V.1 - C.1

COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES DE ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA

HIDROGEOLOGIA

5215

CICA
Binnie & Partners
Hunting Technical
Services Ltd.

E RIEGO
324
Fondo 46

Santiago
Abril, 1979

ESQUEMA DEL INFORME

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 ROCAS FUNDAMENTALES
2.1.1 Paleozoico
2.1.2 Mesozoico
2.1.3 Cenozoico

2.2 ESTRUCTURA
2.2.1 Provincia Estructural de la Cordillera de la Costa
2.2.2 Graben o Fosa Tectónica del Valle Central
2.2.3 Provincia Estructural de la Cordillera de Los Andes
2.2.4 Fosas y Valles Tectónicos

2.3 CUATERNARIO
2.3.1 Período Cuaternario
2.3.2 Depósitos Cuaternarios

2.4 GEOMORFOLOGIA

3. HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DEL RIO ACONCAGUA

3.1 HIDROGEOLOGIA CUALITATIVA

a) Sector Los Andes - San Felipe
b) Valle del río Putaendo
c) Sector San Felipe - Romeral
d) Valle del Estero Catemu
e) Valle de Llay - Llay
f) Sector Romeral - Tabolango
g) Valle del Estero Los Litres
h) Valle del Estero Limache
i) Sector Tabolango - Concón

3.2 GEOMETRIA ACUIFERA
3.2.1 Valle del río Aconcagua (exceptuando el Sector Tabolango-Concón)

3.2.1.1 Disposición de los rellenos en superficie
3.2.1.2 Descripción de subsuperficie
a) Definición de Unidades
- Unidad A
- Unidad B
- Unidad C
- Unidad D

b) Ubicación y Geometría de las Unidades
- Unidad A
- Unidad B
  i) Sector Los Andes - San Felipe
  ii) Sector San Felipe - Romeral
  iii) Sector Romeral - La Calera
  iv) Sector La Calera - San Pedro
  v) Sector San Pedro - Tabolango
- Unidad C
- Unidad D

c) Acuíferos reconocidos

3.2.2 Valle del río Aconcagua desde Tabolango a Concón

3.2.2.1 Descripción de subsuperficie
a) Definición de Unidades sección Tabolango - Mauco
- Unidad I
- Unidad II
- Unidad III

b) Acuíferos reconocidos sección Tabolango - Mauco

c) Definición de Unidades Sección Mauco - Concón

d) Acuíferos reconocidos Sección Mauco - Concón

3.2.3 Valles tributarios al valle del río Aconcagua

3.2.3.1 Valle del río Putaendo
a) Descripción Subsuperficial
b) Acuíferos reconocidos

3.2.3.2 Valle de Llay - Llay
a) Descripción Subsuperficial

a) Descripción Subsuperficial
- Definición de Unidades
  i) Unidad Llay - Llay 1
  ii) Unidad Llay - Llay 2
  iii) Unidad Llay - Llay 3
  iv) Unidad Llay - Llay 4
  v) Unidad Llay - Llay 5

- Ubicación y Geometría de las Unidades
  i) Unidad Llay - Llay 1
  ii) Unidad Llay - Llay 2
  iii) Unidad Llay - Llay 3
  iv) Unidad Llay - Llay 4
  v) Unidad Llay - Llay 5

b) Acuíferos reconocidos

3.2.3.3 Valle de Catemu
a) Descripción Subsuperficial
b) Acuíferos reconocidos

3.2.3.4 Valle de Rabuco
a) Descripción Subsuperficial
b) Acuíferos reconocidos

3.2.3.5 Valle Los Litres
a) Descripción Subsuperficial
b) Acuíferos reconocidos

3.2.3.6 Valle de Limache
a) Descripción Subsuperficial
b) Acuíferos reconocidos

3.3 CARACTERISTICAS ACUIFERAS

3.3.1 Análisis de la Información existente
3.3.2 Interpretación de pruebas de bombeo
a) Análisis en pozo de bombeo
- Método de Jacob
- Método de Sternberg

b) Análisis en pozo de observación

3.3.3 Adopción de constantes elásticas regionales
a) Primer sector Los Andes - San Felipe
b) Segundo sector Valle del río Putaendo
c) Tercer sector San Felipe - Romeral
d) Cuarto sector Valle del estero Catemu
e) Quinto sector Valle del estero Llay-Llay
f) Sexto sector Romeral - Tabolango
g) Séptimo sector Valle del estero Los Litres
h) Octavo sector Valle de Limache
i) Noveno sector Tabolango - Concón
a) Acuífero Freático
b) Acuífero Confinado

3.4 MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA

3.4.1 Sector Los Andes - San Felipe
3.4.2 Valle del río Putaendo
3.4.3 Sector San Felipe - Romeral
3.4.4 Valle del estero Catemu
3.4.5 Valle Llay-Llay
3.4.6 Sector Romeral - Tabolango
3.4.7 Valle del estero Los Litres
3.4.8 Valle de Limache
3.4.9 Sector Tabolango - Concón
a) Acuífero freático
b) Acuífero confinado

3.5 PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

3.5.1 Sector Los Andes - San Felipe
3.5.2 Valle del río Putaendo
3.5.3 Sector San Felipe - Romeral
3.5.4 Valle del estero Catemu
3.5.5 Valle de Llay-Llay
3.5.6 Sector Romeral - Tabolango
3.5.7 Valle del estero Los Litres
3.5.8 Valle de Limache
3.5.9 Sector Tabolango - Concón
a) Acuífero freático
b) Acuífero confinado

3.6 FLUCTUACION DE NIVELES

3.6.1 Sector Los Andes - San Felipe
3.6.2 Valle del río Putaendo
3.6.3 Sector San Felipe - Romeral
3.6.4 Valle del estero Catemu
3.6.5 Valle de Llay-Llay
3.6.6 Sector Romeral - Tabolango
a) Subsector Ocoa
b) Subsector Hijuelas - Puntilla La Cruz
c) Subsector Puntilla La Cruz - Tabolango
3.6.7 Valle del estero Los Litres
3.6.8 Valle de Limache
3.6.9 Sector Tabolango - Concón
a) Acuífero freático
b) Acuífero confinado

3.7 BALANCES HIDROGEOLGICOS

(2.1) 3.7.1 Balance en el sector Los Andes - San Felipe

3.7.1.1 Recargas
a) Recarga de precipitaciones
b) Otras recargas
3.7.1.2 Descargas
a) Caudal subterráneo saliente
b) Otras descargas
3.7.1.3 Variación del volumen almacenado
3.7.1.4 Balance
3.7.1.5 Relación entre el estado del embalse subterráneo y el caudal saliente

(2.2) 3.7.2 Balance en el Valle de Putaendo

3.7.2.1 Recargas
a) Recarga de precipitaciones
b) Otras recargas
3.7.2.2 Descargas
a) Determinación del caudal subterráneo saliente
3.7.2.3 Variación del volumen almacenado
3.7.2.4 Balance

(23)

3.7.3 Balance en el sector San Felipe - Romeral
3.7.3.1 Recargas
a) Caudales subterráneos ingresantes
b) Recarga de precipitaciones
c) Recarga de regadío
d) Otras recargas
3.7.3.2 Descargas
a) Galería Las Vegas
b) Recuperaciones
c) Evapotranspiración de vegetación freatófita
3.7.3.3 Variación del volumen almacenado
3.7.3.4 Balance

3.7.4 Balance en el valle de Llay-Llay
3.7.4.1 Objetivos y alcances
3.7.4.2 Ingresos
a) Canales
b) Precipitaciones
c) Aportes naturales
3.7.4.3 Salidas
a) Estero Las Vegas
b) Estero Rapaculo
c) Evapotranspiración
3.7.4.4 Balance

3.7.5 Balance acuífero confinado del área de Concón

3.8 RESERVAS DE AGUA SUBTERRANEA. VOLUMENES EMBALSADOS.

3.8.1 Volúmenes embalsados
3.8.2 Reservas explotables

3.9 CAPTACIONES TIPO

3.9.1 Sectores de captaciones tipo
3.9.1.1 Sector Los Andes - San Felipe
a) Area San Felipe
b) Area Curimón - Las Peñas
c) Area Las Peñas - Los Andes

3.9.1.2 Sector Valle Putaendo
3.9.1.3 Sector San Felipe - Romeral
3.9.1.4 Sector Valle Llay-Llay
3.9.1.5 Sector Valle de Catemu
3.9.1.6 Sector Romeral - Tabolango
a) Area Romeral - Hijuelas
b) Area Hijuelas - Puntilla La Cruz
c) Area Puntilla La Cruz - La Cruz
d) Area La Cruz - Rautén
e) Area Rautén - Tabolango
3.9.1.7 Sector Valle Estero Los Litres
3.9.1.8 Sector Tabolango - Concón

3.9.2 Costos de Explotación
3.9.2.1 Bases de cálculo e hipótesis
3.9.2.2 Metodología
3.9.2.3 Resultados

3.10 EXPLOTACION ARTIFICIAL

3.10.1 Generalidades y alcances
3.10.2 Agua Potable
3.10.3 Agua de regadío
3.10.4 Agua industrial
3.10.5 Resumen

Anexo N° 1 Catastro de Sondajes Valle del Aconcagua
Anexo N° 2 Cotas y niveles estáticos de sondajes. Valle del Aconcagua
Anexo N° 3 Catastro y niveles de norias. Valle del Aconcagua
Anexo N° 4 Estadística de explotación artificial de agua subterránea.

INDICE DE FIGURAS
CAPITULO 3

3.2.1.1	Perfiles estratigráficos Los Andes - Rabuco
3.2.1.2	Perfiles estratigráficos Rabuco - Rautén
3.2.3.1	Perfil transversal valle Putaendo
3.2.3.2	Perfil longitudinal valle Llay-Llay
3.2.3.3	Isópaco acuífero freático Llay-Llay
3.2.3.4	Isópaco arcillas superiores confinantes Llay-Llay
3.2.3.5	Isópaco acuífero confinado Llay-Llay
3.2.3.6	Perfil transversal Llay-Llay
3.2.3.7	Perfil transversal valle Los Litres
3.2.3.8	Perfil transversal valle Limache
3.4.9.1	Superficie piezométrica acuífero confinado sector Tabolango - Concón
3.5.1.1	Perfil longitudinal nivel estático. Sector Los Andes - San Felipe. Mayo 1978
3.5.2.1	Perfil longitudinal nivel estático. Valle de Putaendo. Mayo 1978
3.5.6.1	Perfil longitudinal nivel estático. La Cruz - Quillota. Mayo 1978
3.6.1.1(a)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°30' C-5
(b)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°30' C-7
(c)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°40' D-12
3.6.1.2	Perfil longitudinal fluctuación nivel estático. Valle Aconcagua. Los Andes-San Felipe
3.6.1.3	Perfil transversal fluctuación niveles estáticos. Valle Aconcagua. Los Andes-San Felipe
3.6.1.4	Profundidad nivel estático en mes anterior a la recarga. Valle Aconcagua. Los Andes-San Felipe
3.6.2.1(a)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°40' B-4
(b)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°40' B-2
(c)	Limnigrama sondaje 32°40' - 70°40' A-3
3.6.2.2 A	Perfil fluctuación del nivel estático. Valle Putaendo (Enero-Octubre 75)

3.6.2.2.B Perfil fluctuación del nivel estático. Valle Putaendo (octubre 72 - Marzo 73).

3.6.2.2.C Perfil longitudinal fluctuación nivel estático Valle Putaendo (Sep. 74 - Enero 75)

3.6.3.1 Limnigrama sondaje 32°40' - 70°50' D-2

3.6.4.1 Limnigrama sondaje 32°40' - 70°50' A-1

3.6.4.2 Limnigrama sondaje 32°40' - 70°50' C-2

3.6.5.1 Fluctuación media del nivel estático. Valle de Llay-Llay

3.6.6.1 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°00' D-3

3.6.6.2 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°00' B-13

3.6.6.3 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°00' D-4

3.6.6.4 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°00' A-12

3.6.6.5 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°00' C-5

3.6.6.6 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°10' D-17

3.6.6.7 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°10' D-18

3.6.6.8 Fluctuación nivel estático. Perfil longitudinal La Calera-La Cruz (Sep. 70 - Marzo 71)

3.6.6.9 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°10' D-22

3.6.6.10 Perfil transversal fluctuación nivel estático Puntilla La Cruz

3.6.6.11 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°10' B-21

3.6.6.12 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°10' B-24

3.6.6.13 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°10' A-11

3.6.7.1 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°10' B-15

3.6.7.2 Limnigrama sondaje 32°40' - 71°10' B-27

3.6.8.1 Limnigrama sondaje 33°00' - 71°10' B-7

3.6.8.2 Limnigrama sondaje 33°00' - 71°10' B-4

3.6.8.3 Limnigrama sondaje 32°50' - 71°10' C-9

3.6.9.1(a) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' C-23

(b) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' C-39

(c) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' C-43

3.6.9.2(a) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' C-7

(b) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' C-8

(c) Limnigrama sondaje 32°50' - 71°20' B-4

3.7.1.1 Correlación Qss vs $(NE)_{D12}$. Sector Los Andes - San Felipe

3.7.1.2 Caudal medio mensual subterráneo saliente, Sector Los Andes - San Felipe
3.7.1.3 Relación (EE) vs Qss. Sector Los Andes - San Felipe

3.7.2.1 Correlación Qss vs $(NE)_{B4}$ Valle Putaendo
3.7.2.2 Caudal medio mensual subterráneo saliente. Valle Putaendo.

3.7.3.1 Caudal medio mensual subterráneo ingresante. Sector San Felipe - Romeral.
3.7.3.2 Planta Sector San Felipe - Romeral
3.7.3.3 Caudales subterráneos máximos pasantes. Sector San Felipe - Romeral.

2. GEOLOGIA REGIONAL

Este informe pretende definir las características sedimentológicas y geométricas de los depósitos cuaternarios, de origen escencialmente fluvial, que son susceptibles de constituir niveles de interés hidrogeológico (acuíferos).

La formación de estos depósitos está en íntima relación con los eventos acaecidos en la región, y con los tipos litológicos existentes y las deformaciones de los mismos. De este modo, la historia geológica del área resulta de vital interés en el estudio de los detritos modernos provenientes de las rocas del sector. Su cabal conocimiento es entonces una importante herramienta que permite una definición satisfactoria de los rellenos emplazados en las estructuras geomórficas que son el objetivo de este Proyecto.

2.1 ROCAS FUNDAMENTALES

En la zona de estudio aflora un variadísimo conjunto litológico, que abarca una amplia gama petrográfica y donde están representadas las tres grandes Eras Geológicas.

2.1.1 Paleozoico

Las rocas representativas de esta Era son exclusivamente de tipo metamórfico y plutónico. Las primeras se agrupan en lo que se ha definido como Formación El Cajón, donde se presentan principalmente gneisses, filitas, pizarras, metareniscas y cuarcitas, bastante tectonizadas.

Las rocas intrusivas paleozoicas se disponen en el litoral y conforman el llamado Batolito de la Costa de edad presumiblemente devónico inferior. Los tipos petrográficos más representativos son : tonalitas, granitos y adamelitas. El Batolito de la Costa presenta una elongación Norte - Sur y aflora desde Pta. Horcón hacia el Sur.

2.1.2 Mesozoico

A esta Era corresponde un gran conjunto litológico que aflora en la zona de estudio y que cubre una superficie importante de la misma.

Las rocas volcánicas son tal vez las más abundantes y han sido agrupadas en diversas formaciones por los autores que han trabajado en el área. Los tipos litológicos más representativos son : andesitas, brechas, tobas y ocoítas. Las principales formaciones que presentan rocas efusivas mesozoicas son : Formación La Ligua (TRIASICO), Formación Ajial (JURASICO, bajociano medio), Formación Horqueta (JURASICO, Malm), Formación Veta Negra (CRETACICO, aptiano-turoniano) y Formación Las Chilcas (CRETACICO). Los sectores donde afloran estas unidades pueden observarse en el Mapa Geológico Compilado , que se adjunta en el Capítulo de Geología.

Las rocas sedimentarias mesozoicas que existen en la zona de estudio, son principalmente marinas. Los tipos litológicos más comunes son : areniscas, calizas, areniscas calcáreas y lutitas. Las unidades continentales que suelen interestratificarse con depósitos volcánicos y estratos de origen marino son de preferencia conglomerados y brechas.

Las sedimentitas de la zona del proyecto han sido agrupadas en las siguientes formaciones : Formación La Ligua (TRIASICO, Continentales), Formación Quebrada del Pobre (LIASICO inferior, marinas), Formación Cerro Calera (BAJOCIANO medio y superior, marinas) Formación Lagunillas (KIMMERIDIANO, marinas y continentales), Formación Lo Prado (NEOCOMIANO, marinas y algunas intercalaciones continentales) y Formación Las Chilcas (CRETACICO, continentales).

Por último, en el área afloran muchos cuerpos igneos intrusivos, que corresponden a dos ciclos que han sido datados en el jurásico superior y en cretáceo superior. La franja jurásica se ubica hacia el poniente de las rocas plutónicas cretáceas lo que ha hecho pensar en una migración magmática a través del tiempo.

Los tipos petrográficos de mayor difusión son : granodioritas , tonalitas, adamelitas y algunos pórfidos. Es importante indicar, que en los contactos de las rocas con las estructuras que hacen de caja a los intrusivos, suelen existir aureolas formadas por rocas de metamorfismo de contacto, que normalmente no superan la facie de rocas córneas de Albita-Epidota.

2.1.3 Cenozoico

Las rocas más modernas del área son casi exclusivamente volcánicas y plutónicas, y por lo general se ubican hacia las cabeceras de los valles de Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca. Si se observa el Mapa Geológico indicado anteriormente, se puede apreciar la importante superficie que cubren estas rocas.

Las rocas volcánicas cenozoicas se agrupan en tres formaciones, que son : Formación Lo Valle (CRETACICO- TERCIARIO), Formación Abanico (CRETACICO-TERCIARIO), y Formación Farellones (TERCIARIO). Los tipos petrográficos son análogos a los descritos para el Mesozoico, sólo que en estas rocas suelen presentarse niveles de ceniza producto de volcanismo moderno.

Desde el meridiano 70°35' hasta el límite chileno-argentino, se dispone una franja de rumbo Norte-Sur de rocas plutónicas que se ha dado en denominar Batolito Andino.

Esta estructura está constituida por rocas terciarias superiores que generalmente corresponden a : dioritas, granitos, granodioritas y adamelitas.

Los únicos sedimentos cenozoicos (aparte de los rellenos Cuaternarios) que existen en la zona del proyecto se ubican en el sector costanero y corresponden a depósitos marinos semiconsolidados que han sido definidos como Formación Horcón. Estos sedimentos se presentan aterrazados y se emplazan hacia ambos flancos del valle del estero Quintero y en la vertiente norte del tramo terminal del valle del río Aconcagua (cf. Mapa Geológico)

2.2 ESTRUCTURA

En la zona central del país se reconocen tres provincias estructurales que son : La Cordillera de la Costa, el Graben o fase tectónica del valle Central y la Cordillera de Los Andes. En el área del Proyecto obviamente se reconocen estas tres provincias y se advierte, además, que el Valle Central se presenta claramente limitado por dos zonas de fallas paralelas entre sí que son : Los Angeles y Pocuro.

2.2.1 Provincia Estructural de la Cordillera de la Costa

En el área del Proyecto presenta una amplitud de 55 Kms. aproximadamente y limita al poniente con el Mar de Chile y al oriente con la zona de falla de Los Angeles .

