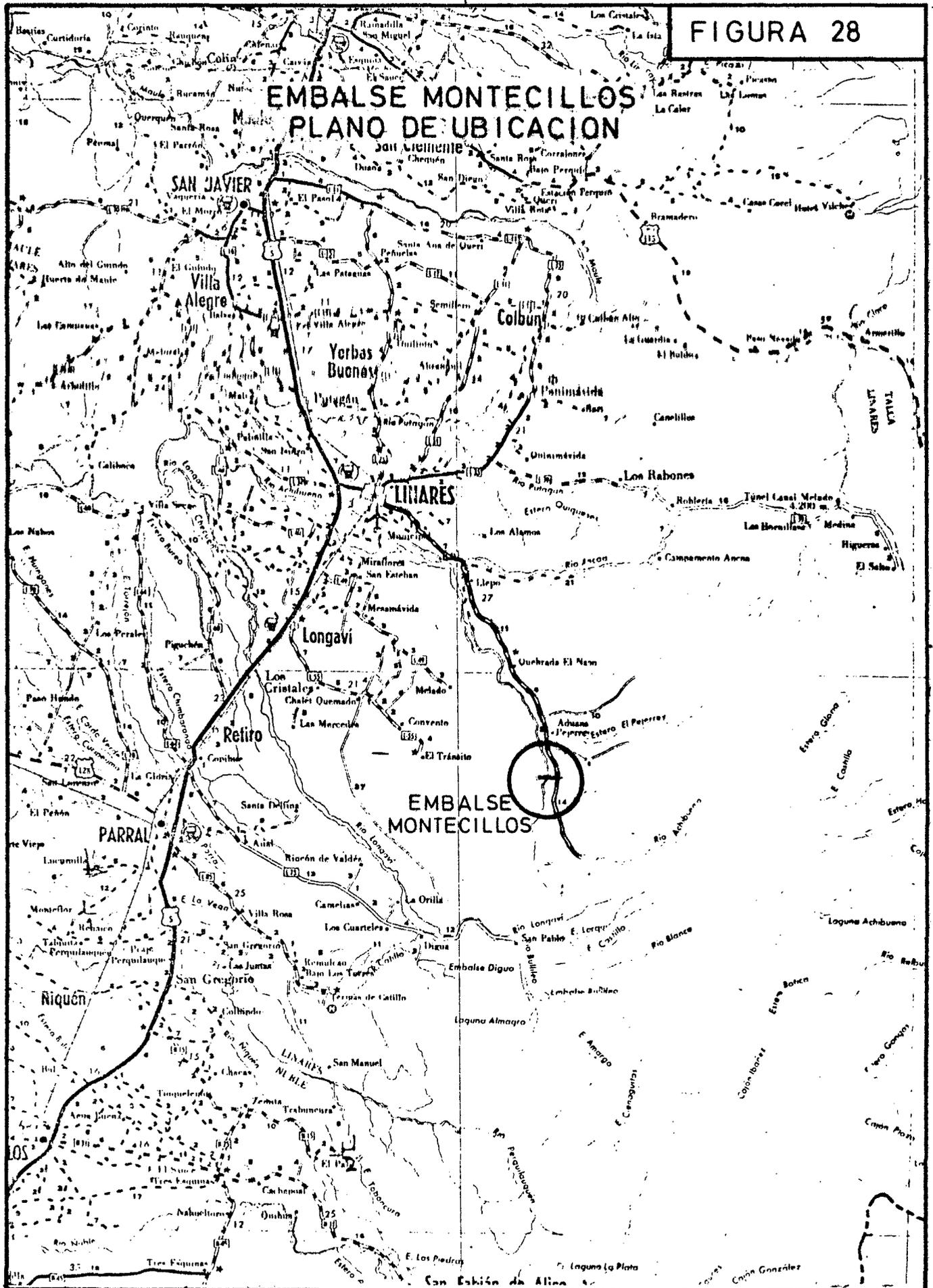
#### A. Ubicación

El lugar elegido como emplazamiento de la presa se ubica en el curso río del río Achibueno, inmediatamente aguas abajo de su confluencia con el estero Vega Chica. El citado lugar se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de aproximadamente 410 m, a una latitud de 36°06' S y a una longitud de 71°23' W. Su ubicación se muestra en la Figura 28.

#### B. Accesos

Para llegar hasta Montecillos hay que seguir el camino que parte de Linares en dirección de Vega del Ancoa. Una vez que se cruza el puente sobre el río Ancoa se continúa en dirección sur hasta llegar al valle del río Achibueno. Hasta aquí el camino no ofrece dificultades y se puede decir que estos primeros 18 km que hay hasta el poblado denominado Llepo son de uso en toda temporada, a pesar de tratarse de camino de tierra. Desde este lugar continúa el camino a lo largo de la margen derecha del Achibueno hasta Montecillos. En este tramo el camino se encuentra en regulares condiciones durante el verano y en invierno probablemente sufre frecuentes interrupciones debidas a derrumbes y a las crecidas que dañan a los puentes.

# EMBALSE MONTECILLOS PLANO DE UBICACION



Entre Llopo y Montecillos hay 23 km, de modo que la distancia total entre Llanas y Montecillos alcanza a 41 km.

En la Figura 28 se puede ver el camino descrito, que se ha dibujado de modo que se destaque con respecto a los demás.

### C. Hidrología

La cuenca afluente en Montecillos tiene una superficie de 525 km<sup>2</sup>, sobre la cual caen precipitaciones medias comprendidas entre 1 500 y 1 800 mm de promedio anual.

El caudal promedio anual aportado por esta cuenca se ha estimado en unos 28 m<sup>3</sup>/s, a partir de los registros fluvimétricos correspondientes a la estación de Achibueno en el Peñasco. En un año tipo 85% seco el caudal se reduciría a 22 m<sup>3</sup>/s.

De acuerdo a los valores señalados, el volumen promedio anual escurrido es del orden de 880 millones de m<sup>3</sup> y el correspondiente a un año 85% es de 690 millones de m<sup>3</sup>. Durante el período comprendido entre abril y septiembre de un año de este grado de sequedad el volumen escurrido sería de unos 320 millones de m<sup>3</sup>.

### D. Topografía

La información topográfica referente a este embalse proviene principalmente del plano a escala 1:50 000, que es el de mayor detalle entre los existentes de esta zona, y de las medidas estimadas durante la visita al terreno.

En la zona elegida para emplazar la presa el valle tiene un ancho de 700 m, y las laderas de éste tienen pendientes medias de 1,7:1 en el lado izquierdo y de 3,5:1 en el lado derecho. El río corre aquí encajonado en un cauce que ha horadado en sus propios sedimentos fluviales y que se encuentra unos 15 m más profundo que el fondo del valle.

La zona descrita se puede observar en la Foto N° 30, que corresponde a una vista aérea tomada desde el lado de aguas arriba del sitio de emplazamiento de la presa. Este mismo sitio se vuelve a ver en la Foto N° 31, tomada desde el lado de aguas abajo y en la que se puede apreciar la amplitud de la cuenca de inundación de Montecillos. La Foto N° 32 muestra el cerro que constituiría el empotramiento del lado derecho, visto desde aguas abajo. La zona de fundación de la presa se puede observar en la Foto N° 33, que fue sacada desde la ladera derecha del valle, mirando hacia el lado derecho según una dirección coincidente con la del eje transversal de la presa.

La forma del sitio de presa y sus dimensiones aproximadas se muestran en el corte esquemático transversal del valle de la Figura 29.

### E. Geología

El curso superior del río Achibueno se caracteriza por tener en su lado izquierdo (oeste) grandes depósitos aterrazados de sedimentos cuaternarios (pre última glaciación), con posibles intercalaciones de materiales volcánicos de tipo lahárico y flujos de lava. Estos depósitos se extienden prácticamente hasta la zona en que el río desemboca en el valle central.

El río Achibueno escurre aquí a lo largo de lo que parece ser un ancho valle, previamente glaciado, que en el presente se encuentra parcialmente relleno por estos depósitos cuaternarios. En el esquema geológico de la Figura 30 puede observarse la situación descrita, como también en el corte geomorfológico esquemático de la Figura 29, que ilustra la posible conformación del valle en la angostura de Montecillos.

Se estima que todo este gran relleno proviene de la cabecera del valle del Longaví y se extiende algo más al norte que el río Ancoa. Los materiales pueden derivar principalmente del astro-volcán plio-pleistocénico Nevado del Longaví.



FOTO N° 30. Vista aérea desde aguas arriba de la zona de emplazamiento de la presa de Montecillos.



FOTO N° 31. Vista aérea del sitio de presa de Montecillos tomada desde aguas abajo. Hacia atrás se ve la amplia cuenca de acumulación del embalse.

FOTO N° 32.

Cerro que cons  
tituiría el emp  
tramiento dere-  
cho de la presa.  
Vista tomada  
desde aguas a-  
bajo.

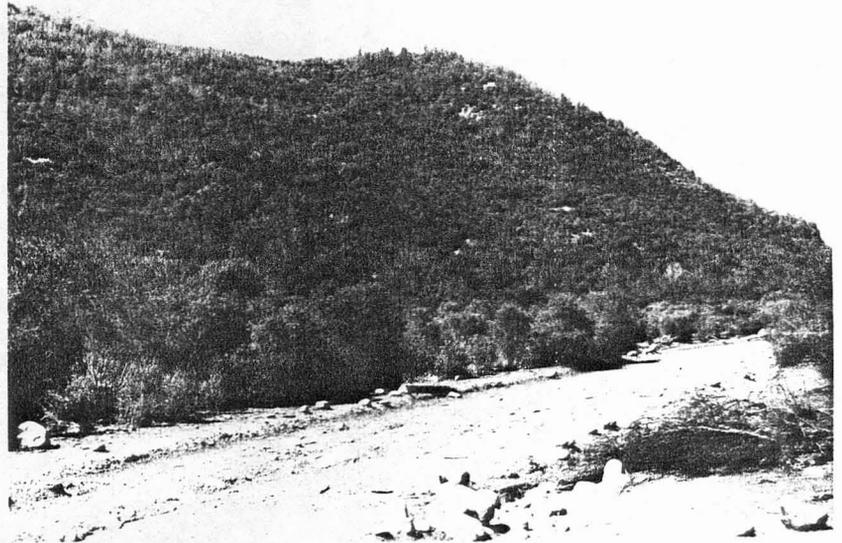
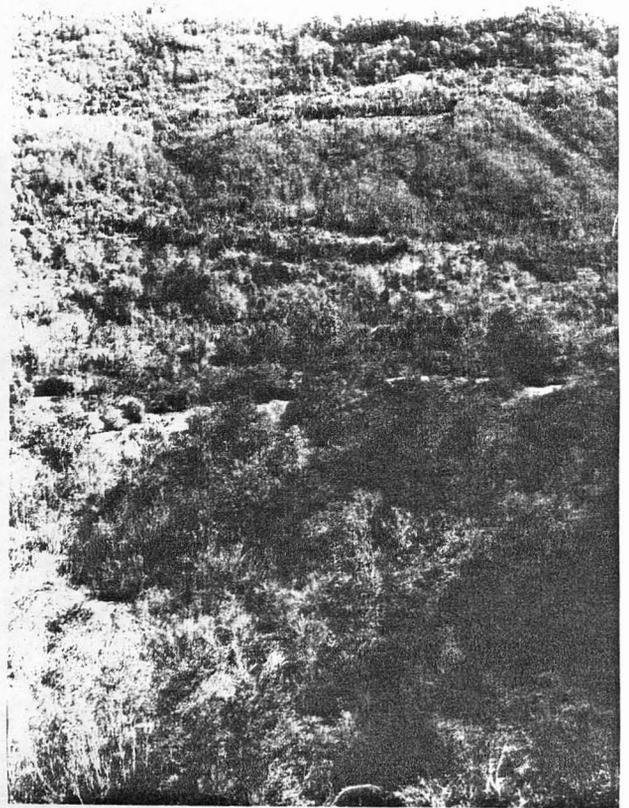


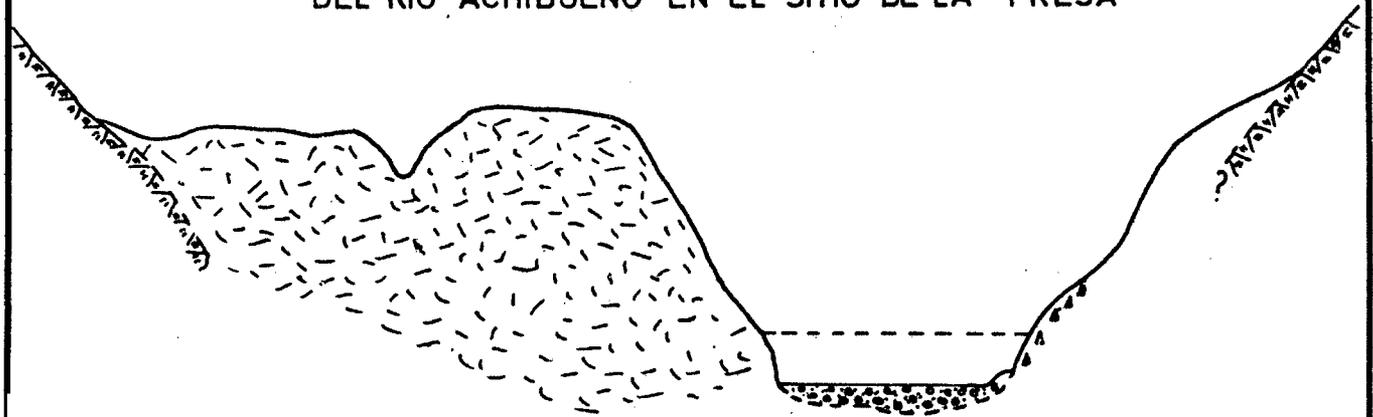
FOTO N° 33. Vista de la  
zona de fun  
dación de la presa, tomada  
desde el lado derecho y mi  
rando hacia el izquierdo se  
gún la dirección del eje  
transversal de la presa.



EMBALSE MONTECILLOS  
RIO ACHIBUENO

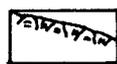
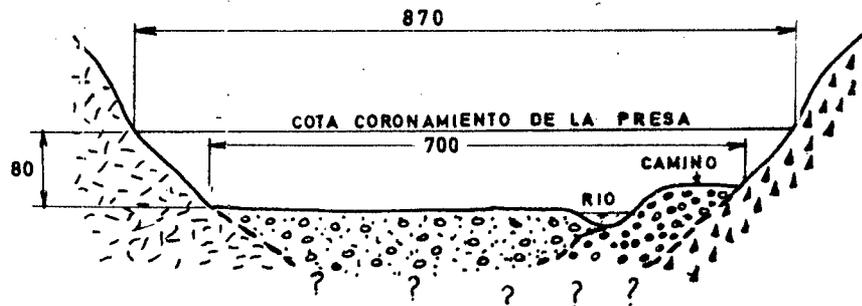
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO DEL VALLE  
DEL RIO ACHIBUENO EN EL SITIO DE LA PRESA

(A)

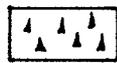


DETALLE DE LA ZONA DE FUNDACION  
DE LA PRESA

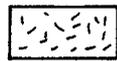
(B)



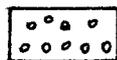
ROCA FUNDAMENTAL DE ANTIGUO VALLE GLACIAL



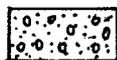
ROCA MASIVA { BRECHA VOLCANICA POSIBLEMENTE CUATERNARIA



RELLENO CUATERNARIO { INTERCALACIONES DE FLUVIOGLACIAL, FLUJOS ANTIGUO  
[ DE BARRO Y LAHARES

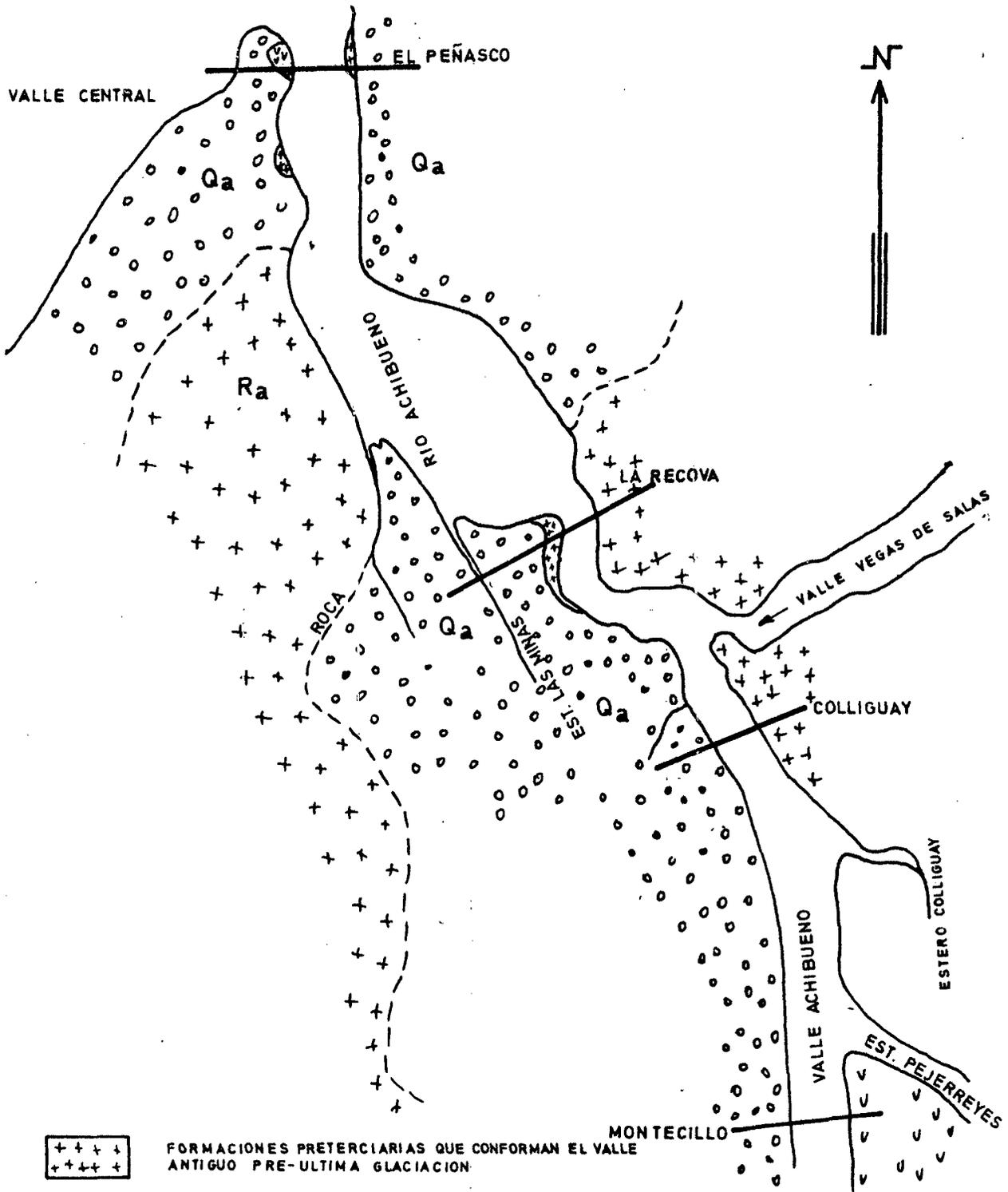


TERRAZA FLUVIAL RECIENTE



FLUVIAL RECIENTE DE LA PLANICIE DE INUNDACION DEL RIO

ESQUEMA GEOLOGICO DEL CURSO CORDILLERANO DEL RIO ACHIBUENO



++ ++

FORMACIONES PRETERCIARIAS QUE CONFORMAN EL VALLE ANTIGUO PRE-ULTIMA GLACIACION

o o o o

DEPOSITOS ATERRAZADOS DEL CUATERNARIO PRE-ULTIMA GLACIACION

v v v

ESPOLON BASALTICO DE ORIGEN DESCONOCIDO (ANGOSTURA EL PEÑASCO)

Los valles de los ríos Longaví y Achibueno se habrían separado durante la última glaciación, siguiendo el Longaví directamente hacia el valle central, y el Achibueno hacia el noroeste, acercándose al valle del río Ancoa. Con el transcurso del tiempo, los depósitos aterrazados que rellenan el antiguo curso superior del Achibueno fueron parcialmente erosionados, dando origen al actual valle de este río.

Estas condiciones geológicas son las que imperan a lo largo de todo el cauce cordillerano del Achibueno, por lo que los otros sitios de embalse ubicados en esta zona del río (Colliguay, La Recova y El Peñasco) se encontrarían en una situación similar a la de Montecillos.

En el corte de la Figura 29 A se puede apreciar la diferencia que existe entre los materiales constituyentes de la ladera izquierda, la derecha y el lecho del río en la zona de Montecillo. En el apoyo derecho aflora una brecha volcánica muy dura, masiva y de buenas características geotécnicas. Sin embargo, por su aspecto moderno (sin alteraciones y formada principalmente por clastos de basalto y andesita basáltica, además de aparente ausencia de estructuras que indiquen tectonismo) se podría pensar que no es parte integral del valle.

El apoyo izquierdo estaría francamente en los depósitos del cuaternario anterior a la última glaciación, cuyas características y composición se desconocen. No obstante, se estima que por su magnitud y edad no deberían ser del todo desfavorables como apoyo de presa. En todo caso, si Montecillos resultase interesante para el riego de la zona, deberá someterse este sitio a estudios mucho más detallados.

En la base de la zona de fundación es fácil distinguir la existencia de un gran espesor de sedimentos fluviales modernos de alta permeabilidad.

Como conclusión del análisis geológico, se podría decir que este lugar de presa presenta numerosas interrogantes, algunas de las cuales podrían hacer que, una vez aclaradas,

llevaran a desechar la posibilidad de usar este sitio como lugar de fundación de una presa. A pesar de ello, se considera que sería prematuro descartarlo en esta etapa preliminar de estudio. Se estima que es posible que un estudio geológico apoyado en algunas prospecciones de subsuperficie podría determinar en forma más concreta su factibilidad o su descarte antes de hacer mayores inversiones.

#### F. Geotecnia

En la cercanía del sitio de presa existen suficientes materiales, tanto permeables como impermeables, aptos para la construcción de una presa de tierra. Los permeables se obtendrían del lecho del río, donde existen en abundantes cantidades, y los impermeables se extraerían de los flujos de barro del lado izquierdo del río.

Para impedir las fugas de agua del embalse a través de los materiales permeables que se encuentran en la zona de fundación de la presa, deberá construirse una pared moldeada que se extienda a lo ancho del valle y que penetre por lo menos unos 100 m en su lado izquierdo, con el fin de eliminar la posibilidad de erosión retrógrada en ese lado.

#### G. Características de las obras de embalse

##### G.1 Presa

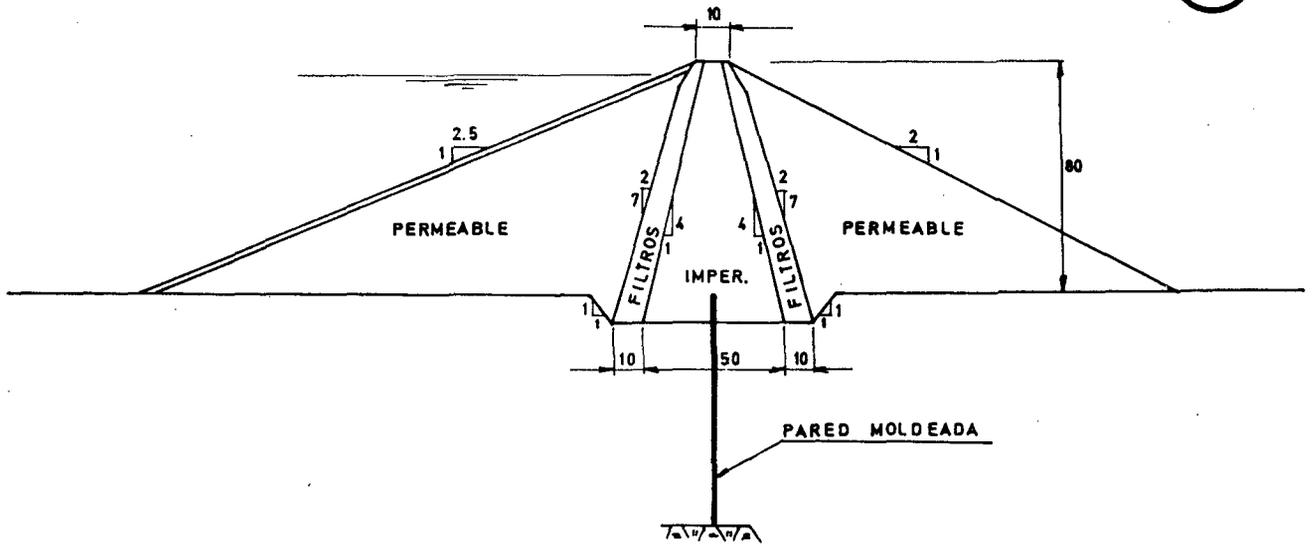
La presa que se ha aceptado como la más conveniente para este sitio es del tipo por zona, con un núcleo central de espesor mínimo. Si bien por condiciones topográficas podría dársele alturas superiores a 100 m, probablemente las deficientes condiciones de fundación existentes en el lado izquierdo la limitarán a un valor inferior a 80 m. Con esa altura, el coronamiento se espera que alcance 870 m de desarrollo con un ancho de 18 m. El prediseño de esta presa que se ha elaborado considera un talud de aguas arriba con una inclinación de 2,5:1, y uno de aguas abajo de 2:1. En la Figura 31 A se muestra un corte longitudinal por el eje central de la presa en que se puede apreciar su forma y sus dimensiones.

EMBALSE MONTECILLOS  
RIO ACHIBUENO

FIGURA 31

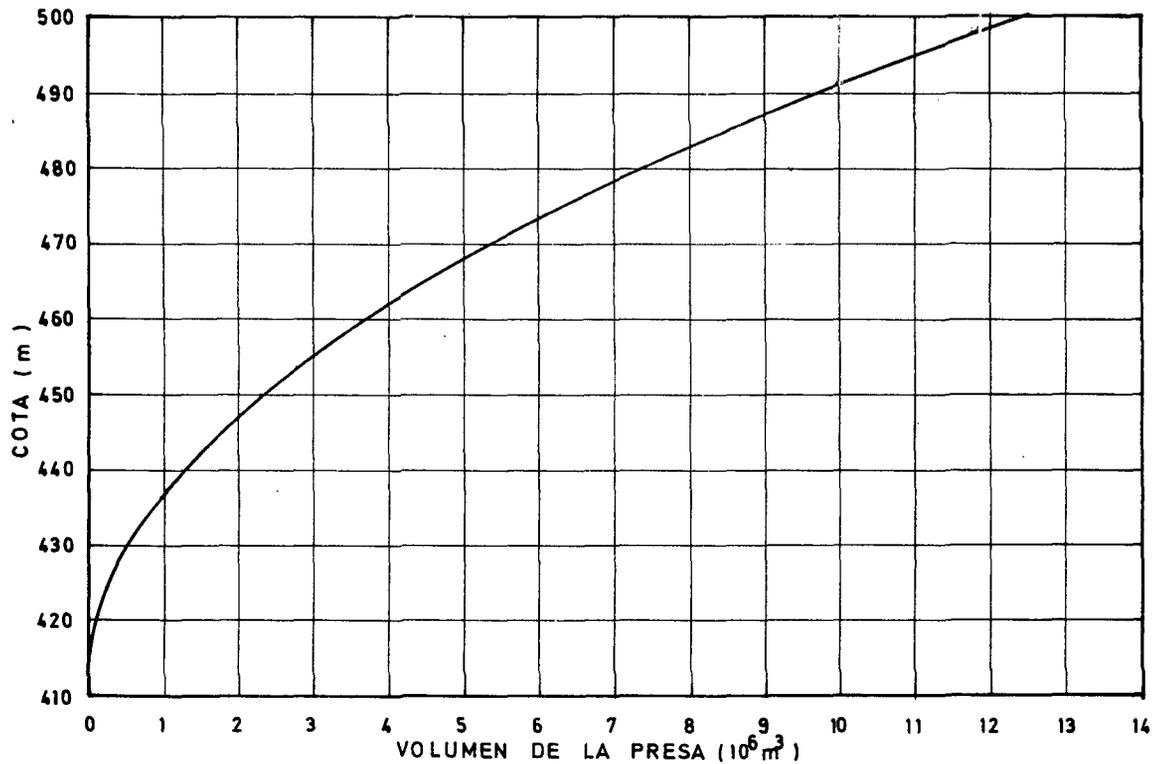
PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(A)



VOLUMEN DE LA PRESA

(B)



El volumen de la presa se ha estimado sobre la base de las medidas obtenidas del plano a escala 1:50 000. Estas han permitido deducir la curva de variación del volumen de la presa con su altura que se muestra en la Figura 31 B. Se ve que con la altura de 80 m la presa tendría un volumen del orden de los 9.7 millones de m<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista de la pendiente podría parecer conveniente ubicar el vertedero en el lado izquierdo del muro. Empero, en este lado los materiales de fundación son inapropiados para dicho objeto. En consecuencia, se recomienda en esta etapa preliminar localizar esta obra en el lado derecho del valle. Por la misma razón, se ha creído preferible ubicar también en ese lado el túnel para la desviación durante la construcción.