Los estratos sedimentarios y volcánicos exhiben un rumbo Norte-Sur y manteos homoclinales hacia el Este, que fluctúan entre 20°y 40°. Los abundantes cuerpos intrusivos que se evidencia en esta zona, perturban ligeramente la disposición espacial de las capas provocando suaves plegamientos y fracturas, en las áreas cercanas al contacto entre las rocas estratificadas y los plutones.

El fallamiento existente en esta provincia, presenta tres direcciones preferenciales que son : Norte-Sur, Noroeste-Sureste y Noreste-Suroeste. Los ángulos que caracterizan al rumbo son, generalmente, inferiores a 40°y los manteos bastante pronunciados.

La estructura de la Cordillera de la Costa se aprecia claramente limitada al Este por la zona fracturada de Los Angeles y es probable que hacia el Oeste también lo esté. Un indicio importante en este sentido lo constituye la angosta fosa marina, que se alinea paralela al litoral unos 22 Kms. al poniente de la costa.

El límite oriental de esta provincia estructural lo constituye, como se dijo, la zona de falla de Los Angeles definida por Carter y que está constituida por un sin-número de fallas semi-paralelas de fuerte ángulo, que suelen presentar ligeras curvaturas. Existen fallas mayores que se ramifican en series de fallas divergentes que al parecer se originaron por tensiones en las cercanías de los plutones encajantes. La penetratividad de estas fracturas no es muy grande, pero el efecto combinado de este fracturamiento puede ser realmente importante.

2.2.2 Graben o Fosa Tectónica del Valle Central

Esta estructura se prolonga claramente desde la latitud de Santiago hasta el Golfo de Ancud. Al norte de la capital es posible seguir sus rasgos geomórfológicos principales, aún cuando en forma discontinua. Estos son los que se han identificado en el área del Proyecto, de preferencia en la zona de Los Andes-San Felipe.

En este sector se evidencia una clara tectónica de bloques que ha provocado el descenso relativo del cuerpo limitado por las fallas Pocuro (al oriente) y el conjunto de fracturas que se ubican al poniente del valle de Putaendo (cf. Mapa Geológico adjunto al Capítulo de Geología).

La zona de fallas de Pocuro se detecta claramente en las cercanías del lecho del estero homónimo, gracias a la presencia de rocas milonitizadas de textura cataclástica. Es posible seguir esta importante zona de fractura en el área, ininterrumpidamente, de Norte a Sur, cortando el valle del río Aconcagua al oriente de la ciudad de Los Andes. Desde allí, hacia el Norte se proyecta pasando por las áreas de cabeceras de los valles del río Putaendo y estero Alicahue.

2.2.3 Provincia Estructural de la Cordillera de Los Andes

Esta se proyecta al Este de la falla Pocuro y ha sido subdividida en dos subprovincias paralelas : Las Ollas y Juncal.

La primera de ellas se ubica en el sector occidental de la provincia mayor y constituye el flanco Oeste de la Cordillera de Los Andes. Se caracteriza por amplios pliegues y bruscas flexuras de poca extensión lateral; también suelen encontrarse fracturas producidas, principalmente por gravedad. La mayoría de estas últimas son subparale - las a la falla Pocuro.

La subprovincia Juncal se ubica hacia el oriente de la anterior y presenta una tectónica bastante compleja que se caracteriza por pliegues apretados, generalmente, asimétricos y en ocasiones volcados. Los ejes estructurales de los pliegues son Norte-Sur, indicando esfuerzos comprensivos de dirección Este-Oeste. Esta subprovincia aparece claramente expuesta, en la zona del Proyecto hacia las cabeceras del río Blanco y Juncal.

2.2.4 Fosas y Valles Tectónicos

Las potentes secuencias volcánicas y sedimentarias que afloran en el área del Proyecto, fueron el resultado de una prolongada depositación acaecida durante el período Geoliminar Andino (Jurásico inferior al Cretáceo superior). Estas rocas sufren durante el Terciario numerosos eventos tectónicos (producto del Ciclo Andino) entre los

que cabe señalar las fases : Subhercínica o peruana, Incaica y Quechua. Estos fenómenos geológicos siempre se presentaron unidos a eventos volcánicos, produciéndose de este modo un continuo remodelado de los relieves.

A fines del Terciario y comienzos del Cuaternario (Plio-Pleistoceno) se origina una fase tectónica distentiva que es la responsable, en gran parte, de los rasgos topográficos , principales que existen en la actualidad. Esta tectónica de bloques estructuró las numerosas fosas existentes en el territorio, además del control ejercido en la formación de muchos valles actuales que muestran un manifiesto origen tectónico. Es importante hacer resaltar, que una de las características de este tectonismo Terciario- Cuaternario, es presentar direcciones secundarias de fracturamiento E-W.

En la zona del Proyecto, existen numerosos valles y fosas de génesis estructural, que son el resultado de la tectónica tardía antes indicada. Los graben principales ubicados en el sector de interés son:

i) El tramo del valle del río Aconcagua comprendido entre Los Andes y San Felipe. En este sector se evidencian claros alineamientos tanto hacia el oriente (falla Pocuro) como hacia el oeste que corresponden a direcciones de fracturamiento que permitieron el descenso de un bloque central. Es posible además que la vertiente norte del valle sea producto de sistema de fallas pequeñas de dirección aproximada WNW-ESE.

ii) El valle del río Putaendo es también al parecer una fosa tectónica estrecha elongada N-S, coincidente con el fracturamiento del sector que corresponde a la zona de falla de Los Angeles. Es posible que esta estructura no sea un graben propiamente tal, sino el producto de un sistema de fallas que han provocado el descenso de bloques en escalón lo que facilitó el proceso erosivo del río Putaendo para el modelado del valle actual.

iii) El valle del estero Los Loros, que presenta una elongación de dirección aproximada WNW-ESE. Las fotografías aéreas han acusado en él tres zonas de fracturamiento constituidas por fallas de poco recorrido que han permitido, a su vez, el descenso de un bloque central que se encuentra cubierto por los rellenos cuaternarios del valle. Este fracturamiento es muy notorio en la vertiente noreste de la estructura.

iv) El valle del estero Limache. Esta estructura se ubica clara - mente elongada WNW-ESE, coincidente con el fracturamiento del área. Las fallas normales que limitan el bloque deprimidos tienden a cortarse hacia la desembocadura del valle. Esta el la razón fundamental por la cual la estructura se estrecha considerable - mente en esa dirección.

v) El valle de Catapilco es una pequeña fosa que se emplaza en rocas plutónicas Jurásicas, limitada al oriente y poniente por fallas normales de pequeño recorrido regional. Hacia el Sur de la estructura se posible que exista una falla de rumbo casi E-W , que es la responsable del estrechamiento y brusco cambio de dirección que experimenta el valle.

La mayoría de los valles o quebradas de importancia que existen en el área del Proyecto presentan un control tectónico. Sus alineamientos, quiebres bruscos y sus disposiciones espaciales así lo acusan. Presumiblemente los agentes erosivos tuvieron una mayor eficacia en las áreas fracturadas y algunos planos o zonas de fallas fueron fácilmente erosionados, originando pequeñas quebradas que han ido evolucionando hasta la actualidad.

Entre los valles con claro control tectónico en la zona del Proyecto, caben destacar los siguientes :

i) Valle del estero Los Litres . Esta estructura, alineada concordantemente a las direcciones de fracturamiento regionales, es el producto probablemente de la erosión en un área de fuerte fallamiento. De hecho, la vertiente poniente del valle, es al parecer una falla normal, que se proyecta atravesando el valle del río Aconcagua y condicionando su disposición geográfica. Las pequeñas quebradas tributarias de este valle muestran todas una dirección que puede ser NW-SE y en algunas ocasiones NE-SW. Es posible, que éstos respondan a dos familias de fallas de poco recorrido y que el valle del estero Los Litres se haya labrado aprovechando las zonas donde estas fracturas se intersectan y por consiguiente existe poca resistencia a los agentes erosivos.

ii) Valle del estero Los Angeles. Esta estructura geomorfológica muestra un alineamiento claro, acorde con las fallas del sector. El quiebre que experimenta en su tramo inicial es, probablemente, producto de la interacción de fallas de rumbo ligera - mente distinto.

iii) Valle del estero Las Palmas. Es, tal vez, el que más claramente exhibe un control estructural. El quiebre acusado en su tramo intermedio, coincide matemáticamente con las fallas mapeadas por los autores en el sector y acusan por consiguiente, el manifiesto control del valle.

iv) Valle del estero Rabuco. Esta estructura se encuentra controlada por la falla que corre por la vertiente oeste del valle del río Aconcagua y que hacia el SE se interna por el valle de Rabuco, adosada a su flanco poniente. Es probable, además, que el quiebre que sufre el valle en su tramo inicial, sea producto de fallas pequeñas de poco recorrido que ocasionan este cambio de rumbo.

v) Valle del estero Catemu. Este presenta una alineación paralela a la gran estructura del río Putaendo y se encuentra limitado al oriente por una falla de gran corrida que, sin duda, es la que le dió origen (cf. Mapa Geológico adjunto al Capítulo de Geología).

Además de los ya citados, existen varias otras estructuras que presentan un claro control tectónico y que son entre otros los siguientes : Valle del estero Quintero, de Puchuncaví y el estero Jaururo. Muchas pequeñas quebradas tributarias a los valles señalados en este subcapítulo, también son el resultado de la actividad tectónica suscitada en la zona del Proyecto.

Por último, es importante señalar que los valles de los ríos Aconcagua, Ligua y Petorca presentan, en diversas zonas, controles tectónicos clarísimos. Tal vez el caso más típico lo constituye el quiebre del valle del río Petorca en las inmediaciones de Artificio, donde se produce un cambio de rumbo de más o menos 90°. Situaciones similares se registran en el valle del río Aconcagua, en el sector de la ciudad de La Calera y en el valle del Ligua, en las cercanías de la ciudad homónima.

2.3 CUATERNARIO

2.3.1 Período Cuaternario

Como se señaló anteriormente, a comienzos del Cuaternario se verificó en el territorio una tectónica distensiva que originó la mayoría de las fosas estructurales existentes hoy en día.

Las características más relevantes de este tiempo geológico, son quizás los fuertes cambios climáticos acaecidos, que provocaron grandes avances de los hielos emplazados en los casquetes polares. Este aumento de los hielos polares trajo consigo el consecuente descenso del nivel marino; de modo que cada período glaciar implica un descenso del nivel del mar y un interglaciar el correspondiente ascenso.

Se reconocen, a la fecha, cuatro períodos glaciares que son, partiendo del más antiguo, los siguientes : GUNZ o glaciación primitiva, MINDEL o antepenúltima, RISS o penúltima y WURM o última.

Durante estos períodos fríos se desarrolló, de preferencia en la Cordillera de Los Andes una fuerte actividad erosiva y depositacional. De los dos últimos eventos (RISS y WURM) son, probablemente, las estructuras que hasta hoy se aprecian en la alta cordillera, como por ejemplo los numerosos valles en U, típicos de una morfología glaciar.

Es posible que los sedimentos morrénicos existentes hacia las cabeceras de los valles Aconcagua, Ligua y Petorca correspondan a la acción deposicional provocada por el último período glacial, ya que los depósitos de etapas anteriores, sufrieron, sin duda un fuerte retrabajamiento durante los interglaciares (algunos de larga duración).

Las sucesivas oscilaciones eustáticas ocurridas durante el Cuaternario, originaron un modelo aterrazado en las áreas litorales. Se ha reconocido, a lo menos cuatro niveles de terrazas de abrasión marina a lo largo de nuestro litoral que son el resultado de la acción erosiva del mar. Estas estructuras se labraron, en algunos casos en sedimentos de diagénesis incompleta (con bajo grado de compactación) que probablemente, son el producto de la sedimentación durante períodos en que el nivel marino se encontraba bastante más elevado que en la actualidad (200 mts. según algunos autores). Esta situación se verifica, en el área del Proyecto, en la zona de tributación de los ríos Ligua y Petorca en el Mar de Chile.

Como se puede deducir de la breve descripción enseñada en párrafos precedentes, durante el Cuaternario se registraron importantes eventos, que son, en gran medida, los responsables del modelado topográfico actual.

2.3.2 Depósitos Cuaternarios

Hacia las cabeceras de los valles Aconcagua, Ligua y Petorca se acumulan potentes volúmenes de sedimentos de granulometría heterogénea que presumiblemente corresponden al período WURM. Estos depósitos de tipo morrénico se emplazan desde una cota de más o menos 2.500 m.s.n.m. hacia aguas arriba. Relacionados también con los procesos glaciares, se originaron, hacia la vertiente norte del valle del río Aconcagua, en las cabeceras de los esteros El Cobre y San Francisco, corrientes de barro que alcanzan prácticamente la localidad de Santa María.

Estos procesos deposicionales rellenaron buena parte de las quebradas tributarias y los tramos superiores de los valles principales sobre los que versa este Proyecto.

Estos materiales cuya granulometría fluctua entre bloques de 2 m^3 o más, hasta arcilla, han sido sistemáticamente atacados por los agentes erosivos, retrabajándolos y retransportándolos. De hecho, es posible que los materiales finos, que se emplazan hacia la base de los rellenos que colmatan los valles principales, sean producto de este proceso. De este modo, en épocas pasadas es probable que estos detritos glaciares hayan sido sometidos a un verdadero "lavado" que transportó de preferencia, las fracciones finas aguas abajo, redepositándolas.

Los sedimentos de relleno más recientes, son producto de la acción erosiva de los cursos fluviales del área, que conjuntamente con procesos gravitacionales han trabajado en los accidentes topográficos existentes.

La granulometría de los rellenos está condicionada, principalmente, por el grado de energía de las aguas escurrentes y ésta depende, a su vez, de la pendiente que presente el fondo del valle. Los valles principales de la zona del Proyecto, tienen en sus tramos finales una bajísima pendiente, la cual va aumentando gradualmente hacia las cabeceras. Es por esto que se advierte una marcada variación en la granulometría a lo largo de las estructuras, con una clara tendencia al aumento en el tamaño de los granos hacia las nacientes.

Estos sedimentos cuaternarios se disponen de modo que conforman un número bastante alto y complejo de estructuras geomorfológicas. En la casi totalidad de las áreas de tributación de los valles o quebradas tributarias, se aprecian abanicos aluviales pequeños o conos de deyección disectados en sus tramos terminales por las vías de

escurrimiento principales. En las estructuras fluviales mayores se observan terrazas en gran número, llanuras aluviales, depósitos de pie de monte, taludes de detritos etc.

Los valles de Aconcagua, Ligua y Petorca insinúan haber alcanzado su perfil de equilibrio en los tramos terminales, debido a la pequeñísima pendiente que exhiben. Esto hace que exista un abierto predominio de la acumulación sobre la erosión en estos sectores. Esta es una de las razones principales por las cuales los detritos son francamente finos en las áreas de desembocadura. A este fenómeno se suma el hecho de que existen detritos marinos de baja granulometría, que fueron depositados en épocas pretéritas en estas áreas y que constituyen importantes fuentes de materiales finos.

En términos generales, se puede afirmar que la gran mayoría de los detritos que constituyen estos rellenos cuaternarios, provienen de la denudación de rocas volcánicas e igneas intrusivas, presentando una fracción bastante subordinada de fragmentos sedimentarios.

2.4 GEOMORFOLOGIA

En el sector comprendido entre la ciudad de Santiago y Puerto Montt, se reconocen tres zonas geomórficas que son : Cordillera de Los Andes, Valle Central y Cordillera de La Costa.

La primera de ellas, exhibe una orientación Norte-Sur y se ubica en el flanco este del Territorio Nacional. Esta estructura se caracteriza por cumbres muy elevadas, que en promedio alcanzan los 5.000 m.s.n.m., gran cantidad de conos volcánicos y una red hidrográfica muy joven. Hacia el poniente, la Cordillera de Los Andes limita con el Valle Central, presentando un flanco de alta pendiente, con abundantes facetas triangulares producto de la erosión de cursos torrenciales y de la acción conjunta de fenómenos gravitacionales y de meteorización.

El Valle Central corresponde a una zona deprimida, larga y angosta, que se presenta cubierta por materiales glacio-fluviales y fluviales y que es drenado por numerosos cursos superficiales de orientación Este-Oeste. Hacia el poniente, esta zona limita con la Cordillera de la Costa.

Esta última, es una zona conformada por cumbres bastantes bajas y redondeadas, por terrazas en los valles y por una antigua superficie de erosión que remata las cumbres de los altos topográficos. Esta superficie exhibe, en general, una leve inclinación hacia el Oeste.

En el área del Proyecto, la situación caracterizada prácticamente desaparece y pareciera, en algunos sectores, que la Cordillera de Los Andes alcanza la costa. La zona de estudio se ubica en lo que se ha dado en denominar Regíón de los Valles Transversales, que se caracteriza por la desaparición del Valle Central. Quizás el sector meridional del área del Proyecto, corresponde a una zona transicional, por cuanto, es todavía posible distinguir, ligeramente, la depresión central en el área Los Andes - San Felipe.

En la región de Los Valles Transversales los cordones de cerros de ambas cordilleras no presentan interrupciones importantes desde el Litoral hasta el límite con la República Argentina. En sentido Norte-Sur la zona se presenta interrumpida por valles de orientación Este-Oeste, como lo son el valle del río Aconcagua, Ligua y Petorca. Pequeños valles de génesis tectónica, suelen presentarse como tributarios de las estructuras mayores.

En el sector norte del área del Proyecto, se detecta la presencia de una antigua bahía cuaternaria; que estaría limitada al norte por el valle del río Petorca y hacia el sur por el valle de La Ligua. Es probable que éste alcanzara hacia el oriente hasta la localidad de Pullalli. La estructura fue rellenada por sedimentos aportados por los ríos Ligua y Petorca, que hoy exhiben pequeños lomajes de hasta 100 m.s.n.m. que marcan la divisoria de aguas entre ambas vías fluviales.

En el sector norponiente de la zona de estudio aparecen cerros de la Cordillera de la Costa cuyas cotas máximas alcanzan los 270 m.s.n.m. , en la vertiente sur del valle de La Ligua, presentan alturas algo mayores que alcanzan los 775 m. como en el caso del Cerro La Ceniza.

Al oriente de la localidad de Longotoma, los cordones que limitan el valle del río Petorca exhiben un aumento gradual en la cota. En el flanco Sur y a unos 15 Kms. de la costa, se emplaza el cerro Pulmahue de 1.159 mts. que es drenado, en sus faldeos septentrionales, por quebradas tributarias del valle del río Petorca y en su flanco meridional por estructuras secundarias del sistema del río de La Ligua. En la vertiente Norte del valle de Petorca y a una

distancia similar de la costa, se extiende el cordón de Las Alcaparras (1.061 mts.) que es drenado parcialmente en su sector poniente por el sistema del estero Guaquén que se ubica hacia el norte del Petorca.

Desde el sector anterior hacia el Este, los cordones de cerros aumentan su elevación. Unos 60 Kms. al oriente de la costa, las alturas promedio orbitan entre 1.100 y 1.300 m.s.n.m. El Cerro Lepirico, de 2.565 mts., a poco más de 60 Kms. de la costa, marca el inicio de los cordones propios de la Cordillera de Los Andes que frecuentemente muestran cumbres sobre los 3.000 m.s.n.m. Hacia el este de la hoya del río Petorca, se presentan las alturas mayores que alcanzan los 3.880 m.s.n.m.

El área cercana a la desembocadura del río La Ligua, presenta características similares a las descritas. Desde el sector de confluencia del estero Los Angeles con el río La Ligua, los altos topográficos superan fácilmente los 1.000 m.s.n.m. y hacia el flanco sur del valle destacan los cerros Alto El Durazno (2.089 mts.) y Chache (2.333 mts.) . Al oriente de la localidad de San Lorenzo, las cotas no sobrepasan los 2.000 mts. y ya en el área de las nacientes del río La Ligua es posible observar cumbres que se empinan por sobre los 3.500 m.s.n.m.

Hacia la vertiente norte del valle del río Aconcagua se emplaza una sierra de disposición aproximada E-W, que une la Cordillera de la Costa con la Cordillera de Los Andes y que separa el valle de La Ligua con éste. Esta estructura está formada por una altiplanicie de 2.000 a 2.200 mts. que hacia el norte desaparece hasta alcanzar la morfología descrita en párrafos precedentes. Desde San Felipe hasta Los Andes esta sierra aumenta en altura hasta confundirse con la Cordillera de Los Andes.

En el sector frente a Quillota, los cerros de la estructura indicada anteriormente, se elevan hasta unos 1.000 mts. y bajan gradualmente a 400 mts. o menos a medida que se acercan al valle.

Otra gran sierra se dispone al oriente de la localidad de Quillota, con cotas superiores a los 1.500 mts. como es el caso del Cerro Campanita (1.560 mts.) . La disposición de esta estructura geomorfológica es aproximadamente Este-Oeste y hacia el oriente existen cerros cada vez más altos como por ejemplo : Cerro El Cobre (1.111 mts.), Cerro El Griego (1.600 mts.) Cerro El Guanaco (1.820 mts) y Cerro Cobre de Chacabuco (2.367 mts.). Continuando en este sentido, la sierra transversal termina confundiéndose con las cumbres de la alta Cordellera de Los Andes.

021

Las redes de drenaje de los ríos Aconcagua, Ligua y Petorca son de carácter dendrítico con una marcada tendencia subparalela. En gran medida, los cursos superficiales tributarios, se encuentran controlados tectónicamente y es por esta razón que por lo general siguen las direcciones preferenciales de fracturamiento del área. Esta situación es la responsable del subparalelismo que exhiben las redes hidrográficas del área del Proyecto.

3. HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DEL RIO ACONCAGUA

3.1 HIDROGEOLOGIA CUALITATIVA

Las aguas subterráneas en el valle del río Aconcagua se mueven en general en las mismas direcciones que lo hacen a través de los drenajes naturales, las aguas superficiales. Las partes altas, tanto del valle principal, como de los tributarios constituyen desde el punto de vista hidrogeológico las áreas en que mayoritariamente tienen lugar las recargas de los acuíferos.

Si bien por el origen de los acuíferos de este valle, ellos se muestran contínuos desde Los Andes al mar (no hay interrupciones), arealmente tienen características muy variables.

Mayoritariamente los acuíferos se han desarrollado en condiciones freáticas, aunque se han detectado localmente condiciones de confinamiento puro. Desde luego, no están ausentes situaciones intermedias . En cuanto a las permeabilidades de los sedimentos y por supuesto, vinculado a la génesis de los mismos, los valores más altos de dicho parámetro se encuentran en las zonas superiores, decreciendo en forma más o menos paulatina, hacia aguas abajo.

El agua subterránea escurre desde estas zonas superiores, que constituyen áreas exclusivas de recarga, hacia los tramos medios, donde va cambiando el sentido de la conexión pasando a ser fundamentalmente de descarga, para finalmente en los sectores inferiores mostrar relaciones con los recursos superficiales en uno u otro sentido, pero en magnitud, inferior a los montos que ocurren estos intercambios en los tramos medios y superiores.

La principal fuente de recarga identificada para el valle, la constituye el río Aconcagua, actuando directamente por infiltración en su lecho, o indirectamente a través del empleo de sus aguas en el regadío. Frente a él, las precipitaciones actuando sobre el acuífero, carecen de relevancia. También como elemento de descarga de aguas subterráneas, el río Aconcagua constituye (especialmente en el sector de San Felipe - Romeral) el factor de mayor importancia.

El rol que el río desempeña hacia los tramos inferiores del valle, es de barrera de control del acuífero, fijando la cota de las aguas, el nivel freático del acuífero. De este modo, en algunos tramos del valle el río puede presentar una condición afluente o in-

fluente, según la época del año. Mayoritariamente sin embargo, el acuífero descarga agua hacia el río, aunque condicionado por las bajas permeabilidades de él, el monto de este intercambio es reducido.

Para facilitar el análisis hidrogeológico del valle del río Aconcagua y sus tributarios, se ha estimado conveniente dividirlo en sectores o subzonas homogéneas, al menos desde el punto de vista de su comportamiento. Desde luego, esta división es lo suficientemente general como para no provocar una complejidad en el tratamiento individual de situaciones singulares.

Los sectores distinguidos han sido los siguientes :

a) Sector Los Andes - San Felipe : coincide con la Zona 1 del Proyecto (1ª Sección Legal). Corresponde a un área de recarga neta al acuífero, participando en esta recarga todas las fuentes identificadas (el río directamente e indirectamente a través del regadío, como también las precipitaciones, aunque prácticamente sin relevancia). El acuífero muestra en toda su extensión condiciones freáticas y presenta, muy buena transmisibilidad. Las aguas recargadas en este sector ingresan subterráneamente al sector San Felipe -Romeral.

b) Valle del río Putaendo : comprende íntegramente el valle del río Putaendo (Zona 2 del Proyecto) hasta su confluencia con el río Aconcagua. Al igual que en el sector anterior su acuífero muestra exclusivamente una condición de recarga, está en condiciones freáticas y presenta en general muy buena transmisibilidad. Las aguas recargadas en este sector ingresan subterráneamente, y en conjunto con las del sector Los Andes - San Felipe, al sector San Felipe - Romeral

c) Sector San Felipe - Romeral : corresponde a la parte de la zona 3 de este Proyecto que se ubica en el mismo Valle del Aconcagua. Su acuífero, de geometría aproximadamente uniforme a lo largo del Valle y en condiciones freáticas, muestra en todo este sector una condición de efluencia (descarga) hacia los cauces superficiales. Tanto el río como el Estero Lo Campo, ejercen sobre el acuífero el rol de barreras de control del nivel máximo del acuífero. La escasa profundidad del agua permite, además, la existencia de extensas zonas de vegetación freatófita.

Las transmisibilidades, muy elevadas al inicio de este sector, van progresivamente disminuyendo hacia el límite inferior de él.

Este hecho, unido a la geometría de su acuífero, hace que la capacidad de conducción de agua subterránea vaya también decreciendo, siendo en última instancia este hecho el responsable de las recuperaciones de agua subterránea hacia el río.

d) Valle del Estero Catemu : si bién forma parte de la 3ª Zona del Proyecto, hidrogeológicamente es bastante distinto a la misma zona del valle de Aconcagua. Presenta un acuífero, en general de limitadas características, en condiciones predominantemente freáticas. Toda la zona media-alta del valle, obedece a un área de recarga, comenzando en forma natural en el cauce del estero frente al pueblo de Catemu. En el lecho de este estero sin embargo, no sólo ocurren afloramientos de las aguas subterráneas provenientes del Valle de Catemu, sino también de parte de las del Valle de Aconcagua.

e) Valle de Llay Llay : al igual que Catemu, forma parte de la 3ª Zona , y por idénticas razones ha sido presentado separadamente en el estudio. Este valle presenta un acuífero confinado en parte considerable de él, y que reviste interés por sus buenas condiciones de permeabilidad (en algunos puntos y épocas del año, aún muestra una surgencia importante). Sobre él, y cubriendo una extensa superficie de este valle, se desarrolla también un acuífero freático de permeabilidad reducida, que provoca (unido a condiciones topográficas) los problemas de escaso drenaje que en él se aprecian. La presencia sobre una zona importante de un nivel piezométrico del acuífero inferior, mayor que el freático, da origen a una 'percolación' hacia este último que agrava los problemas de drenaje.

f) Sector Romeral - Tabolango : corresponde al área de mayor relevancia de la 4ª Zona del estudio. Presenta un acuífero relativamente bien definido y uniforme en cuanto a su potencia, que podemos calificarla de escasa. A lo largo de este tramo del valle, acuífero y río se encuentran conectados, variando el comportamiento de uno en relación al otro tanto a lo largo del valle como en un mismo tramo estacionalmente. El intercambio entre ellos (fluencia-influencia) de todos modos no involucra cifras de gran importancia, precisamente condicionado por valores reducidos de las transmisibilidades. En todo el sector, el acuífero obedece a un comportamiento freático, o semi-no confinado. Para efectos prácticos, ha sido tratado como acuífero libre.

g) Valle del Estero Los Litres: forma parte de la 4ª zona del estudio. Hidrogeológicamente no reviste gran importancia como

consecuencia de su escasa permeabilidad, aunque al presente su acuífero proporciona un caudal de relativa significación para sus modestas posibilidades.

h) Valle del Estero Limache : está incorporado a la 4ª zona del estudio. Pese a que la potencialidad del acuífero en él existente es reducida, tiene interés en soluciones de abastecimiento locales. Su acuífero obedece a un carácter semi - confinado mostrando hacia la zona inferior del valle zonas de afloramientos o descarga natural de las aguas superiormente recargadas.

i) Sector Tabolango - Concón : correspondiendo a la última fracción de la 4ª zona del estudio es una de las áreas que mayor interés reviste desde el punto de vista hidrogeológico. En este sector tienen lugar dos acuíferos claramente definidos : uno confinado de considerable potencia y permeabilidad (aunque por ser confinado, de reducido almacenamiento), y otro freático, sobre el anterior e independizado de él a través de un estrato de arcilla de espesor variable, de limitada potencia, pero conectado al río. Sobre ambos acuíferos existe al presente una fuerte explotación, que incluso ha llegado a ocasionar un problema de deterioro químico que en el acuífero inferior, ha sido incluso explicado como por efecto de una intrusión de aguas marinas.

3.2 GEOMETRIA ACUIFERA

3.2.1 Valle del río Aconcagua (exceptuando sector Tabolango-Concón)

3.2.1.1 Disposición de los rellenos en superficie

Los rellenos cuaternarios que se emplazan en el valle del río Aconcagua, desde la primera zona del proyecto hasta la cuarta, exceptuando el tramo Tabolango-Con-Con, cubren una superficie muy aproximada, de 700 Km^2.

Los sectores donde los depósitos exhiben la menor amplitud superficial se ubican hacia la desembocadura de los valles de Llay Llay Rabuco y hacia aguas abajo de la localidad de San Pedro donde el valle se estrecha notoriamente.

Estos sedimentos presentan inumerables estructuras entre los que destacan terrazas fluviales y llanuras aluviales. Hacia los flancos del valle usualmente existen conos de deyección y abanicos aluviales disectados en sus tramos finales, por la acción erosiva del río Aconcagua.

Los valles y quebradas tributarias aportan al valle principal importantes volúmenes de sedimentos, que normalmente presentan fracciones finas y que se despliegan a modo de abanicos de pendiente generalmente baja.

Los rellenos exhiben en la primera y segunda zona pendientes en el sentido del escurrimiento, que fluctúan entre 1,3 y 1 por ciento. En este mismo sector, se observa que en sentido transversal al valle, los rellenos presentan cerca de las vertientes, pendientes variables entre 1,5 y 10 por ciento. Aguas abajo de esta área, el valle tiene una pendiente de talweg no superior a 0,6 por ciento que se mantiene hasta el sector de la desembocadura.

3.2.1.2 Descripción de Subsuperficie

Los sedimentos cuaternarios han sido caracterizados subsuperficialmente mediante la información obtenida de los sondajes practicados en el área en cuestión. Esta información ha sido procesada teniendo como meta la definición de macrounidades, que presenten características sedimentológicas que las diferencien unas de otras y que definan sus condiciones hidrogeológicas. (Perfiles Plano 02-L-010 a, b y c).

a) Definición de Unidades

Es importante indicar que los sectores de Concón y Llay-Llay se estudiaron en forma separada, de allí que se incluyen en este informe como acapites especiales.

En el valle del río Aconcagua se han reconocido cuatro unidades, que han sido designadas por las letras : A, B, C y D.

- Unidad A

Corresponde a un conjunto de sedimentos de granulometría heterogénea con una abundante matriz arcillosa. La fracción clástica está constituída por fragmentos volcánicos que fluctuan entre el rango arenas medias a gravas finas y representan a lo sumo el 30 por ciento del volumen total del sedimento. La fuerte participación de arcilla imprime a los depósitos un carácter prácticamente impermeable. Es común encontrar también fracciones subordinadas de ripios y bolones.

Estos rellenos deben su origen, primordialmente, a la acción deposicional del estero Pocuro y a probables efectos de borde del río Aconcagua durante crecidas.

- Unidad B

Sedimentos de granulometría gruesa a media, del rango ripios gravillentos, que suelen presentar una matriz arenosa que en algunos sectores exhibe contaminaciones de limos arcillosos.

La fracción clástica está constituida, esencialmente, por fragmentos de rocas volcánicas y en menor grado plutónicas y sedimentarias. El redondeamiento y esfericidad de los clastos, es variable y hacia el sector de las cabeceras suele ser relativamente bajo, para ir aumentando gradualmente en sentido del escurrimiento.

La gruesa granulometría de los sedimentos es la causa principal, que condiciona una usual buena permeabilidad en los mismos. Sin embargo, existen áreas donde las contaminaciones limo-arcillosas, aportadas por estructuras secundarias, empobrecen las buenas características hidrogeológicas de estos rellenos. Estas últimas, dependen del volumen y granulometría de los sedimentos, que juegan el rol de matriz que en algunos casos son abundantes y del rango limos finos arcillosos.

- Unidad C

Sedimentos de granulometría muy heterogénea donde priman las gravas medias que alcanzan hasta el rango de arenas finas .

La matriz suele ser limosa con una participación moderada de arcilla. La presencia de esta matriz, que generalmente representa un volumen importante del sedimento, imprime al mismo un carácter de baja permeabilidad.

Estos depósitos corresponden a corrientes de barro, que tienen un origen esencialmente gravitacional.

La fracción clástica de estos materiales es de origen volcanoplutónica y no exhiben redondeamiento ni esfericidad alguna.

- Unidad D

Corresponde a un conjunto de sedimentos de fina granulometría, del tipo arenas limosas con una abundante matriz de arcilla que representa más o menos un 50 por ciento del volumen total de los depósitos. Sedimentológicamente, este conjunto de depósitos son correlacionables con la Unidad A, sin embargo, genéticamente, no dicen relación los unos con los otros.

Es posible que estos rellenos sean el resultado del retrabajamiento de depósitos glaciares, originados durante la última glaciación (WURM) y acumulados hacia las cabeceras del valle. El derretimiento de los hielos, es posible que haya ocasionado un verdadero "lavado" de las fracciones finas existentes en los abundantes depósitos morrénicos, retransportándolos y depositándolos aguas abajo. El ascenso del nivel del mar durante este período post glacial, probablemente, jugó un rol importante para que se dieran las condiciones necesarias para la depositación de estos finos materiales que rellenan todo el valle subsuperficialmente. Son los detritos más antiguos que se emplazan en la estructura geomórfica del río Aconcagua.

b) Ubicación y Geometría de las Unidades

- Unidad A

Estos sedimentos se emplazan en el sector Sur de la primera zona del proyecto, adosándose a la vertiente del valle y desplegándose casi hasta el río Aconcagua. El estero Pocuro escurre prácti-

camente bordeando el área cubierta por estos rellenos, por su flanco sur y surponiente.

Hacia el sur de la ciudad de San Felipe los sedimentos de la unidad A se acuñan contra la vertiente oeste del valle.

Estos depósitos engranan, hacia el norte con los sedimentos gruesos de la unidad B, sobreyaciéndolos en parte, como se muestra en el Plano 02-G-159 y en la Fig. N° 3.2.1.1 (P_1-P'_1) y (P_2-P'_2).

La potencia de la unidad A es muy variable y no es posible caracterizar sus variaciones en forma detallada con los antecedentes disponibles. Por otro lado no existe sondaje que haya atravesado el conjunto en su totalidad, en las áreas de supuesta mayor potencia. El máximo detectado por las perforaciones alcanza, aproximadamente, los 30 metros y en las zonas de engrane no supera los 5 mts. Para una mayor claridad en este sentido véanse los perfiles adjuntos a este estudio (Fig. N° 3.2.1.1).

Con los antecedentes disponibles no resulta posible conocer cual es la relación entre esta unidad y el conjunto definido como D, en la primera zona del proyecto. De hecho, parece que es posible que los detritos de la unidad A sobreyazcan a los materiales más antiguos de D, en el sector comprendido entre Los Andes y Curimón, hacia el centro del valle (cf. Fig. N°3.2.1.1). Aguas abajo de esta última localidad son sin duda los sedimentos de la unidad D los que se ubican en profundidad, continuandose ininterrumpidamente en dicha dirección (cf. Fig. N°3.2.1.1 (P_4-P'_4) y (P_5-P'_5)).

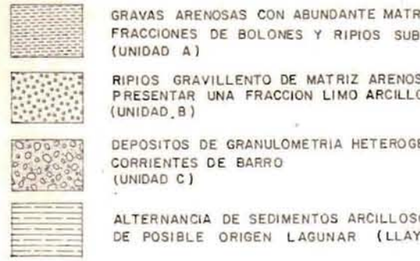
= Unidad B

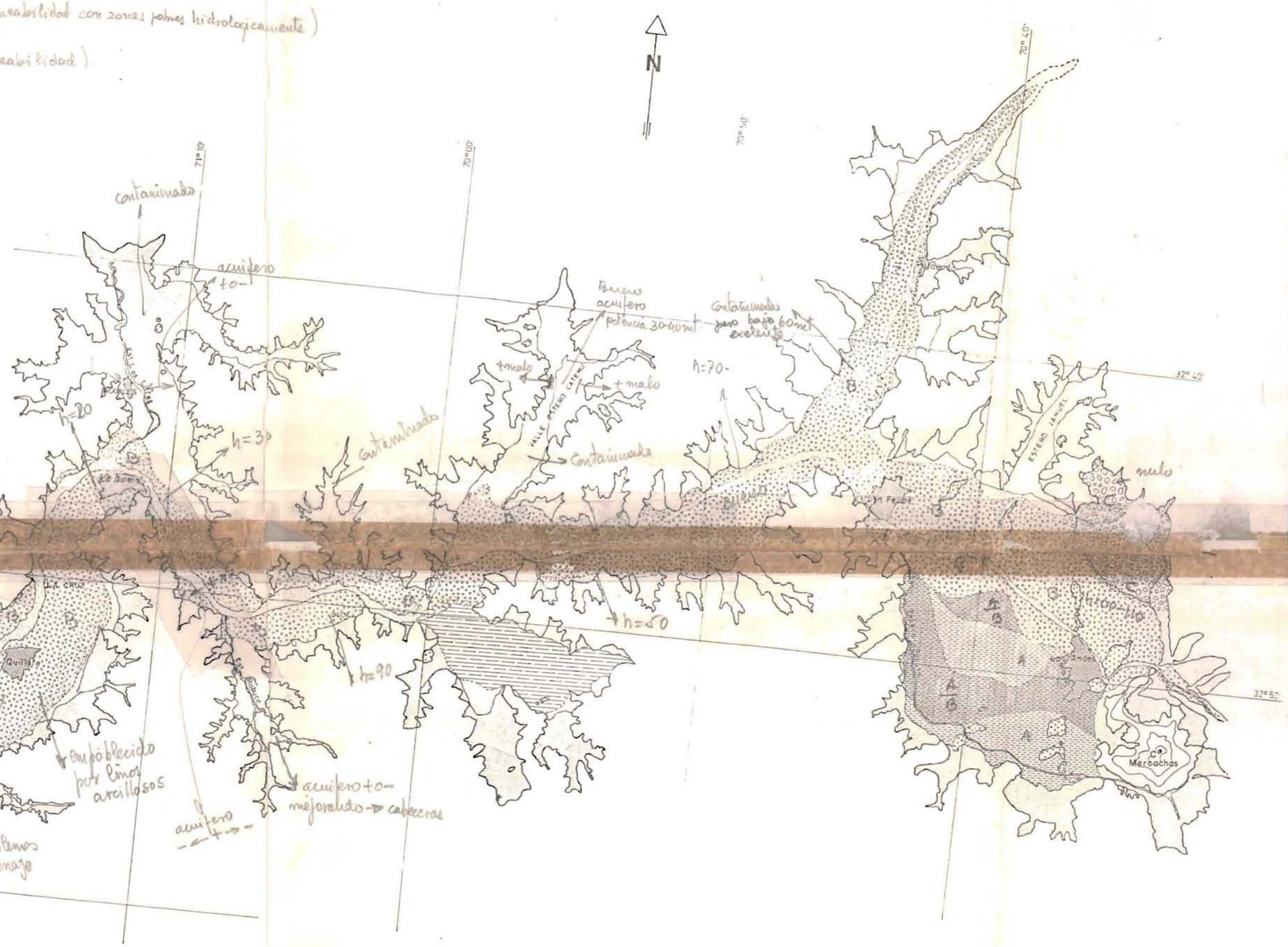
Los sedimentos de esta unidad constituyen, el conjunto deposicional de mayor importancia hidrogeológica en el valle, tanto por sus características de buen acuífero como por su extensión.