El caudal de diseño del vertedero se estima en unos 1 500 m<sup>3</sup>/s y el de las obras de desviación en 900 m<sup>3</sup>/s aproximadamente.

## G.2 Embalses

Según se observa en la Foto N° 31, el vaso de este embalse tiene una gran amplitud. No obstante, su capacidad es comparativamente pequeña debido a la fuerte pendiente longitudinal del valle.

En el gráfico A de la Figura 32 se han dibujado las curvas correspondientes a la superficie inundada y al volumen embalsado en función de la altura de la presa, deducidas de las medidas hechas en la carta a escala 1:50 000 ("Achibueno"). Se ve que con una altura de presa de 80 m se logra almacenar un volumen de 250 millones de m<sup>3</sup>, que es menos que el que apor-taría el río durante el período de llenado (abril-septiembre) del embalse de un año 85% seco.

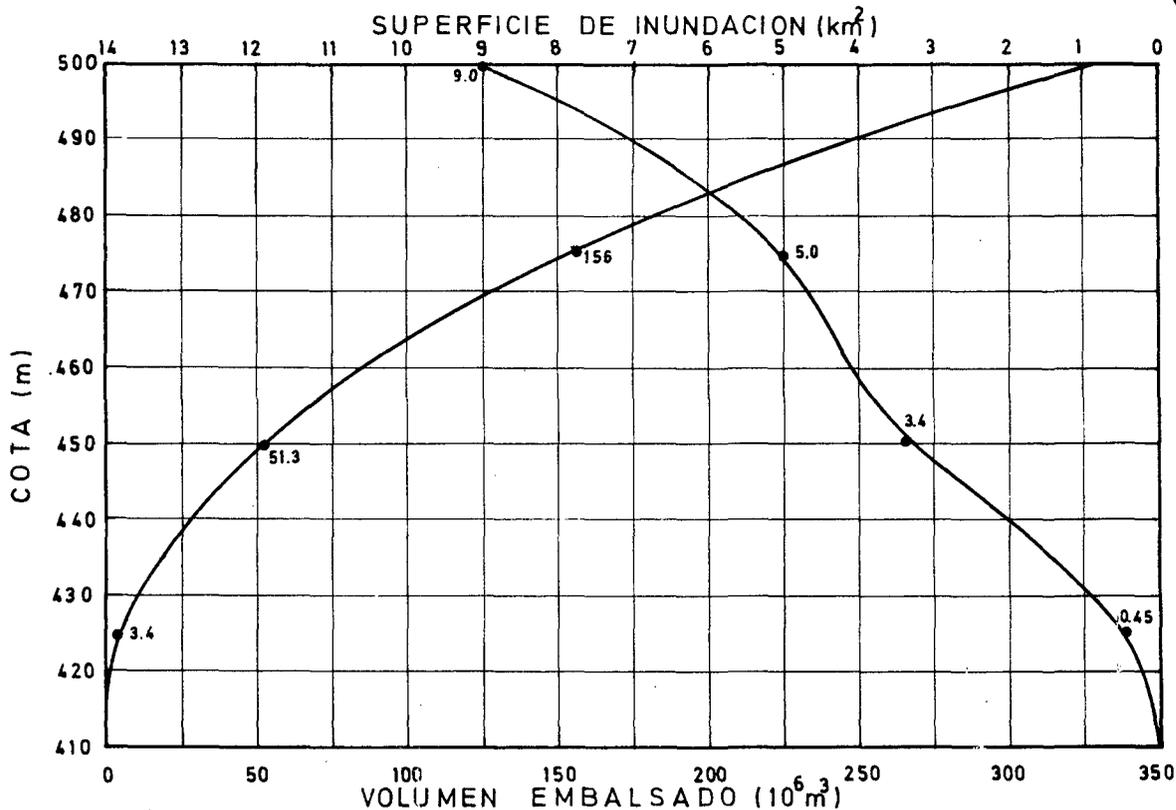
La zona por inundar corresponde mayoritariamente a terrenos de lecho de río cubiertos de materiales, que, salvo algunos sectores de reducida extensión, resultan inapropiados para la agricultura.

# EMBALSE MONTECILLOS RIO ACHIBUENO

FIGURA 32

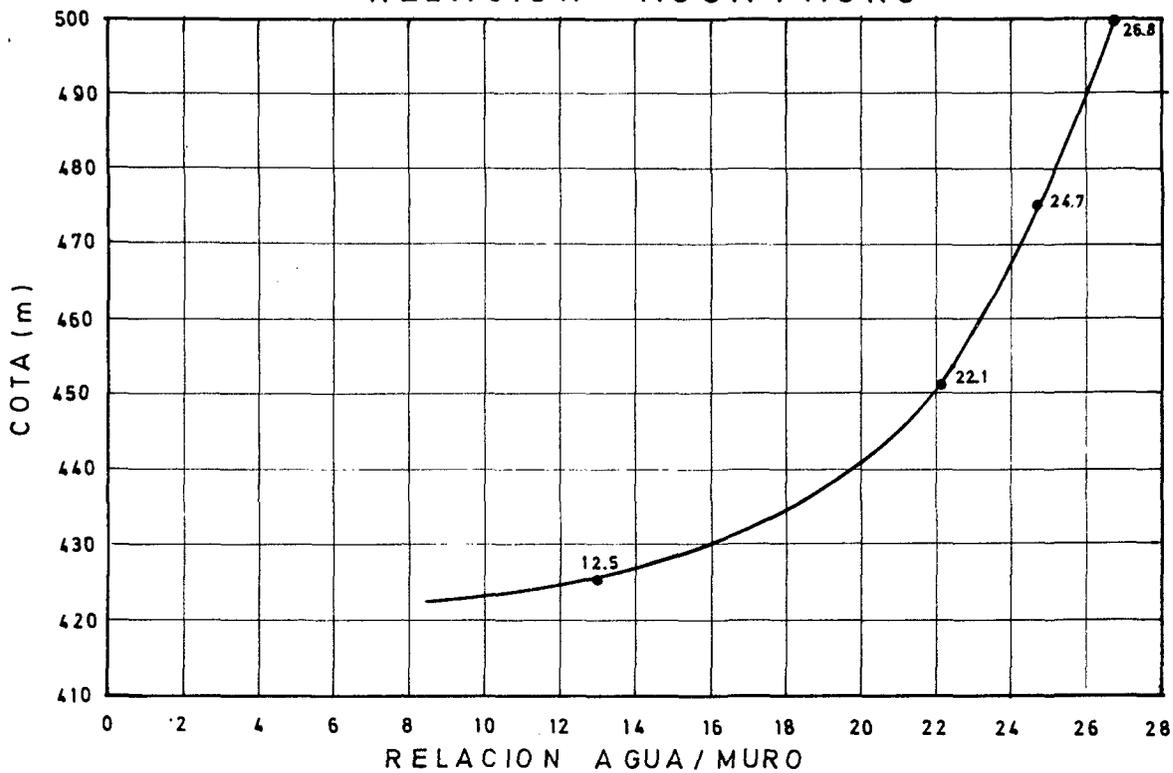
## CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE

(A)



## RELACION AGUA / MURO

(B)



### G.3 Obras de obra

Se obtiene convenientemente aprovechar el túnel de derivación como futura obra de entrega, instalando para ello en su interior un par de válvulas con su correspondiente dissipador de energía.

### M. Superficie por riego

El volumen acumulado en el embalse permitiría el riego de unas 19 200 ha ubicadas en el valle central, probablemente entre los ríos Achibueno y Longaví.

### I. Conclusiones

Muchado el estudio de los volúmenes embalsados con los de la presa para distintas alturas se ha deducido la curva de la relación agua/muro que se muestra en el gráfico B de la Figura 52. Como se puede ver, esta relación mejora con el aumento de la altura de la presa, alcanzando un valor igual a 26 para una altura de 80 m.

El bien la señalada tendencia de la relación agua/muro y la disponibilidad de recursos hídricos podrán hacer recomendable algunas mayores que la planteadas, las condiciones de fundación obligan a limitarla a ese valor.

La baja relación agua/muro que se lograría y las condiciones geológicas imperantes en la zona de fundación de la presa llevan a concluir que la posibilidad de embalse de Montecillo es positivamente antieconómica, por lo que no resultaría astrictivo continuar con su estudio. Sin embargo, teniendo presente la importancia que tiene para el riego de la zona lograr la regulación del río Achibueno, parecería preferible decidir su abandono o la consecución de sus estudios una vez que se conozca el monto de la inversión que, de acuerdo a los resultados de la planificación del riego de la cuenca del Maipo, se justificaría hacer en el Achibueno para conseguir el citado objetivo de regulación.

## b.5.2 EMBALSE COLLIGUAY

### A. Ubicación

El sitio de presa correspondiente a esta posibilidad de embalse se encuentra en el curso cordillerano del río Achibueno, en el tramo comprendido entre las confluencias de éste con los esteros Pejerreyas y Vega de Salas, e inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del estero Colliguay en el valle del Achibueno. Este lugar se puede ver en el esquema geológico de la Figura 30 y en el plano de ubicación de la Figura 33.

La angostura se localiza a una altura de 310 m sobre el nivel del mar, a la latitud de  $36^{\circ}1'$  sur y a la longitud de  $71^{\circ}24'$  oeste.

### B. Accesos

A este lugar se llega siguiendo el camino que parte de Linares para alcanzar al caserío de Llepo, junto al río Achibueno y que fué descrito en mayor detalle en el acápite (B) del embalse Montecillos (b.5.1). Desde Llepo se continúa hacia aguas arriba, siguiendo el camino que corre por la margen derecha (este) del río, hasta alcanzar la junta del estero Colliguay con el Achibueno.

El camino descrito se muestra en la Figura 33.

La distancia que hay que recorrer desde Linares para alcanzar el sitio de presa analizado es de 31 km.

### C. Hidrología

La cuenca del Achibueno comprendida aguas arriba de la angostura cubre un área de  $740 \text{ km}^2$ . Sobre esta superficie caen precipitaciones que varían, según la altura del lugar, entre 1 600 mm y 1 900 mm de promedio anual. Dichas



precipitaciones generan un caudal medio anual que, conforme a los datos fluviométricos de la estación de Achibueno en el Peñasco, sería de  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ . En un año 85% seco el valor anterior se reduce a unos  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El volumen anual que escurre con los caudales anteriores es de 1 100 millones de  $\text{m}^3$  en un año medio y de 780 millones de  $\text{m}^3$  en un año 85% seco. En el período comprendido entre abril y septiembre de un año de ese grado de sequedad el volumen transportado por el río sería de 450 millones de  $\text{m}^3$ .

#### D. Topografía

Todos los datos topográficos relacionados con esta angostura se han obtenido del plano a escala 1:50 000, que es el de mayor detalle entre los publicados hasta la fecha de esta zona.

En el sitio de presa elegido el valle alcanza un ancho basal de 600 m, presentando las laderas taludes medios de 2,3:1 en el lado izquierdo y de 1,4:1 en el derecho.

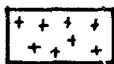
Las dimensiones aproximadas y la forma de la angostura se muestran en el corte transversal esquemático de la Figura 34 A.

#### E. Geología

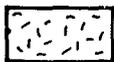
El lugar de emplazamiento de la presa tiene características bastante semejantes al resto de los sitios de presa estudiados en este río. En el lado derecho se encuentra la roca fundamental debajo de una cubierta relativamente delgada de escombros de falda. Esta corresponde probablemente a rocas intrusivas o formaciones estratificadas de rocas volcánicas de edad preterciaria. Se estima que en algunas zonas podrían estar bastante alteradas, a pesar de lo cual constituirían un apoyo aceptable para un muro de tierra o enrocado.

EMBALSE COLLIGUAY  
RIO ACHIBUENO

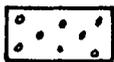
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR EL SITIO DE LA PRESA



ROCA FUNDAMENTAL QUE EN ALGUNAS ZONAS SE ENCUENTRA BASTANTE ALTERADA, CUBIERTA POR ESCOMBO DE FALDA DE POSIBLEMENTE POCO ESPESOR.

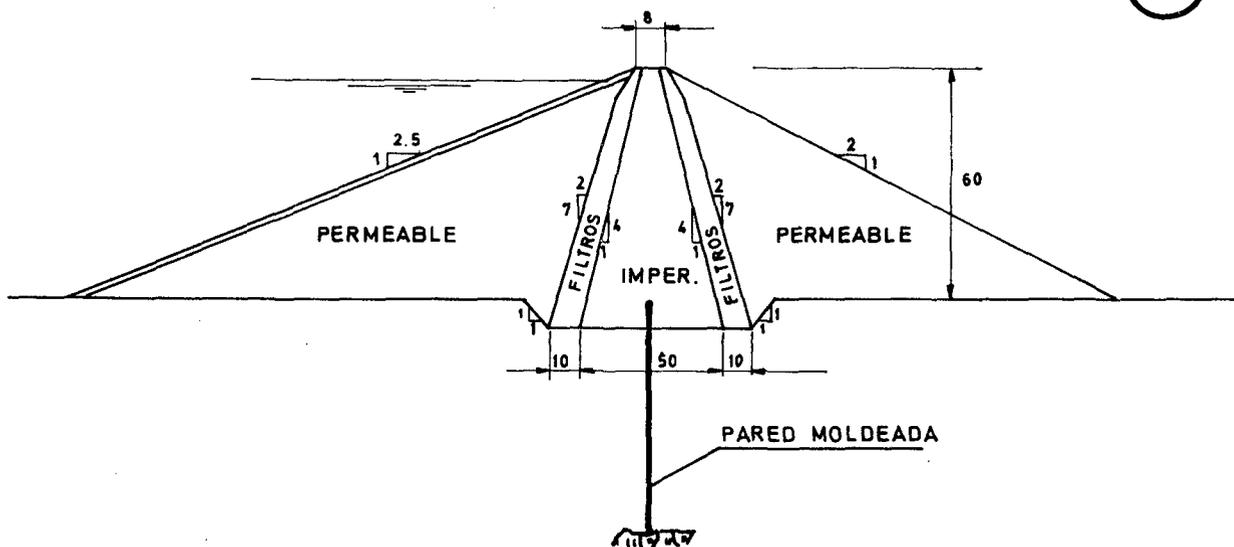


DEPOSITOS ATERRAZADOS DEL CUATERNARIO ANTIGUO -PRE ULTIMA GLACIACION. POSIBLES SEDIMENTOS GRUESOS CON INTERCALACIONES DE LAHARES.



DEPOSITOS FLUVIALES RECIENTES DE LA PLANICIE DE INUNDACION DEL RIO Y PEQUEÑAS TERRAZAS CUYA UBICACION NO SE INDICA EN EL PERFIL DEBIDO A LA ESCALA.

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA



En su lado izquierdo en cambio, se encuen-  
tran las mismas depósitos aterrazados del cuaternario antiguo  
que son típicos de todo este tramo del río. La composición exac-  
ta y características de estos depósitos aun se desconocen, aunque  
se piensa que una parte importante de ellos tendría que estar for-  
mada por los sedimentos gruesos con bolsones, ripio y arena que  
se ven aflorar en diversos lugares. Es posible también que exis-  
tan intercalaciones de lavas y hasta de flujos de lava que podrían  
haber descendido por el antiguo valle.

La geología de arriba se ha representado en el  
corte transversal adjuntado por el sitio de presa que se mues-  
tra en la Figura 34.

En resumen, estos tipos de materiales no cons-  
tituyen un empobrecimiento apropiado para una presa. Por el con-  
trario, son un gran medio peligroso. A pesar de ello, se esti-  
ma que si las necesidades del riego sonal exigen el aprovecha-  
miento de este sitio de presa, debería estudiarse en mayor de-  
talle antes de abandonarlo. Desde el punto de vista puramente  
geológico, el lugar parecería más apropiado para fundar una pre-  
sa que El Peñasco, y competiría favorablemente con Montacillos  
y La Recova.

Otro factor que también habría que estudiar  
con mucho detalle es el espesor del relleno fluvial reciente exis-  
tente en el curso del río, que es considerable en el caso de los  
diversos sitios de presa detenidas en el Achibuno. El lugar  
que posiblemente tiene el menor espesor de relleno parece ser  
La Recova, después Colligay y por último, con espesores bas-  
tante mayores. El Peñasco y Montacillos.

## Y. Geología

En lo referente a materiales para la presa y  
a tratamiento de la fundación, tiene validez todo lo explicado para  
el caso de la posibilidad de Montacillos, puesto que las condicio-  
nes que se presentan ahí son similares a las existentes en Colligay.

Como se explicó en el citado caso, los materiales permeables para la presa se podrían extraer del lecho del río, donde se encuentran en suficientes cantidades. Los impermeables se obtendrían de los depósitos lávricos del lado izquierdo.

Para evitar la fuga de las aguas embalsadas, habría que construir una pared maldenda que tendría que abarcar todo el ancho del valle y extenderse por lo menos unos 100 m en el lado izquierdo.

### G. Características de las obras de embalse.

#### G.1 Presa

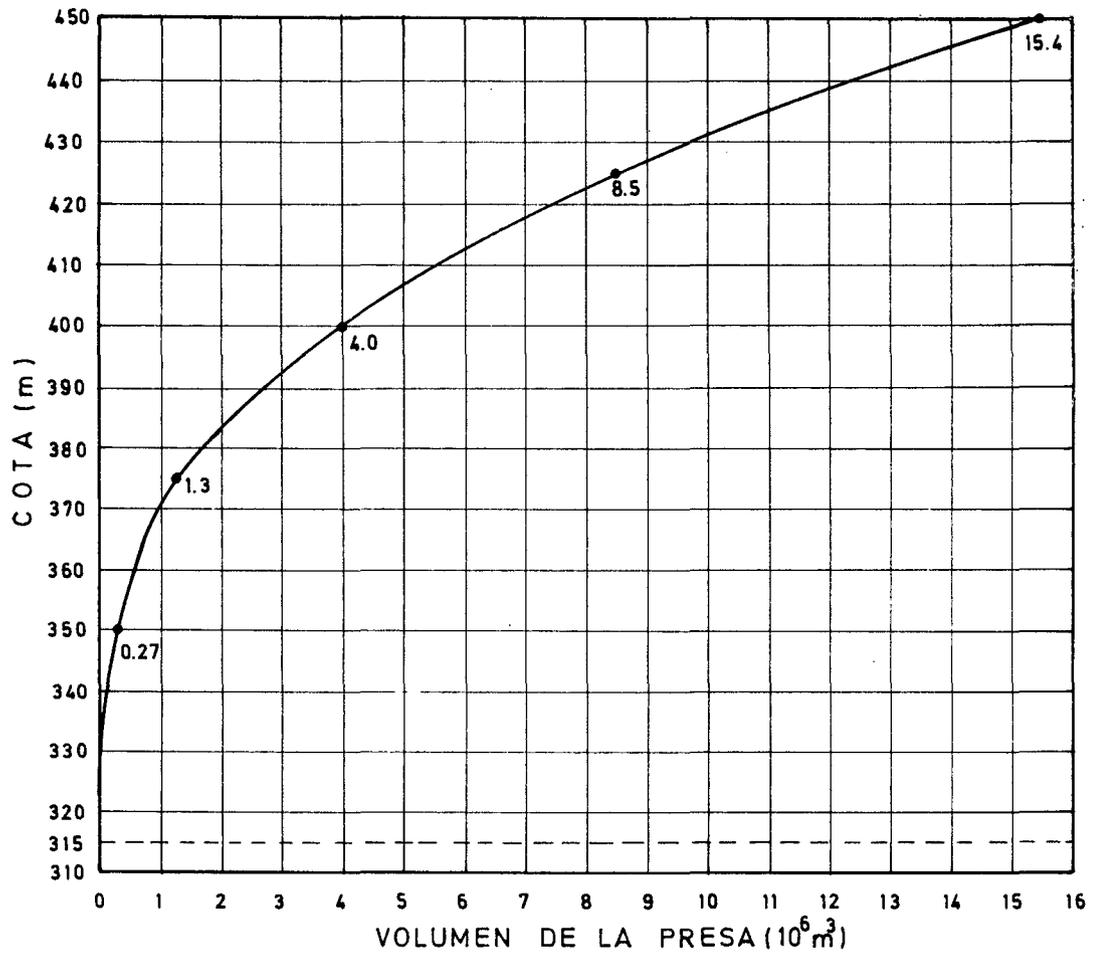
El tipo de presa que se considera más adecuada para este sitio es el por gravedad, con núcleo de espesor mínimo. La altura, que por condiciones de fundación no debería sobrepasar los 80 m, se ha fijado en 60 m para lograr una relación agua/muro convenientemente razonable, con lo cual el coronamiento alcanza una longitud de 740 m y un ancho de 8 m. Los taludes de los empalmes tienen inclinaciones de 2:1 en el lado de aguas arriba y de 2:1 en el lado de aguas abajo. La forma descrita de la presa se pueda apreciar en el corte por su eje longitudinal de la Figura 34 B.

Tal como en otras oportunidades, se ha estimado el posible volumen de la presa con diferentes alturas, basándose en su sección hecha en el plano a escala 1:50 000 (HCM). Los volúmenes resultantes se han representado en función de la altura en el gráfico de la Figura 35. De acuerdo a éste, con la altura propuesta de 60 m la presa tendría un volumen de 1,3 millones de m<sup>3</sup>.

Tanto el vertedero como las obras de desviación durante la construcción se estima que podría ser más favorable ubicarlas en el lado derecho, puesto que allí existen los materiales de la resistencia adecuada para fundar esas obras. La

EMBALSE COLLIGUAY  
RIO ACHIBUENO

VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



primera de estas obras se diseñaría para un caudal de unos 1 900 m<sup>3</sup>/s y la segunda para aproximadamente 1 300 m<sup>3</sup>/s.

## G.2 Embalse

Las curvas de áreas inundadas y volúmenes embalsados en función de la altura, deducidas del plano a escala 1:50 000, se han dibujado en el gráfico A de la Figura 36. En él se ve que con 60 m de altura de presa se logra embalsar un volumen de 118 millones de m<sup>3</sup>.

Como el volumen aportado por el río durante el período de llenado que va de abril a septiembre de un año 85% seco es de 450 millones de m<sup>3</sup>, puede razonablemente esperarse que el embalse se llene aun en los años más secos.

Las tierras que inundaría este embalse carecen de valor agrícola, ya que en su gran mayoría corresponden a terrenos ripiosos del lecho del río y a laderas de cerro, en que crecen sólo matorrales.

## G.3 Obras de entrega

Las válvulas de descarga del embalse se localizarían en el interior del túnel de desviación, donde se construiría una cámara capaz de disipar la energía del caudal descargado.

## H. Superficie por regar

Con el volumen acumulado en el embalse se estima que sería posible regar unas 9 100 hectáreas de terrenos agrícolas ubicados en el valle central entre los ríos Achibueno y Lengaví.

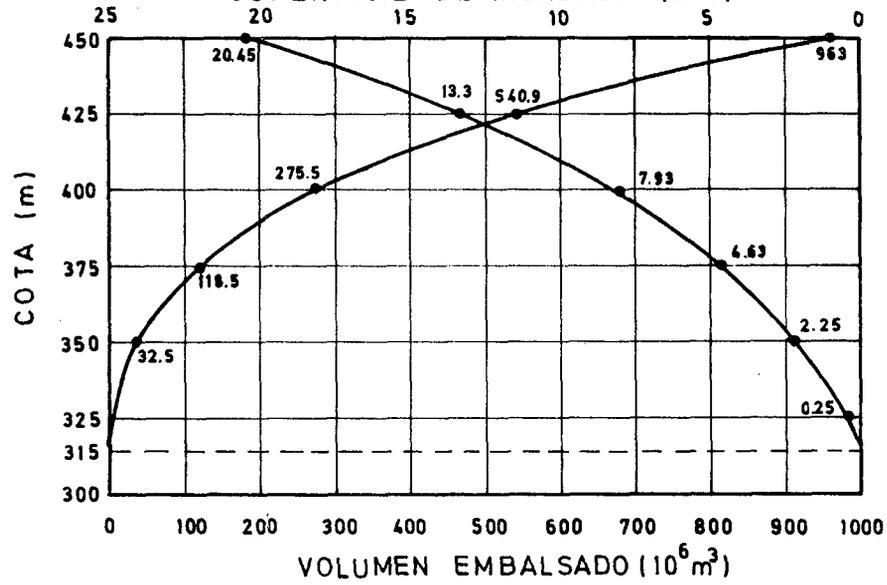
## I. Conclusiones

En el gráfico B de la Figura 36 se han representado los valores de la relación agua/muro deducidas de las

EMBALSE COLLIGUAY  
RIO ACHIBUENO

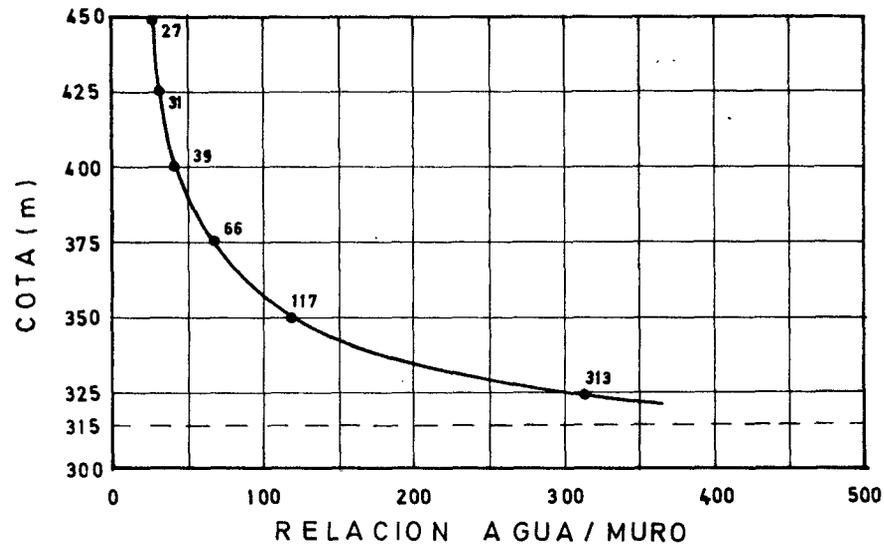
CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE  
SUPERFICIE DE INUNDACION (km<sup>2</sup>)

(A)



RELACION AGUA / MURO

(B)



curvas de los gráficos de la Figura 35 y 36 A. Se observa que las cifras correspondientes a dicha relación disminuyen a medida que aumenta la altura del muro.

Para compatibilizar la necesidad de embalsar un volumen suficientemente grande con la de obtener un valor económico aceptable de la relación agua/muro, se ha decidido provisionalmente diseñar la presa para una altura de 60 m. Con tal dimensión se logra una relación de 66, que en esta etapa de estudio puede considerarse como aceptable.

En todo caso, no se podrá elegir la altura más conveniente de esta presa sino hasta que se conozca con mayor precisión la necesidad de embalsar las aguas del Achibueno y la inversión que sería justificable hacer para regularlas.

### b.5.3 EMBALSE LA RECOVA

#### A. Ubicación

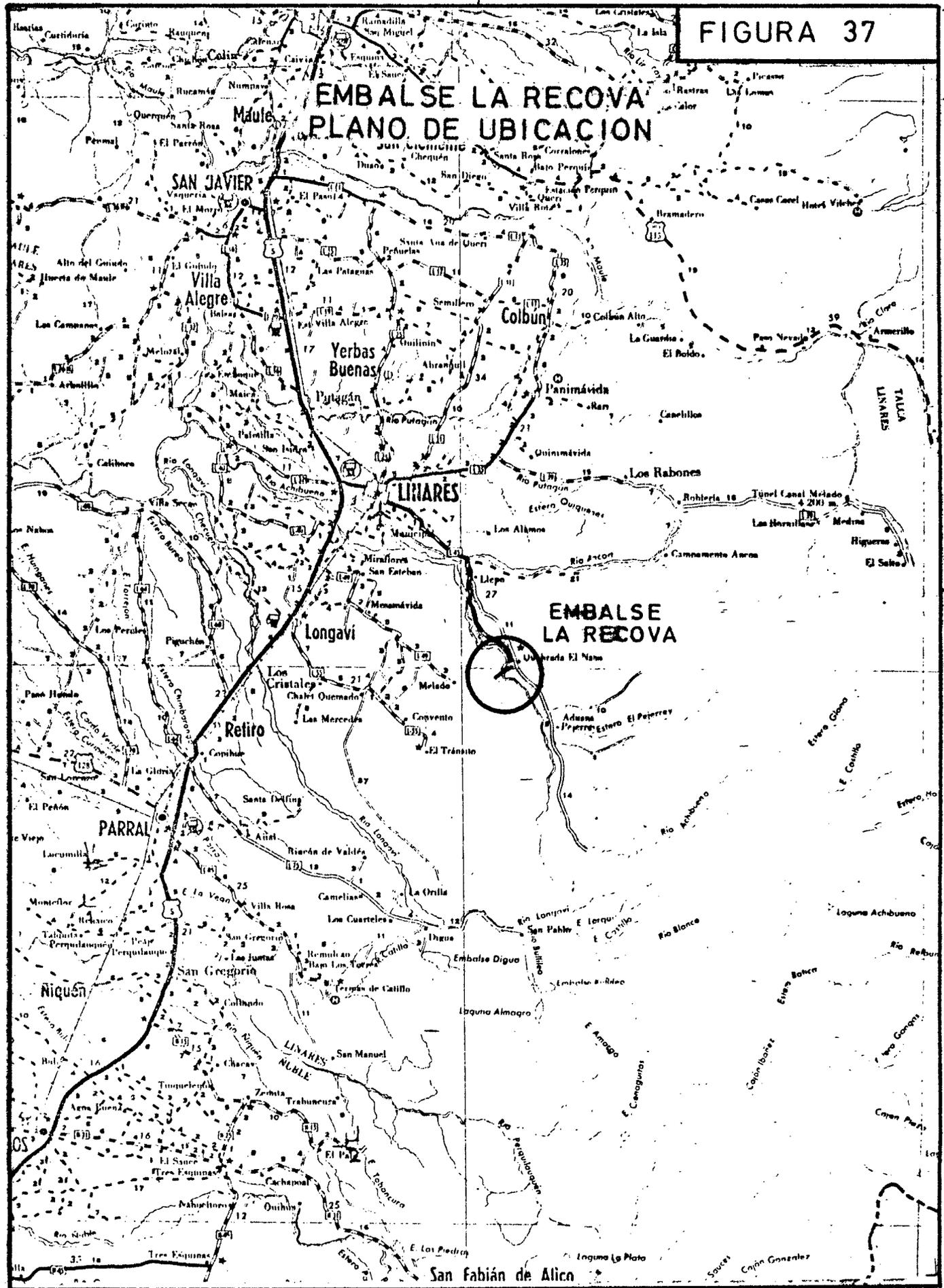
El sitio de presa elegido se encuentra unos 700 m aguas abajo de la confluencia del estero Vega de Salas con el Achibueno, a una altura sobre el nivel del mar de 290 m aproximadamente. Las coordenadas geográficas del lugar son de 36°5' de latitud sur y 71°26' de longitud oeste.

El sitio anteriormente individualizado se muestra en el plano de ubicación de la Figura 37.

#### B. Accesos

Se llega a este lugar siguiendo el camino que une Linares con el caserío de Llepo en el río Achibueno y que fue descrito detalladamente en el acápite (B) del embalse Montecillos. Desde Llepo hay que continuar por el camino que corre junto a la margen derecha del Achibueno por un tramo de 8 km. Después de este recorrido se llega al lugar de presa, como se puede ver en la Figura 37.

# EMBALSE LA RECOVA PLANO DE UBICACION



La distancia total entre Linares y el lugar elegido para implantar la presa es de 26 km.

### C. Hidrología

La cuenca total afluyente al lugar abarca una superficie de 858 km<sup>2</sup>, sobre la cual caen precipitaciones que varían de acuerdo a la altura entre 1 500 mm y 1 900 mm anuales en promedio.

El caudal promedio anual aguas abajo de la confluencia del estero Vega de Salas con el Achibueno se ha estimado en 41 m<sup>3</sup>/s., sobre la base de la estadística fluviométrica de Achibueno en El Peñasco. En un año 85% se reduciría a 29 m<sup>3</sup>/s.

Los volúmenes que los caudales anteriores aportarían serían de 1 290 millones de m<sup>3</sup> en un año medio y de 910 millones de m<sup>3</sup> en un año 85% seco. Durante el período de llenado del embalse correspondiente a un año de esa sequedad el volumen afluyente sería de 520 millones de m<sup>3</sup>.

### D. Topografía

La información topográfica más detallada que se ha podido emplear para analizar tanto el lugar de presa como la cuenca de embalse ha sido la extraída de las cartas Achibueno y Panimayán a escala 1:50 000 del IGM.

En la zona en que se fundaría la presa el ancho basal del valle es algo superior a 120 m. Las laderas de éste se muestran más bien suaves y asimétricas, presentando el lado izquierdo una pendiente media de 4:1 y el derecho una de 1,8:1. El aspecto que presenta esta zona se puede observar en las Fotos N° 34 y en el corte transversal esquemático de la Figura 38 A.

La cuenca de inundación es angosta pero larga y en ella queda comprendida toda la zona plana del valle del estero Vega de Salas y parte de la del estero Pejerreyes.

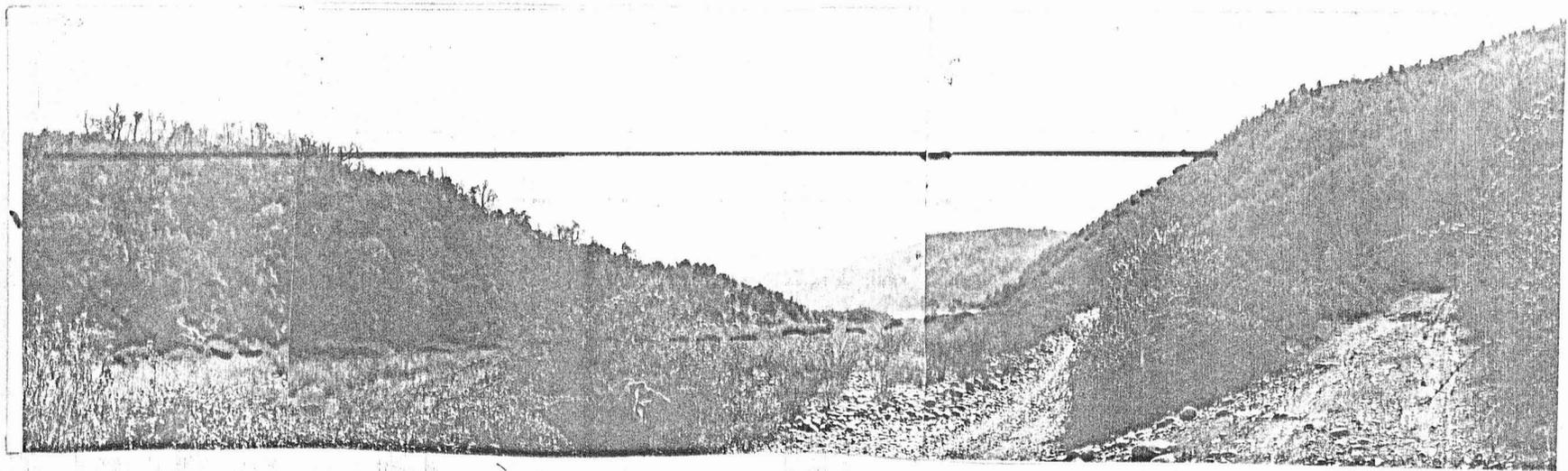
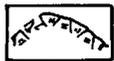
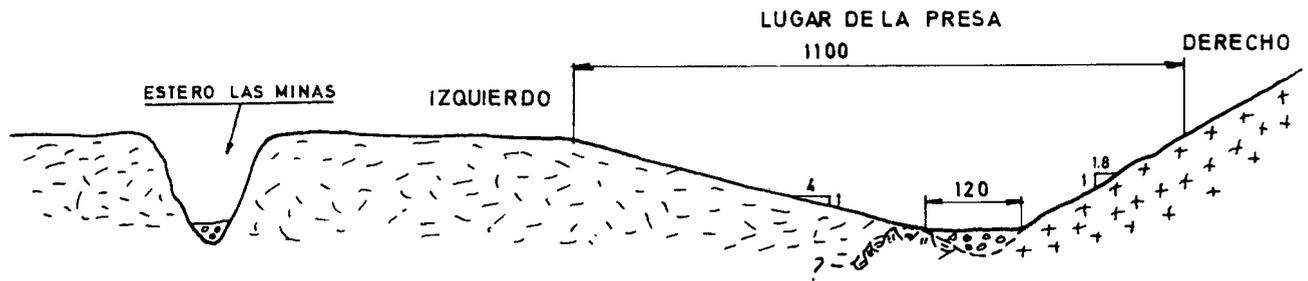


FOTO N° 34. Sitio de presa del embalse La Recova visto desde aguas arriba.

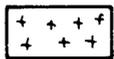
EMBALSE LA RECOVA  
RIO ACHIBUENO

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR EL SITIO DE LA PRESA

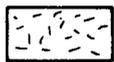
(A)



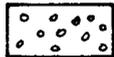
POSIBLE ROCA FUNDAMENTAL O ROCAS VOLCANICAS  
CARACTERISTICAS



ROCA FUNDAMENTAL



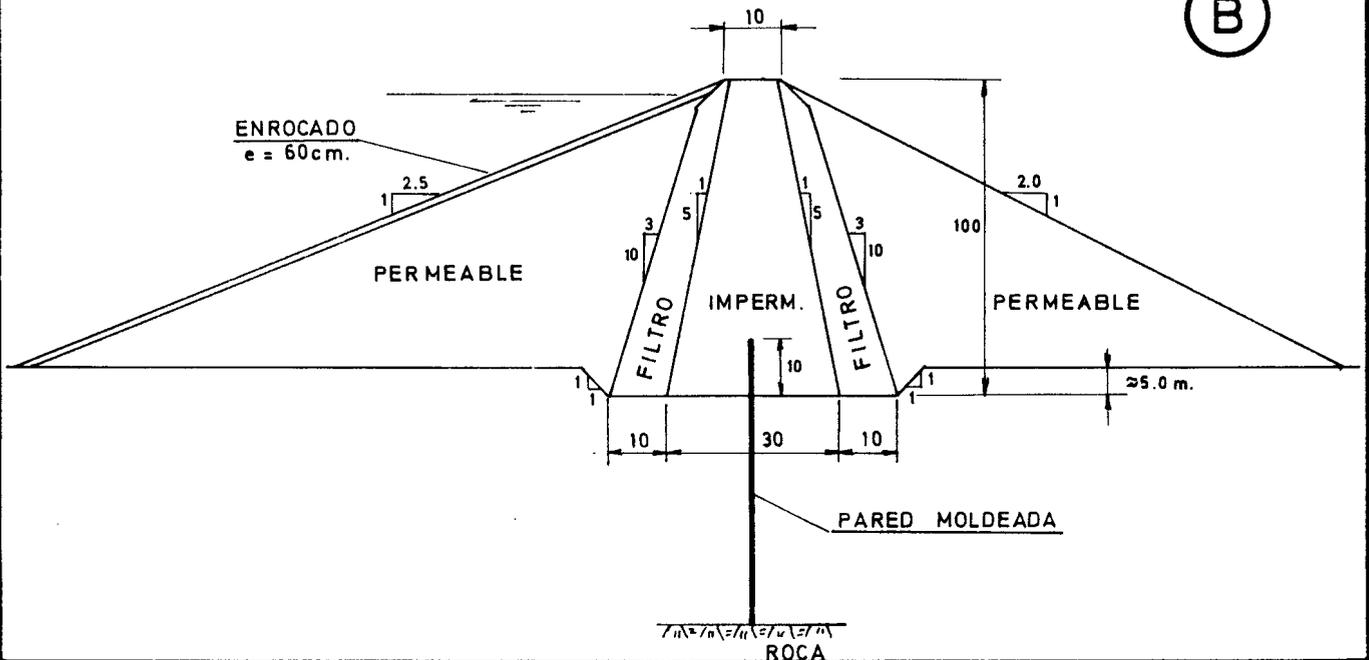
RELLENO SEDIMENTARIO CUATERNARIO ANTIGUO, FLUVIOGLACIAL  
GRUESO CON POSIBLES INTERCALACIONES DE LAHARES, LAVAS  
Y FLUVIALES NETOS.



SEDIMENTOS FLUVIALES RECIENTES DEL VALLE DEL ACHIBUENO

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(B)



## E. Geología

En este lugar de presa se pueden ver afloramientos de roca fundamental en el lado derecho del valle. En cambio en el izquierdo, al igual que en la zona de Montecillos, existen grandes depósitos sedimentarios terrazados del cuaternario. Sin embargo, cerca del lecho del río se observaron afloramientos recosos que podrían corresponder a roca fundamental o a materiales volcánicos cuaternarios intercalados.

En el lecho del río se encuentra el característico fluvial reciente, que es muy permeable, pero en esta zona podría tener menos espesor que en El Peñasco o Montecillos.

El corte geológico esquemático de la Figura 38 A y la interpretación geológica del valle mostrada en la Figura 30 ilustran la distribución de las unidades geológicas anteriormente citadas.

Se estima que el sitio de presa de La Recova ofrece algunas dudas debido principalmente al relleno sedimentario presente en el lado izquierdo y a que está cerca del extremo de una puntilla. Un pronunciamiento en una etapa más avanzada de los estudios exigiría algunas prospecciones para determinar las características de este empotramiento ya que si el relleno fuera muy permeable se podrían producir filtraciones importantes, difíciles de tratar, tanto hacia la puntilla como hacia la quebrada que está más al oeste (estero Las Minas).

A pesar de estos importantes reparos, no conviene desachar el sitio de presa en esta etapa, ya que aun no se ha comprobado con certeza las condiciones desfavorables que se presentarían en el lado izquierdo.

## F. Geotecnia

Desde el punto de vista de la fundación de la presa, es necesario enfatizar la situación insegura que se observa

en el empobrecimiento logrado, debido a la posibilidad de que se produzcan filtraciones hacia el cañero Las Minas.

En las creencias del sitio estudiado existen tanto los materiales permeables como los impermeables apropiados para la construcción de la presa. Los permeables pueden extraerse del lecho del río, donde se las encuentra en abundancia. Los impermeables se obtendrían de los flujos de barro conglutinados del lado izquierdo o bien a partir de los materiales provenientes de rocas desmenuzadas que existen a menos de 3 km de distancia del sitio de presa.

Suponiendo que el lado izquierdo tuviese las características que hechasen factible el emplazamiento de una presa en este lugar, sería indeseable contemplar la ejecución de una pared maldada de gran magnitud en el lecho del río, que pudiese unos 100 m en el lado izquierdo.

#### G. Características de las obras de embalsas

##### G.1 Presa

La presa que se ha considerado se adapta mejor a las características del lugar es la por serse con núcleo de espesor máximo. Si la fundación lo permitiese, convendría darle una altura de 90 m para que el embalse tenga una capacidad compatible con los recursos hidroeléctricos afluentes y también para lograr una relación agua/muro que sea económica.

El esbozo preliminar de la presa diseñada para este sitio tiene un ancho de 10 m y una longitud de 770 m. Sus taludes tienen inclinaciones de 2:3 : 1 y 2:1 en los lados de aguas arriba y de aguas abajo respectivamente. El núcleo está centrado y tiene pendientes de 1:5 en sus dos caras, como puede observarse en el corte por el eje longitudinal de la presa que se muestra en la figura 38 B.

Basándose en las dimensiones de la angostura obtenidas del plano a escala 1:50 000, se ha deducido la curva de

volúmenes de presa de función de la cota de coronamiento de ella que se muestra en el gráfico A de la Figura 39. De acuerdo a éste, con una altura de 90 m la presa cubricaría unos 5,8 millones de m<sup>3</sup>.

Tanto por condiciones de fundación como por longitud el vertedero converdría construido en el lado derecho de la presa. Su capacidad tendría que ser de unos 2 200 m<sup>3</sup>/s.

Las obras de desviación durante la construcción también tendrían que ubicarse a ese mismo lado, ya que allí existe roca y se logra además un menor desarrollo del túnel, punto que al rto después del sitio en estudio cambia su dirección hacia la derecha. La capacidad de las obras de desviación tendría que ser de unos 1 400 m<sup>3</sup>/s.

## C.2 Embalses

De los valores medidos en las cartas a escala 1:50 000 se han deducido las curvas de superficie inundadas y de volúmenes acumulados que se muestran en el gráfico B de la Figura 39. Según éste, con una presa de 90 m de altura se inundaría un área de 10,5 km<sup>2</sup>, dentro de la cual queda comprendida casi la totalidad de las tierras fértiles de los Valles Vega de Salas y Tejorropos.

El gráfico B muestra que el volumen embalsado podría ser de unos 450 millones de m<sup>3</sup>, cifra que se ajusta bien al afluente durante el período de llenado de un año 85% seco.

## C.3 Obras de entrega

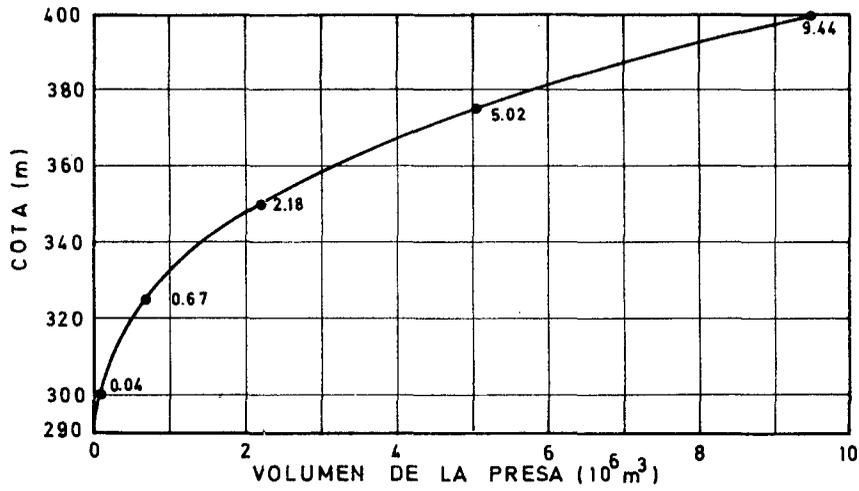
Estas se ubicarían en el interior del túnel de derivación y consistirían en dos válvulas de "chorro muco" con sus respectivas obras de amortiguación y disipación de la energía.

# EMBALSE LA RECOVA

## RIO ACHIBUENO

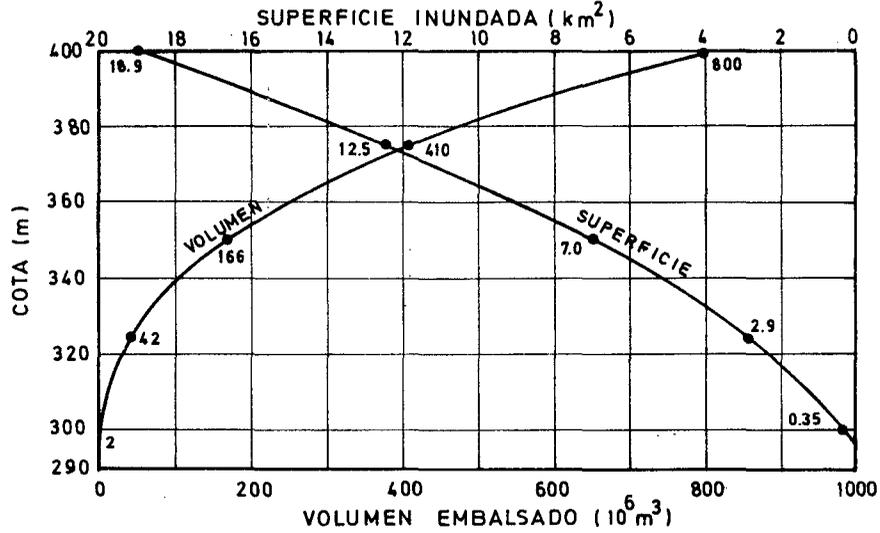
FIGURA 39

VOLUMEN DE LA PRESA



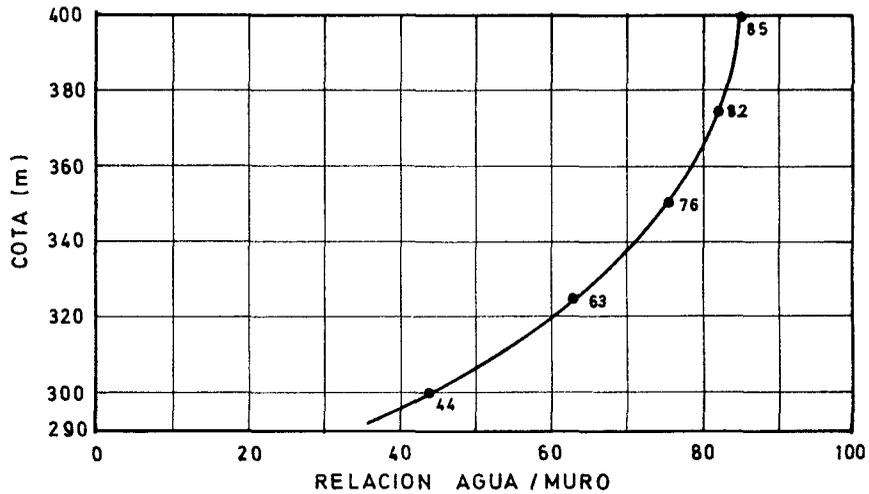
(A)

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE



(B)

RELACION AGUA / MURO



(C)

## H. Superficie por regar

Con el volumen del embalse sería posible regar unas 37 000 hectáreas de la zona del valle central comprendida entre los ríos Achibueno y Longaví.

## I. Conclusiones

De todas las posibilidades de presa preseleccionadas en el río Achibueno (Montecillos, Colliguay, La Recoya y El Peñón) ésta es la que presenta las características más interesantes. Según se puede ver en el gráfico C de la Figura 38, deducido de los dos anteriores (A, B) de esa misma figura, la relación agua/muro aumenta, aunque en forma amortiguada, con el incremento de la altura de la presa, alcanzando el valor de 83 para 100 m.

Por otra parte, las condiciones de fundación en el lado izquierdo se presentan muy dudosas, debido principalmente a la cercanía del valle del estero La Mina, y se requeriría de una importante pared maldorada para eliminar las filtraciones por el lecho del río. Además el embalse inundaría las tierras de mayor valor agrícola del valle del Achibueno.

Las razones planteadas ponen de relieve la necesidad que existe de contar con mayor información geológica y topográfica referente a este sitio de presa antes de poder emitir un juicio más definitivo respecto a su conveniencia.

## b. 5. 4 EMBALSE EL PEÑASCO

### A. Ubicación

El sitio de esta posibilidad de embalse se localiza donde el río Achibueno abandona su curso cordillerano para penetrar en el Valle Central. Dicho sitio está a 230 m sobre el nivel del mar, a la latitud de 35° 57' sur y a la longitud de 71° 29' oeste.

La ubicación anterior se muestra en la Figura 40.

### **B. Accesos**

La ubicación del sitio de presa denominado El Peñasco prácticamente coincide con la del villorio de Llepe a que se ha hecho referencia en la descripción de las demás posibilidades de embalse del Achibueno. En consecuencia, para llegar a El Peñasco hay que seguir el camino que conduce desde Linares hasta Llepe y que ha sido descrito en mayor detalle en el punto B del Embalse Montecillos. Dicho camino se ha destacado en la Figura 40.

La distancia que separa a El Peñasco de Linares es de 18 km.

### **C. Hidrología**

La extensión de la cuenca afluyente en el sitio de presa es de 946 km<sup>2</sup>. Sobre ésta caen precipitaciones que, conforme a la altura, varían entre 1 300 mm y 1 900 mm anuales.

El caudal promedio que da la estadística fluvio-métrica registrada en la estación de El Peñasco es de 45,4 m<sup>3</sup>/s. En un año 85% veces el valor medio anual se reduce a 32,0 m<sup>3</sup>/s.

En promedio, el volumen escurrido anualmente es de 1 430 millones de m<sup>3</sup>, cifra que disminuye a 1 000 millones de m<sup>3</sup> en un año 85% seco. El volumen correspondiente al período de llenado del embalse, comprendido entre abril y septiembre, en un año de ese grado de sequedad es de 975 millones de m<sup>3</sup>.

### **D. Topografía**

Los planos más detallados que han podido obtenerse de la zona relacionada con esta posibilidad de embalse son los a escala 1:50 000 del IGM. El área de embalse puede observarse en las cartas denominadas "Panimavida" y "Achibueno".



En el sitio de presa el valle tiene un ancho de 800 m. En el costado izquierdo se encuentra un macizo rocoso de paredes casi verticales y que probablemente es el que ha originado el nombre que se le ha dado al lugar. La ladera del costado derecho, en cambio, muestra un talud más suave, que baja hacia el río con una inclinación de 2:1.

El aspecto que presenta el lado izquierdo se puede ver en la Foto N° 34 y en mayor detalle en la Foto N° 35.

La cuenca que inundaría el embalse tiene un ancho basal que varía entre 800 m y 1 000 m. Unos 1 500 m aguas arriba del área de implantación de la presa existe en el lado izquierdo del valle un portezuelo, cuyo punto más bajo se ubica alrededor de la cota 280 m. Dicho portezuelo, que se ve en el extremo izquierdo de la foto panorámica N° 35, limitaría la subida de las aguas a la cota señalada, o bien tendría que construirse un pretil en este lugar si fuese conveniente sobrepasarla.

### E. Geología

El sitio de presa se encuentra prácticamente donde el Achibueno abandona su curso cordillerano para entrar en el Valle Central. Preponderantemente por la constitución geológica y morfológica del lado izquierdo, se estima que el sitio es poco apropiado para servir de fundación a una presa. En efecto, el esquema geológico de la Figura 38 y el corte esquemático de la Figura 41 permiten apreciar que ambos lados del valle en la zona del sitio de presa están constituidos por depósitos aterrazados del cuaternario antiguo. En esta región dichos depósitos consisten en fluvio-glaciales que posiblemente son permeables.

Cerca de la base del apoyo derecho aflora un espón de rocas preterciarias alteradas. En las partes superiores y laterales se observan los sedimentos aterrazados que cubren a este espón de roca. No se sabe como sigue el contacto entre la roca y los sedimentos hacia el interior de este apoyo, pero se estima muy probable que la roca esté restringida sólo a la parte inferior de éste. Por lo

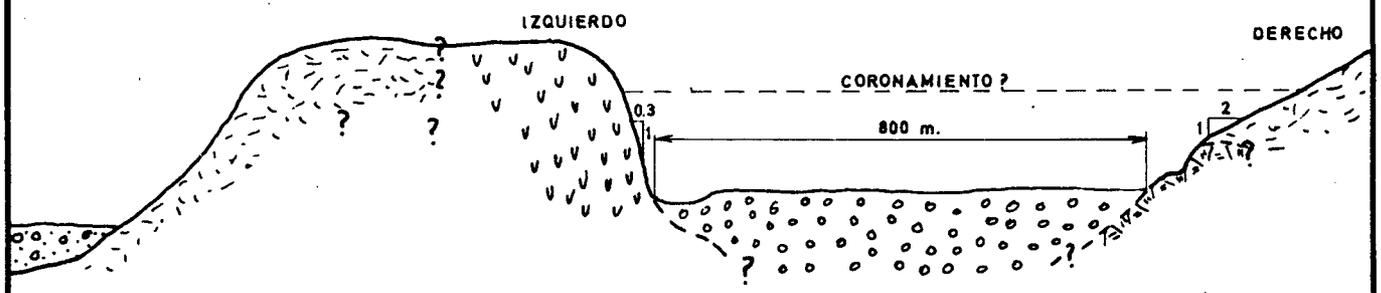


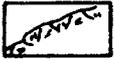
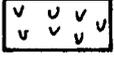
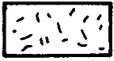
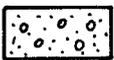
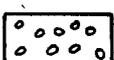
FOTO N° 35. Vista panorámica del lado izquierdo del valle. El sitio de presa se encuentra donde se ve el cerrillo sombreado de la izquierda.