Los depósitos de B afloran a todo el largo del valle del río Aconcagua y en la primera zona del proyecto se presentan circunscritos a las cercanías de este último. Desde San Felipe hasta la desembocadura, se despliegan en superficie abarcando el valle en todo su ancho, sin interrupción, salvo áreas donde exhiben contaminaciones limo-arcillosas laterales.

LEYENDA

- GRAVAS ARENOSAS CON ABUNDANTE MATRIZ ARCILLOSA Y FRACCIONES DE BOLONES Y RIPIOS SUBORDINADOS (UNIDAD A) (impermeable).
- RIPIOS GRAVILLENTO DE MATRIZ ARENOSA QUE PUEDEN PRESENTAR UNA FRACCION LIMO ARCILLOSA ESCASA (UNIDAD B) (buena permeabilidad con zonas pobres hidrologicamente)
- DEPOSITOS DE GRANULOMETRIA HETEROGENEA DEL TIPO CORRIENTES DE BARRO (UNIDAD C) (baja permeabilidad)
- ALTERNANCIA DE SEDIMENTOS ARCILLOSOS Y ARENOSOS DE POSIBLE ORIGEN LAGUNAR (LLAY- LLAY)
- DEPOSITOS HETEROGENEOS CON FUERTE REPRESENTACION DE ARCILLAS LIMOSAS QUE RELLENAN LOS VALLES Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS A LA ESTRUCTURA PRINCIPAL
- AREA DE ENGRANE ENTRE LOS DEPOSITOS A Y B DONDE LOS PRIMEROS SOBREYACEN EN PARTE A LOS ULTIMOS
- AREA DONDE LOS SEDIMENTOS DE A CUBREN A LOS DETRITOS DE B QUE EN ESTE SECTOR REPRESENTAN UN POSIBLE PALEOCAUCE DEL RIO ACONCAGUA
- CERROS ISLA
- SECTORES DONDE LOS DEPOSITOS DE B SE PRESENTAN CONTAMINADOS DE FINOS PRODUCTOS DE LOS APORTES TRIBUTARIOS
- SECTOR DONDE LOS RELLENOS DE B SE MUESTRAN CONTAMINADOS DE ARCILLAS APORTADAS POSIBLEMENTE DE LOS NIVELES FINOS DEL AREA DE LLAY-LLAY
- TRAMO TERMINAL DEL VALLE QUE NO SE INCLUYE EN EN EL MAPA. ESTE SECTOR HA SIDO TRATADO A OTRA ESCALA (1:20.000)
- CONTACTO APROXIMADO ENTRE DOS DEPOSITOS DE DISTINTA GRANULOMETRIA Y ORIGEN





HTS CICA B&P		
Proyecto C Parraguez D	Plano N°	02-0-153
Jefe Unidad G Diaz del Rio	Escala	1 150 000
Jefe Estudio E Lemaitre y B Cox	Fecha	23-3-79
Dibujo V. Bebin C	Plano Base	Reduc Mosaico
INSPECTOR CNR	V°B°	

MAPA GEOLOGICO DEL RELLENO CUATERNARIO VALLES ACONCAGUA Y PUTAENDO

OBSERV.

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

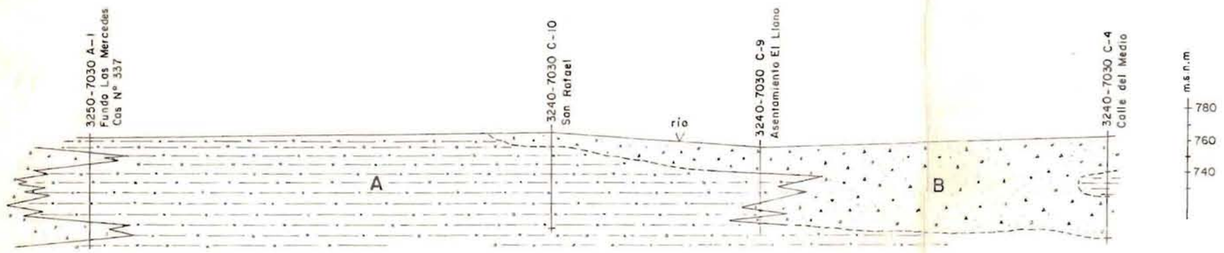
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA

NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

FIGURA 3.2.1.1.

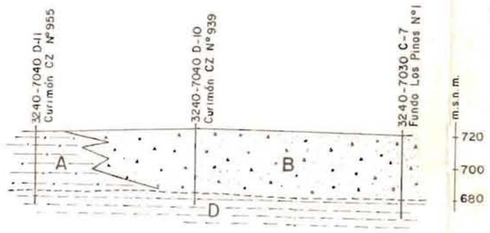
PERFIL TRANSVERSAL SAN RAFAEL (P_1 - P_1')

Escala vertical 1:4.000



PERFIL TRANSVERSAL CURIMON (P_3 - P_3')

Escala vertical 1:4.000

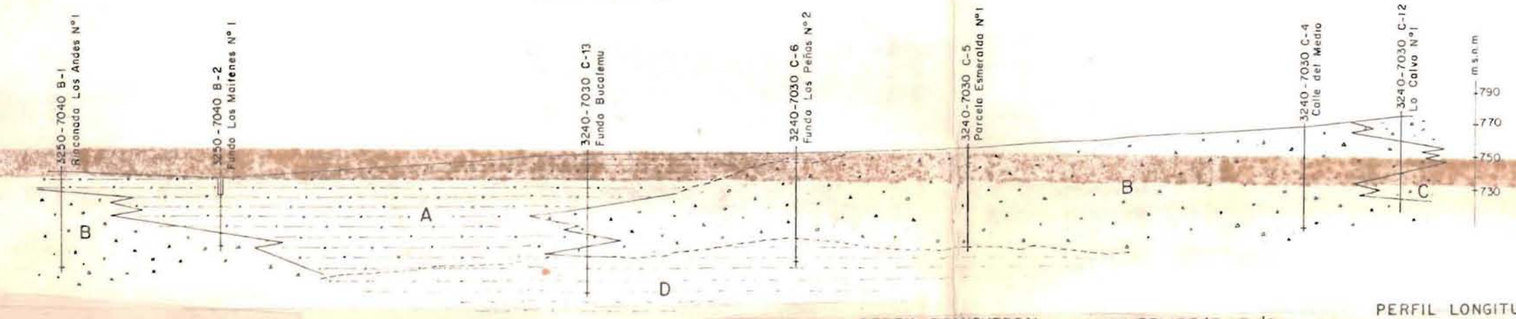


LEYENDA

- UNIDAD A: Gravas arenosas con abundante matriz arcillosa y fracciones de bolones y ripios subordinados.
- UNIDAD B: Ripios gravillentos de matriz arenosa, que pueden presentar una fracción limo-arcillosa escasa.
- UNIDAD C: Depósitos de granulometría heterogénea, del tipo corrientes de barro.
- UNIDAD D: Arenas limosas con abundante arcilla y fracciones de gravas y ripios muy escasas.
- Contacto inferido entre unidades de diferentes características sedimentológicas.
- Estructura lenticular de diferente granulometría a la del estrato sedimentario que la contiene.

PERFIL TRANSVERSAL RINCONADA LOS ANDES-LO CALVO (P_2 - P_2')

Escala vertical 1:4.000



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL DE LOS POZOS

ESCALA 1:30.000

1.0 0.5 0 0.5 1.0 Km

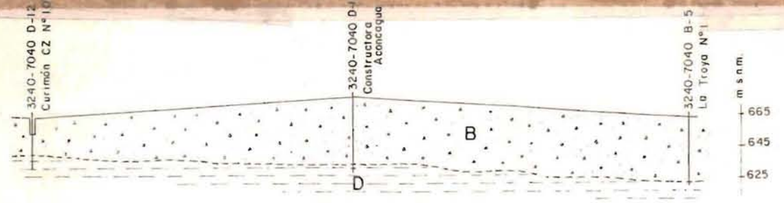
ESCALAS GRAFICAS VERTICALES DE LOS POZOS

ESCALA 1:2.000

50 0 50 100 mts

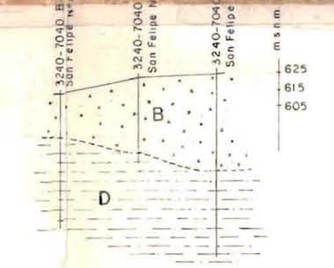
PERFIL TRANSVERSAL LA TROYA (P_4 - P_4')

Escala vertical 1:4.000



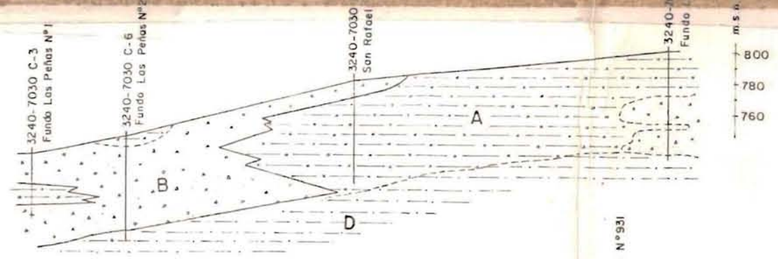
PERFIL TRANSVERSAL SAN FELIPE (P_5 - P_5')

Escala vertical 1:4.000



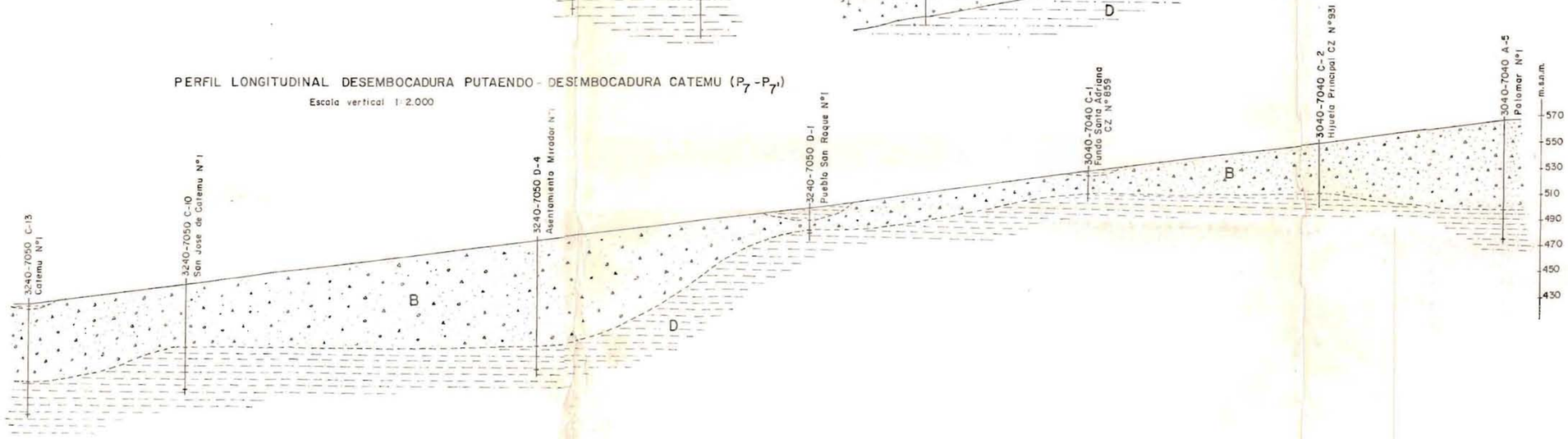
PERFIL LONGITUDINAL LOS ANDES-CURIMON (P_6 - P_6')

Escala vertical 1:4.000



PERFIL LONGITUDINAL DESEMBOCADURA PUTAENDO - DESEMBOCADURA CATEMU (P_7 - P_7')

Escala vertical 1:2.000



HTS CICA B&P	Proyecto C. Parraguez Jefe Unidad G. Diaz del Rio Jefe Estudio E. Lemaitre y B. Cox Dibujó V. Bebin C. INSPECTOR C.N.R. V°B°	Plano N° 02-G-027 Escala Fecha Agosto 1978 Plano Base OBS.	GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE PERFILES	ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA NIVEL FACTIBILIDAD V REGION	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO SECRETARIA EJECUTIVA

En el sector comprendido entre Los Andes y San Felipe, se detectan engranes importantes entre esta unidad y las otras. Hacia el sur, se interdigita y subyace a los rellenos de A, hacia el nororiente engrana con los depósitos de la unidad C (véase plano N°02-G-159 y sobreyace a lo largo de todo el valle a los finos depósitos de la unidad D. A lo largo de todo el valle se observa una contaminación de materiales finos hacia los flancos de la unidad. Este hecho se debe, de preferencia, a los aportes de cursos torrenciales, que en el área de desembocadura al valle pierden energía y depositan las fracciones finas en suspensión. Las inundaciones laterales del río también suelen ser fuentes de sedimentos fino, que contaminan los depósitos de mayor granulometría.

Las áreas donde se han detectado los mayores efectos de contaminación son las áreas de tributación de los valles de : Putaendo, Llay Llay, Los Litres, Catemu y Jahuel. También se observa, que hacia la vertiente oriental del valle, en el tramo comprendido entre La Calera y San Pedro, existen aportes importantes de sedimentos limo-arcillosos que empobrecen, seriamente, las buenas características hidrogeológicas de los rellenos de la unidad B.

La variación de la potencia de esta unidad es considerable a lo largo del valle. De allí que se analizará a continuación este hecho para diversos sectores.

i) Sector Los Andes-San Felipe

Entre los sondajes 3240-7030 C9 y 3240-7030 C4 (al norte de Los Andes) se ha detectado una potencia mínima para los rellenos de 100 a 110 mts. Hacia el surponiente de este sector, los depósitos de la unidad B disminuyen de espesor para acuñarse unos 2,5 Kms, al sur del río . En sentido contrario, las potencias tienden a aumentar para alcanzar valores de 150 o más metros, antes de interdigitarse con los depósitos de la unidad C y acuñarse contra el flanco del valle (cf. Fig. N°3.2.1.1 (P_1-P_1') y (P_2-P_2')).

Desde este sector, hacia aguas abajo, se observa que la potencia disminuye ligeramente, para alcanzar un valor más o menos estable a lo ancho del valle, de 80 mts., con una ligera tendencia a disminuir hacia la vertiente suroeste (55 mts. aprox.) (cf. Fig. N°3.2.1.1 (P_3-P_3') y (P_4-P_4')).

ii) Sector San Felipe - Romeral

Aguas abajo de San Felipe, la unidad B exhibe una potencia de aproximadamente 75 mts., que va paulatinamente disminuyendo hasta alcanzar un valor no superior a 20 mts. entre los sondajes 3240 - 7040 C1 y 3240-7050 D1. Desde este último, hacia el oeste, se produce un nuevo aumento del espesor, que alcanza hasta 80 mts. en las inmediaciones del sondaje 3240-7050 D4 y que luego disminuye para estabilizarse en unos 50 mts. como promedio, hasta la desembocadura del estero Los Loros (cf. Fig. N°3.2.1.1 (P_7-P'_7)).

En este tramo es posible esperar una fuerte disminución del espesor hacia las vertientes del valle, de preferencia en las áreas de tributación de estructuras secundarias, como por ejemplo, del valle del estero Catemu hacia donde los rellenos de B se acuñan.

iii) Sector Romeral - La Calera

Aguas abajo del área de tributación del estero Los Loros, los rellenos de B presentan una potencia de aproximadamente 50 metros.

En las cercanías de la localidad de Ocoa la potencia de la unidad aumenta a más o menos 90 mts. o más para luego disminuir bruscamente en las inmediaciones del sondaje 3250-7100 A7, alcanzando unos 30 mts. a lo sumo (véase Fig. N°3.2.1.2 (P_8-P'_8)).

En el sector desembocadura del estero Rabuco, los rellenos de la unidad presentan, en promedio, una potencia no superior a 30 mts., con una tendencia a aumentar a medida que se adosan a la vertiente norte del valle (véase Fig. N°3.2.1.2 (P_{10}-P'_{10})).

En el tramo comprendido entre los sondajes 3250-7100 A8 y 3250-7100 A4, los pozos han detectado un nivel de granulometría similar a la unidad B que se ubica en los detritos finos del estrato D. La continuidad de este nivel no es alta y presumiblemente se acuña tanto en sentido longitudinal como transversal al valle. El interés hidrogeológico de esta capa es escaso debido a su pequeña extensión areal. El estrato se ubica directamente sobre la roca caja (véase Fig. N°3.2.1.2 (P_{10}-P'_{10})).

PERFILES SUBSUPERFICIE VALLE ACONCAGUA

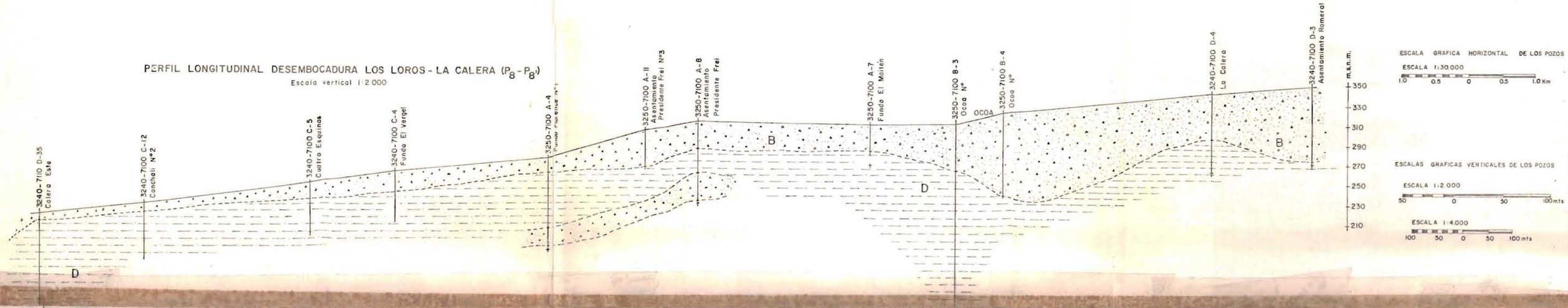
FIGURA 3.2.1.2.