EMBALSE EL PEÑASCO  
RIO ACHIBUENO

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR EL SITIO DE LA PRESA

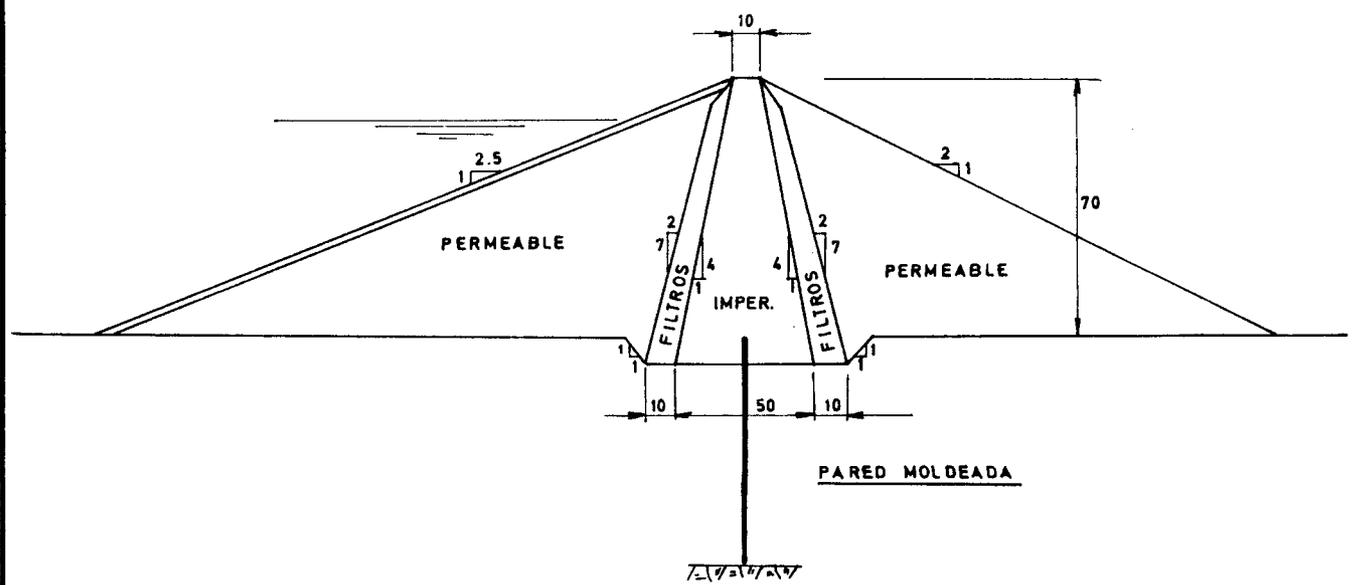
(A)



-  ESPOLON DE ROCA FUNDAMENTAL (ROCA ALTERADA)
-  NUCLEO BASALTICO
-  DEPOSITOS ATERRAZADOS DEL CUATERNARIO ANTIGUO (POSIBLE SEDIMENTOS GRUESOS CON INTERCALACIONES DE LAHARES)
-  RELLENO SEDIMENTARIO DEL VALLE CENTRAL
-  RELLENO FLUVIAL RECIENTE DE LA PLANICIE DE INUNDACION DEL RIO ACHIBUENO (SEDIMENTOS GRUESOS MUY PERMEABLES)

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

(B)



tante, la presa tendría que apoyarse obligadamente en materiales presumiblemente permeables y susceptibles de sufrir erosión retrógrada en la parte superior del citado apoyo.

En el lado izquierdo se presenta una situación semejante, aunque más desfavorable a causa de la morfología de ese lado. En este caso, se trata de la puntilla terminal de los cerros que conforman el lado oeste del valle del Achibueno, y que lo separan del Valle Central. Dicha puntilla está formada principalmente por sedimentos fluvio-glaciales aterrazados, semejantes a los del lado derecho, con posibles intercalaciones de flujos de barro o lahares.

Además, se observó que existe un núcleo aislado con forma de cuello volcánico, de roca color gris oscuro y con la típica disyunción prismática de los basaltos columnares. Este núcleo se muestra en las Fotos N°s 36 y 37.

Se desconoce el origen de este núcleo y su relación con la geología del lugar, como también su contacto con los sedimentos que lo rodean. Se cree que representa un cerrillo aislado rodeado y parcialmente cubierto en su lado poniente por los sedimentos aterrazados que se piensa pueden ser permeables.

De acuerdo a lo expuesto se llega a la conclusión que, desde el punto de vista geológico, el sitio analizado se ve muy poco atractivo para servir de fundación a una presa. Podrían presentarse numerables problemas de filtraciones en ambos apoyos. Es posible que estos problemas pudiesen remediarse un forma relativamente fácil en el lado derecho, pero en el izquierdo serían mucho más difíciles de solucionar. A esto hay que agregar el grueso espesor de los sedimentos fluviales recientes presentes en el lecho del río, que requerirían de un costoso tratamiento de impermeabilización.

Atendiendo puramente a los aspectos geológicos del lugar estudiado, se estima conveniente desecharlo como fundación de una presa. Sólo si existieran otras razones muy justificadas cabría insistir en la conveniencia de llevar a cabo estudios geológicos más acabados en el lugar.

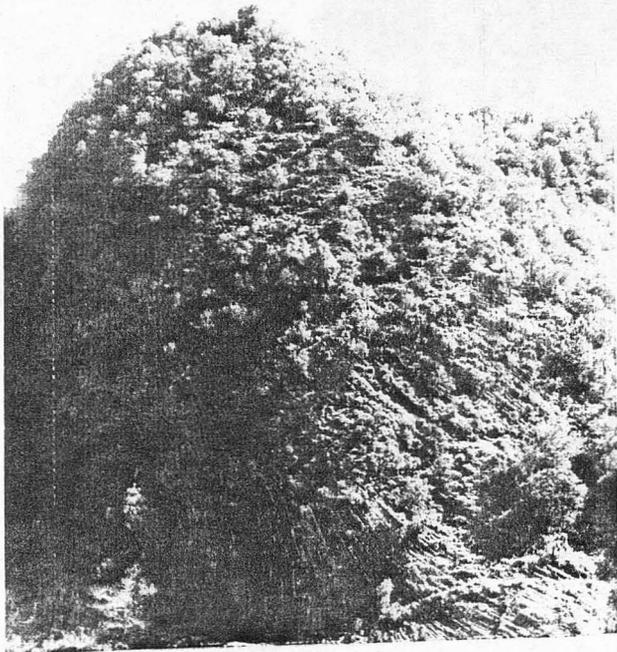


FOTO N° 36.

Cerrillo basáltico que formaría parte del empotramiento izquierdo de la presa.



FOTO N° 37. Sitio de presa El Peñasco. Vista del lado izquierdo desde el derecho. Se destaca el cerrillo constituido por el núcleo basáltico y sedimentos aterrazados que lo rodean por su lado poniente. Hacia el lado derecho de la foto se abre el valle central.

## F. Geotecnia

Lo expuesto en el punto anterior y lo observado en el terreno permiten afirmar que el lecho del río está relleno con fluviales gruesos, los cuales probablemente tienen un espesor de varias decenas de metros. Además, en el lado derecho existen materia les fluviales posiblemente permeables y en el izquierdo se observan basaltos prismáticos, formaciones que presentan una alta permeabilidad.

Por otra parte, el cordón de cerros que forma el lado izquierdo del valle, en el que se presentan basaltos y otros materiales volcánicos, es relativamente angosto, por lo que podrían producirse filtraciones hacia el Valle Central.

En consecuencia, desde el punto de vista geotécnico tampoco resulta recomendable la construcción de una presa en el sitio analizado. Es fácil prever que podrían generarse pérdidas importantes y problemas de estabilidad en los empotramientos.

## G. Características de las obras de embalse

A pesar de las conclusiones negativas derivadas de los estudios geológicos y geotécnicos del sitio de presa, se expondrán brevemente las características de las obras de embalse que podrían realizarse en este lugar, como una manera de proporcionar argumentos adicionales para enjuiciar este sitio de presa.

### G.1 Presa

El tipo de presa adecuado para el lugar sería el por zonas, con taludes y forma similares a las propuestas para los otros lugares de presa ubicados en el río Achibueno hacia aguas arriba.

Para aprovechar bien los recursos hidrológicos en un año seco, la presa tendría que tener una altura superior a la que permite las limitaciones topográficas del lugar, que es del orden de 70 m. En consecuencia, a la presa tendría que dársele esa altura.

La variación del volumen de la presa con la altura, calculada sobre la base de las medidas hechas en el plano a escala 1:50 000, se ha representado en el gráfico de la Figura 42. Como puede verse en él, para la altura máxima de 70 m la presa tendría un volumen de unos 12 millones de  $m^3$ .

El verdadero podría ubicarse en el lado derecho de la presa, o bien en el portenuele del lado izquierdo del valle que se sitúa a 1,5 km aguas arriba de la presa. Su capacidad podría ser del orden de 1 500  $m^3/s$ .

Las obras de desviación podrían evitarse construyendo la presa por partes, ya que el ancho del valle se presta para ello. Sin embargo, como las obras de vaciado requerirán de un túnel para la entrega de las aguas, bien podría usarse éste como obra de desviación durante la construcción de la presa. El túnel convendría perforarlo en el lado izquierdo del río, a través del núcleo de roca basáltica, y tendría que tener una capacidad de unos 1 000  $m^3/s$ .

### G. 2 Embalse

Las curvas de superficies inundadas y volúmenes acumulados en función de la altura de la presa, deducidas del plano a escala 1:50 000, se muestran en el gráfico A de la Figura 43.

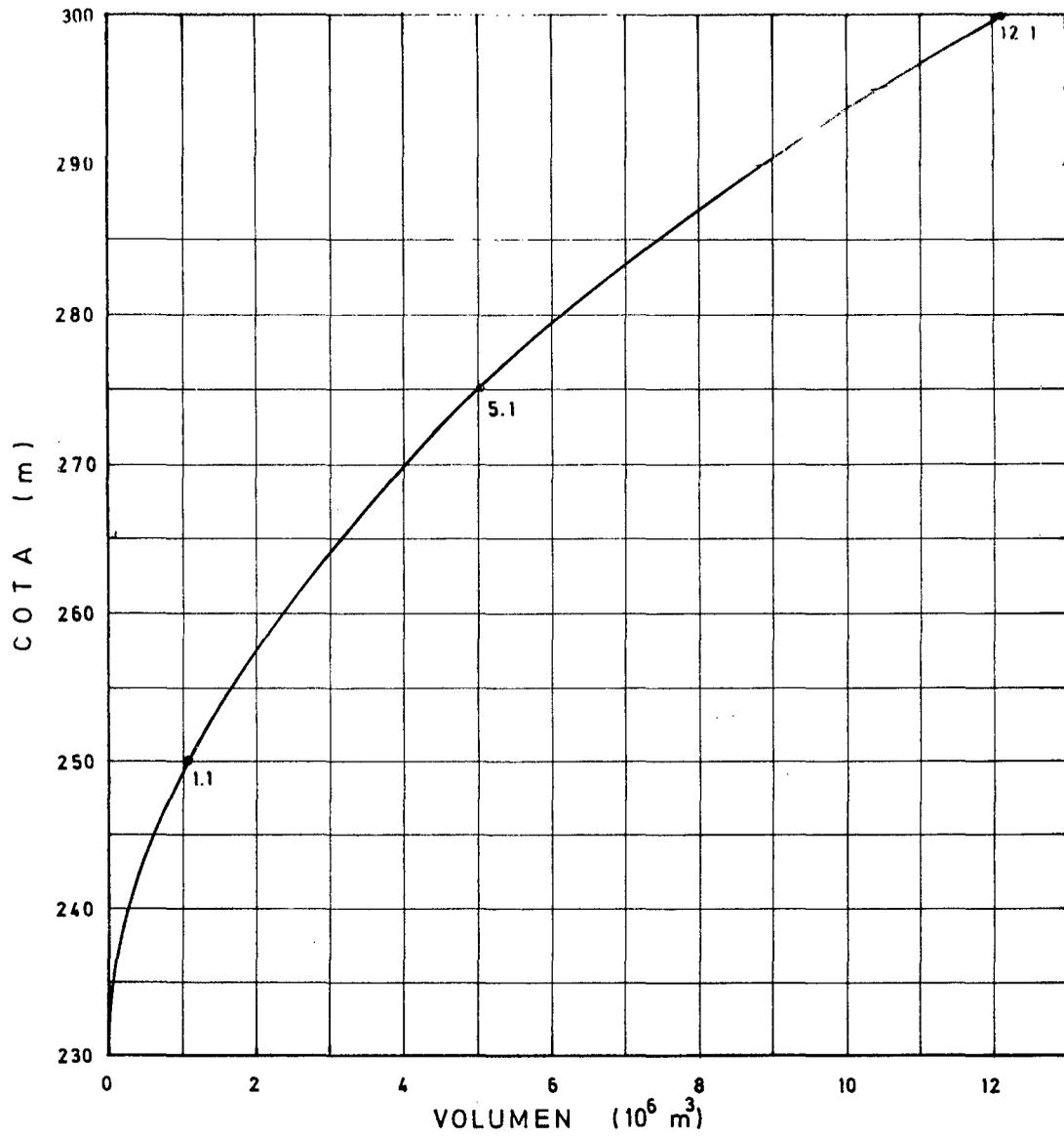
Conforme a ese gráfico, se inundaría una superficie de casi 11  $km^2$ , pero que carece de valor agrícola, ya que en su mayor parte corresponde a lecho de río y laderas de cerros inaptas para cultivos. El volumen máximo que podría acumularse sería de unos 350 millones de  $m^3$ , cifra que representa apenas un 60% de los recursos hídricos del período de llenado de un año 85% seco.

### G. 3 Obras de entrega

Las válvulas de descarga se alejarían en el interior de un túnel que tendría que perforarse a través de las rocas basálticas del lado izquierdo.

# EMBALSE EL PEÑASCO

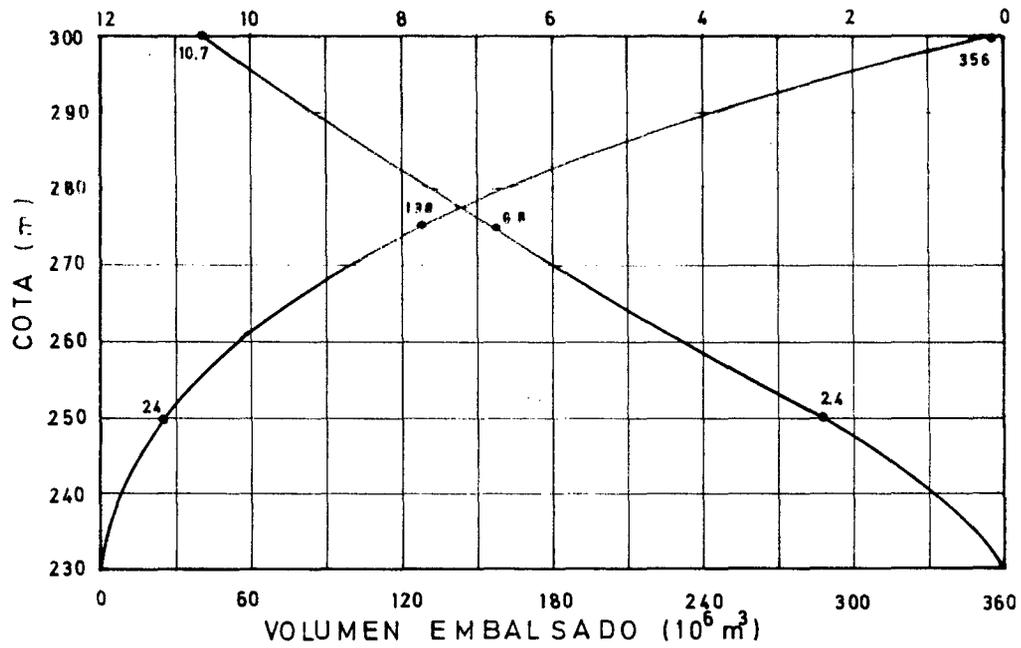
## VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



EMBALSE EL PEÑASCO

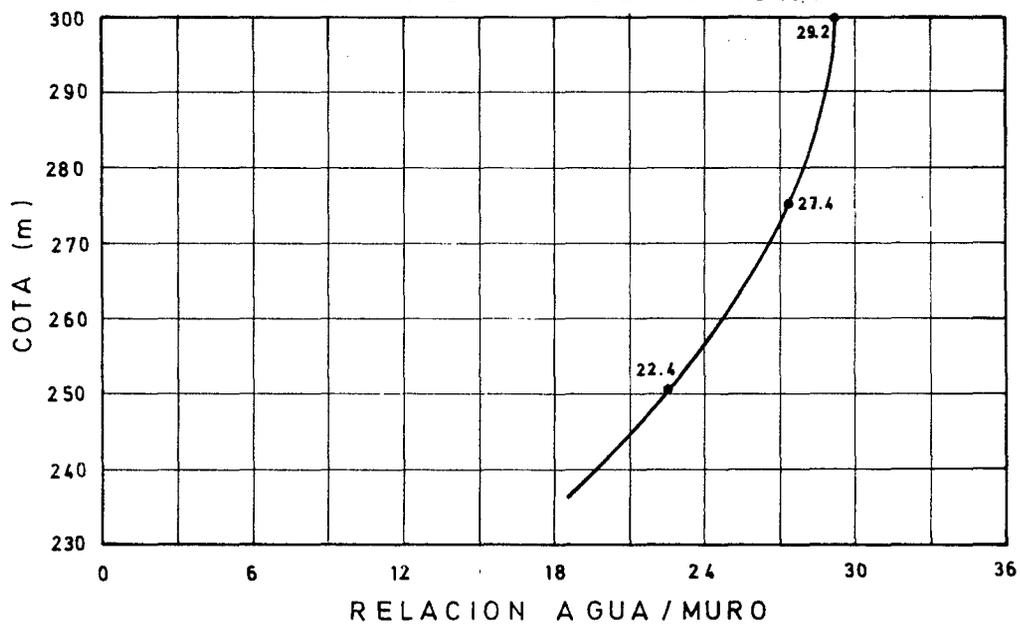
CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE  
SUPERFICIE DE INUNDACION (km<sup>2</sup>)

(A)



RELACION AGUA / MURO

(B)



## H. Superficie por regar

El volumen embalsado se prestaría para regar unas 27 000 hectáreas de terrenos agrícolas ubicados en el valle central entre los ríos Achibueno y Longaví.

## I. Conclusiones

De los valores expuestos en las Figuras 42 y 43 A, se ha deducido el gráfico de la Figura 43 B, que muestra la variación de la relación agua/muro con la altura de la presa. Como puede observarse esta relación mejora con el aumento de la altura de la presa, aunque en forma amortiguada. El máximo valor que se logra es de 29, lo cual se considera deficiente, y quita todo atractivo económico a esta posibilidad de embalse.

Si a este hecho se agregan las graves dudas que plantean los estudios geológicos y geotécnicos, se puede aseverar con confianza que esta posibilidad de embalse debe desecharse en la presente etapa de estudio preliminar.

## CONCLUSIONES QUE SE DERIVAN DEL ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE EMBALSE DEL RIO ACHIBUENO

De las cuatro posibilidades preseleccionadas en el río Achibueno, la que se estima más conveniente es la que se ha denominado La Recova. Esta presenta una capacidad de embalse comparable a los recursos hidrológicos disponibles durante la época de llenado de un año seco. Además la relación agua/muro que se puede lograr en este sitio es muy superior a la obtenida en los otros lugares analizados, y suficientemente alta como para pensar que este embalse podría ser económico.

En lo referente a la fundación, puede decirse que las condiciones geológicas y geotécnicas que se observan en el lecho del río y en su lado derecho son iguales o más favorables que las existentes en Montecillos, Colliguay y El Peñasco.

En cambio en el lado izquierdo, a pesar de haber roca a la vista en su parte inferior, las condiciones geotécnicas podrían ser más desfavorables, debido a la escasa distancia que separaría al empotramiento de la presa del estero Las Minas y a la cercanía de la puntilla terminal del lado izquierdo.

Se estima que para poder llegar a un pronunciamiento definitivo sobre la posibilidad de materializar la presa de La Receva sería necesario efectuar algún trabajo adicional en el terreno y llevar a cabo prospecciones tendientes a despejar las dudas relativas al empotramiento izquierdo de la presa.

## b. 6 RIO LONGAVI

Inicialmente en este río se consideró de interés sólo una posibilidad de embalse, que es la denominada Longaví, y que había comenzado a ser analizada con anterioridad por la Dirección de Riego. Sin embargo, debido a las dudas relacionadas con su conveniencia que han surgido en el curso de este estudio, se ha decidido afrontar más adelante el análisis del antiguo proyecto denominado Las Guardias, que se ubica cerca de la confluencia de Bullileo con el Longaví.

### b. 6. 1 EMBALSE LONGAVI

#### A. Ubicación

El sitio de presa de este embalse se ubica en el curso cordillerano del río Longaví, inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Blanco con el Longaví. El citado lugar se encuentra a unos 610 m sobre el nivel del mar, a una latitud de  $36^{\circ}16'$  sur y a una longitud de  $71^{\circ}20'$  oeste. En la Figura 44 se puede ver su localización.

#### B. Accesos

Existen dos caminos convergentes que conducen hasta las cercanías de la confluencia de los ríos Blanco y Longaví, pero que parten de distintos lugares. El primero se separa de la Panamericana a unos 3 km al sur del poblado denominado Retiro y se dirige en dirección sureste hacia el embalse de Bullileo. Este camino es de tierra, pero se encuentra normalmente en buen estado y puede ser usado en toda temporada del año hasta el caserío de Digua. El segundo camino es el que va de Parral a las Termas de Catillo y que al igual que el otro, es de tierra y se encuentra en buen estado a lo largo de todo el año. Desde las Termas de Catillo se prolonga hacia el noroeste hasta Digua, donde se junta con el primer camino que viene de Retiro.

A partir de Digua se sigue por un camino que corre junto al río Longaví hasta la confluencia con el estero Bullileo,



donde se bifurca en dos, uno de los cuales sigue hasta el embalse de igual nombre. Continuando por el que sigue por la margen izquierda del Longaví se llega a un puente en que el camino crusa para seguir por la margen derecha. Poco más allá hay que vadear el estero Mellico, lo cual puede hacerse en vehículos sólo si el cruce se ve favorable. Desde el vado del Mellico el camino se prolonga en forma de una huella más apta para carretas que para un vehículo motorizado, por lo que para alcanzar hasta la confluencia Longaví-Blanco, al menos en invierno y primavera, es preferible seguir a caballo.

En total, entre Retiro y la citada confluencia, la distancia que hay que recorrer es de unos 51 km. Entre Parral y la confluencia la distancia es de 47 km. Los dos caminos en referencia se muestran con línea destacada en la Figura 44.

### C. Hidrología

La hoya afluente al sitio de presa comprende una superficie de unos 450 km<sup>2</sup>, sobre la que caen precipitaciones que varían entre 2 000 mm y 2 600 mm anuales, según sea la altura del lugar. Si se acepta que esta cuenca tiene el mismo rendimiento por unidad de hoya que se registra en la estación fluviométrica de Longaví en La Quiriquina, ubicada hacia aguas abajo, a la cota de 470 m, el caudal promedio en la angostura debe ser del orden de 31 m<sup>3</sup>/s. En un año 85% seco el promedio anual se reduciría a 21 m<sup>3</sup>/s, pero durante la época de llenado del embalse, de abril a septiembre de ese año seco, sería de 27 m<sup>3</sup>/s.

El volumen que aportaría el río en un año 85% seco sería de unos 660 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 430 millones de m<sup>3</sup> corresponderían al período de llenado del embalse.

### D. Topografía

La información topográfica que se posee de este embalse proviene de un plano a escala 1:500 de la zona de fundación de la presa, y otro a escala 1:5 000 de la cuenca de embalse, ambos hechos por la Dirección de Riego en 1964. En estos dos planos se

han detectado ciertas discrepancias con respecto a lo observado en el terreno y en las fotos, por lo que se recomienda su revisión.

La topografía zonal se ha examinado en los planos a escala 1:50 000 "Bullileo" y "Achibuene" del IGM.

Agua arriba de su confluencia con el río Blanco el Lengaví escurre a lo largo de una garganta rocosa de unos 3 500 m de extensión y de paredes casi verticales que se observa en las fotos aéreas N° 38 y 39. Al llegar a la confluencia con el Blanco el valle comienza a ensancharse, pero sus paredes de roca se mantienen abruptas, de modo que la zona se presta para servir de fundación a una presa. Unos 1 000 m aguas abajo de la confluencia la roca que conforma el lado derecho del valle desaparece y el valle adquiere las características propias de los ríos cordilleranos y que se pueden observar en la Foto N° 40, tomada desde 6 km aguas abajo de la junta Blanco-Lengaví.

El río Blanco también llega a la zona de la confluencia después de pasar por una estrecha garganta con acantilados de más de 100 m de altura en ambos lados del río.

El sitio de presa elegido está inmediatamente aguas abajo de la confluencia Lengaví-Blanco. El aspecto que ofrece este lugar se puede ver en la foto aérea N° 42, que la muestra desde arriba, y en la Foto N° 41 en que se la ve desde unos 2 000 m aguas abajo. En su base la angostura tiene un ancho de 20 a 30 m, que aumenta a unos 220 m a una altura de 70 m sobre el río. Las pendientes medias de sus laderas son de 1:1 en el derecho y de 1,8:1 en el izquierdo.

La forma descrita se ilustra esquemáticamente en el corte transversal A de la Figura 45.

En la zona de inundación el valle es en general algo más ancho que en la angostura, pero es lo suficientemente estrecho e inclinado longitudinalmente como para que el volumen embalsado en él resulte muy reducido.

FOTO N° 38.

Vista aérea de la garganta  
rocosa por la que escurre  
el Longaví aguas arriba de  
su confluencia con el río  
Blanco.

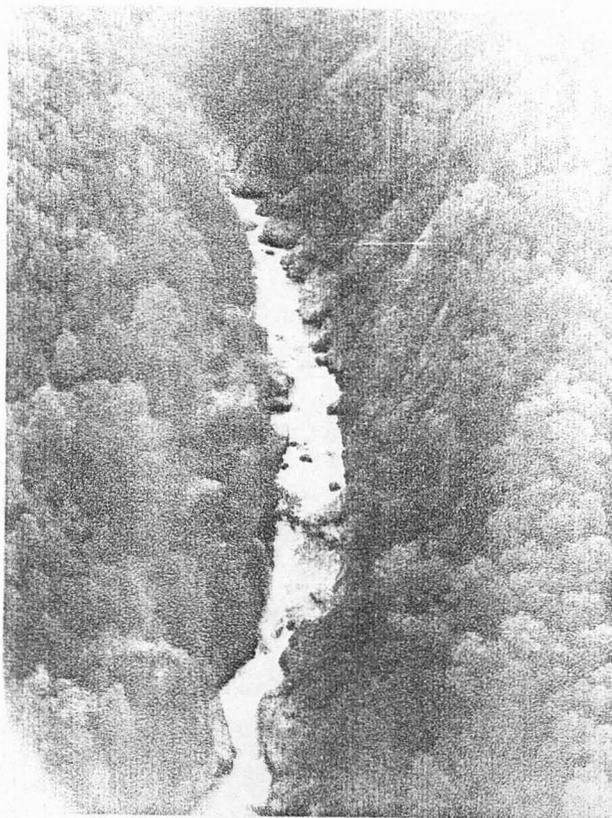


FOTO N° 39.

Continuación del cañón rocoso  
del río Longaví.

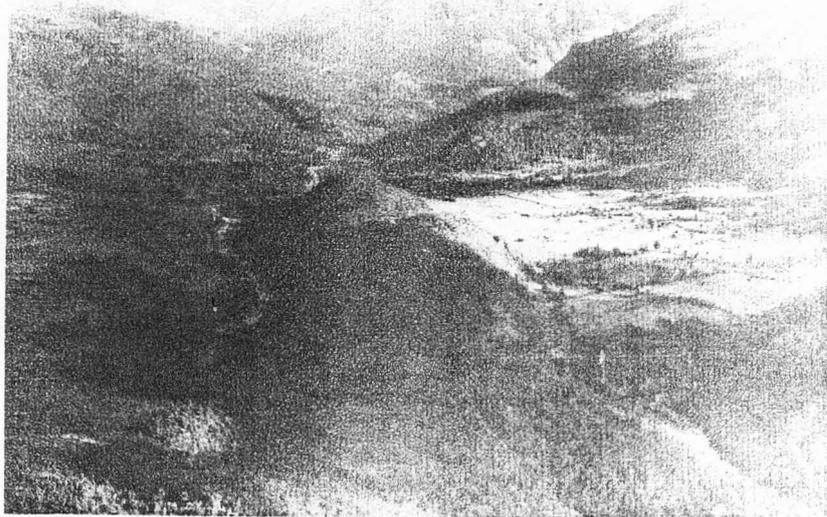


FOTO N° 40. Vista aérea del valle del Longaví  
tomada desde su confluencia con  
el estero Mellico hacia aguas arriba.

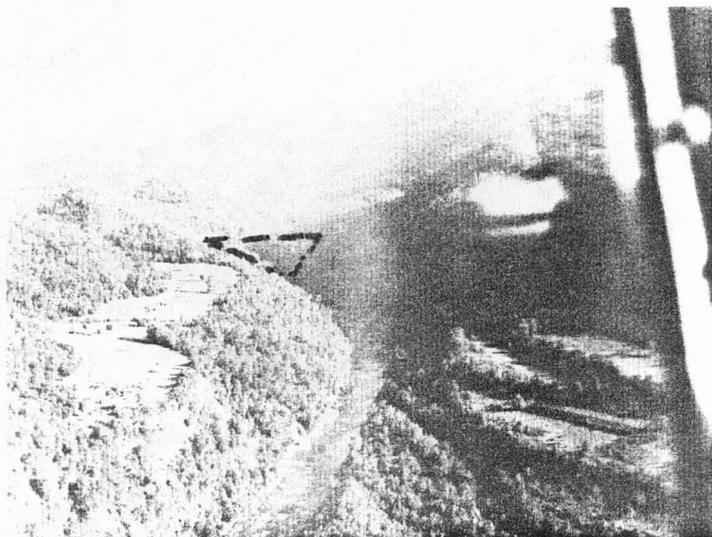


FOTO N° 41. Vista aérea del sitio de  
presa del embalse Longaví.  
A la izquierda se observa la terraza de flu  
viales que se encuentra sobre la roca del  
lado derecho del río.

FOTO N° 42.

Vista aérea de la confluencia Longaví-río Blanco. El sitio de presa se ubica a la izquierda de la confluencia.

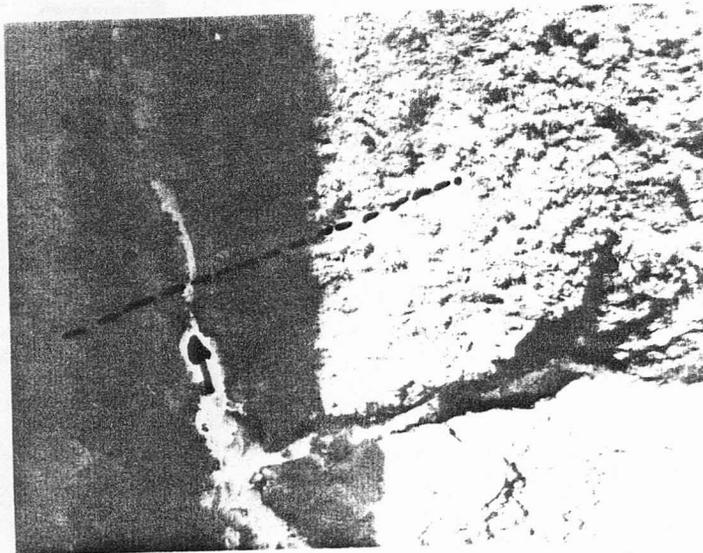


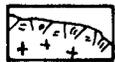
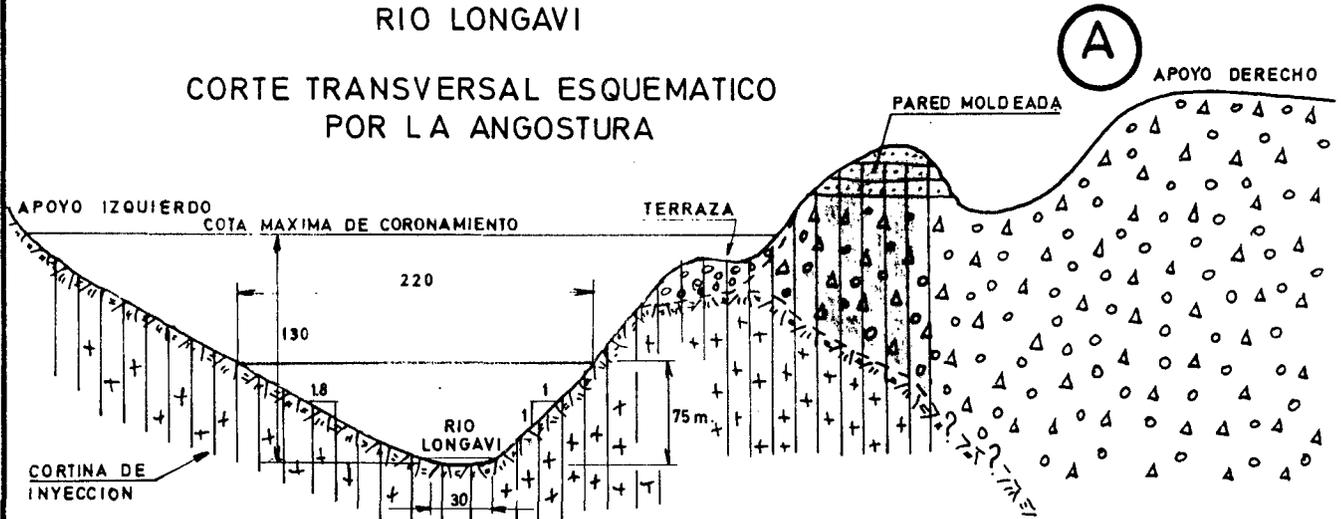
FOTO N° 43.

Vista de la parte alta del valle del río Blanco y del Nevado de Longaví.

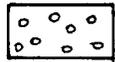
EMBALSE LONGAVI

RIO LONGAVI

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR LA ANGOSTURA



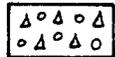
ROCA FUNDAMENTAL INTRUSIVA DE TIPO GRANITICO ALGO ALTERADA CERCA DE LA SUPERFICIE



TERRAZA FLUVIAL CON BLOQUES Y BOLONES DE HASTA 0.5 m. DE DIAMETRO

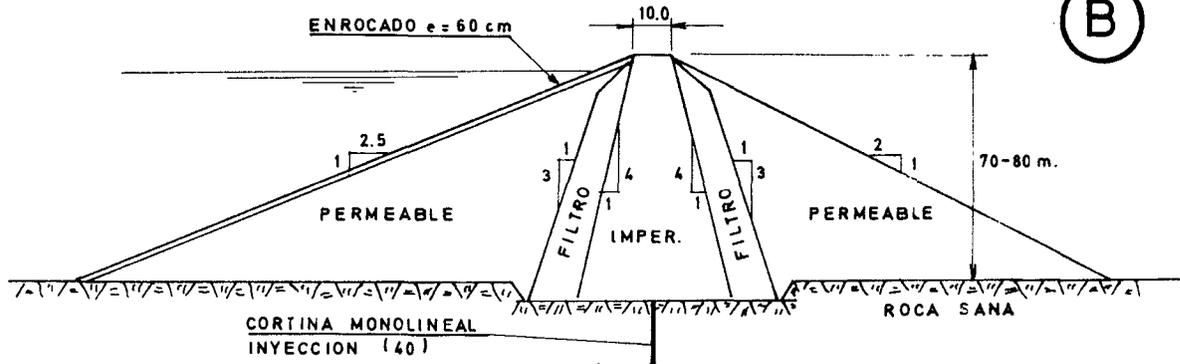


CAPAS DE ARENISCAS LIGERAMENTE CEMENTADAS

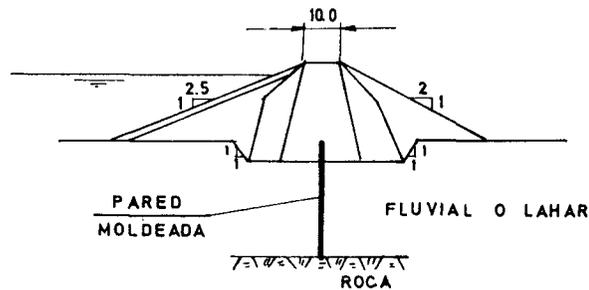


DEPOSITOS PRINCIPALMENTE DE TIPO LAHARICO, CON POSIBLES BOLSONES O LENTES DE ARENAS Y GRAVA. EN GENERAL SE ESTIMA UN DEPOSITO DE BAJA PERMEABILIDAD

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA



CORTE TRANSVERSAL POR EL EMPOTRAMIENTO  
DERECHO DE LA PRESA



## E. Geología

La angostura elegida corresponde a una garganta bastante estrecha y con forma de "V", que fue erodada por la acción fluvial en la roca que conforma la ladera izquierda del antiguo valle glacial del río Lengavi. Actualmente este valle está totalmente relleno de sedimentos cuaternarios, especialmente de tipo lahárico y fluvial. Esta situación geológica se ha representado para su mejor comprensión en los cortes transversales esquemáticos de las Figuras 45 y 46 y en el plano con la geología de superficie de la Figura 47.

En la angostura la roca está aflorando en el lecho del río, en todo el lado izquierdo y en el lado derecho hasta unos 10 o 15 m bajo el nivel atterrando que se observa en la Foto N° 41 y en las Figuras 45, 46 y 47. En general, se trata de una roca granítica, de grano fino a medio y color gris claro a pardo rojizo donde está más alterada (limonitizada, especialmente cerca de la superficie). Cabe destacar además que está cortada por numerosas fracturas (diaclasas y fallas menores) que le dan el aspecto de una roca en general bastante fracturada. A pesar de ello, se estima que es una roca apropiada para fundar una presa de enrocados, de tierra, o una de hormigón gravitacional si las condiciones topográficas así lo recomiendan. Se considera que la roca posee características geotécnicas buenas, de modo que no debería presentar problemas para la construcción de los túneles de desviación o de otras obras subterráneas de menor envergadura.

En todo caso, es indispensable estudiar en mayor detalle el grado de alteración y fracturamiento de esta roca antes de definir las características de una presa de hormigón y las de la cortina de inyecciones que debería ejecutarse.

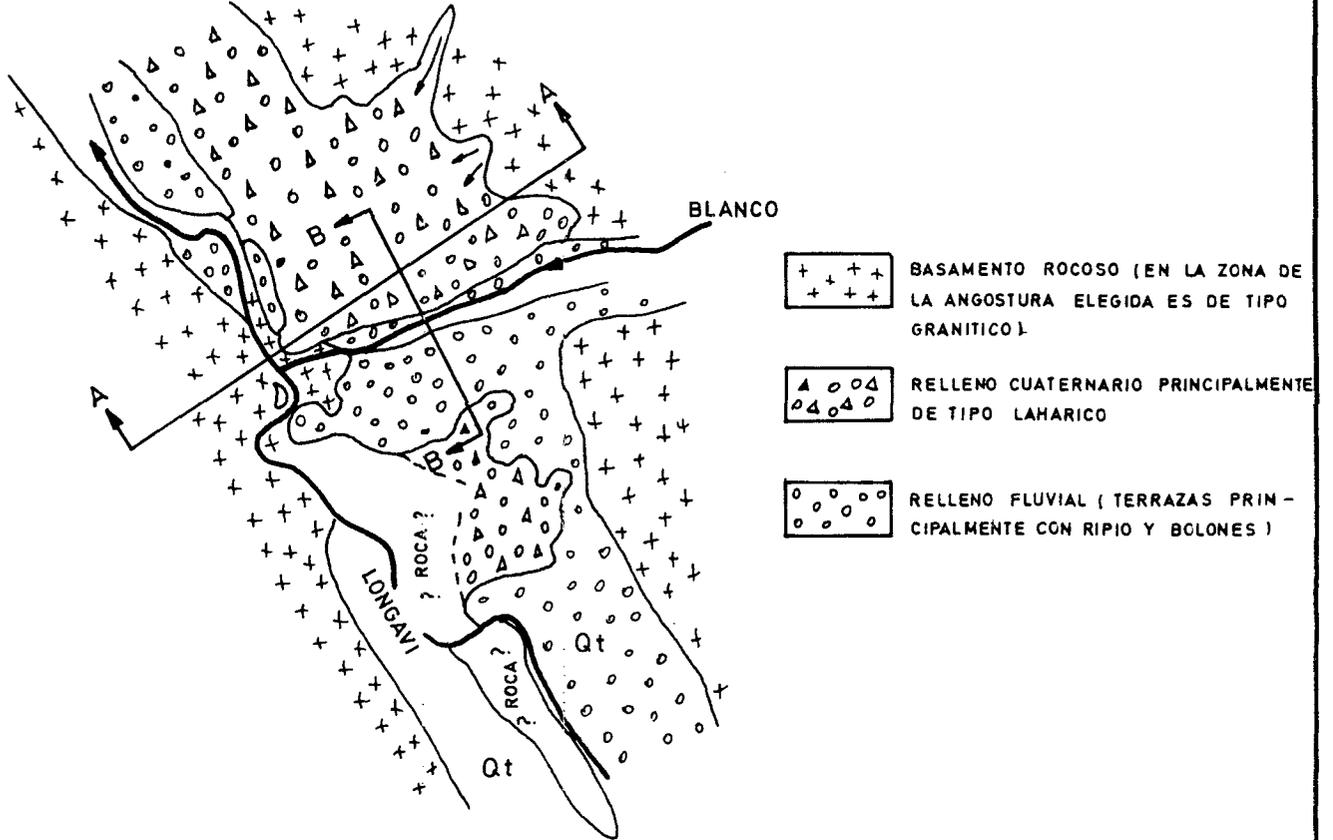
Independientemente del tipo de presa que se decida adaptar, sería recomendable que su coronamiento no sobrepase la cota correspondiente a la zona donde la roca del lado derecho desaparece bajo los sedimentos. La terrasa que se ubica inmediatamente sobre este lugar se estima que es muy permeable, de modo que si se

# EMBALSE LONGAVI

RIO LONGAVI

FIGURA 46

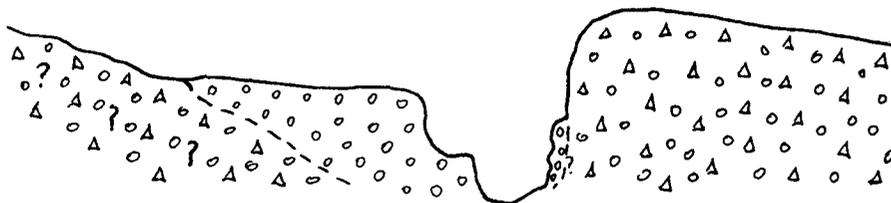
PLANO GEOLOGICO ESQUEMATICO DE LA ZONA DE CONFLUENCIA DE LOS RIOS LONGAVI Y BLANCO



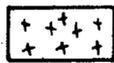
CORTE A - A  
RIO LONGAVI  
SITIO DE LA PRESA



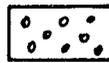
CORTE B - B  
RIO BLANCO



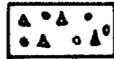
EMBALSE LONGAVI  
 RIO LONGAVI  
 PLANO ESQUEMATICO DE LA ZONA DE LA ANGOSTURA  
 CON LA GEOLOGIA DE SUPERFICIE



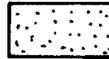
BASAMENTO ROCOSO ( EN LA ZONA DE ANGOSTURA ELEGIDA ES DE TIPO GRANITICO ).



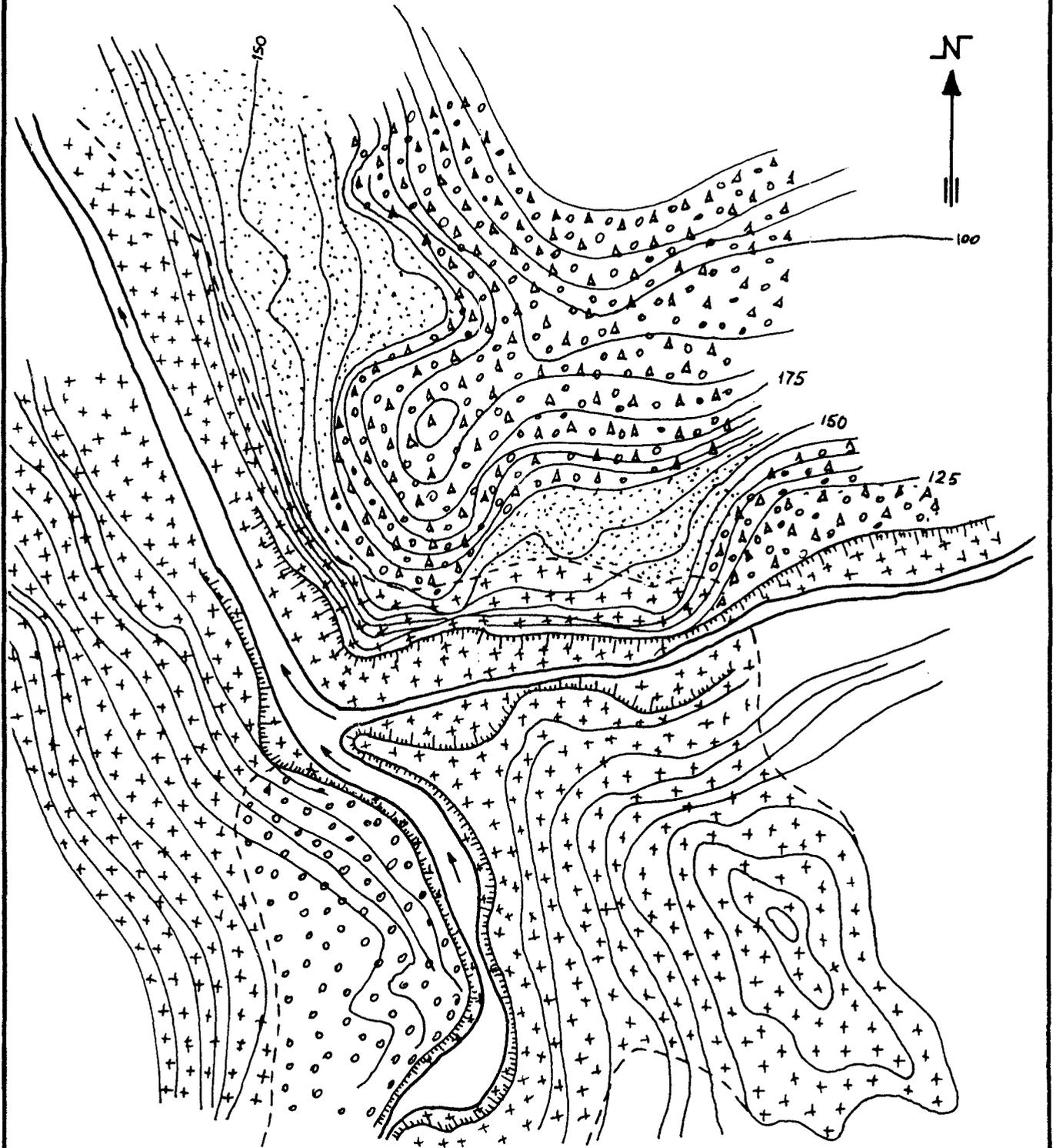
RELLENO FLUVIAL ( TERRAZAS PRINCIPALMENTE CON RIPIO Y BOLONES



RELLENO CUATERNARIO PRINCIPALMENTE DE TIPO LAHARICO.



SEDIMENTOS ATERRAZADOS.



hiciese una presa de mayor altura que la recomendada habría que entrar a hacer un costoso tratamiento en el empotramiento derecho. Por otra parte, la geología de superficie indica que probablemente la roca del lado derecho se clava bajo los sedimentos cuaternarios, tanto en el sentido transversal de la angostura como hacia aguas abajo de ella. Esta última razón reafirma la conveniencia de limitar la altura a la cota de los afloramientos más altos del lado derecho.

En relación a los materiales que rellenan el antiguo valle glacial (lado derecho de la zona de angostura), se puede decir que, al menos en la zona superior, parecen ser bastante impermeables. De acuerdo a lo observado en los cortes a lo largo del cajón del río Blanco, este relleno está constituido principalmente por sedimentos de tipo lahárico, que se encuentran bien compactados y presentan en general taludes estables casi verticales. Se espera, por lo tanto, que no ocurran deslizamientos de importancia cerca de la zona de la presa.

A pesar de que la zona superior de los sedimentos laháricos se estima de baja permeabilidad, hay que hacer hincapié en que se desconocen las características del material sedimentario que se encuentra bajo ella, entre la roca fundamental y el nivel actual del río Blanco. Esto hace recomendable dejar condicionada la factibilidad de una presa de cualquier tipo al conocimiento de las características geológicas y geotécnicas del referido relleno. Para ello, deberán programarse una serie de prospecciones de subsuperficie encaminadas a la obtención de esos datos. Pero previamente sería conveniente hacer un levantamiento geológico a escala 1:10 000 que abarque toda el área mostrada en la Figura 47. Se recomienda estudiar con especial cuidado la zona de contacto entre las rocas y el relleno, como también tratar de determinar las características hidrogeológicas de este último.

#### F. Geotecnia

La roca en que ha sido excavada la angostura es de buena calidad geotécnica, de manera que se espera no introduzca limitaciones en el diseño de una presa.

En las cercanías de la angostura existen en abundancia los materiales adecuados para la construcción de una presa de rollinos. Los impermeables podrían extraerse de los linderos que se encuentran junto a la angostura, y los permeables se obtendrían de las terrazas de fluviales modernos del Lengaví.

El tratamiento a que habría que someter a la fundación consistiría en una escoria macolosa con carácter exploratorio que se haría en el perímetro de roca en contacto con la presa. Si fuese necesario abrir la altura de la presa más allá de donde se plantea la roca del lado derecho bajo los sedimentos modernos, habría que impermeabilizar estos materiales mediante una pared macolosa que tendría que penetrar unos 50 m en el labar.

El tratamiento de la fundación que se prevé se muestra en el corte esquemático A de la Figura 45.

### G. Características de las obras de embalse

#### G.1 Presas

El diseño propuesto para esta obra es del tipo por secano con un núcleo de espesor máximo y espaldones de fluviales. El talud de aguas arriba tendría una pendiente de 2,5:1 y el de aguas abajo de 2,0:1. El núcleo estaría centrado y tendría sus dos caras inclinadas con pendientes de 1:4. En contacto con sus caras anteriores y posteriores se encontrarían las zonas de filtro que tendrían pendientes de 1:3 en sus umbrales con los espaldones. El ancho en el coronamiento sería de 10 m.

El diseño descrito se puede observar en el corte B por el eje longitudinal de la presa de la Figura 45.

La altura máxima de la presa que se fundaría en roca estaría comprendida entre 70 y 80 m. En caso de sobrepasar esta altura habría que construir una pared molada en el lado derecho, y en estas condiciones podría elevarse la altura de la presa hasta una altura comprendida entre 110 y 120 m sobre el lecho del río Lengaví.

El volumen que tendría la presa con diversas alturas se ha calculado en forma provisional con las medidas obtenidas del plano a escala 1:500. Los valores obtenidos se han representado en función de la altura de la presa en el gráfico de la Figura 48. Según éste, para la altura de 75 m el volumen de la presa sería del orden de 1,2 millones de m<sup>3</sup>.

Conforme a los antecedentes preliminares, conviene ubicar el vertedero al lado izquierdo de la angostura, tanto por razones de fundación como de pendiente. Su capacidad sería de unos 1 700 m<sup>3</sup>/s.

El túnel para desviar las aguas durante la construcción podría ubicarse en cualquiera de los dos lados, aunque las dificultades de acceso que se presentan en la margen derecha harían recomendable situarlo en la izquierda. Este túnel tendría que tener una capacidad de unos 1 000 m<sup>3</sup>/s.

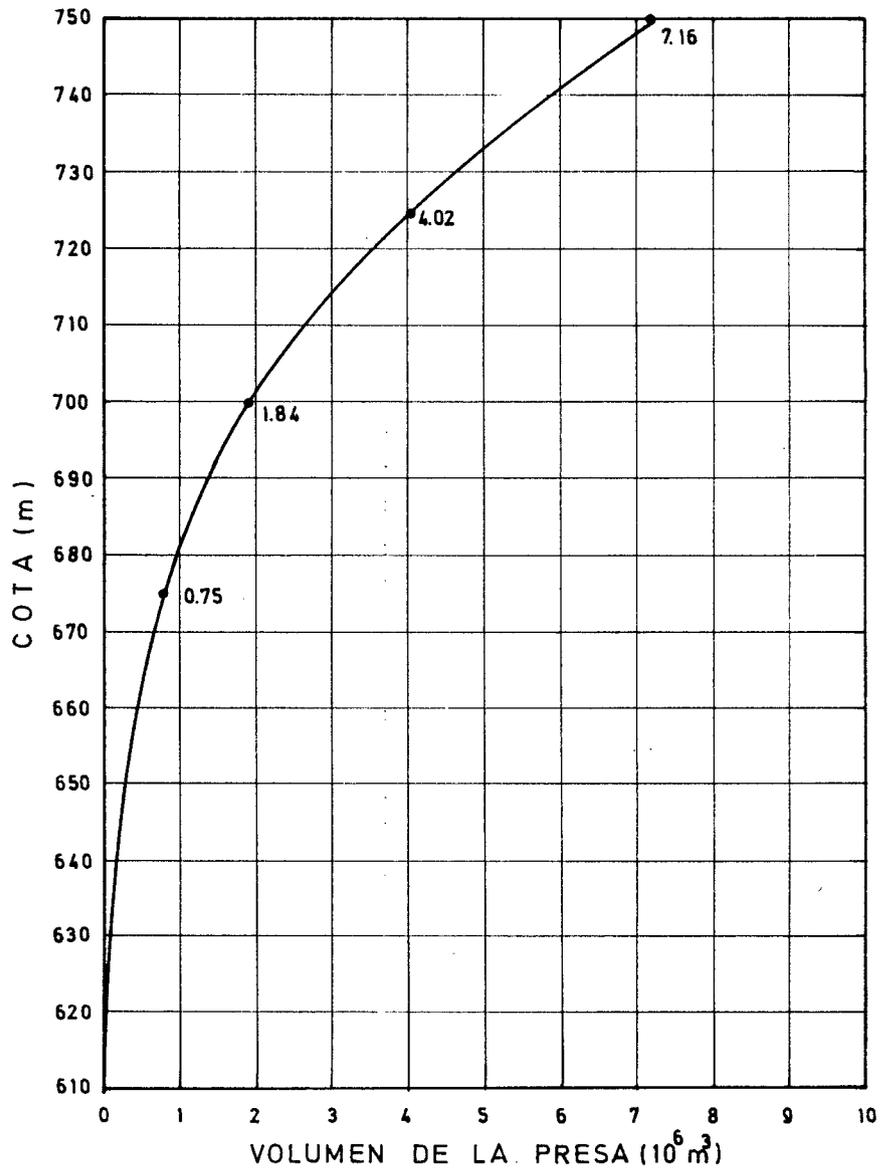
## G.2 Embalse

Aguas arriba del sitio de presa, tanto el río Longaví como el Blanco escurren por valles muy angostos, y por lo tanto inapropiados para acumular agua en forma eficiente. Esto se aprecia al observar el gráfico A de la Figura 49, que muestra las curvas características del embalse, deducidas del plano a escala 1:5 000 de la zona de inundación. De acuerdo a dicho gráfico, con 75 m de altura de presa se lograría acumular un volumen de 22 millones de m<sup>3</sup>, lo cual es apenas el 5% de los recursos hidrológicos afluentes durante la época de llenado del embalse de un año 85% seco. Si se decidiese aumentar la altura de la presa a 120 m el volumen embalsable aumentaría a 100 millones de m<sup>3</sup>, cifra que sería aun muy pequeña comparada con la de los recursos hidrológicos antes mencionados (23%).

La zona de inundación está cubierta de matorrales y bosques de mediana altura, por lo que podría tener un cierto valor desde el punto de vista forestal, pero no del agrícola.