LEYENDA

- UNIDAD A — Gravas arenosas con abundante matriz arcillosa y fracciones de bolones y ripios subordinados
- UNIDAD B — Ripios gravillentos de matriz arenosa, que pueden presentar una fracción limo-arcillosa escasa
- UNIDAD C — Depósitos de granulometría heterogénea, del tipo corrientes de barro
- UNIDAD D — Arenas limosas con abundante arcilla y fracciones de gravas y ripios muy escasas.
- Contacto inferido entre unidades de diferentes características sedimentológicas.
- Estructura lenticular de diferente granulometría a la del estrato sedimentario que la contiene.

PERFIL LONGITUDINAL DESEMBOCADURA LOS LOROS - LA CALERA ($P_8 - P_8'$)

Escala vertical 1:2.000



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL DE LOS POZOS

ESCALA 1:30.000

1.0 0.5 0 0.5 1.0 Km

ESCALAS GRAFICAS VERTICALES DE LOS POZOS

ESCALA 1:2.000

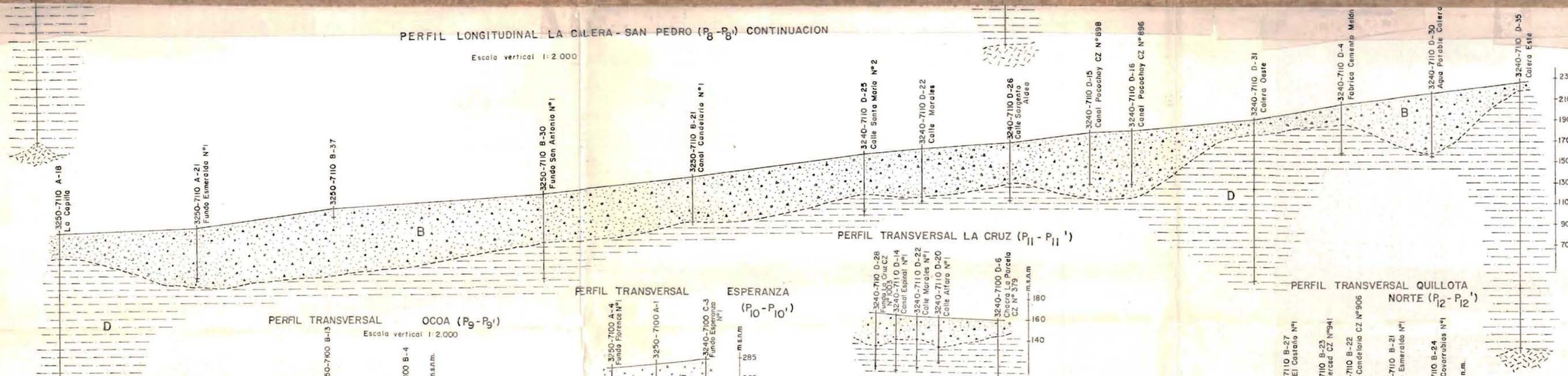
50 0 50 100 mts

ESCALA 1:4.000

100 50 0 50 100 mts

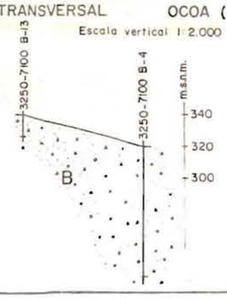
PERFIL LONGITUDINAL LA CALERA - SAN PEDRO ($P_8 - P_8'$) CONTINUACION

Escala vertical 1:2.000

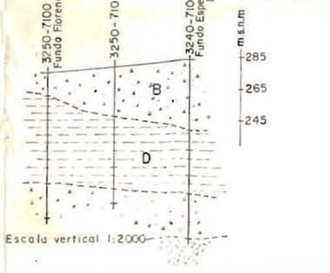


PERFIL TRANSVERSAL OCOA ($P_9 - P_9'$)

Escala vertical 1:2.000

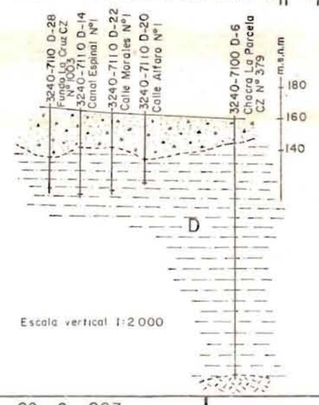


PERFIL TRANSVERSAL ESPERANZA ($P_{10} - P_{10}'$)



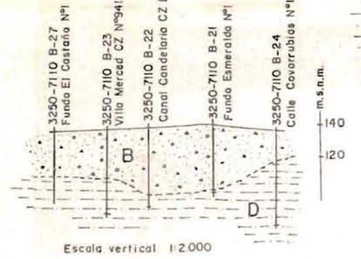
Escala vertical 1:2.000

PERFIL TRANSVERSAL LA CRUZ ($P_{11} - P_{11}'$)



Escala vertical 1:2.000

PERFIL TRANSVERSAL QUILLOTA NORTE ($P_{12} - P_{12}'$)



Escala vertical 1:2.000

HTS CICA B&P

Proyectó	C. Parraguez D.	Plano Nº	02 - G - 027
Jefe Unidad	G. Diaz del Rio	Escala	
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Agosto 1978
Dibujó	V. Bebin C.	Plano Base	
INSPECTOR C.N.R	Vº Bº	OBS.	

GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE
PERFILES

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

Desde el sondaje 3250-7100 A4, hasta el sector de la ciudad de La Calera, se aprecia una disminución aún mayor de la potencia de estos rellenos, alcanzando valores, que fluctuan, por lo general entre 25 y 10 mts. En este tramo del valle se invierte la situación anterior y es posible que hacia la vertiente surponiente de la estructura se produzca un aumento de los espesores, llegándose a valores de más o menos 40 mts.

iv) Sector La Calera - San Pedro

En el límite oriental de la ciudad de La Calera se aprecia un nuevo aumento del espesor de los rellenos, que alcanzan unos 60 mts. aproximadamente. Sin embargo, hacia el oeste de la ciudad, se aprecia una notoria disminución de la potencia, con valores no superiores a los 20 mts. en promedio. Desde este sector, hasta el área de San Pedro, los espesores son bastante estables y fluctúan entre los 40 y 60 mts. (véase Fig. N°3.2.1.2. (P_8-P'_8) cont.).

En este tramo, la tendencia que exhiben los depósitos es a disminuir la potencia hacia la vertiente oeste del valle, aumentando, levemente el espesor en sentido contrario. (véase Fig. N°3.2.1.2 (P_{11}-P'_{11}) y (P_{12}-P'_{12}). Este fenómeno se debe a que en épocas pasadas el río Aconcagua escurría adosado al flanco oriental de la estructura, presentando una posición geográfica distinta a la actual.

La unidad B exhibe en este tramo una seria contaminación de materiales finos, del rango limos arcillosos, que empeoran fuertemente la permeabilidad de los rellenos. Estos aportes provienen fundamentalmente de la vertiente oriental del valle y de los finos que entrega, aguas arriba, el estero Los Litres.

v) Sector San Pedro - Tabolango

En este tramo del valle se verifica un angostamiento del mismo y una ligera baja de la granulometría de los depósitos que se tornan más arenosos. Esta baja granulometría no implica una disminución de la permeabilidad ya que los rellenos de este tramo exhiben fracción matricial bastante escasa a diferencia del sector ubicado directamente aguas arriba.

Los rellenos de la unidad B, presentan potencias que oscilan alrededor de los 60 mts. con una tendencia a disminuir hacia los flancos de la estructura, presentando en este sentido algunas contaminaciones de finos, producto de aportes laterales.

Aguas abajo de la localidad de Tabolango, esta unidad presenta una interrupción en la continuidad vertical producto de un nivel arcilloso con forma de cuña y que se ubica más o menos a unos 20 mts. de la superficie. Dicho nivel se continua ininterrumpidamente hasta la desembocadura.

Es importante señalar, además de lo expuesto, que en sentido longitudinal al valle, los rellenos de la unidad B muestran una tendencia a disminuir en granulometría hacia aguas abajo. Los ripios gravillentos del sector superior, presentan en el área de Quillota, una granulometría menor, que en términos generales está caracterizada por gravas finas fuertemente arenosas. Este cambio es gradual y se debe a la natural pérdida de energía que experimentan las vías fluviales en la medida que se acercan a la desembocadura.

NO corre.

Unidad C

Estos sedimentos afloran sólo en la primera zona del proyecto y se restringen al extremo nororiental del valle. Los rellenos se despliegan hacia el valle a modo de abanico producto de su modo de ocurrencia.

Esta unidad se definió en base al análisis geomorfológico realizado en el estudio y la información de sondajes es casi nula. Según los escasos antecedentes disponibles es factible esperar potencias que fluctuen entre 25 y 40 mts. en el área de engrane con los rellenos de la unidad B (cf.plano 02-G- 159. Hacia el noroeste de este sector, es posible que los espesores aumenten levemente para luego acuñarse contra la vertiente del valle.

El engrane de los depósitos de la unidad C con los de B, afecta sólo a rellenos que se ubican hacia el techo de esta última. Es posible, además, que en los sedimentos gravitacionales de C estén representados varios eventos, que indudablemente no son sincrónicos.

c) Acuiferos Reconocidos

En el valle del río Aconcagua, se ha reconocido un importante nivel acuífero que se emplaza en los depósitos de la unidad B. En algunas zonas, la totalidad de la unidad es susceptible de constituir un acuífero, sin embargo, se restringe tanto lateral como verticalmente, debido a contaminaciones arcillosas del estrato B.

Con la finalidad de describir lo más exhaustivamente posible las variaciones de esta estructura hidrogeológica, se dividirá el valle en los mismos sectores utilizados para describir la unidad B.

Sector Los Andes - San Felipe

En este tramo del valle se tiene que la unidad B en su totalidad constituye un acuífero de bastante buenas características.

Hacia el sector sur de este tramo, el acuífero se presenta semiconfinado por la sobreyacencia de los detritos finos de la unidad A (cf.plano 02-G-159) y en el sector central y norte presenta las características de un acuífero freático.

Desde Curimón, en sentido del escurrimiento, se tiene que la unidad B aflora a todo lo ancho del valle, lo que imprime al acuífero un carácter de libre.

En este sector no existen contaminaciones de importancia que empeoren la permeabilidad del acuífero, salvo en el área donde los rellenos interactuan con los detritos de A (Sur y Sureste de Curimón), de allí que la geometría acuífera, coincida con la de la unidad en que se emplaza. De lo afirmado se desprende que las variaciones de potencia del acuífero son análogas a las descritas anteriormente para el estrato definido como B.

Las más altas permeabilidades del acuífero se registran en el área de San Felipe, donde los rellenos presentan una fracción matricial y clástica gruesas.

- Unidad D

Los sedimentos de esta unidad subyacen a lo largo del valle a los depósitos de B y posiblemente alcancen en muchos puntos la roca fundamental.

Según el estudio geofísico realizado por GEOEXPLORACIONES LTDA.(1978) en la primera zona del Proyecto, existiría una fuerte depresión entre Los Andes y San Felipe, que presentaría profundidades de hasta 400 mts. En el sector de Curimón, el estudio acusó un umbral rocoso que cruza el valle, aflorando en los cerros Almendral, por el norte y Curimón por el sur.

Esta fosa se presenta en la actualidad rellena, principalmente por los rellenos de la unidad D, que posiblemente hayan sido depositados en un ambiente lagunar antiguo. Este período de sedimentación debe haber ocurrido inmediatamente después de finalizada la última glaciación (WURM).

De acuerdo con este esquema, es posible esperar, en el tramo entre Los Andes y Curimón, potencias de más o menos 200 mts. en promedio para los depósitos de D.

Es importante señalar que el umbral rocoso indicado, no interrumpe la continuidad de los rellenos en cuestión y es un hecho que los sedimentos que se ubican hacia el techo de la unidad salvan la barrera, proyectándose aguas abajo.

Desde la ciudad de San Felipe hasta el sector de Ocoa, se desconoce la potencia de los limos arcillosos que presumiblemente alcancen varias decenas de metros.

Sector Desembocadura Valle Putaendo - Valle Llay Llay

En este tramo el acuífero continua ocupando la totalidad de la unidad B y presenta, ininterrumpidamente, un carácter freático.

Las contaminaciones de finos son muy escasas y sólo cobran cierta relevancia desde el sondaje 3240-7050 C11 hacia aguas abajo, manteniéndose esta situación hasta la desembocadura del valle de Llay Llay. En este tramo, los finos afectan de preferencia la base del estrato B, lo que limita verticalmente al acuífero que alcanza una potencia promedio de más o menos 30 mts. desde la superficie.

En sentido transversal al valle la unidad hidrogeológica varía en forma análoga a la descrita anteriormente para el estrato B.

Sector Desembocadura Valle Llay Llay - La Calera

En este sector las características hidrogeológicas del acuífero son similares a las descritas para el último tramo del área anterior.

La potencia del acuífero es bastante variable y ha sido caracterizada anteriormente. Las contaminaciones de finos, aún cuando no son muy importantes, si afectan en parte la permeabilidad de los rellenos. En el área de tributación del valle de Rabuco al Aconcagua, las fracciones finas cobran importancia y empobrecen bastante notoria las permeabilidades de los detritos. En términos generales, se puede decir que tanto las potencias como las características hidrogeológicas de los depósitos, tienden a disminuir hacia las vertientes del valle.

Sector La Calera - San Pedro

En las inmediaciones de la ciudad de La Calera se detecta en los detritos de la unidad B una contaminación bastante fuerte de finos provenientes del valle de Los Litres. El acuífero freático sufre en este sector una baja en su permeabilidad, situación que se mantiene más o menos constante hasta el área conocida como Puntilla de La Cruz.

De este último sector, los detritos de la unidad B presentan una disminución de la fracción matricial fina, que se traduce en un aumento de la permeabilidad del acuífero que en ellos se reconoce. Es posible que este fenómeno diga relación con el estrechamiento del valle y con la ausencia de estructuras tributarias que aporten detritos limo-arcillosos contaminantes. Aguas abajo de esta área, se observa un nuevo incremento de los sedimentos finos que en todo caso no alcanzan los rangos detectados hacia el norte de La Calera, pero si disminuye un poco las permeabilidades. Probablemente los aportes provenientes de las quebradas pequeñas que labran la vertiente oriental del valle, al sur de La Cruz, sean los responsables de empeorar en parte las características hidrogeológicas del acuífero.

Estas condiciones se mantienen en el área de Quillota y aguas abajo de esta localidad, donde se han detectado algunos problemas de drenaje.

Las potencias del acuífero en este tramo son bastante estables y corresponden a las descritas anteriormente para la unidad B.

Sector San Pedro - Tabolango

Aguas abajo de San Pedro el valle se estrecha considerablemente y los detritos que constituyen el acuífero disminuyen granulométricamente como se señaló con anterioridad.

La permeabilidad del acuífero freático en este tramo tiende a aumentar con respecto al área de Quillota, producto de la disminución de la fracción matricial fina. La potencia de esta estructura orbita alrededor de unos 50 mts. y descansa sobre detritos de fina granulometría que son correlacionables con la unidad D.

Hacia aguas abajo esta unidad hidrogeológica se continua ininterrumpidamente, emplazándose en lo. que se definirá más adelante como unidad I y II del sector Tabolango-Mauco. Los depósitos arcillosos que hacen de zócalo al acuífero y que son la continuación de la unidad D, también encuentran proyección hacia el poniente en los detritos que serán definidos luego como unidad III.

3.2.2 Valle del río Aconcagua desde Tobolango a Concón

3.2.2.1 Descripción de subsuperficie.

Los depósitos emplazados en este sector, se disponen sobre un zócalo rocoso que presenta tres angosturas. Estas pueden o no estar ligadas a umbrales que tendieron en épocas pretéritas a crear condiciones lagunares el algunas áreas (cf. Plano N°02-L - 113). Esta figura, que corresponde al mapa isobático del sustrato rocoso, debe considerarse como una primera aproximación, ya que ha sido con - feccionado en base a sondajes eléctricos (Kenneth Lennon, 1970) que tienden a perder precisión a medida que la profundidad de investi - gación aumenta. En todo caso, los sondajes mecánicos que han alcanzado la roca fundamental, han coincidido bastante bien con las mediciones geoeléctricas.

Para la realización de este estudio se dispuso la información proporcionada por 91 sondajes efectuados en la cuarta zona del Proyecto, los cuales cuentan con una descripción estratigráfica. El espesor de sedimento investigado por dichas perforaciones alcanza un máximo de 114,5 mts.

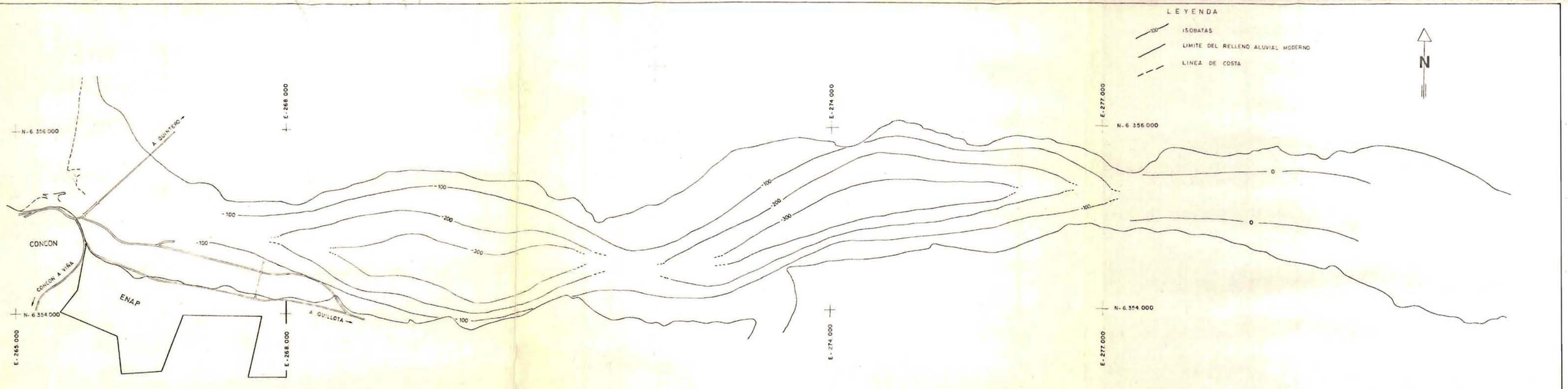
Debido a las condiciones estratigráficas del relleno del valle, el análisis será dividido en dos secciones. La primera, abarca la región comprendida entre Tabolango y unos 20 Kms. aguas abajo de la angostura de Mauco y la segunda, entre este último sector y la desembocadura del río Aconcagua en Concón.

a) Definición de Unidades sección Tabolango - Mauco.

Los sondajes existentes en el área acusan una estratificación del relleno sedimentario en tres unidades, desde el punto de vista granulométrico.

- Unidad I

Está compuesta por sedimentos de granulometría gruesa del tipo ripio, grava y arena, con poco limo y una proporción baja de bolones, cuyo espesor varía entre los 0 y 45 mts.