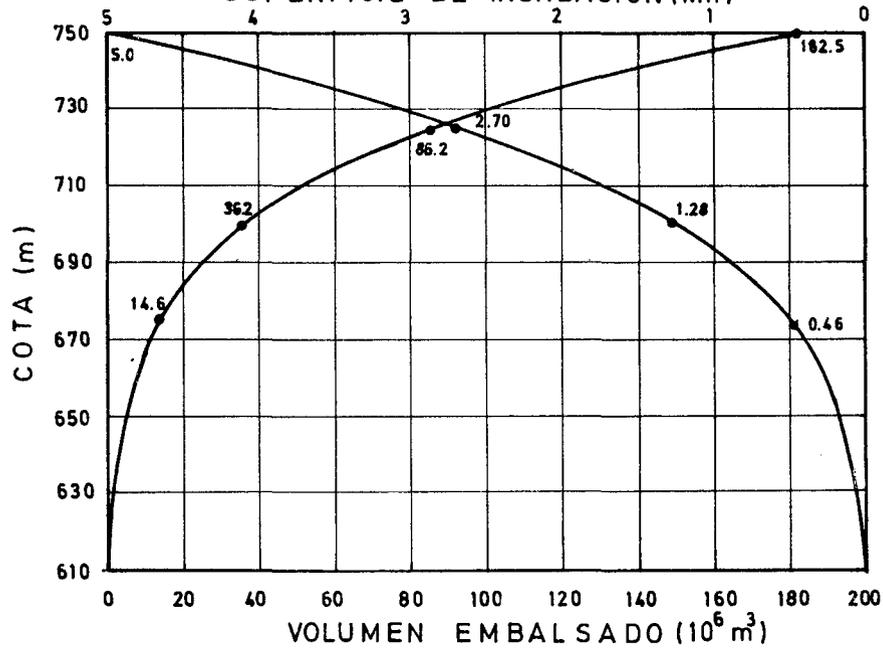
EMBALSE LONGAVI

VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



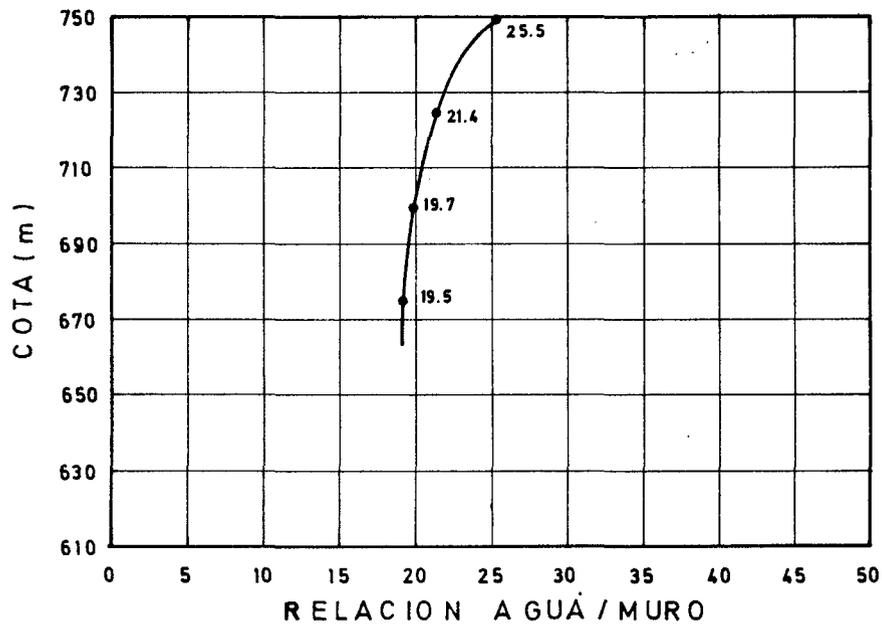
EMBALSE LONGAVI  
RIO LONGAVI

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE  
SUPERFICIE DE INUNDACION (km<sup>2</sup>)



(A)

RELACION AGUA / MURO



(B)

### G. 3 Obras de entrega

Se estima que el mismo túnel de desviación empleado durante la construcción podría utilizarse con posterioridad como obra de entrega de las aguas embalsadas, para lo cual habría que instalar en su interior un par de válvulas con el correspondiente dissipador de energía ubicado inmediatamente aguas abajo de ellas.

### H. Superficie por regar

Construyendo la presa más alta que permite la angostura se logra acumular un volumen de 100 millones de  $m^3$ , el cual permite el regadío de una superficie de unas 7 700 hectáreas. Estas se ubicarían en el valle central, en las cercanías del río Lon gavi.

### I. Conclusiones

El sitio de presa de esta posibilidad de embalse no presenta problemas para construir una presa de hasta unos 80 m de altura, ya que quedaría totalmente fundada en rocas de buena calidad geotécnica. No obstante, con una presa de tal dimensión el volumen embalsable representaría sólo un 5% de los recursos hidrológicos disponibles durante la época de llenado de un año 85% seco. Por otra parte, la relación agua/muro que se obtendría sería deficiente, como puede verse en el gráfico B de la Figura 49. Según los valores de éste, derivados de las cifras de los gráficos de las Figuras 48 y 49 A, con una altura de presa entre 70 y 80 m la relación agua/muro sería prácticamente de 20. Con alturas mayores, la relación anterior muestra una ligera tendencia a mejorar, llegando a cerca de 26 para el caso de una presa de 140 m. Esta última se ha considerado sólo como un valor de referencia, ya que la altura máxima de una presa erigida en este lugar, fijada por las condiciones geotécnicas y topográficas de la angostura, podría ser de unos 120 m.

Dado que con esta altura máxima de presa el volumen embalsable apenas sería algo superior al 20% de los recursos hidrológicos disponibles y que dificultosamente se lograría alcanzar una relación agua/muro de 22, que se considera no económica, es

aconsejable continuar con el estudio de esta posibilidad sólo una vez que se haya investigado en forma exhaustiva todo el curso cordillera no del Lengaví y se tenga la certeza que no existen otras posibilidades con mejores características que la estudiada.

## b. 7 RIO PERQUILAUQUEN

Este río es el más caudaloso de los del extremo sur de la cuenca del río Maule y se cuenta entre aquellos que, desde el punto de vista del estudio del aprovechamiento global de las aguas de la hoya, tienen mayor importancia. De aquí la relevancia de definir en este río una buena posibilidad de embalse, mediante la cual se logre aprovechar en forma íntegra y económica sus recursos hidrológicos.

En busca de la realización de ese objetivo se han analizado las tres posibilidades de embalse que, conforme a los estudios preliminares, se han visto como más convenientes para regular las aguas del Perquillauquén. Estas son las denominadas San Manuel Alto, San Manuel Bajo y Lavadero. La segunda de las mencionadas corresponde a la estudiada por la Dirección de Riego con anterioridad.

En lo que sigue de este informe se analizarán las tres posibilidades mencionadas.

### b. 7. 1 EMBALSE SAN MANUEL ALTO

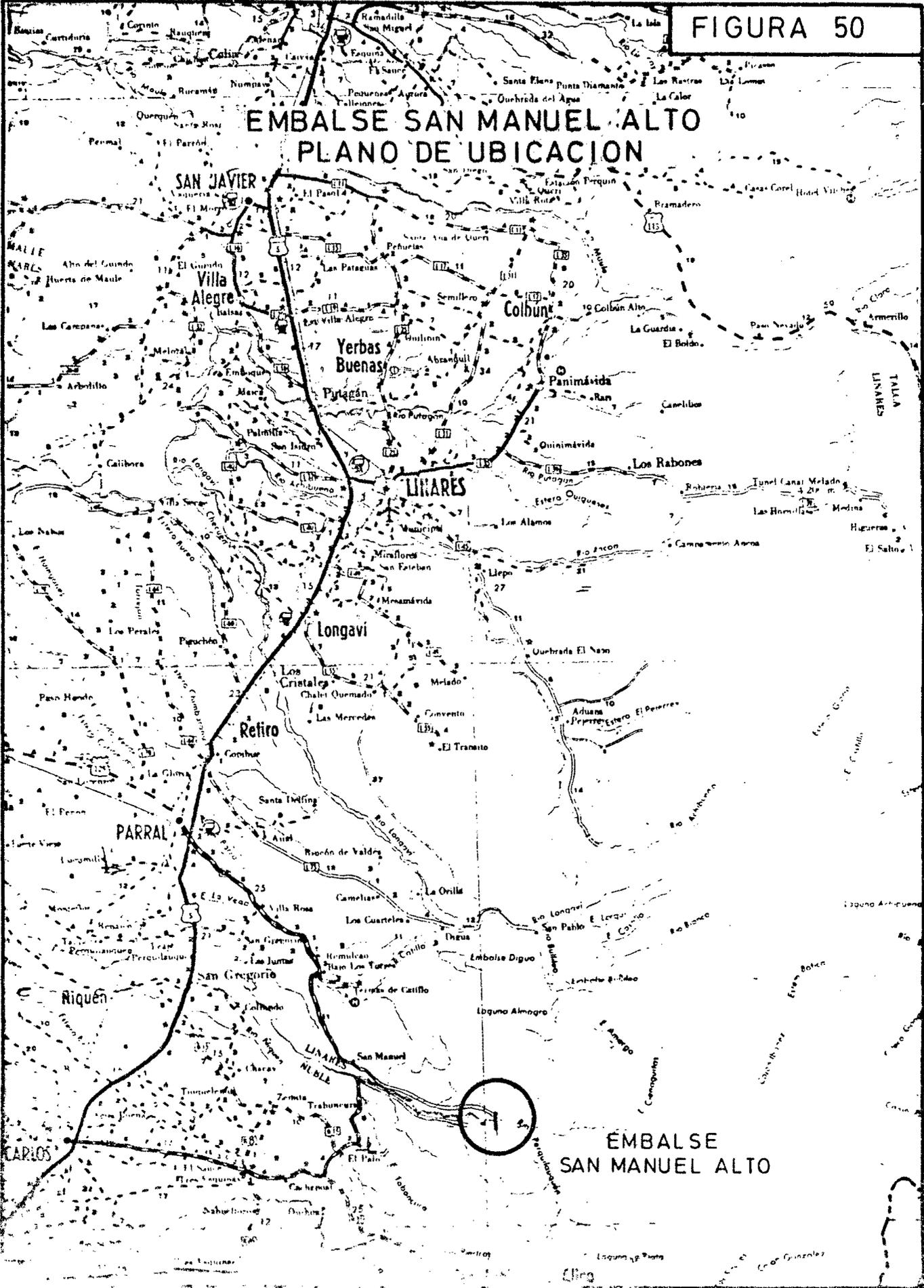
#### A. Ubicación

El sitio de presa correspondiente a este embalse se localiza en el curso cerdilllerano del río Perquillauquén, a 1,5 km aguas abajo de la confluencia del este con el estero Junquillo. Dicho lugar se encuentra a una altura sobre el nivel del mar algo inferior a 400 m, a la latitud de 36° 25' sur y a la longitud de 71° 29' W. La referida localización se muestra en el plano de ubicación de la Figura 50.

#### B. Accesos

Para ir hasta el sitio de presa hay que tomar el camino que va de Parral hacia las termas de Catillo y 3 km antes de llegar a ese lugar, en el punto denominado Bajo Las Torres, doblar hacia la derecha para seguir por la ruta que conduce al fundo San Manuel y a la colonia alemana Dignidad.

# EMBALSE SAN MANUEL ALTO PLANO DE UBICACION



El camino descrito es de tierra, pero normalmente se conserva en buen estado, por lo que es transitable en toda temporada. Su longitud desde Parral hasta la entrada a la colonia Dignidad es de aproximadamente 33 km.

Desde la entrada a la citada colonia hasta las cercanías del sitio de presa existe un camino de fundo apropiado para autos. Sin embargo, por encontrarse éste en territorio privado no es posible usarlo sin permiso de los dueños, el que normalmente es negado. Esta razón obliga al uso de una huella para caballos que corre a lo largo del lado izquierdo del río, o bien a recurrir a un helicóptero como medio de acceso a este lugar.

El camino descrito se muestra con línea más destacada en la Figura 50.

#### C. Hidrología

La cuenca del río Perquillauquén comprendida aguas arriba de la angostura San Manuel Alto tiene una extensión de unos 290 km<sup>2</sup>. Sobre ella caen precipitaciones que varían, según la altura, entre 1 900 mm y 2 500 mm de promedio anual.

El caudal promedio en la angostura, calculado a partir de la estadística obtenida en la estación fluviométrica de Perquillauquén en San Manuel, es de 20 m<sup>3</sup>/s. En un año 85% sece dicho valor se reduce a unos 14 m<sup>3</sup>/s, aportando en el año un volumen de 440 millones de m<sup>3</sup>. De ese volumen 300 millones de m<sup>3</sup> escurren durante la época de llenado del embalse, comprendida entre abril y septiembre.

#### D. Topografía

Los antecedentes usados en el análisis de esta posibilidad han provenido en primer término de la carta "Bullileo" a escala 1:50 000 del IGM que es la más detallada que se dispone de la zona. Dichos antecedentes se complementaron en cierta medida con lo observado en el vuelo en helicóptero realizado sobre el sitio de presa.

En la zona de angostura el Perquianguén ocurre a lo largo de un valle secdillizase de paredes recesas, con pendientes medias que van de 1,8:1 en el lado izquierdo a 2:1 en el derecho y que la hacen bastante estéril. Su ancho basal es de unos 20 m. Sobre los 100 m de altura sobre el río las pendientes de ambos lados se reducen considerablemente, tomando valores comprendidos entre 4:1 y 5:1.

La forma del alfo de presa se pueda observar en las vistas aéreas dadas aguas arriba y abajo de las Fotos N°s 44 y 45 y en la vista según el eje transversal de la posible presa de la Foto N° 46. Sus dimensiones se aprecian en el corte transversal por la angostura que se ha incluido en la Figura 51.

Aguas arriba de la angostura el valle continua mostrándose angosto, aunque se ve más ancho que en la posible zona de emplazamiento de la presa. Este hecho, conjuntamente con su fuerte pendiente, hacen que este valle no sea apropiado para embalsar las aguas del Perquianguén. Sus dimensiones le dan una reducida capacidad de almacenamiento.

### E. Garganta

La angostura se encuentra en una garganta recesada con una recintada forma de Y en sus primeros 80 m de altura. En prácticamente todo su contorno se ve aflorar la roca, y en aquellos lugares en que no se ve se porque está cubierta por un delgado espesor de escombros de falda.

De estima que esta roca puede corresponder a un intrusivo de tipo granítico de buenas características geotécnicas. Una presa de unos 80 m de altura quedaría apoyada directamente sobre este tipo de roca, por lo que sería totalmente factible.

En la parte superior de la angostura, donde se abren sus taludes, la roca está cubierta por depósitos superficiales de materiales sueltos de suelto formados por escombros de falda y pedregales materiales finoderritales con arenas, gravas y bolones. Estos materiales se supone son permeables, de malas características

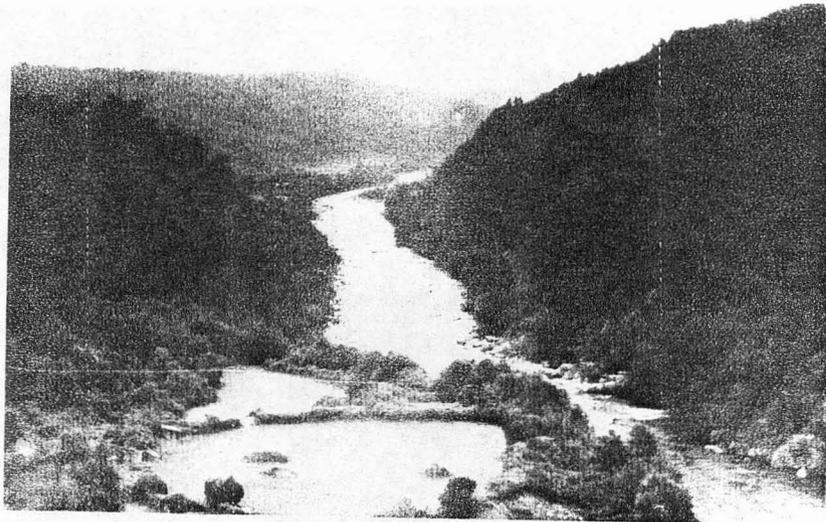


FOTO N° 44. Vista aérea desde aguas arriba de la angostura San Manuel Alto, en el río Perquilauquén.



FOTO N° 45. Vista aérea desde aguas abajo de la angostura.

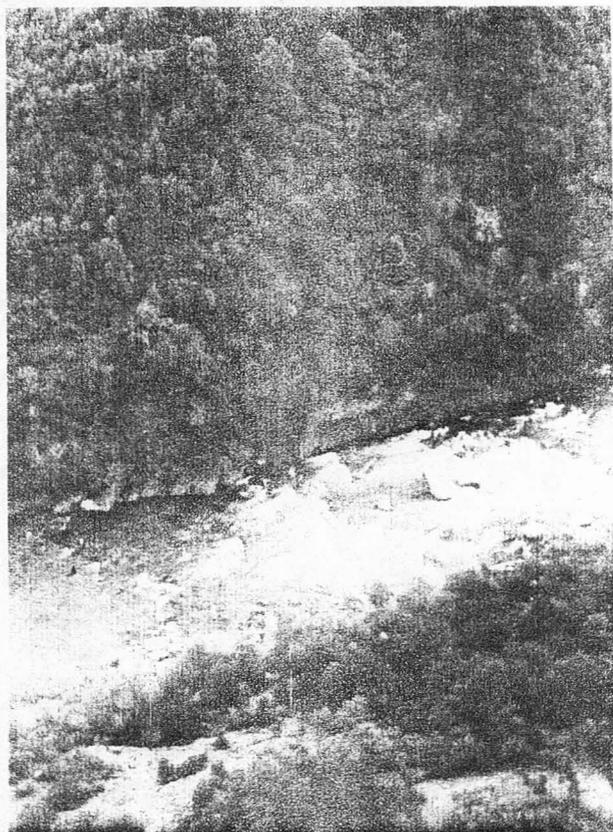
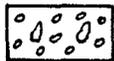
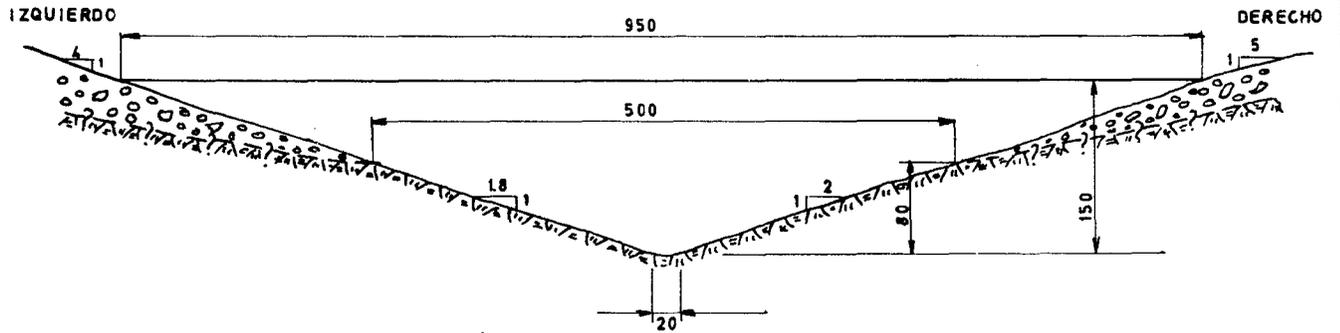


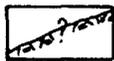
FOTO N° 46. Angostura San Manuel.  
Vista desde el lado izquierdo hacia el lado derecho, tomada en dirección del posible eje transversal de la presa.

EMBALSE SAN MANUEL ALTO  
RIO PERQUILAUQUEN

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR LA ANGOSTURA

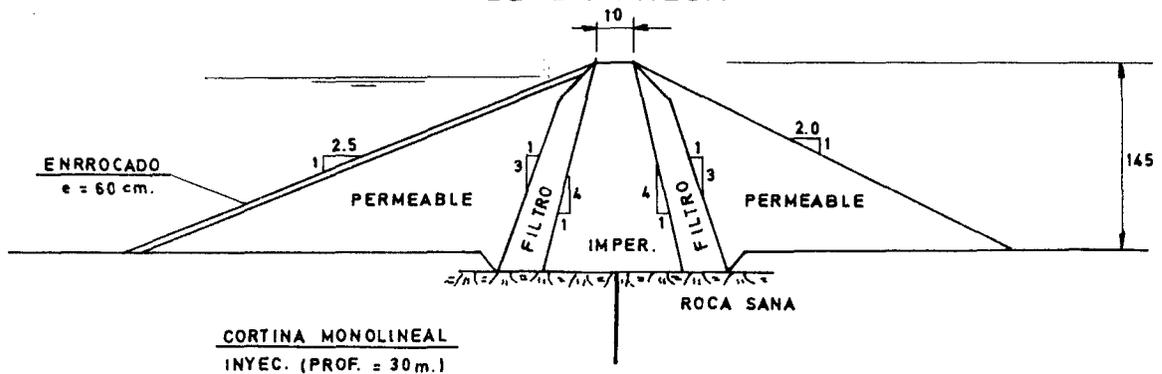


DEPOSITOS SUPERFICIALES DE MATERIALES SUETOS (SUELOS). ESCOMBRO DE FALDA CON POSIBLE ZONAS DE DEPOSITOS FLUVIOGLACIALES DEL TIPO TERRAZAS ALTAS



POSICION DE LA ROCA EN LA ANGOSTURA. DEBAJO DE LOS DEPOSITOS SUPERFICIALES SU POSICION ES TENTATIVA.

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA



como para servir de apoyo a una presa, por lo que tendrían que ser removidos en caso de tener que levantar la presa hasta donde ellos se encuentran. Su espesor se desconoce, pero se cree que no deberían sobrepasar los 20 m. El análisis de la morfología general de la zona permite presumir que el contacto de la roca con estos depósitos tiene una pendiente algo inferior a la de la superficie, de modo que el espesor de materiales aumenta hacia arriba. A mayor altura sobre el río la pendiente del contacto se hace mayor que la de la superficie y la roca termina por volver a aflorar en la parte más alta del valle. Esta geomorfología se ha representado en el corte transversal esquemático A de la Figura 51.

Es necesario destacar que no se observan estructuras geológicas, como fallas o zonas de excesivo fracturamiento que pudieran comprometer la seguridad de una presa erigida en esta angostura.

En una etapa más avanzada del proyecto deberá estudiarse en detalle el tipo y las características geotécnicas de la roca. Además, antes de fijar la altura definitiva de la presa, deberá determinarse el espesor, las características mecánicas y la estabilidad del talud de los depósitos superficiales existentes en la parte superior de la angostura.

#### F. Geotecnia

Una presa de hasta unos 80 m de altura quedaría fundada totalmente en roca de buena calidad geotécnica. Sobre esta altura la presa se apoyaría en materiales sueltos.

Los materiales permeables para los espaldones de la presa se encuentran en abundantes cantidades en el lecho del río Perquillauquén, a menos de 3 km aguas abajo de la angostura.

Durante la visita al sitio de presa no se pudieron detectar depósitos impermeables para el núcleo. Sin embargo, se espera poderlos encontrar a unos 5 km hacia aguas abajo, entre los fluviales antiguos que rellenan el valle.

El tratamiento de impermeabilización a que se tendría que someter la fundación de la presa consistiría en un greuting exploratorio que alcanzaría a una profundidad de 30 m en todo el contorno de roca que iría en contacto con el núcleo. En la parte más alta de la angostura, en que existen depósitos glaciofluviales con escombros de falda, se contempla excavar una zanja impermeable que alcance hasta la roca.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El tipo de presa más adecuado para esta angostura es el por zonas, con espaldones de materiales fluviales que tendrían taludes de 2,5:1 en el lado de aguas arriba y de 2:1 en el de aguas abajo. El núcleo impermeable se ubicaría en forma simétrica y tendría sus caras inclinadas en un talud de 1:4. El contacto de los filtros con los espaldones tendría una pendiente de 1:3. En su coronamiento este muro tendría un ancho de 10 m.

La forma descrita de la presa se ilustra en los cortes por su eje longitudinal y por un empotramiento que aparecen en la Figura 51 B.

Basándose en las características anteriores, se han estimado los posibles volúmenes de la presa con distintas alturas y se han representado estos valores en el gráfico A de la Figura 52.

Si se desea aprovechar íntegramente los recursos hidrológicos del período de llenado de un año seco deberá dársele a la presa una altura de 145 m, con la cual ésta tendrá un volumen de unos 27 millones de m<sup>3</sup>.

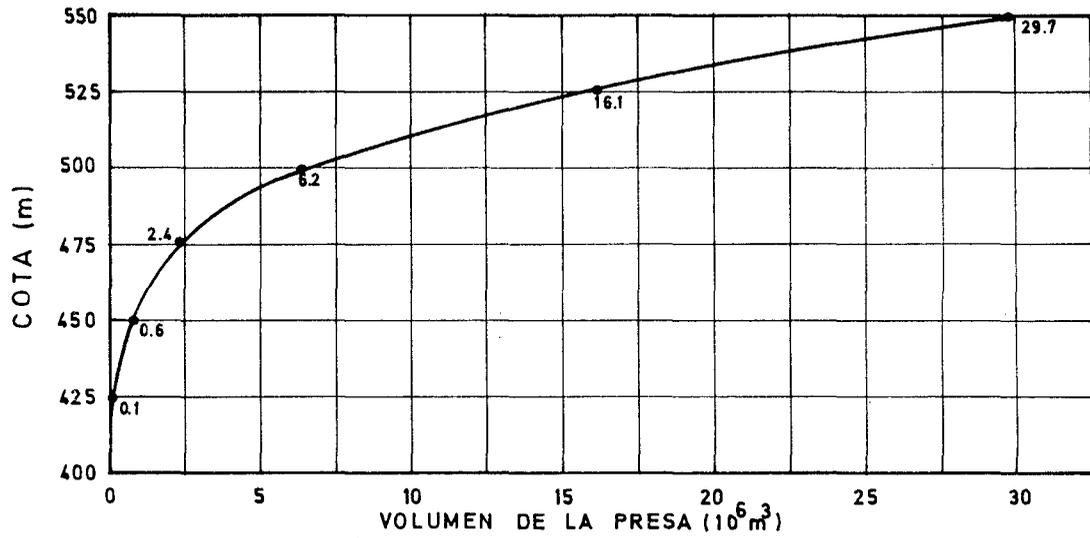
El vertedero podrá ubicarse en cualquiera de los dos lados, ya que éstos presentan condiciones similares de fundación. Como hasta unos 80 m sobre el río existe roca a la vista, no habría inconveniente en usar un rápido de descarga con cuchara de lanzamiento, siempre que la zona de impacto del chorro pudiese alejarse suficientemente del pie de la presa.

# EMBALSE SAN MANUEL ALTO

## RIO PERQUILAUQUEN

FIGURA 52

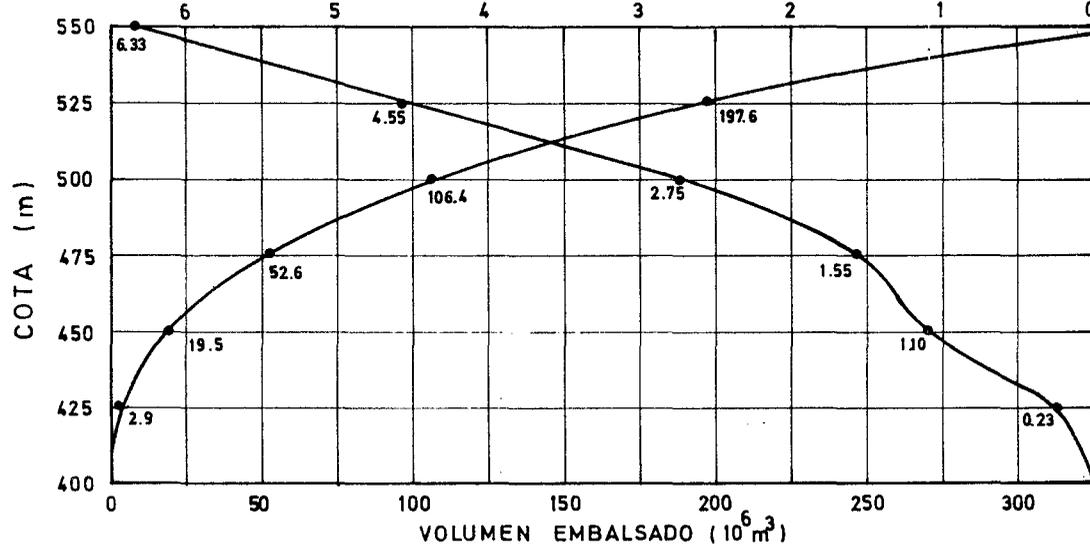
### VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



(A)

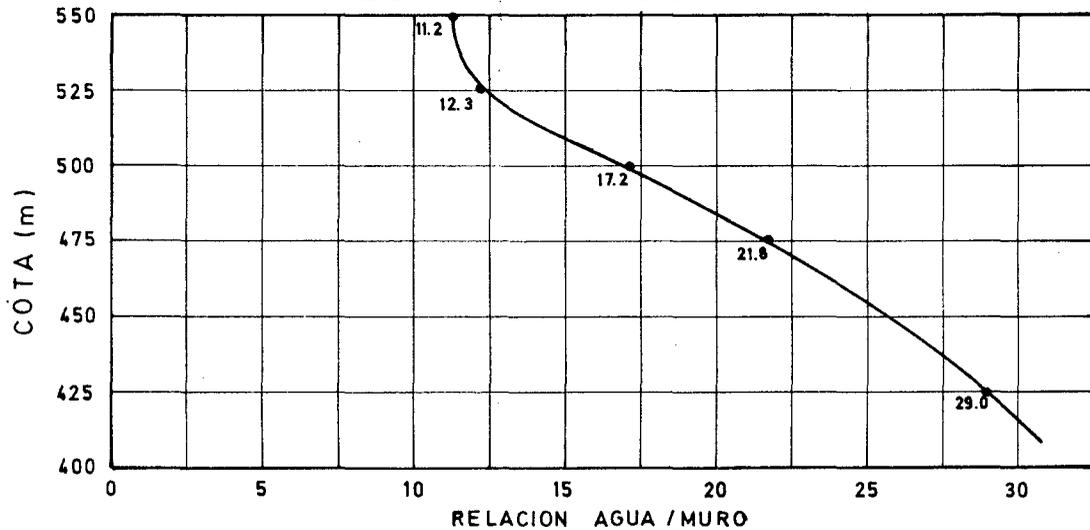
### CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE

#### SUPERFICIE INUNDADA ( $\text{km}^2$ )



(B)

### RELACION AGUA / MURO



(C)

La capacidad del vertedero tendría que ser de unos  $1\ 100\ m^3/s$ .