HTS CICA B&P	Proyectó Piotr Paleczek	Plano N° 02-L-113	GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE DE LA IV SECCION DEL RIO ACONCAGUA ISOPROFUNDIDAD DEL BASAMENTO ROCOSO	ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA, PUTAENDO LIGUA Y PETORCA NIVEL FACTIBILIDAD V REGION	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO SECRETARIA EJECUTIVA
	Jefe Unidad A Hojas B	Escala 1 20.000			
	Jefe Estudio E Lemaitre y B Cox	Fecha Octubre 1978			
	Dibujo A M Rios A.	Plano Base			
	INSPECTOR D.N.R. V°B°	OBS			

Se trata de los sedimentos más recientes acarreados por el río Aconcagua y depositados en canales labrados en aluviones más antiguos (Unidades II y III).

Por esta razón, y tal como se observa en los perfiles estratigráficos A-A' y B-B' (cf. Plano N°02 - L - 115) el espesor de estos depósitos se variable pudiendo ser nulo en algunos sectores como ocurre en los alrededores del pozo CORFO N°1245 (32°20' - 71°20' B3) y llegar a potencias de 44 mts. en el sondaje CORFO 1060 (32°50' - 71°20' D8).

Geográficamente esta unidad se situa en las inmediaciones de la zona de inundación del río en el área de Tabolango y presenta los menores espesores en el borde Sur del valle y los sectores protegidos del costado Norte (sector de El Manzano).

- Unidad II

Este conjunto de sedimentos subyace a la unidad I y presenta una granulometría media a fina con aproximadamente un 30 por ciento de sedimentos limo-arcillosos.

El espesor de esta unidad es igualmente variable, pudiendo alcanzar una potencia de 35 metros (sondaje CORFO 1267, 32°50-71°20' D14).

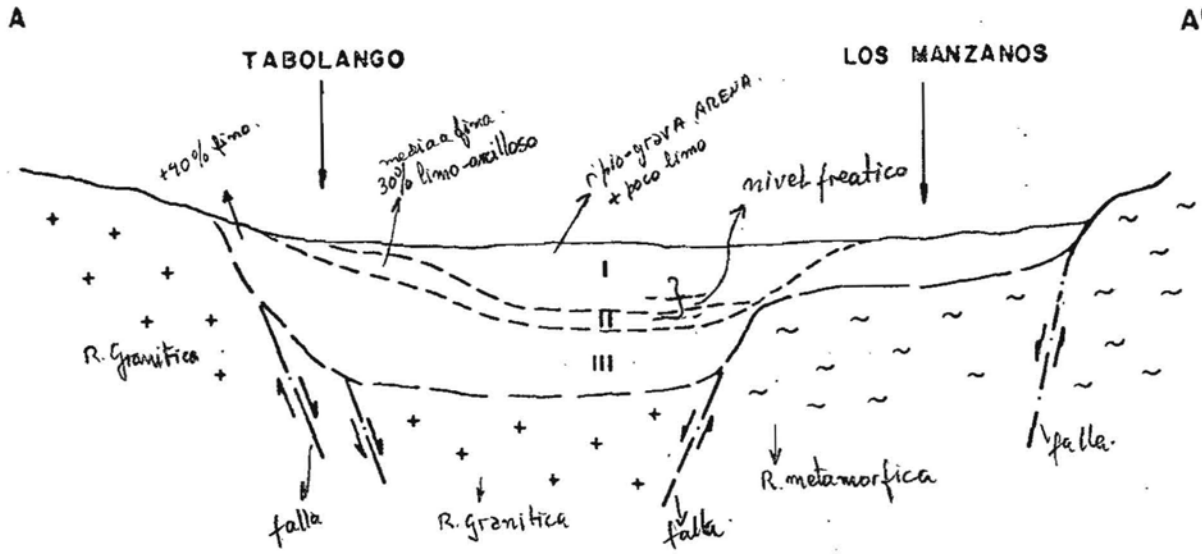
- Unidad III

Estos depósitos subyacen a las dos anteriores y se encuentra sobreyaciendo el basamento cristalino.

La presencia de sedimentos finos en esta unidad es preponderante, siendo en general superior al 40 por ciento. El resto del material está compuesto por ripio, grava y arena.

Esta unidad alcanza su máximo desarrollo en la ribera norte del río Aconcagua, al poniente del puente ferroviario de Tabolango, como se aprecia en el perfil estratigráfico adjunto (cf, Plano N° 02-L-115). En aquel lugar se detecta la totalidad de estos rellenos que han sido atravesados por el sondaje de CORFO N°1245 (32°50-71°20 D10), aún cuando existen algunas intercalaciones provenientes

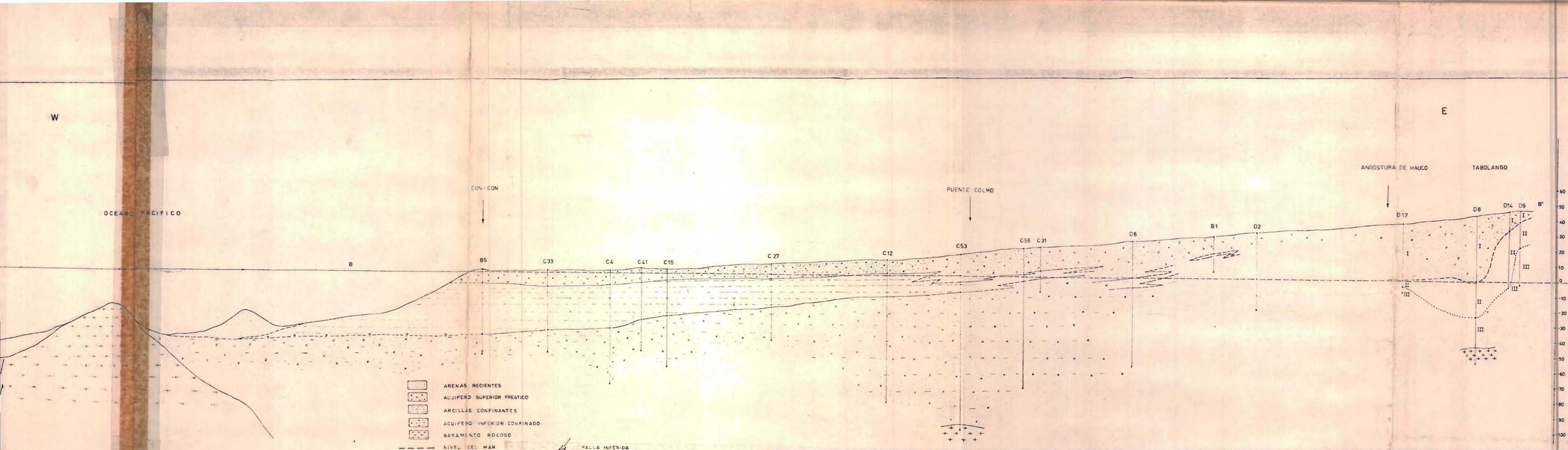
SW NE



GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE
IV SECCION RIO ACONCAGUA

PERFIL A-A' TABOLANGO

Escala H = 1: 20.000
V = 1: 5.000



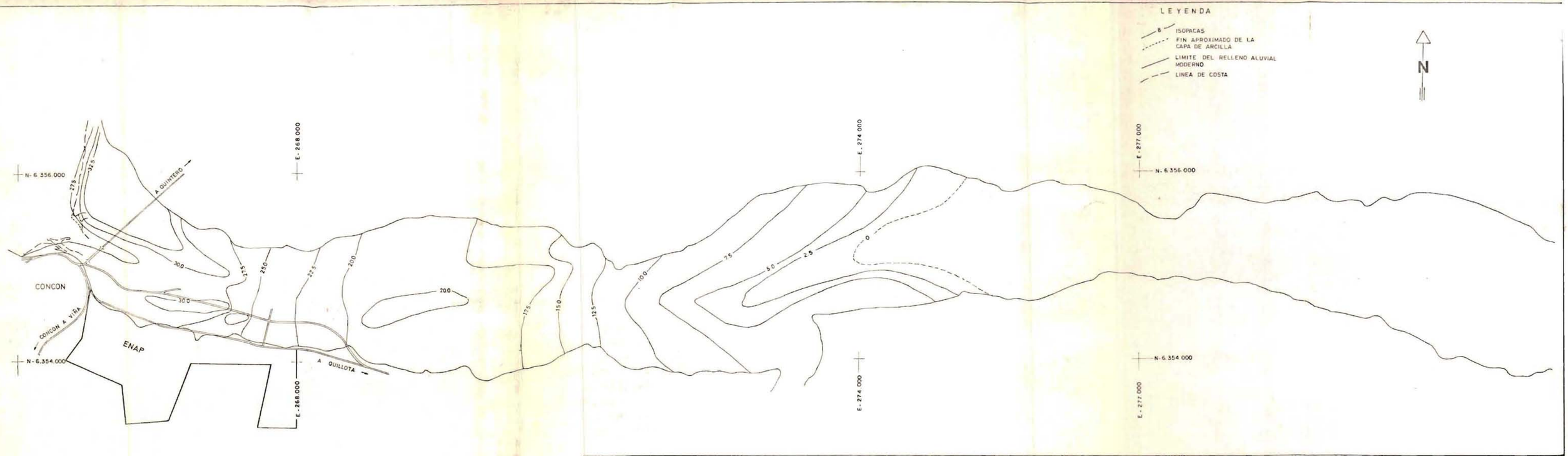
HTS CICA B&P

Proyectó	Piotr Poleczek	Plano N°	02-L-115
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1: 20.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Octubre 1978
Dibujo	A.M. Rios A.	Plano Base	
INSPECTOR C.N.R.	V°B°	OBS	

GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE DE LA IV SECCION DEL RIO ACONCAGUA
CORTE ESTRATIGRAFICO LONGITUDINAL
B - B'

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA PUTAENDO LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD
V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA



HTS CICA B&P	Proyectó Piotr Paleczek	Plano N° 02-L-114	GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE DE LA IV SECCION DEL RIO ACONCAGUA	ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO
	Jefe Unidad A. Hojas B.	Escala 1:20.000			
	Jefe Estudio E. Lemaitre y B. Cox	Fecha Octubre 1978			
	Dibujo A.M. Rios A.	Plano Base	MAPA DE ISOPACAS DE LA CAPA IMPERMEABLE DE ARCILLAS	NIVEL FACTIBILIDAD V REGION	SECRETARIA EJECUTIVA
	INSPECTOR C.N.R. V° B°	OBS			

del curso de agua que confluye con el río Aconcagua en dicho lugar.

De igual manera, hacia el extremo sur del valle, la potencia de este estrato tiende a aumentar, lo cual indica que luego de su depositación fue erosionada para ser reemplazada por las unidades II y I sólo en los lugares por donde el río se desplazó con poste - rioridad a su depositación.

Los sectores protegidos aún conservan en superficie depósitos anteriores a las unidades mencionadas.

b) Acuíferos Reconocidos sección Tabolango- Mauco

Cronológicamente, la unidad III es la más antigua y por su mayor proporción de finos, posiblemente está ligada a una etapa inmediatamente post-glaciar (anterior al Wurm), donde el aporte de las morrenas y sedimentos fluvio-glaciales ha sido mayor con respecto a los aluviales; estos detritos son correlacionables con los sedimentos de la unidad D reconocida en el valle del río Aconcagua aguas arriba de Tabolango. Luego en los depósitos posteriores se observa una disminución de los componentes limo-arcillosos, hasta estár casi desprovistos de éstos.

Esta zonación determina las condiciones hidrogeológicas de los sedimentos y permite reconocer un nivel acuífero de carácter freático, que se ubicaría en las unidades I y II, desapareciendo en profundidad por la pérdida de permeabilidad de los depósitos.

Esta situación se mantiene hacia el oeste hasta unos 2 o 3 km. al poniente de la angostura de Mauco. En esta última, los detritos de la unidad I (nivel de mayor permeabilidad) ocupan prácticamente toda la superficie y presentan una potencia máxima de unos 35 a 40 mts. Más en profundidad se detectan depósitos cada vez más arci - llosos hasta rematar en los detritos de la unidad III que pueden ser definidos como acuíferos. La roca fundamentalmente se encontraría, según lo indica un sondaje eléctrico realizado en la zona (K. Lennon, op.cit.) a unos 100 mts. de profundidad.

La hipótesis de un umbral rocoso de importancia en el lugar, debe ser desechada por cuanto ningún sondaje efectuado aguas arriba indica la existencia de sedimentos lacustres; aún los de mayor profundidad (96,8 mts. pozo CORFO 1060 32°50'-71°20' - D17), que por lo demás interceptó la roca fundamental).

Las vertientes observadas en las inmediaciones de la angostura deben ser atribuidas por lo tanto a una reducción de la sección transversal del acuífero causada principalmente por el estrechamiento del valle.

Definición de Unidades sección Mauco - Concón

Esta sección ha sido diferenciada por la aparición de un nivel arcilloso situado a poca profundidad y que separa el terreno aluvial del valle en dos, determinando en ellos condiciones hidrogeológicas diferentes. Esta situación se verifica desde un poco aguas arriba de la confluencia del estero Limache con el río Aconcagua.

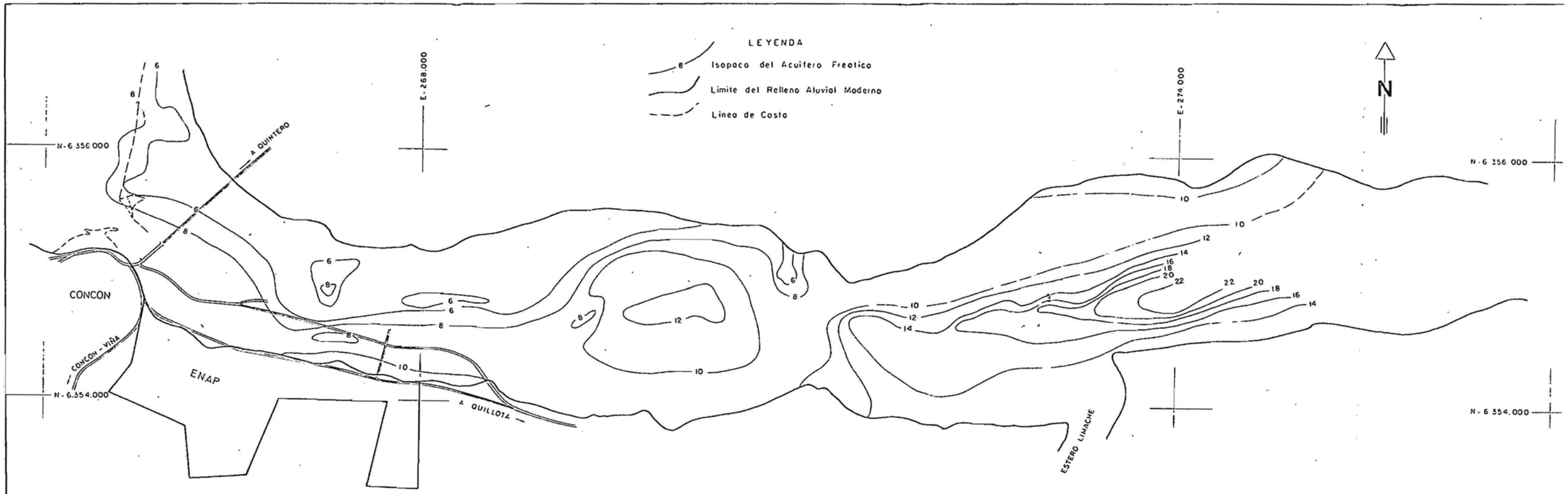
En superficie, se detecta la presencia de sedimentos de gruesa granulometría, formados esencialmente por ripios, gravas, arenas y algo de bolones. Estos depósitos están casi desprovistos de finos y corresponden a depositaciones recientes del río Aconcagua, que son absolutamente correlacionables con la unidad I de Tabolango.

El espesor de estos rellenos es variable y fluctua entre 23 metros aguas arriba del puente Colmo y 5 metros en el sector de Concón (cf. Plano N° 02 - L - 116).

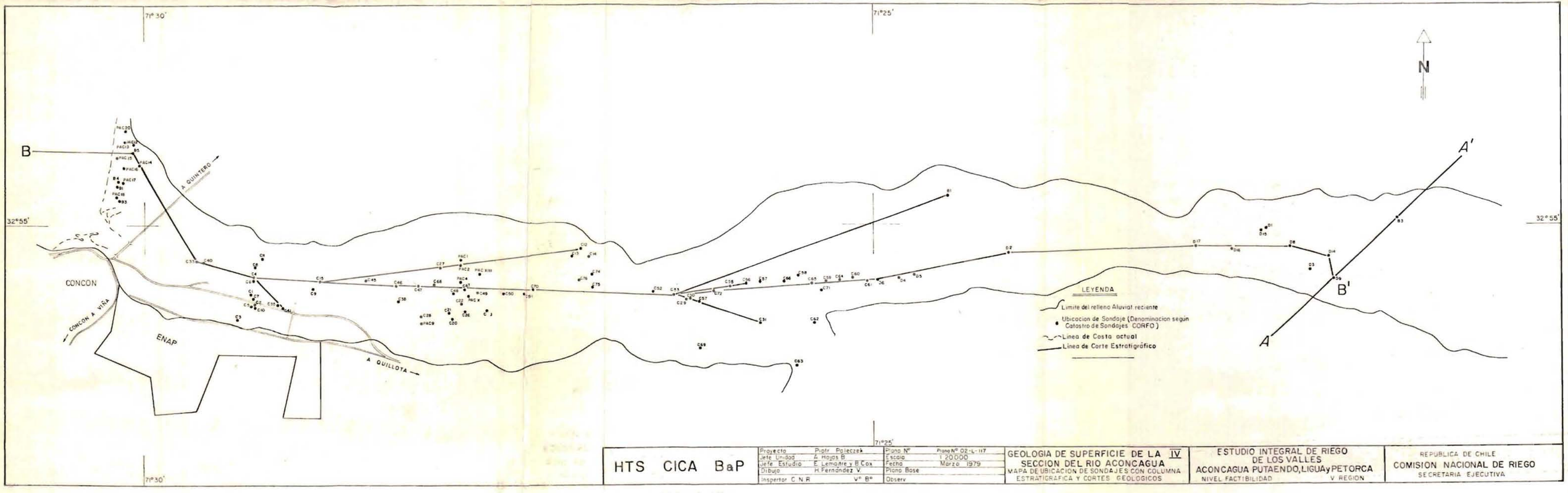
Estos detritos suelen presentar una delgada cubierta de suelo vegetal de aproximadamente un metro de espesor.

Subyaciendo al nivel anterior existe un estrato limo-arcilloso que comienza a precisarse a unos 3 kms. aguas arriba del puente Colmo, con un aumento notable del contenido de finos en los sedimentos que se situan entre 0 y 16 m.s.n.m. La zona hasta el mencionado puente, presenta a este nivel, una estructura deltaica, con abundancia de finos y arenas finas a gruesas, Luego hacia aguas abajo de los pozos C31 y C56 (cf. Plano N°02-L-117) se define la capa arcillosa, de espesor creciente y contenido decreciente de arena, hasta llegar a 33 metros en la región costera. Esta situación se puede apreciar en los Planos N°s 02-L-115 y N° 02-L-114.

Estos rellenos finos se han depositado en un ambiente acuático, de poca profundidad, en lo que fue el estuario del río Aconcagua,



HTS CICA B&P	Proyecto Piotr Polaczek Jefe Unidad A. Hojas Jefe Estudio E. Lemaitre B. Cox Dibujo J. Creus INSPECTOR C.N.R. V° B°	Plano N° 02-L-116 Escala 1: 20.000 Fecha Marzo 1979 Plano base OTAG Obs.	MAPA DE ISOESPESORES DEL ACUIFERO FREATICO DE LA IV SECCION DEL RIO ACONCAGUA	ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA PUTAENDO LIGUA PETORCA NIVEL: FACTIBILIDAD V REGION	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO SECRETARIA EJECUTIVA



HTS CICA BaP

Proyecto	Piotr Poleczek	Plano N°	Plano N° 02-L-117
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:20.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Marzo 1979
Dibujo	H. Fernandez V.	Plano Base	
Inspector C.N.R.	V° B°	Observ.	