El túnel de desviación también podría ubicarse en cualquiera de los dos lidos, siendo el derecho algo mejor desde el punto de vista de la ejecución de los portales, pero peor que el izquierdo en cuanto a accesibilidad. La capacidad de esta obra tendría que ser de unos  $650\ m^3/s$ .

### G. 2 Embalse

Aguas arriba del sitio de presa el río Perquillauquén escurre con una pendiente media de 2% a lo largo de un angosto valle, que por estas características tiene una reducida capacidad de acumulación de aguas. Esto se comprueba al observar la Figura 52 B, en que se muestran las curvas características del embalse, derivadas de las mediciones hechas en la carta a escala 1:50 000 del IGM. Se ve que para embalsar los recursos del período de llenado del embalse de un año 85% seco ( $300$  millones de  $m^3$ ) tendría que elevarse el nivel de las aguas en el sitio de presa hasta una altura de  $145\ m$ .

Toda la zona de la cuenca de inundación se encuentra cubierta por matorrales y árboles de tamaño mediano, por lo que con la materialización de este embalse no se afectaría a terrenos agrícolas.

### G. 3 Obras de entrega

Como la roca que se observa en la angostura es de buena calidad geotécnica, parecería lógico aprovechar el túnel de desviación como obra de entrega. Para adaptarlo a esta nueva función habría que instalar en su interior un par de válvulas y un dissipador de energía aguas abajo de éstas.

### H. Superficie por regar

Con los  $330$  millones de  $m^3$  acumulables en el embalse sería posible regar unas  $25\ 000$  hectáreas de terrenos agrícolas que en alta probabilidad se ubicarían en la zona del valle central entre los ríos Perquillauquén y Longaví.

## I. Conclusiones

Considerando las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio de presa, se podría decir ya en esta etapa de estudio que la posibilidad de construir una presa de hasta 150 m de altura estaría fuera de duda. Sin embargo, parecería que existirían fundadas razones para dudar de su conveniencia económica. En el gráfico C de la Figura 52 se han calculado los valores de la razón agua/muro para distintas alturas de presa, obtenidos de las cifras estimativas de los gráficos A y B de esa misma figura. Estos valores muestran una clara tendencia a disminuir con el aumento de altura de la presa, variando entre 30 para una presa de 10 m hasta 11 aproximadamente para la altura máxima propuesta de 150 m.

Con esos valores de la relación agua/muro esta posibilidad muestra un escaso interés. Por eso, no resulta recomendable continuar con su estudio, salvo que las restantes posibilidades de embalse del río Perquiñauquén demuestren ser menos convenientes que ésta.

### b. 7. 2 EMBALSE SAN MANUEL BAJO

#### A. Ubicación

Esta posibilidad de embalse, que fue estudiada con anterioridad y cierta detención por la Dirección de Riego, se encuentra cerca de donde el río Perquiñauquén abandona su valle cordillerano para entrar en la zona del valle central. Su sitio de presa se ubica inmediatamente aguas arriba de la confluencia del estero Reibún con el río Perquiñauquén, a una altura sobre el nivel del mar de 340 m, a la latitud de 36° 24' sur y a la longitud de 71° 31' W. Dicho lugar se puede ver en la Figura 53.

#### B. Accesos

El acceso por tierra al sitio de presa se realiza en una forma similar a la descrita en el caso de la posibilidad de San Manuel Alto. Tal como en ese caso hay que seguir el camino que va



de Parral al fundo San Manuel y llegar hasta la entrada de la colonia Dignidad, punto a partir del cual no se puede seguir por ser camino privado. La distancia que hay que recorrer entre Parral y la colonia es de aproximadamente 33 km.

Además del camino descrito, existe otro que permite el acceso a la angostura desde el lado izquierdo (sur) del río. Este, que normalmente se encuentra en un estado de conservación peor que el ya descrito, parte de San Carlos con rumbo a San Fabián de Aliso. Pasado unos 4 km el caserío de Cachapeal hay que doblar a la izquierda y seguir por este último camino hasta el lugar denominado La Montaña, que se encuentra a sólo 2 km de la angostura de San Manuel Bajo. La distancia que hay que recorrer por este camino desde San Carlos es de unos 42 km.

Los dos caminos anteriormente mencionados se muestran con trazos más marcados en la Figura 53.

### C. Hidrología

La superficie de la cuenca del río Perquillauquén comprendida aguas arriba de la angostura es de 330 km<sup>2</sup>. El promedio anual de precipitaciones que caen sobre ella varía, según la altura, entre un mínimo de 1 900 mm en las cercanías de la angostura hasta unos 2 500 mm en las altas cumbres cordilleranas de la hoya.

El caudal promedio que escurre por la angostura, deducido de la estadística obtenida en la sección fluviométrica de Perquillauquén en San Manuel, es de 23 m<sup>3</sup>/s. En un año seco el valor señalado se reduce a 16 m<sup>3</sup>/s. En estas últimas condiciones el aporte volumétrico de la cuenca alcanza a 500 millones de m<sup>3</sup> anuales. De este volumen, 340 millones de m<sup>3</sup> fluyen durante el período comprendido entre abril y septiembre, que corresponde al de Hondo del embalse.

#### D. Topografía

La información topográfica referente a esta posibilidad de embalse se ha obtenido principalmente de dos fuentes. La primera de ellas es el plano a escala 1:5 000, confeccionado por la Dirección de Riego en 196 , que ha servido para determinar las curvas características del embalse ( $S = f(H)$  y  $V = f(H)$ ). La segunda es el plano a escala 1:50 000 que, con sus cartas "Digua" y "Bullileo", abarca toda la región circundante a la angostura y a la posible zona de inundación.

Como sitio de presa se ha elegido una zona de angostamiento del valle del Perquillauquén, que se encuentra donde éste comienza a abandonar los contrafuertes cordilleranos y se va ensanchando para desembocar el valle central.

El ancho basal del valle en la angostura es de unos 250 m. De este ancho, el río ocupa los 20 m del extremo derecho, donde ocurre junto a un afloramiento rocoso que forma la parte inferior de la ladera de ese lado.

La pendiente media con que los cerros bajan hacia la base de la angostura es de 2:1, tanto en el lado derecho como en el izquierdo.

La altura de la presa que podría construirse en este lugar está limitada por el lado derecho, que a los 80 m sobre el lecho del Perquillauquén se abre en forma de una amplia y plana meseta.

La angostura descrita se puede ver en las vistas aéreas de las Fotos N° 47 y 48, en que se la muestra respectivamente desde aguas abajo y desde aguas arriba. En la Foto N° 49 se la puede ver desde más cerca, mientras que en la Foto N° 50 se muestra su ladera derecha, donde aparecen los afloramientos de roca.

Con el fin de proporcionar una idea más clara respecto a sus dimensiones, se ha incluido en la Figura 54 A un

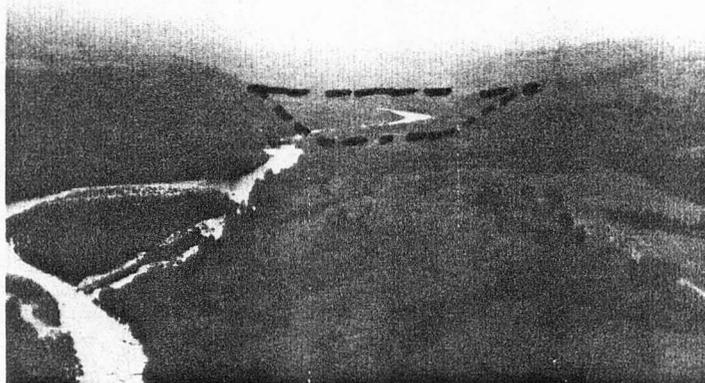


FOTO N° 47. Angostura San Manuel Bajo.  
Vista aérea desde aguas abajo.



FOTO N° 48. Vista aérea desde el lado de  
aguas abajo de la angostura.

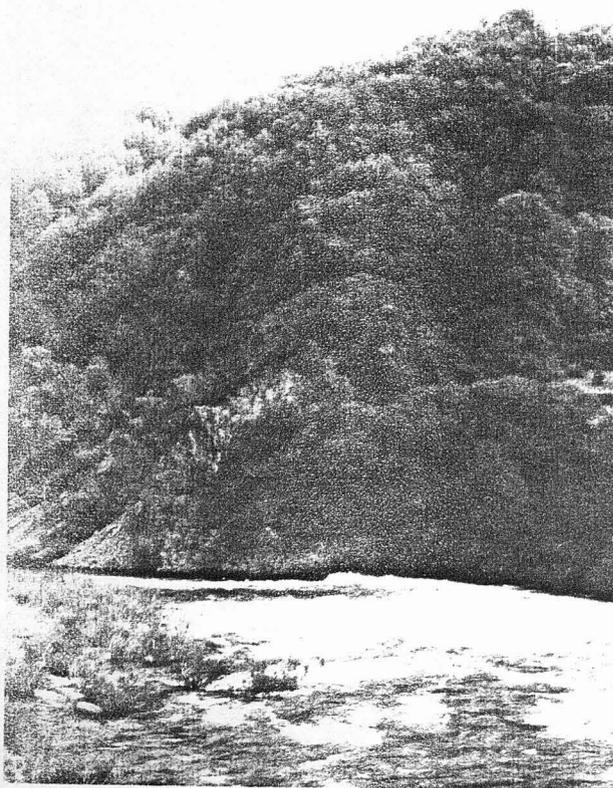
FOTO N° 49.



Angostura San Manuel Bajo. Vista aérea de la angostura desde su lado de aguas arriba.

FOTO N° 50.

Lado derecho de la angostura. Se observa el afloramiento rocoso contra el cual tendría que apoyarse el núcleo de la presa.



corte transversal esquemático por la angostura en que indican sus medidas aproximadas.

Aguas arriba de la angostura el valle se ensancha, pero luego se va ensangostando progresivamente, a medida que se acerca al sitio de presa de San Manuel Alto, que queda aproximadamente 4 km aguas arriba.

Gracias a este ensanche que existe aguas arriba de la angostura, la capacidad de embalse del valle es considerable. No obstante, a pesar de esta favorable característica del vaso del embalse, la relación agua/muro que puede esperarse de esta posibilidad no es de las mayores, dado el ancho del sitio de presa, que lleva a un muro muy voluminoso.

#### E. Geología

En la zona de angostura se pueden observar afloramientos de rocas andesíticas en gran parte del lado derecho, cerca del lecho del río y sobresaliendo entre los depósitos de fluvial aterrazado reciente que ocupan la zona basal de la fundación de la presa. Esta distribución de la roca se ha representado en el corte geomorfológico esquemático de la Figura 54 A.

Los afloramientos mencionados representan el basamento rocoso, que en esta área está compuesto por rocas estratificadas de edad cretácica, constituidos principalmente por andesitas y brechas andesíticas. Estas rocas se presentan en la zona de angostura en general algo alteradas, excepto cerca del lecho del río, donde están más sanas. Sin embargo, si se remueve la parte superficial más alterada se obtendría un material de fundación de buen comportamiento geotécnico.

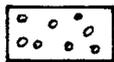
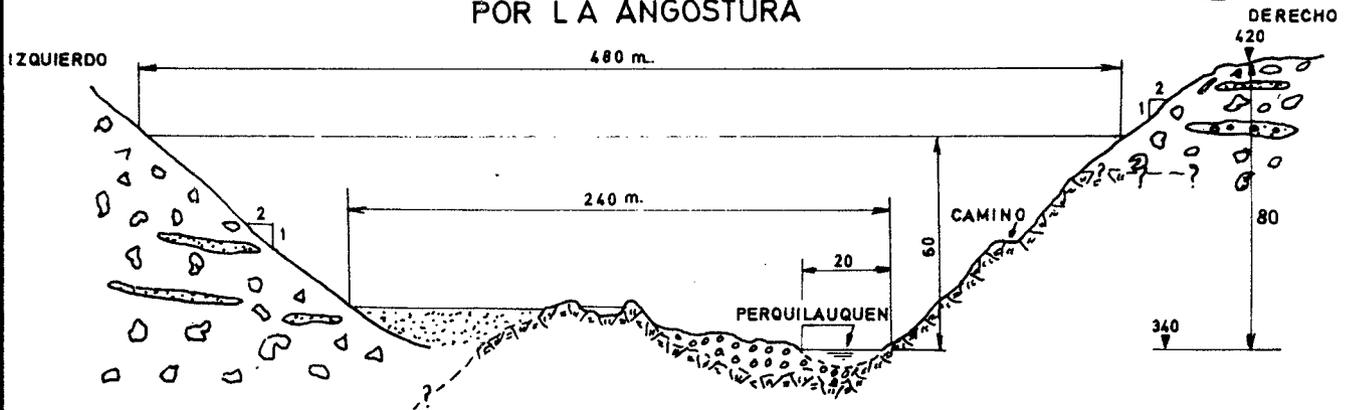
En el lado derecho se desconoce como continúa el perfil de roca bajo los depósitos fluvio-glaciales aterrazados, y en el derecho es posible que no exista roca, de modo que tenga que usarse como apoyo de la presa los depósitos fluvio-glaciales. De acuerdo a lo observado en superficie, estos depósitos estarían formados por una mezcla más o menos homogénea de bloques, grava, arena y materiales finos. También podrían incluir

# EMBALSE SAN MANUEL BAJO RIO PERQUILAUQUEN

FIGURA 54

## CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA

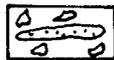
(A)



FLUVIAL RECIENTE EN ZONA DE INUNDACION DEL RIO COMPUESTO PRINCIPALMENTE POR GRADES BOLONES ALGUNAS ZONAS CON GRAVA Y ARENA (MATERIALES TOTALMENTE SUELTOS Y MUY PERMEABLE)



TERRAZA FLUVIAL (RECIENTE). PRINCIPALMENTE GRAVA GRUESA CON BOLONES Y ARENA. (MATERIALES SUELTOS Y PERMEABLES)



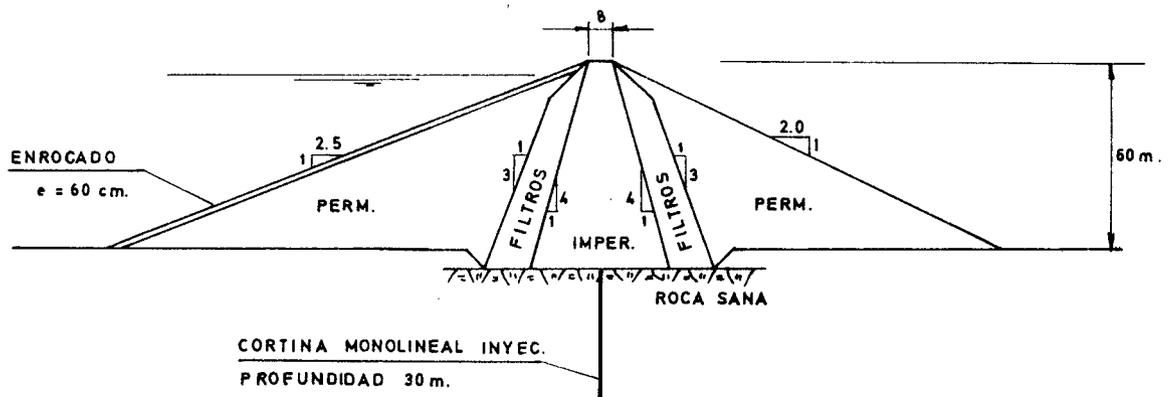
DEPOSITOS FLUVIOGLACIALES ATERRAZADOS. EL EMPOTRAMIENTO IZQUIERDO PODRIA INCLUIR DEPOSITOS MORRENICOS CON GRANDES BLOQUES DE ROCA (MATERIALES ALGO COMPACTOS Y DE PERMEABILIDAD POSIBLEMENTE BAJA PERO CON LENTES O ZONAS DE MAYOR PERM.)



BASAMENTO ROCOSO. PRINCIPALMENTE ANDESITAS, ROCAS DURAS, SANAS EN LA ZONA DE FUNDACION Y ALGO MAS ALTERADAS EN ZONA DEL EMPOTRAMIENTO DERECHO.

(B)

## PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL DE LA PRESA



algunas lentes de arena con grava y en algunas zonas depósitos morrénicos. En su conjunto son de aspecto compacto y posiblemente de mediana a baja permeabilidad. Se estima que los lentes formados por materiales más permeables podrían estar aislados y en consecuencia, no constituirían vías preferenciales de filtraciones. Sin embargo, dado el reducido espesor de estos materiales fluvioglaciales que separaría al embalse de la profunda quebrada del estero Relbún, que confluye con el Perquillauquén aguas abajo del lado izquierdo de la angostura, existiría la posibilidad de que esos lentes pudiesen facilitar la filtración de las aguas del embalse hacia el estero. Para evitar este fenómeno, el apoyo izquierdo tendría que someterse a un adecuado tratamiento de impermeabilización. En el lado derecho estos depósitos se encuentran a mayor altura que en el izquierdo, por existir roca en la parte baja. Por lo tanto, producirían menos problemas en este lado.

Las conclusiones de este estudio preliminar de superficie indican que la conformación geológica de la angostura permite considerar esta angostura como apta para servir de fundación a una presa. En una etapa posterior de estudio tendrían que determinarse en especial las características de los depósitos fluvioglaciales y fluviales, para establecer el costo del tratamiento a que tendrían que someterse los terrenos de fundación. Además, deberá fijarse el perfil de la roca en ambos embalses, con lo cual se estará en estado de evaluar el costo de la obra.

La factibilidad de la presa en San Manuel Bajo está determinada más por condiciones económicas que geotécnicas, ya que desde este último punto de vista la angostura no presenta problemas insalvables. Las características hidrogeológicas de los depósitos glaciofluviales se consideran suficientemente apropiadas como para no arriesgar la estabilidad de la presa. Tampoco se observaron estructuras geológicas como fallas o zonas de fracturas que pudiesen comprometer la seguridad del embalse.

## F. Geotecnia

De acuerdo a lo establecido en el estudio geológico de la presa, el lado izquierdo está constituido por materiales fluvio-glaciales que, para dejarlos impermeables y eliminar los problemas relacionados con la cercanía de la quebrada del estero Reibún, sería necesario someterlos a tratamientos suficientemente caros como para poner en duda la conveniencia económica de fundar una presa en este sitio.

Los materiales permeables para la construcción de la presa existen en abundantes cantidades en el lecho del río, tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa. Los impermeables para el núcleo también podrían extraerse en las cercanías del sitio de presa de los sedimentos fluvio-glaciales.

El tratamiento a que tendría que someterse la fundación consistiría en inyecciones monolíneas realizadas en la zona en que el núcleo de la presa se apoyaría directamente sobre la roca. En los materiales del lado izquierdo tendría que construirse una pared moldeada que dentro de lo posible debería extenderse hasta el contacto con la roca.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

El diseño de presa propuesto para esta angostura es del tipo por zonas, con núcleo centrado y espaldones de materiales fluviales. Sus taludes tienen pendientes de 2,5:1 en el lado de aguas arriba y de 2,0:1 en el de aguas abajo, mientras que el núcleo tiene sus dos caras inclinadas en 1:4. El contacto de los filtros con los espaldones tiene una pendiente de 1:3.

La altura máxima que podría dársele a la presa, considerando las condiciones topográficas y geotécnicas de la angostura, se ha estimado en 60 m, con lo que el coronamiento alcanzaría una extensión de 480 m. Este último tendría un ancho de 8 m.

El diseño de presa descrito se muestra en el corte por el eje longitudinal incluido en la Figura 54 B. El volumen estimado en función de la altura se muestra en el gráfico A de la Figura 55. Según éste, para la altura de 60 m la presa tendría un volumen de 2,7 millones de  $m^3$ .

El vertedero podría ubicarse en cualquiera de los dos lados de la angostura, ya que en ambos se presentan problemas similares. La definición del lugar más apropiado requerirá de un mayor conocimiento del perfil de la roca en la angostura y de la topografía del lugar, aunque por ahora se puede decir que posiblemente se requeriría de una menor excavación ubicándolo en el lado izquierdo. La capacidad que debería dársele a este vertedero sería del orden de los 1 300  $m^3/s$ .

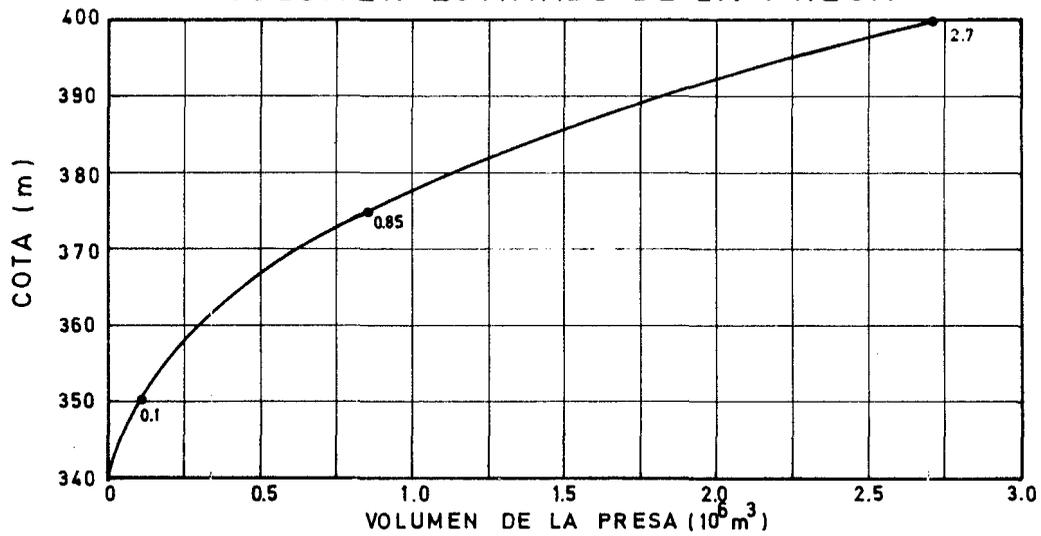
El túnel de desviación tendría que situarse al lado derecho de la angostura, ya que sólo allí se ha comprobado la existencia de roca. Su capacidad posiblemente se encontraría en el rango de los 800  $m^3/s$ .

## G.2 Embalse

Basándose en las medidas hechas en el plano a escala 1:5 000 de la Dirección de Riego, se han obtenido las curvas características del embalse que se muestran en el gráfico B de la Figura 55. Según ésta, con la altura de presa de 60 m se embalsaría un volumen de 184 millones de  $m^3$ , cantidad que representa algo más del 50% de los recursos hidrológicos disponibles durante la época de llenado de un año 85% seco. En consecuencia, la capacidad del embalse es insuficiente para regular totalmente el río.

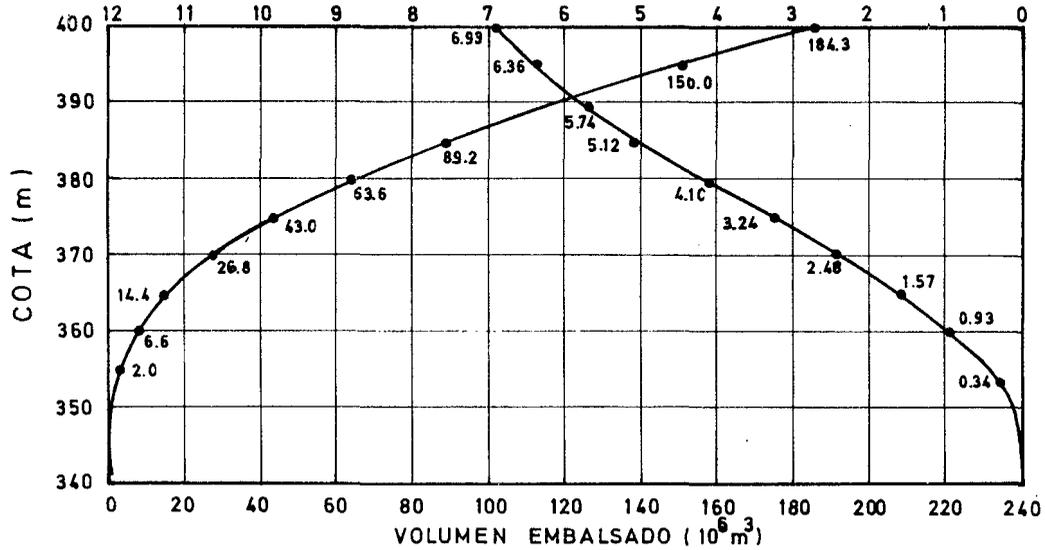
Los terrenos que inundaría el embalse son de escaso valor agrícola, ya que la mayor parte de ellos corresponden a la caja del río, donde sólo crecen matorrales entre los materiales fluviales del lecho del Perquiñauquén.

VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



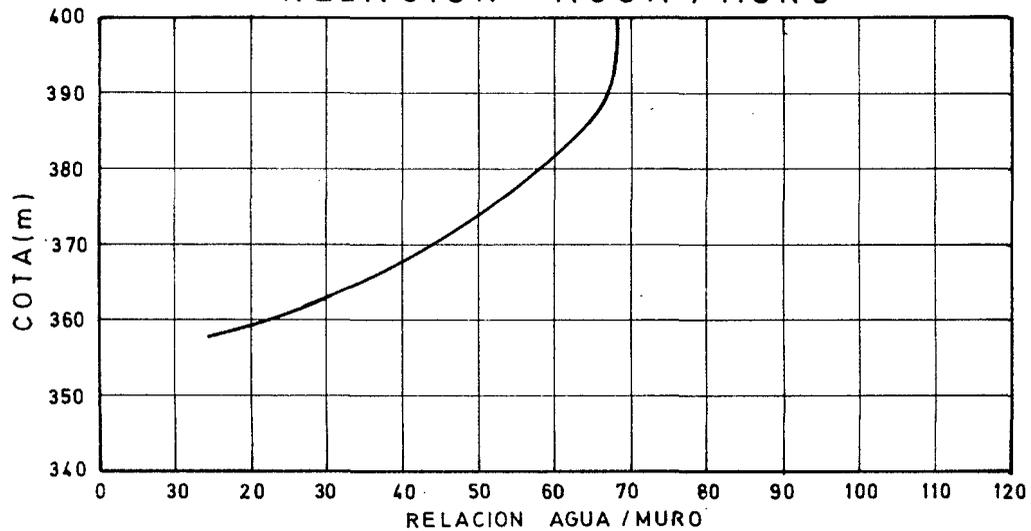
(A)

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE  
SUPERFICIE INUNDADA ( $km^2$ )



(B)

RELACION AGUA / MURO



(C)

### G. 3 Obras de entrega

Con el fin de abaratar estas obras, se trataría de aprovechar el túnel de desviación durante la construcción para localizar en su interior las obras de entrega. Estas consistirían en un par de válvulas de chorro hueco, instaladas en el interior del túnel, y en una cámara disipadora de energía ubicada inmediatamente aguas abajo de ellas.

### H. Superficie por regar

Con el agua acumulada en este embalse se podrían regar unas 14 000 hectáreas de terrenos agrícolas ubicados en el valle central, entre los ríos Perquillauquén y Longaví.

### I. Conclusiones

Si bien la angostura de San Manuel Bajo no presenta dudas importantes desde el punto de vista geotécnico, podría resultar poco económica a causa del oneroso tratamiento a que habría que someter el lado izquierdo de su fundación para proporcionar la necesaria impermeabilidad.

La altura máxima que podría dársele a una presa implantada en este lugar sería del orden de 60 m, valor que está fijado tanto por las condiciones geomorfológicas como topográficas del lugar.

Con el fin de proporcionar un juicio sobre la conveniencia de esta posibilidad de embalse, se ha calculado la relación agua/muro a partir de la información de los gráficos A y B de la Figura 55. Los valores obtenidos se han representado en el gráfico C de esta misma figura. Al observar éste se ve que dicha relación aumenta con el incremento de altura de la presa, aunque en forma amortiguada. Con 60 m de altura se lograría una relación agua/muro cercana a 70, valor que por la forma del gráfico parecería ser el máximo conseguible en este sitio de presa.

Por otra parte, el volumen embalsable alcan-  
zaría en el mejor de los casos para acumular algo más del 50%  
de los recursos hidrológicos aprovechables en un año seco. Se  
concluye entonces que, tanto desde el punto de vista de la rela-  
ción agua/muro como del aprovechamiento de los recursos hidro-  
lógicos, convendría elevar la presa hasta la altura máxima que  
permitiese la angostura.

Considerando las pocas posibilidades de em-  
balse con que se cuenta en este río, sería importante tratar de  
determinar más adelante la factibilidad económica de San Manuel  
Bajo, la cual no ha podido aclararse en este estudio preliminar  
debido a la falta de antecedentes.

### b.7.3 EMBALSE LAVADERO

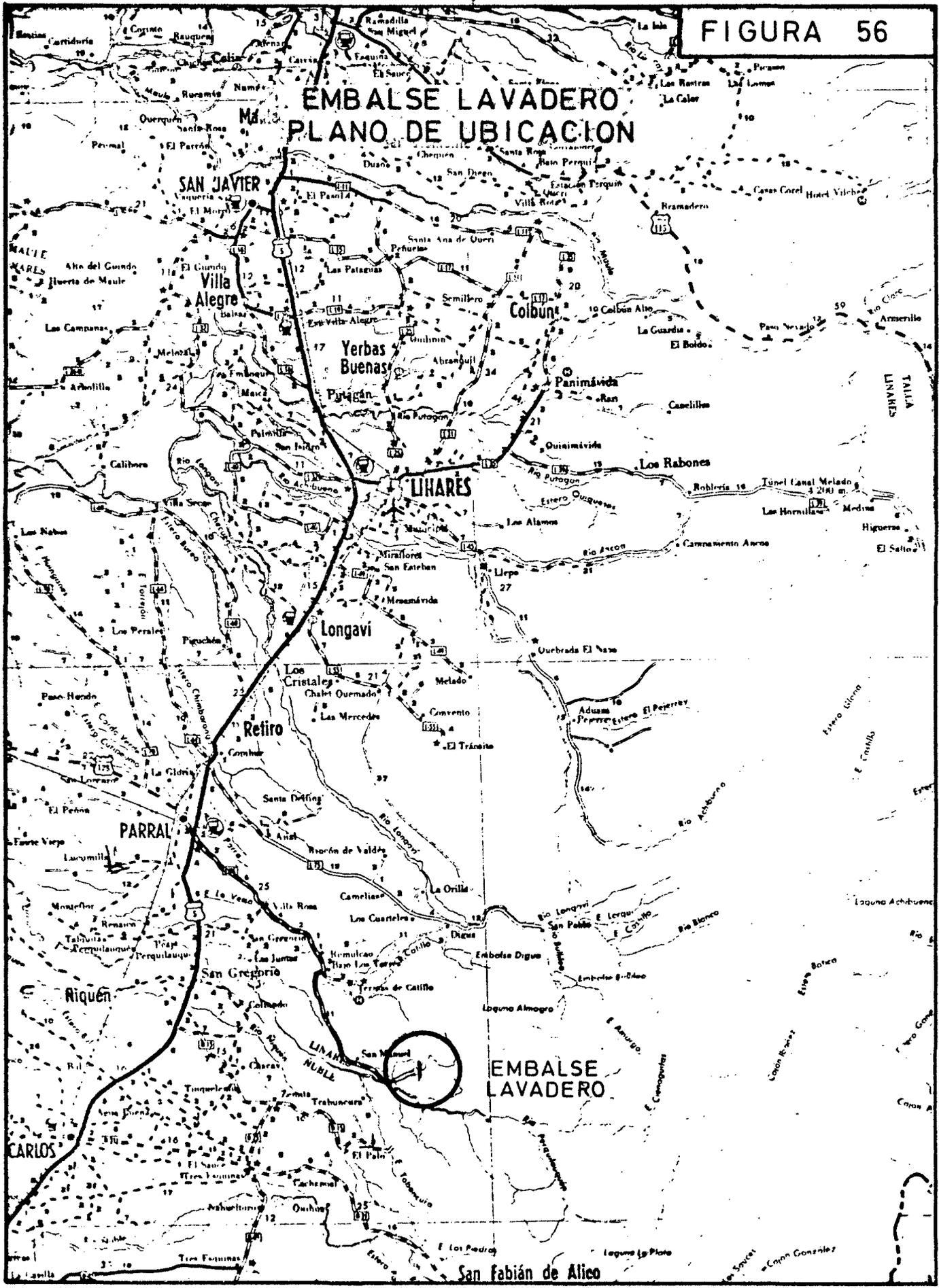
#### A. Ubicación

El embalse se encuentra en un afluente del  
río Perquiñauquén, denominado estero Lavadero que confluye con  
éste a unos 2,5 km aguas arriba de la sección fluviométrica de  
Perquiñauquén en San Manuel. El sitio de presa se sitúa a la co-  
ta 325 m sobre el nivel del mar, a la latitud de 36°22' sur y a  
la longitud de 71°34' oeste. Esta ubicación se muestra en la Fi-  
gura 16.

#### B. Accesos

Se llega al sitio de presa siguiendo el mismo  
camino descrito en el punto B del embalse San Manuel Alto. Es-  
te camino parte de Parral en dirección a Termas de Catillo, pe-  
ro antes de llegar a este lugar se desvía hacia el sur para conti-  
nuar hacia el fundo San Manuel. El camino anterior se prolonga  
hasta las puertas de la colonia Dignidad, punto a partir del cual  
no se puede seguir porque se entra en propiedad privada. Para  
entrar al interior de esta propiedad se requiere de un permiso  
especial que se concede a un reducido número de personas.

# EMBALSE LAVADERO PLANO DE UBICACION



El camino anterior se muestra en la Figura 56. La distancia entre Parral y la entrada a la colonia es de aproximadamente 33 km.

El sitio de presa de Lavadero se sitúa en el interior de la colonia Dignidad, razón por la cual debió solicitarse permiso en dos oportunidades para visitarlo. Como en ambas fue negado, hubo de observarse exclusivamente desde el aire mediante un helicóptero. A causa de la prohibición que existía de aterrizar en el lugar, se le vió desde una distancia no adecuada para realizar un buen análisis geológico y geotécnico. Lo descrito en este informe es resultado de esta observación aérea.

### C. Hidrología

La cuenca afluyente al embalse tiene una extensión de 43,8 km<sup>2</sup>, sobre la cual cae una precipitación que fluctúa entre 1 700 mm y 1 900 mm de promedio anual. El caudal aportado por ella se estima sería del orden de 35 l/s, per km<sup>2</sup>, lo cual daría un total para la cuenca de 1,5 m<sup>3</sup>/s. En un año 85% seco el volumen que ella entregaría sería de unos 33 millones de m<sup>3</sup>, de los que del orden de 22 millones de m<sup>3</sup> escurrirían en la época de llenado del embalse.

La capacidad del embalse Lavadero se espera que sea de unos 265 millones de m<sup>3</sup>, por lo que el caudal afluyente resultaría totalmente insuficiente para su llenado. El volumen deficitario de 243 millones de m<sup>3</sup> que se requeriría para abastecerlo en un año seco tendría que traerse desde el río Perquilauquén mediante un canal alimentador. En todo caso, esto no sería problema, pues el río podría entregar un volumen de unos 300 millones de m<sup>3</sup> durante la época de llenado de un año seco.

### D. Topografía

La información topográfica utilizada en el estudio de esta posibilidad de embalse se ha extraído del plano 1:50 000 del IGM, que es el más detallado que se conoce de esta

zona. Esta se ha complementado en cierta medida con lo observado durante la visita al sitio de presa.

En la zona en que se implantaría la presa el estero Lavadero pasa entre dos cerros de pendientes muy suaves y de poca altura. El talud del de la derecha tiene una pendiente de aproximadamente 3:1, en tanto que el de la izquierda es de 4,5:1. Ambos cerros poseen cumbres planas, alcanzando el primero de los mencionados a una altura de 100 m sobre el lecho del estero y el segundo a una de 125 m. El ancho de la parte plana junto al estero es de unos 90 m.

El aspecto que ofrece el lugar de emplazamiento del muro se puede observar en el corte transversal esquemático A de la Figura 57, en que se muestran sus dimensiones principales.

Agua arriba del sitio de presa el valle continúa más ancho y con pequeña pendiente longitudinal por un trecho de unos 6 km, después de lo cual termina en una cuenca casi circular de 1,5 km de radio. Este valle, que constituiría el vaso del embalse, muestra dimensiones apropiadas para la acumulación de las aguas, por lo que, a pesar de lo ancho del sitio de presa, cabe esperar la obtención de un valor aceptable de la relación agua/muro.

### E. Geología

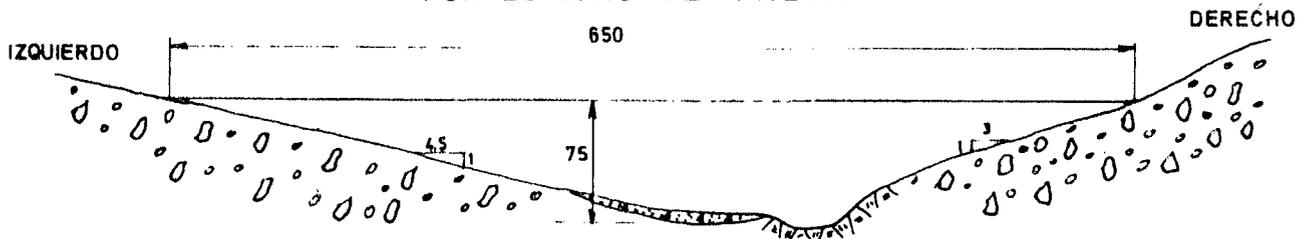
Los antecedentes geomorfológicos con que se cuenta de este lugar provienen principalmente de fotografías aéreas y de lo observado durante el vuelo en helicóptero que se hizo. Los estudios geológicos regionales existentes que cubren esta área son muy generales, por lo que no ayudan a definir la geología local de la angostura.

En el corte geomorfológico esquemático de la Figura 57 A se ha representado la interpretación geológica de lo observado desde el aire y de lo que se ha concluido por extrapolación de lo visto en lugares cercanos.

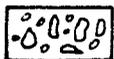
EMBALSE LAVADERO  
RIO PERQUILAUQUEN - ESTERO LAVADERO

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO  
POR EL SITIO DE PRESA

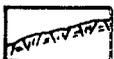
(A)



MEZCLA DE ESCOMBRO DE FALDA Y SEDIMENTOS FLUVIALES RECIENTES



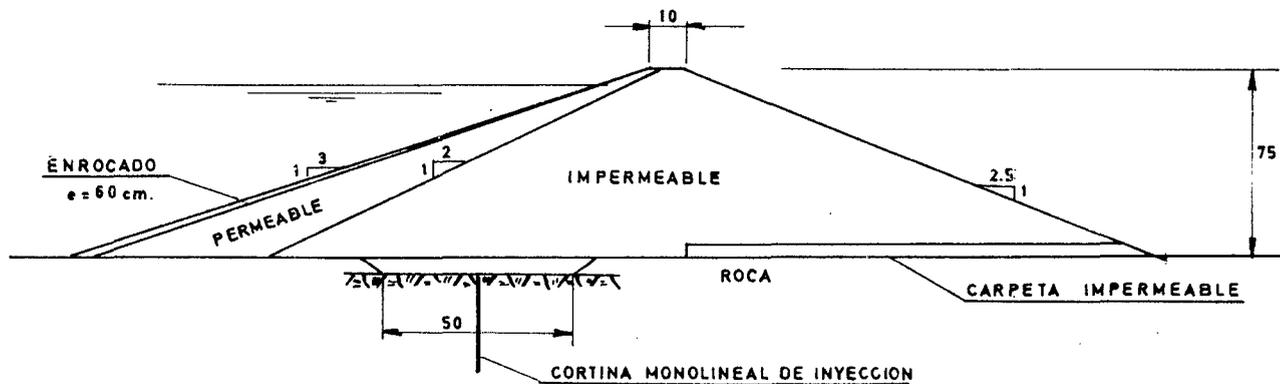
POSIBLE FLUVIOGLACIAL DESCOMPUESTO Y/O MATERIALES MORRENICOS.



AFLORAMIENTOS ROCOSOS

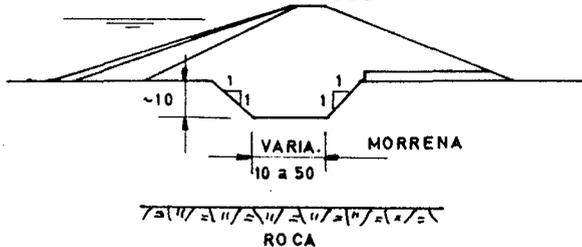
(B)

PERFIL POR EL EJE LONGITUDINAL  
DE LA PRESA

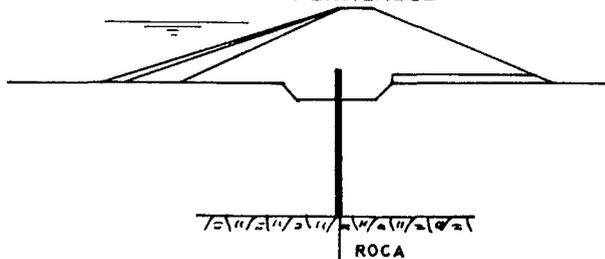


CORTE POR EL EMPOTRAMIENTO

CASO MORRENA HOMOGENEA  
IMPERMEABLE



CASO MORRENA HETEROGENEA  
PERMEABLE



Es posible que el tipo de roca que aflora en el lecho del estero corresponda a andesitas estratificadas, semejantes a las de la angostura San Manuel Bajo (alternativa de la Dirección de Riego). Como sólo se pudieron observar afloramientos en el lecho del estero y hasta una reducida altura del lado de recho, no es posible estimar su posición en el resto del contorno del sitio de presa. Considerando el aspecto geomorfológico de la región, se puede suponer que se trata de una formación rocosa que ha sido glaciada, de modo que podrían existir valles laterales más profundos, que actualmente se encontrarían cubiertos de sedimentos.

Es posible también que existan fallas o zonas de fracturas que por estas mismas causas no sean visibles, y por lo tanto no pueda evaluarse su importancia.

En lo referente al resto de la zona de empotramiento, se supone está formada por depósitos fluvioglaciales alterados y/o materiales morrénicos. La permeabilidad de estos materiales podría ser baja por lo que constituirían un apoyo aceptable para una presa de relleno.

En una etapa más avanzada del proyecto deberá definirse con exactitud la posición de la roca y las características hidrogeológicas de los depósitos cuaternarios que la cubren. Provisionalmente, puede aceptarse que la angostura es geológicamente apta para la implantación de una presa de baja altura.

#### F. Geotecnia

La presa quedaría fundada sobre roca en su parte inferior y sobre materiales fluvioglaciales o morrénicos en su parte superior.

Los materiales necesarios para la construcción de la presa existen en cantidades suficientes en la zona, aunque los permeables tendrían que transportarse desde una distancia de 6 o más kilómetros, ya que por no haber bastante cantidad de ellos en el estero Lavadero, habría que extraerlos del

lecho del río Perquianguén. Los impermeables se obtendrían de las morrenas que existirían en los alrededores del sitio de presa, o bien de los materiales fluvio-glaciales.

Para impermeabilizar la parte inferior de la fundación que se encuentra en roca sería necesario realizar una cortina monolítica de inyecciones que alcanzase hasta una profundidad en que se comprobase que la roca se encuentra sana. Sobre la zona de contacto de la roca con los materiales morrénicos o fluvio-glaciales sería necesario hacer en ambos empotramientos una sanja impermeable o una pared moldada que alcanzase hasta la roca y que penetrase por lo menos unos 100 m en cada costado.

## G. Características de las obras de embalse

### G.1 Presa

Considerando la distancia a la cual se encuentran los materiales permeables en comparación con los impermeables, se ha estimado que el tipo de presa más adecuado a las condiciones del lugar es el homogéneo, con un pequeño espaldón de materiales permeables en el lado de aguas arriba. Sus taludes tendrían pendientes de 3:1 en el lado de aguas arriba y de 2,5:1 en el de aguas abajo. El plano de contacto entre los permeables e impermeables tendría una inclinación de 2,0:1.

Para conseguir un eficiente uso de los recursos hídricos del río Perquianguén sería indispensable tratar de aprovechar al máximo este sitio de embalse, considerando las limitaciones que pudiese introducir la ubicación más conveniente del canal alimentador. Esto se logra dándole a la presa una altura de 75 m, con lo cual las aguas máximas llegarían a la cota del trazo más apropiado del mencionado canal. Con esa altura el coronamiento alcanzaría una longitud de 650 m.

El diseño propuesto para la presa de Lavadero se puede ver en el corte por el eje longitudinal que se muestra

en la Figura 57 B. A partir de las mediciones hechas en el plano 1:50 000 del IGM se han estimado los volúmenes de la presa para distintas alturas de ésta, valores que se han representado en el gráfico de la Figura 58. Según éste, con 75 m de altura la presa cubicaría unos 4,6 millones de  $m^3$ .

El vertedero sería una obra de pequeño tamaño en este caso. Su capacidad podría ser de unos  $80$  a  $90 m^3/s$  y podría situarse a cualquiera de los dos lados, aunque sería interesante estudiar primero la posibilidad de ubicarlo en un pequeño portento que existe en el lado derecho, a una distancia de 350 m del empotramiento de la presa.

El túnel de derivación durante la construcción tendría que tener capacidad para unos  $50 m^3/s$  y parecería recomendable excavarlo en la ladera derecha, que es donde se ve aflorar la roca.

## G.2 Embalse

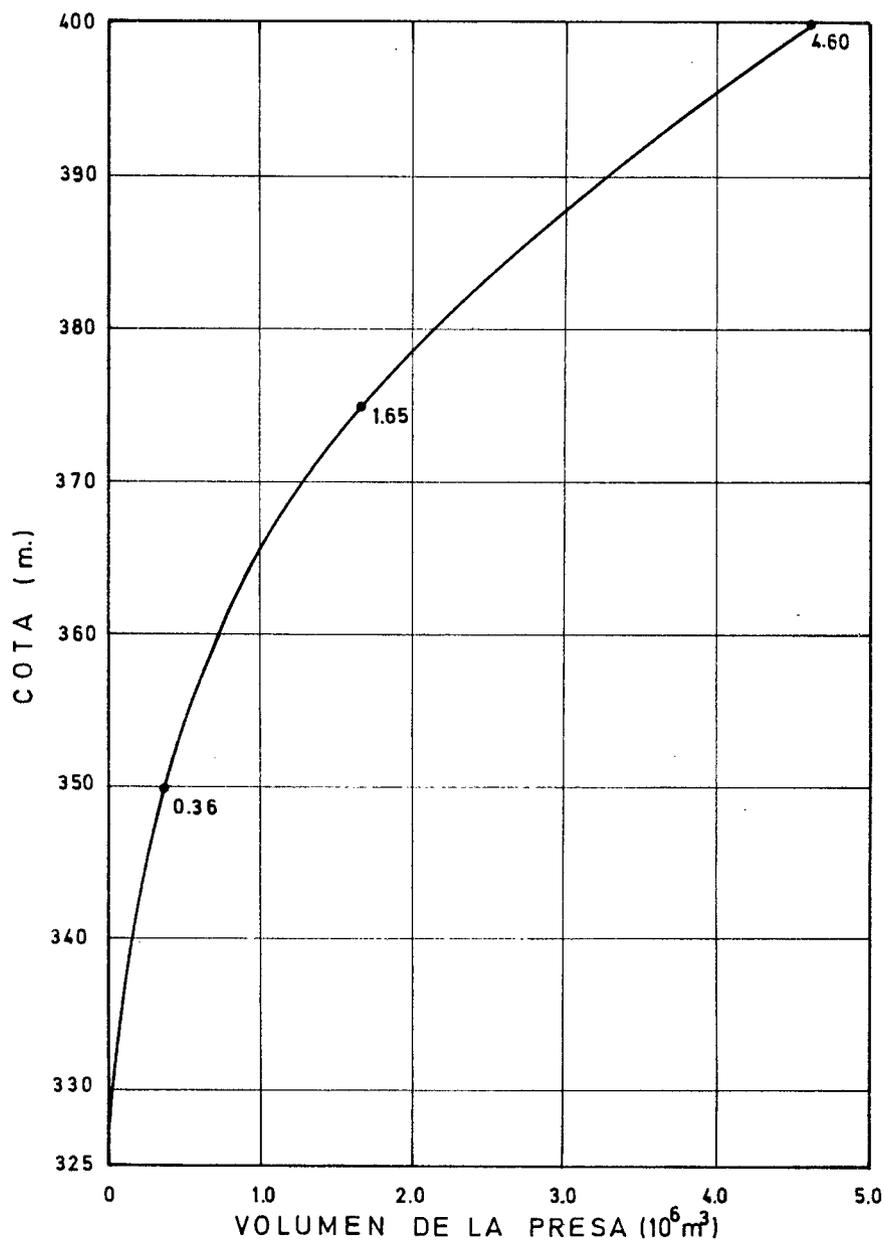
El valle del estero Lavadero tiene dimensiones tales que le permiten acumular un volumen de agua relativamente grande con una altura reducida, especialmente a partir de la cota 375, en que se logra un incremento de 6,5 millones de  $m^3$  por metro de aumento de la altura de presa.

Lo anterior se confirma al observar las curvas características del embalse que se muestran en el gráfico A de la Figura 59, deducidas de las medidas de superficies inundadas hechas en el plano a escala 1:50 000 del IGM.

Con la altura de 75 m se embalsaría un volumen total de unos 267 millones de  $m^3$ . De éstos, 245 millones de  $m^3$  tendrían que extraerse del río Perquianguén, lo cual representa algo más del 80% de los recursos hidrológicos disponibles en el río en la época de llenado de un año seco.

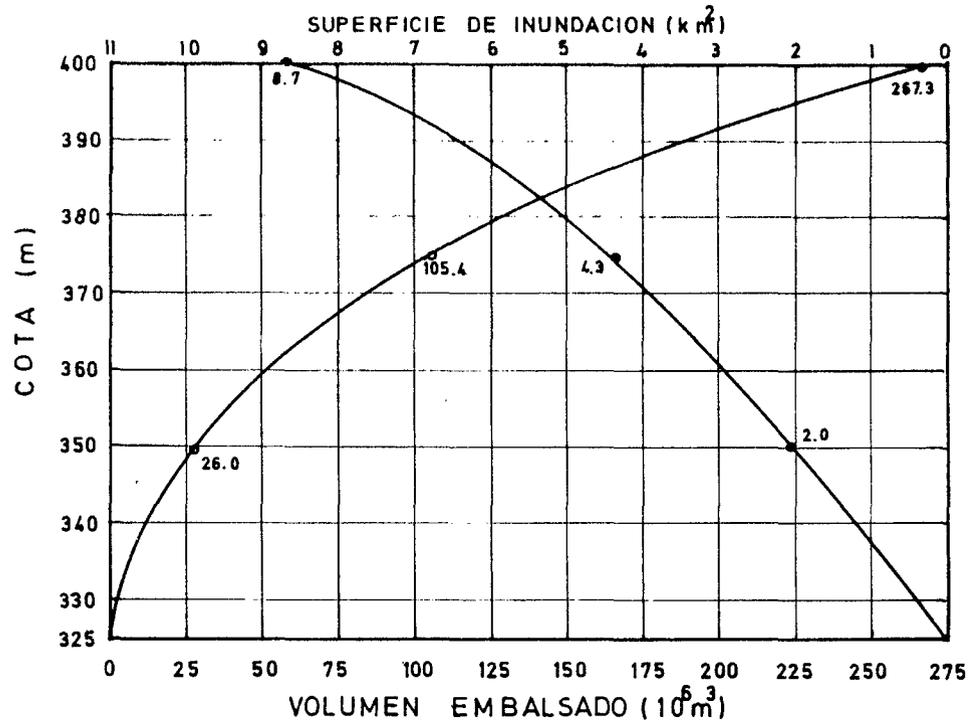
EMBALSE LAVADERO  
RIO PERQUILAUQUEN

VOLUMEN ESTIMADO DE LA PRESA



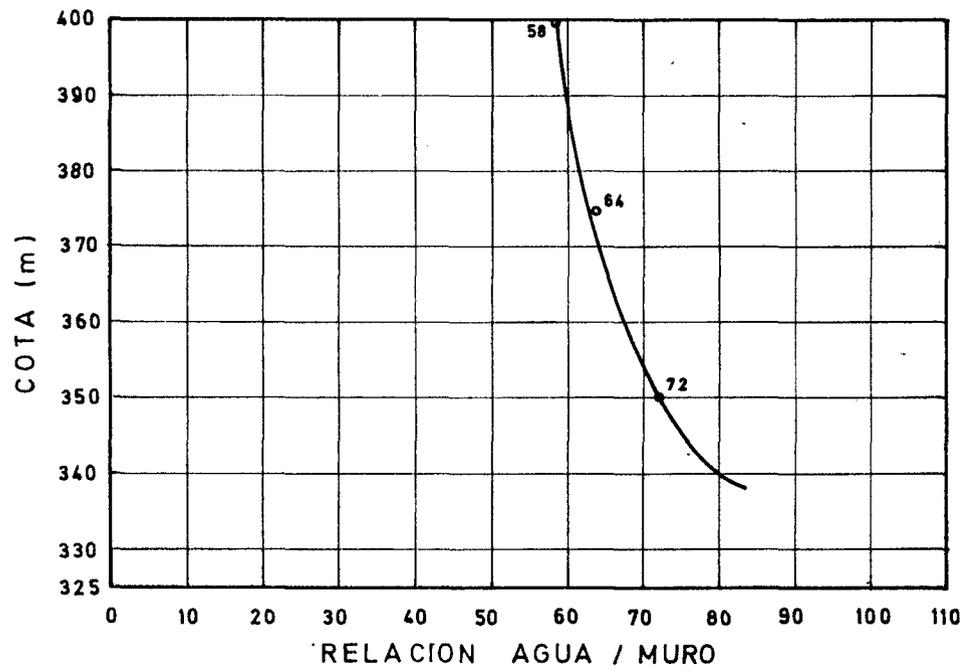
EMBALSE LAVADERO  
RIO PERQUILAUQUEN

CURVAS CARACTERISTICAS DEL EMBALSE



(A)

RELACION AGUA / MURO



(B)

Los terrenos que inundaría el embalse son cultivables y aparentemente de buena calidad, por lo que con la creación de este embalse se perderían unas 400 a 500 hectáreas de tierras productivas.

### G.3 Obras de alimentación

Para el llenado del embalse se consulta la construcción de un canal de unos 20 m<sup>3</sup>/s de capacidad, que captaría en el río Perquillauquén en la zona en que se encuentra la angostura de San Manuel Alto y seguiría por la ribera derecha del río, pasando por la parte alta de la angostura de San Manuel Bajo, hasta llegar a un portezuelo ubicado junto al empotramiento izquierdo de la presa de Lavadero. La longitud de este canal sería de unos 12 km.

### G.4 Obras de entrega

Se consulta aprovechar el túnel de desviación para ubicar en su interior las válvulas de descarga y la cámara con el colchón dissipador de energía.

### H. Superficie por regar

El volumen de este embalse debería ser suficiente para permitir el riego de unas 20 000 hectáreas de terrenos agrícolas. Estos se ubicarían en el valle central, probablemente en la zona comprendida entre los ríos Perquillauquén y Longaví.

### I. Conclusiones

La posibilidad de embalse denominada Lavadero presenta una serie de características positivas que hacen recomendable la continuación de su estudio. Mediante su materialización podría aprovecharse una parte importante de los recursos hidrológicos de invierno del río Perquillauquén, con lo cual podría solucionarse en parte el déficit de agua para riego que existe en la zona y que se pone de manifiesto en condiciones climáticas secas.

Los valores de la relación agua/muro, derivados de la información provisional mostrada en las Figuras 58 y 59 A, se han representado en el gráfico B de la Figura 59. Como se observa, éstos disminuyen a medida que aumenta la altura de la presa, lo cual llevaría a pensar que pudiese no ser conveniente llegar a la cota máxima. Sin embargo, considerando la importancia que tiene este río y la conveniencia de aprovechar eficientemente sus recursos hidrológicos, parece recomendable tratar de aprovechar al máximo las posibilidades de la angostura, especialmente si se tiene en cuenta que con la altura máxima propuesta la relación agua/muro disminuye a algo menos de 60, valor que alcanza a ser razonable.

Conclusiones que se derivan del análisis de las posibilidades de embalse del río Perquillauquén

El examen preliminar de las tres posibilidades de embalse preseleccionadas en el río Perquillauquén permite concluir que la denominada San Manuel Alto no sería económica, por lo que no convendría continuar con su estudio. Las dos restantes presentan una serie de características interesantes que las hacen dignas de mayor análisis.

De acuerdo a la información preliminar con que se ha contado en la presente etapa, ambas se ven como técnicamente factibles, aunque la denominada San Manuel Bajo podría requerir un tratamiento de su fundación de un costo tal que la haría económicamente poco interesante.

Si bien los antecedentes que se poseen de las posibilidades de embalse de Lavadero y San Manuel Bajo no permiten alcanzar una conclusión definitiva respecto a la superioridad de una sobre otra, hay que destacar que la primera podría tener una mayor capacidad de embalse, lo cual la facultaría para hacer un uso más eficiente de los recursos hidrológicos de invierno del Perquillauquén. Por otra parte, las dudas relacionadas con su fundación serían de menor importancia económica que las de San Manuel Bajo. En consecuencia, y a pesar de su peor relación agua/muro en comparación con la de la recién mencionada, sería recomendable afrontar su estudio en forma prioritaria.