GEOLOGIA DE SUPERFICIE DE LA IV SECCION DEL RIO ACONCAGUA
MAPA DE UBICACION DE SONDAJES CON COLUMNA ESTRATIGRAFICA Y CORTES GEOLOGICOS

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V. REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

en una etapa en que el nivel del mar ascendió rápidamente algunas decenas de metros en relación al nivel anterior. La presencia de restos de conchas marinas y materia orgánica en descomposición, indican un ambiente de depositación comunicado con el mar, aunque en forma relativamente incompleta.

El río desembocaba en dicho estuario aproximadamente 9 a 10 km. al interior de la línea de costa actual . Esta situación ha sido reconocida en numerosas regiones costeras de ríos de Chile y correspondería a una etapa posterior a la última glaciación (WURM).

Un pequeño descenso del nivel del mar produjo la erosión parcial de los sectores superiores de las arcillas y depósitos, para luego cubrirlos con los acarreos superficiales que se observan actualmente y que conforman el nivel superior descrito en párrafos precedentes. En los mapas isopáquicos, adjuntos (Planos N°02-L-116 y N°02-L-114). es posible ver reflejado la estrecha relación existente entre los espesores de las arcillas y los detritos gruesos superiores.

Las arcillas pueden ser correlacionadas cronológicamente con la parte superior de la unidad II de Tabolango y base de la unidad I.

Infrayeciendo a las arcillas y en contacto con el basamento rocoso se presentan sedimentos de granulometría heterogénea donde abundan los bolones, ripios y niveles arcillosos.

Estos últimos depósitos pueden ser correlacionados con la unidad III de Tabolango y eventualmente con parte de la unidad intermedia (II). Estos detritos corresponden, posiblemente, al inicio de una etapa post-glaciar, a la cual se hace mención en párrafos anteriores, donde el aporte de finos fue mayor.

El espesor de este estrato es muy variable y su estructura es desconocida en gran medida por cuanto son escasos los sondajes que lo penetran.

d) Acuíferos Reconocidos sección Mauco-Concón.

En los detritos superiores se reconoce la existencia de un acuífero freático que descansa sobre las arcillas infrayecentes. Esta estructura exhibe excelentes rangos de permeabilidad y una continuidad tanto longitudinal como transversal al valle alta.

Las variaciones de potencia de esta unidad hidrogeológica, son análogas a las del estrato en que se emplaza y pueden observarse en isópaco adjunto.

En los depósitos que infrayacen al nivel arcilloso se ubica un acuífero de carácter confinado a semi-confinado de características hidrogeológicas regulares a buenas, que tienden a empeorarse en profundidad. El grado de confinamiento de esta unidad, en sentido longitudinal al valle no es igual, ya que éste depende de la potencia de las arcillas superiores. De hecho, hacia el oriente del sondaje C-53, la unidad en cuestión exhibe un grado de semiconfinamiento, por el adelgazamiento de los rellenos finos sobreyacentes que va siendo cada vez menor en la medida que el sector de interés se ubique más al este.

La continuidad longitudinal y transversal de esta unidad corresponde con la descrita para el nivel estratigráfico en que se emplaza.

3.2.3 Valles Tributarios al Valle del río Aconcagua

3.2.3.1 Valle del río Putaendo

En esta estructura se emplaza un conjunto de detritos aluviales, que son el producto de la acción deposicional del río Putaendo y del estero Seco. Estos rellenos cubren una superficie aproximada de 90 km^2 y presentan una pendiente superficial de más o menos un 2 por ciento.

Descripción sub-superficial

La potencia de los rellenos del valle se desconoce, ya que no ha habido sondaje alguno que alcance la roca base. El mayor espesor atravesado alcanza los 200 m aproximadamente.

Estratigráficamente se reconocen dos unidades, a saber:

- sedimentos gruesos gravillentos de matriz arenosa, que hacia el techo exhiben contaminaciones de limos y arcillas, y

- depósitos finos fuertemente arcillosos, que se disponen infrayaciendo a los anteriores.

Los sedimentos gruesos se disponen en superficie y las contaminaciones de finos se deben a los aportes de las quebradas tributarias y a la acción del estero Seco. Estos cobran relevancia en ambos flancos del valle.

La potencia estimada para estas gravas arenosas orbita en torno a unos 110 m, hacia la vertiente oriental del valle y unos 90 m hacia el flanco contrario. Esto es válido para el sector ubicado en las cercanías de la desembocadura del valle (véase figura N° 3.2.3.1).

Los primeros 50 a 60 m de este estrato se presentan como se dijo anteriormente, contaminados con fracciones finas que imprimen a los depósitos de una permeabilidad regular a buena. Sin embargo, los 40 a 60 m restantes no muestran contaminaciones y la matriz está constituída por arenas medias, en tanto que el esqueleto de los depósitos está formado por gravas, arenas gruesas y ripios subordinados. Esta granulometría es la responsable de la excelente permeabilidad de los rellenos. Subiendo por el valle se observa un ligero aumento en la contaminación hacia el techo y una disminución en la potencia de los rellenos en cuestión.

Los detritos arcillosos que infrayacen a la secuencia, tienen a lo menos unos 80 m de potencia en el sector central del valle y lo abarcan a lo ancho en su totalidad. La granulometría de éstos es la causa del carácter impermeable que presentan.

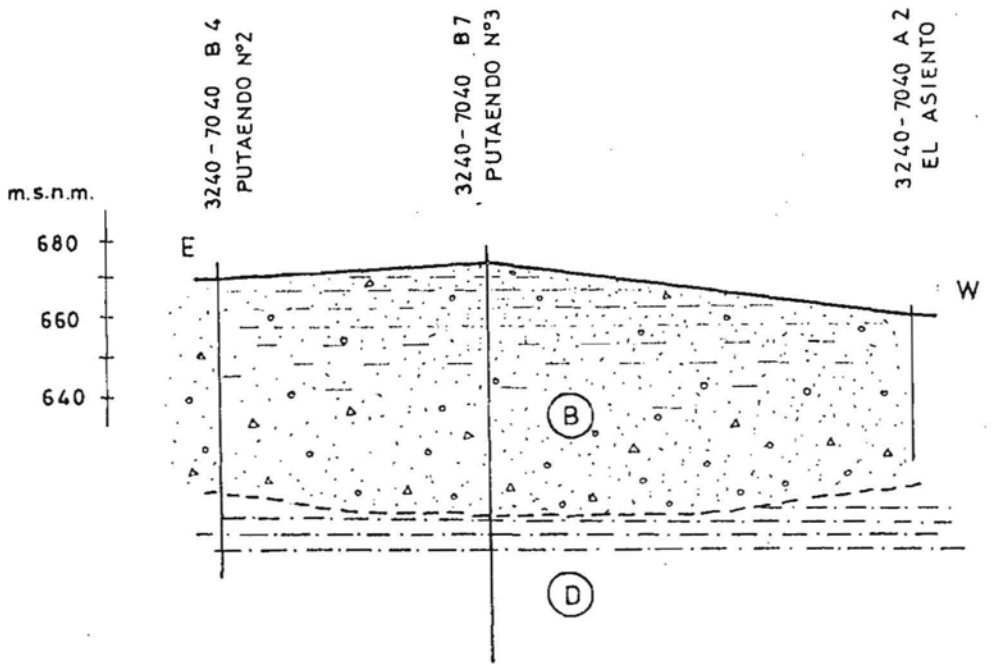
Tanto por su posición estratigráfica, como por su similitud sedimentológica, es posible asimilar estos depósitos a las unidades B y D definidas en el valle del río Aconcagua.

Acuíferos reconocidos

Los sondajes han permitido reconocer un importante acuífero que se emplaza en los depósitos gruesos superiores. Las contaminaciones de limos arcillosos, que se presentan hacia el techo, le imprimen en algunos sectores un carácter de semiconfinado. Esto suele verificarse hacia las vertientes del valle.

Las variaciones de potencia de este acuífero coinciden con las descritas para los rellenos en que se ubiea, de modo que se tiene, en términos generales una potencia promedio de unos 100 m. De éstos, los primeros 40 m presentan características hidrogeológicas regulares, debido a los finos existentes, mientras que los 60 m restantes son de alta calidad.

PERFIL TRANSVERSAL VALLE DEL RIO PUTAENDO



(B) UNIDAD B definida en el Valle de Aconcagua:
Gravas arenosas con una fracción ripiosa subordinada y matriz limosa escasa

(D) UNIDAD D definida en el Valle de Aconcagua:
Arcillas limosas con una fracción arenosa fina escasa

ESC. VERTICA SONDAJES: 1: 4.000
HORIZ : 1: 25.000

FIGURA 3.2.3

La continuidad lateral del acuífero es alta y alcanza ambas vertientes del valle. En sentido longitudinal a la estructura, es posible esperar una ligera disminución de la potencia que eventualmente puede llegar a unos 90 u 80 m. A la latitud de Putaendo y adosándose a la vertiente occidental del valle, las fracciones limo-arcillosas, que se presentan hacia el techo, adquieren importancia y limitan la continuidad vertical del acuífero.

3.2.3.2 Valle de Llay-Llay

a) Descripción subsuperficial

En el valle donde se ubica la localidad de Llay-Llay, se ha detectado una secuencia sedimentaria que probablemente represente condiciones lagunares antiguas. Parece muy posible que las fuertes acumulaciones arcillosas, representativas de ambientes de muy baja energía, hayan sido generadas en condiciones paleo-lagunares, que se habrían desarrollado en la zona, producto del embalsamiento de las aguas superficiales en el valle. Este fenómeno es probable que se haya debido a la existencia de una barrera de contención, originada por acumulaciones laterales del río Aconcagua, Hoy en día es todavía posible detectar levemente, un remanente de esa posible estructura, que se manifiesta en un ligero alto topográfico existente en el sector de la desembocadura del valle. Los materiales gruesos que se interestratifican con las arcillas, posiblemente representen aportes laterales, o bien, períodos en que un exceso de agua haya provocado la ruptura parcial de la barrera, lo que ocasiona un flujo continuo hacia el Aconcagua y el consiguiente aumento energético en el sector.

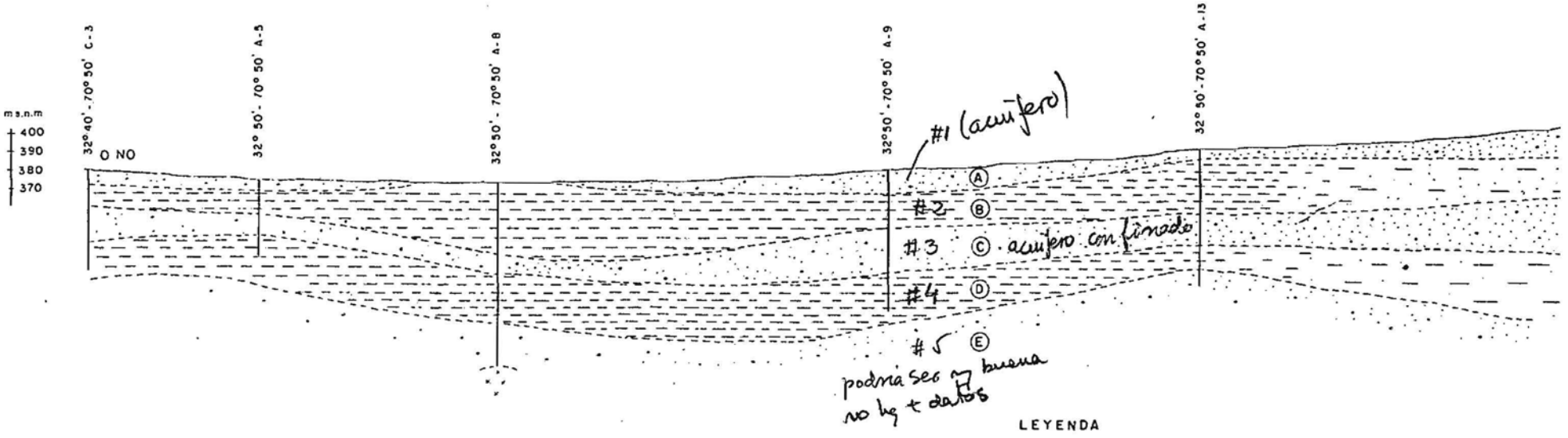
Los sondajes han permitido identificar cinco unidades que a continuación se analizarán:

- Definición de unidades

Las perforaciones existentes en el área, acusan la presencia de cinco niveles estratigráficos susceptibles de ser individualizados y que presentan características sedimentológicas diferenciatorias.

De arriba hacia abajo se reconocen las siguientes unidades (véase figuras 3.2.3.2 y 3.2.3.6).

PERFIL LONGITUDINAL VALLE LLAY - LLAY



ESC. VERT. SONDAJES. 1: 4.000
HORIZONTAL 1:25.000

LEYENDA

(A) UNIDAD LLAY-LLAY 1
SEDIMENTOS ARENO-GRAVILLENTOS CON MATRIZ LIMO-ARENOSA ESCASA

(B) UNIDAD LLAY-LLAY 2
DEPOSITOS ARCILLO-LIMOSOS

(C) UNIDAD LLAY-LLAY 3
SEDIMENTOS ARENO-GRAVILLENTOS CON MATRIZ LIMO-ARENOSA ESCASA

(D) UNIDAD LLAY-LLAY 4
DEPOSITOS ARCILLOSOS

(E) UNIDAD LLAY-LLAY 5
SEDIMENTOS ARENOSOS CON MATRIZ LIMOSA

NIVELES FINOS DONDE LA FRACCION ARCILLOSA HA SIDO EN PARTE SUSTITUIDA POR ARENAS FINAS, AUMENTANDO LA PERMEABILIDAD.

FIGURA 3.2

i) Unidad Llay Llay 1

Corresponde a un conjunto de sedimentos areno-gravillentos que exhiben una fracción ripiosa subordinada y una matriz limo arenosa poco representativa. La fracción clástica está constituída principalmente por clastos volcánicos y plutónicos con grados de esfericidad y redondeamiento relativamente bajos.

ii) Unidad Llay Llay 2

Está constituída por un conjunto de materiales de muy baja granulometría, del tipo arcillas limosas con su fracción arenosa muy escasa. Estos sedimentos presentan una contaminación de arcillas que usualmente alcanzan valores superiores al 55 por ciento.

iii) Unidad Llay Llay 3

Responde a un conjunto de sedimentos de granulometría media, de rango arenas gravillentas, con una matriz limo arenosa que ocupa un volumen bastante reducido con respecto al total de los sedimentos. Esta matriz puede presentar también un cierto porcentaje de arcilla que no afecta mayormente las buenas características hidrogeológicas del conjunto. La fracción elástica está constituída principalmente por clastos de rocas volcánicas e ígneas intrusivas que muestran una esfericidad y redondeamiento bajo a medio.

iv) Unidad Llay Llay 4

Está formada por un estrato arcillo-limoso, que suele presentar una fracción areno gravillenta muy subordinada. Las arcillas se presentan en porcentajes que fácilmente exceden el 60 por ciento y, por consiguiente, las permeabilidades de este nivel son francamente nulas.

v) Unidad Llay Llay 5

Está constituída por un conjunto de rellenos arenosos, que presentan una fracción gravo-ripiosa que oscila en torno a un 20 por ciento del volumen total del sedimento. La matriz de estos materiales es limo arenosa y bastante escasa. Los clastos mayores son, esencialmente plutónicos y los grados de esfericidad y redondeamiento son bajísimos.

- Ubicación y geometría de las unidades

i) Unidad Llay Llay 1

Este paquete sedimentario se dispone hacia el techo de la secuencia y sobreyace a los rellenos arcillosos de la unidad Llay Llay 2.

Esta unidad no cubre totalmente la superficie del valle, desapareciendo en el sector septentrional del área a lo menos entre los sondajes 3250-7050 A7 y A4. En la zona de desembocadura de la quebrada Rapaculo, en los entornos del sondaje Las Palmas, tampoco se detecta la presencia de estos sedimentos.

Las mayores potencias de este nivel sedimentario se registran en el sector oriental del valle, alcanzando hasta unos 30 m en el área donde tributan las quebradas Los Loros y Las Peñas. En los alrededores del pozo San Jesús, también se han detectado espesores importantes que fluctúan entre 15 y 25 m, aproximadamente. Desde este último sector hacia la desembocadura del valle, se observa un adelgazamiento del nivel hasta alcanzar valores no mayores de 5 m para luego aumentar lentamente (véase fig. 3.2.3.3.)

Esta unidad no presenta variaciones granulométricas importantes a lo largo y ancho del valle, salvo algunas contaminaciones de arcillas que se registran hacia la vertiente norte del mismo, antes de acuñarse y desaparecer en esa dirección. Este mismo fenómeno se presenta en el sector de tributación de la quebrada Rapaculo.

Los sondajes han permitido reconocer en este nivel algunos lentes arcillosos de poco espesor y continuidad que no entorpecen el desarrollo de los depósitos.

ii) Unidad Llay Llay 2

Los depósitos finos que constituyen esta unidad se ubican infrayaciendo a los sedimentos arenosos de Llay Llay 1 y sobreyaciendo a la unidad Llay Llay 3.

Las arcillas limosas de este nivel abarcan el valle del estero Los Loros, prácticamente en todo su largo y ancho. En las áreas periféricas, exhiben de preferencia hacia las cabeceras y vertiente sur de la estructura, importantes contaminaciones con materiales más gruesos, del tipo arenas finas a medias.

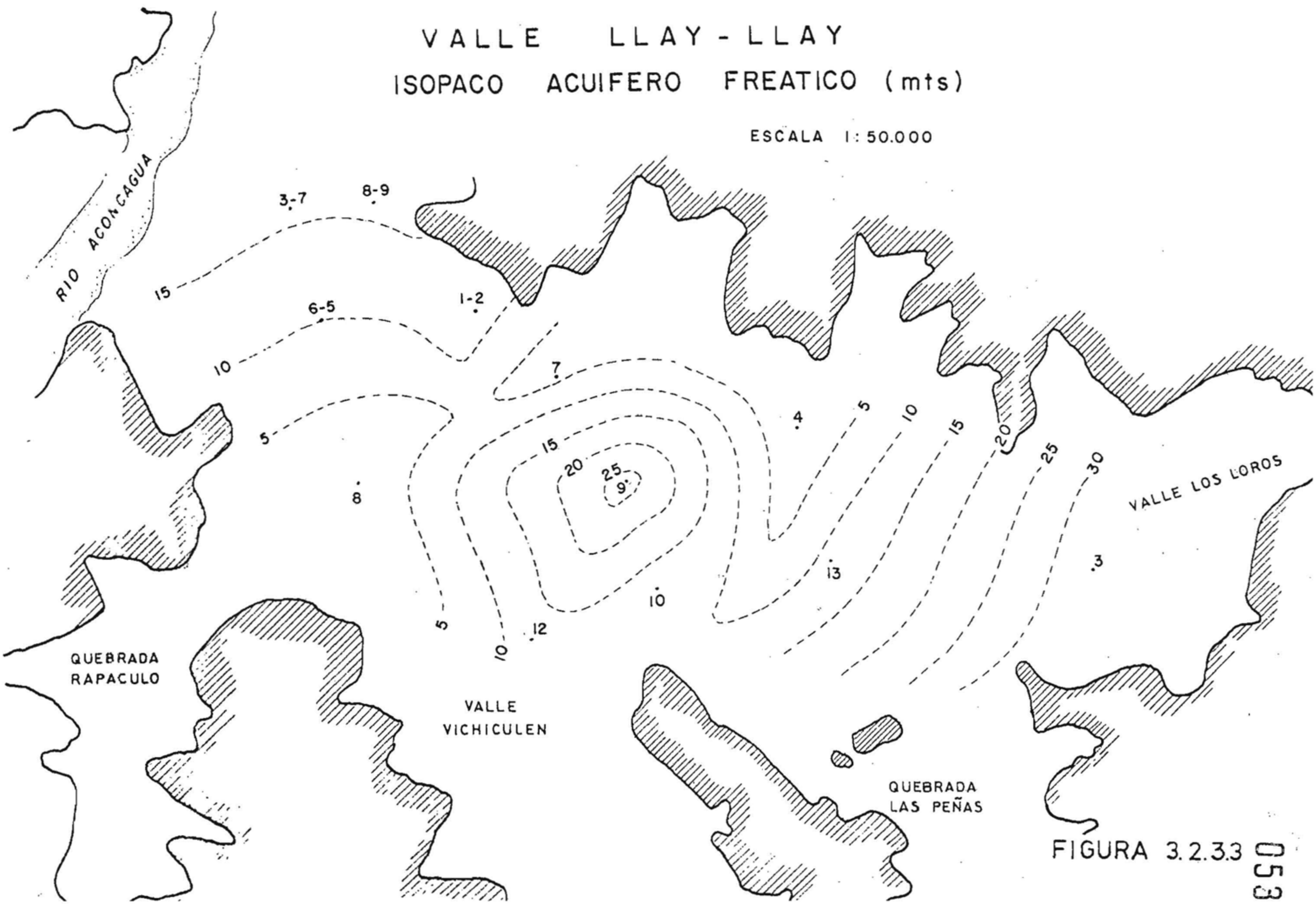


FIGURA 3.2.3.3

053

La unidad en cuestión, aflora hacia la vertiente norte del valle y en el sector sur poniente, áreas donde los rellenos superiores desaparecen.

La potencia de estas arcillas es muy variable y los sondajes han acusado espesores muy elevados hacia el flanco norte del valle, sector donde las unidades 2 y 4 se confunden en un sólo paquete arcilloso que alcanza más de 190 m. En la vertiente opuesta, las arcillas de la unidad Llay Llay 2 presentan los espesores más bajos que posiblemente alcanzan hasta unos 20 m.

Si se observa el isópaco (figura 3.2.3.4), se podrá comprobar que estos finos depósitos se adosan al flanco sur del valle, estando su potencia controlada por la topografía de la roca caja. De hecho, el mapa indicado acusa las potencias más bajas en el sector donde el cordón de cerros, que constituye la divisoria de aguas entre los valles Vichiculén y Las Peñas, se interna superficialmente en el valle.

Hacia la desembocadura del valle de Llay Llay, se tiene una gradual disminución de la potencia de este nivel, que presumiblemente se acuñe hacia el valle del río Aconcagua.

Como se planteó anteriormente, hacia las cabeceras del valle se ha detectado un marcado cambio de facie en estos depósitos, tornándose éstos bastante arenosos y exhibiendo incluso una fracción gravo-ripiosa subordinada. Esta variación granulométrica dificulta la identificación del nivel que en este sector se asemeja a los rellenos que lo sobre e infrayacen respectivamente.

Resulta importante acotar que en esta unidad se han podido detectar algunos niveles de granulometría mayor del rango gravas, que se interestratifican en las arcillas. El estrato más importante se ubica, más o menos, a unos 40 m de profundidad de la superficie y puede seguirse en forma relativamente continua desde el sondaje 32°50'-70°50'A13 hasta el pozo 32°50'-70°50'A8.La potencia de este nivel no excede los 6,0 m y en algunos sectores no sobrepasa siquiera los 3,0 m. Dada la ubicación geográfica que tienen estos sedimentos, exhiben un alto grado de confinamiento y durante las perforaciones acusaron una fuerte surgencia. Presumiblemente, este nivel gravillento se acuñe hacia el norponiente del sondaje Las Palmas y, sin duda, hacia la vertiente norte del valle.

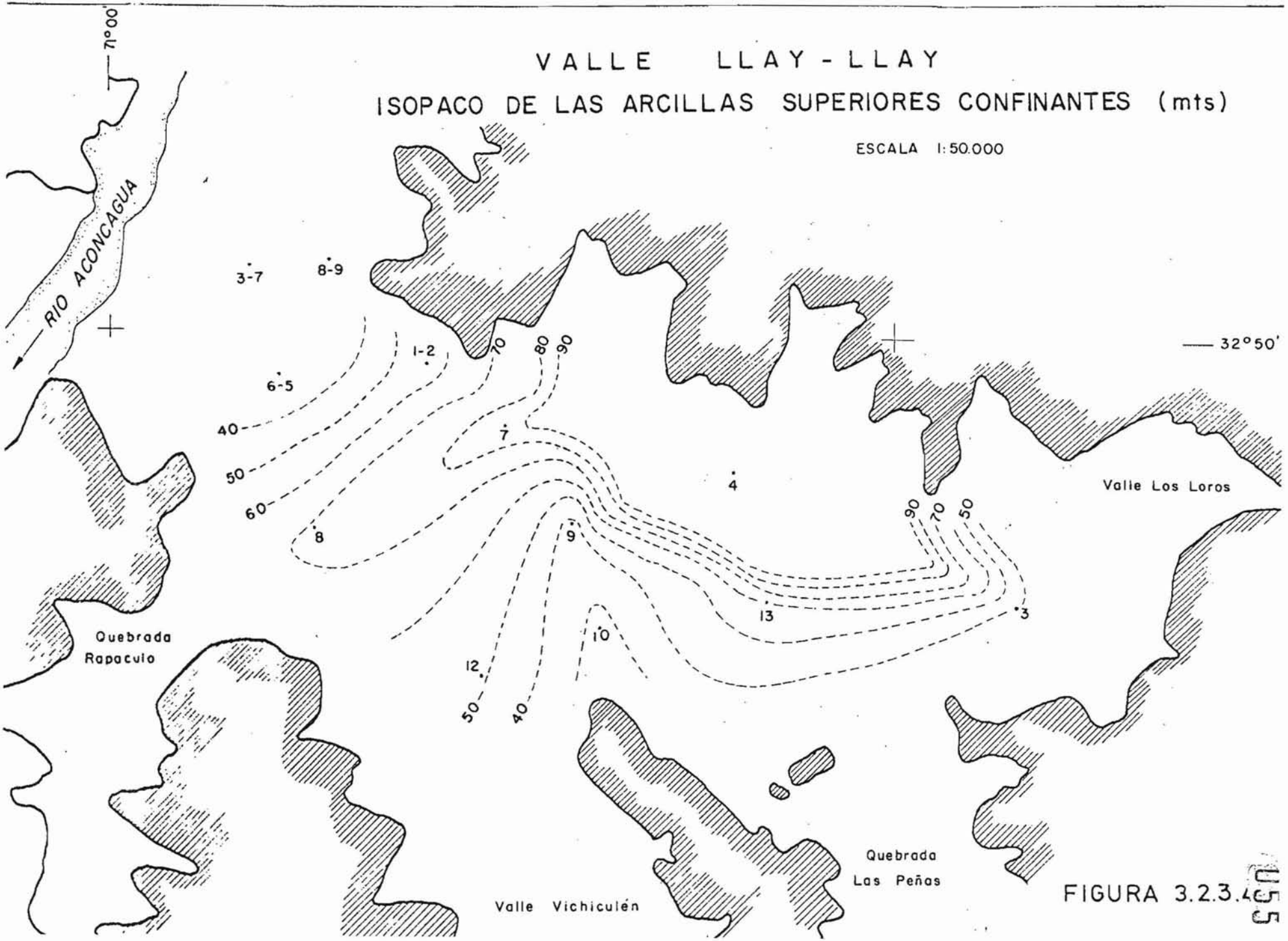

VALLE LLAY - LLAY
ISOPACO DE LAS ARCILLAS SUPERIORES CONFINANTES (mts)
ESCALA 1:50.000
71°00'
32°50'
RIO ACONCAGUA
Quebrada Rapaculo
Valle Los Loros
Valle Vichiculén
Quebrada Las Peñas
3-7
8-9
1-2
6-5
40
50
60
70
80
90
7
4
8
9
10
12
13
3

FIGURA 3.2.3.4

iii) Unidad Llay Llay 3

Las arenas gravosas de esta unidad se disponen infrayaciendo a las arcillas de Llay Llay 2 y descansan sobre los depósitos finos de la unidad 4.

Este conjunto de sedimentos constituye una especie de cuña que se extiende a lo largo del valle, adelgazándose hacia la vertiente norte de la estructura hasta desaparecer (figuras 3.2.3.5 y 3.2.3.6).

Desde el sondaje Santa Rosa y en dirección al pozo Las Palmas, es notoria la disminución del espesor que experimenta la unidad. Es probable que continuando en igual sentido, se tenga un paulatino aumento de la potencia hasta llegar al valle del río Aconcagua.

Los depósitos definidos como Llay Llay 3 exhiben una ligera contaminación de finos hacia el techo y en el sector norte, hacia donde se acuñan en el potente paquete arcilloso que se adosa a la vertiente del valle. Es común encontrar lentes limo-arcillosos, interestratificados en los depósitos areno-gravillentos de esta unidad, que presentan una potencia y continuidad muy restringida.

iv) Unidad Llay Llay 4

Esta unidad infrayace a las arenas gravillentas de Llay Llay 3 y reposa sobre la unidad 5.

Este sentido longitudinal, el valle se presenta en forma continua y es posible que se acuñe hacia la vertiente sur de la estructura, aún cuando no existen antecedentes como para hacer esta aseveración en forma tajante.

Hacia el sector septentrional del valle, las arcillas de esta unidad se unen con las de la unidad 2, formando un sólo conjunto debido al acuñamiento que experimentó el nivel grueso directamente superior (cf. figura 3.2.3.6.)

En el sector de tributación de los valles Los Loros y Las Peñas los finos sedimentos de la unidad en cuestión exhiben un marcado cambio de facie que se manifiesta en la abundante presencia de arena fina que comienza a aparecer en los sedimentos. Un fenómeno similar, pero de menor importancia se verifica hacia el flanco sur del valle, donde las arcillas limosas presentan en fracción de arena fina a media subordinada.

VALLE LLAY - LLAY

ISOPACO ACUIFERO CONFINADO (mts)

ESCALA 1: 50.000

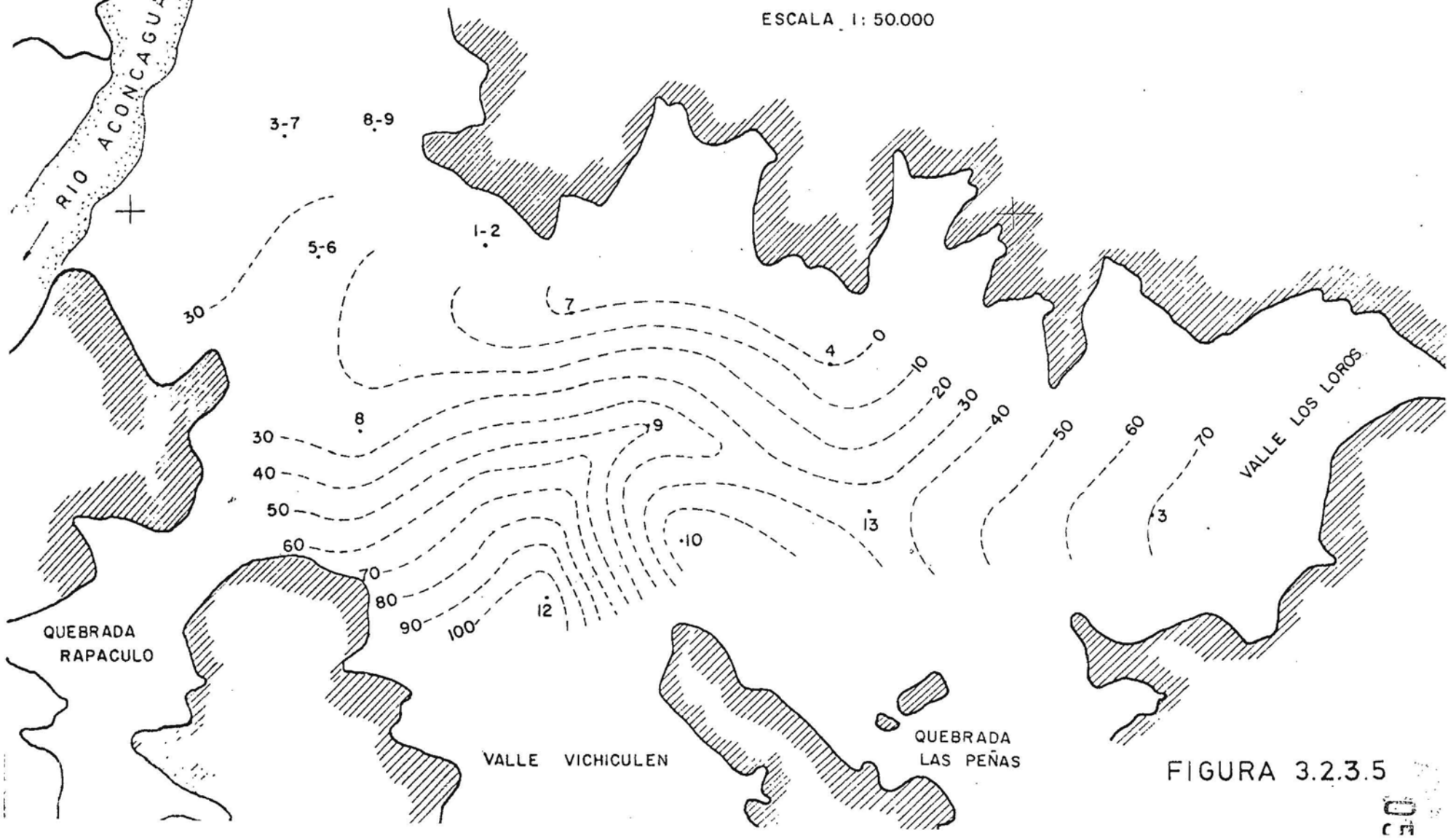
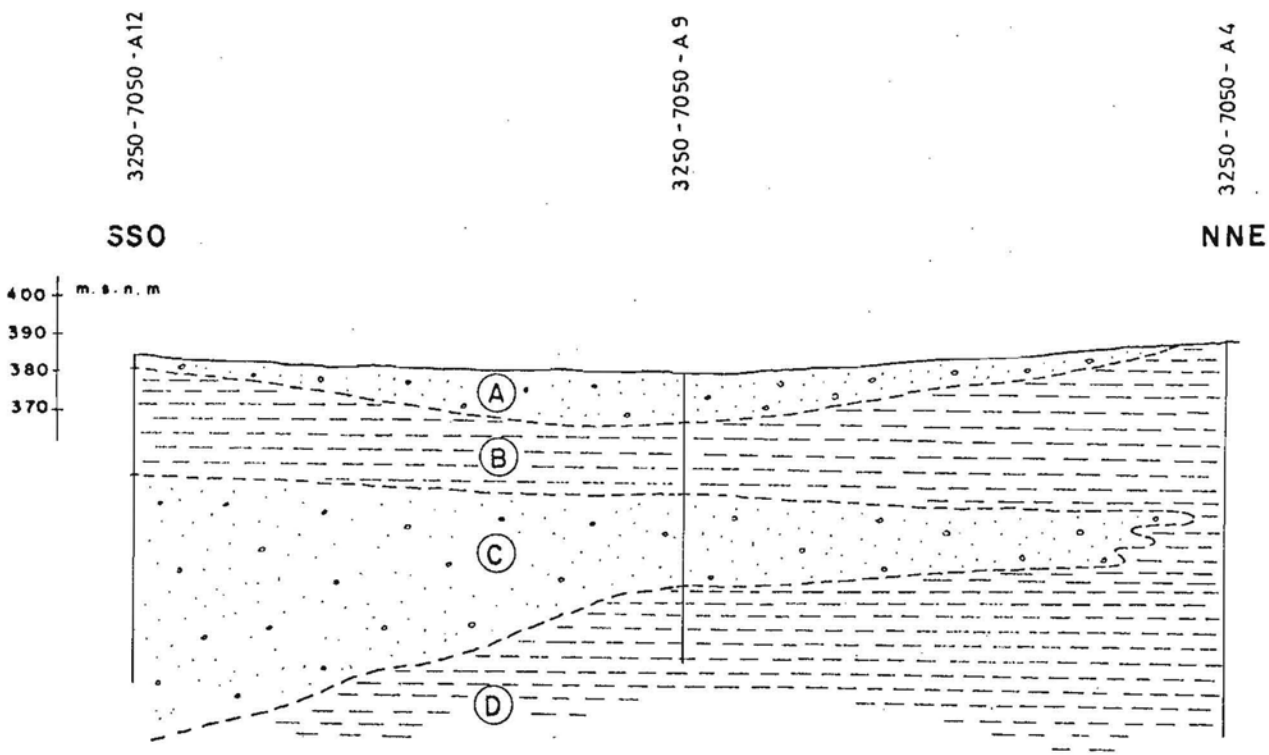


FIGURA 3.2.3.5

PERFIL TRANSVERSAL VALLE DE LLAY-LLAY



LEYENDA

(A) UNIDAD LLAY-LLAY 1
Sedimentos areno-gravillentos con matriz limo-arenosa escasa

(B) UNIDAD LLAY LLAY 2
Depósitos arcillo-limosos

(C) UNIDAD LLAY-LLAY 3
Sedimentos areno gravillentos con matriz limo-arenosa escasa

(D) UNIDAD LLAY-LLAY 4
Depósitos arcillosos

ESC. VERT SONDAJES .: 1: 4.000
HORIZ.: 1: 25.000

FIGURA 3.2.3.6

No existen antecedentes suficientes como para caracterizar en detalle las variaciones de potencia que se verifican en esta unidad. Sin embargo, estas no deben exceder los 80 a 85 m. El sondaje Las Palmas acusa un espesor para este nivel de aproximadamente 55,0 m y el pozo ubicado en el asentamiento El Porvenir de 26,0 m.

v) Unidad Llay Llay 5

Muy pocos son los datos que se tienen con respecto a estos sedimentos que subyacen a las arcillas descritas.

Es muy probable que estos rellenos se encuentren directamente sobre la roca caja de los depósitos cuaternarios del valle. De hecho, el pozo 32°50'-70°50' A8 (Las Palmas) acusa esta situación.

Hacia la vertiente norte del valle de Llay Llay, es posible que estos depósitos se acuñen o presenten una potencia muy reducida, ya que el sondaje 32°50'-70°50' A4(El Salitre) no detectó la presencia de esta unidad a lo menos hasta los 209 m de profundidad.

b) Acuíferos reconocidos

En función a los antecedentes arrojados por las perforaciones, se han reconocido en el valle principal dos niveles acuíferos de importancia. El primero de ellos, corresponde a la unidad Llay Llay 1, descrita anteriormente y que presenta características de acuífero freático o libre. El segundo corresponde al nivel areno-gravillento detectado a profundidad y definido como Llay Llay 3. Su posición estratigráfica le imprime un carácter confinado, que se manifiesta en la surgencia que han acusado los sondajes del área.

Los estratos de pequeña potencia que se emplazan en las arcillas de la unidad Llay Llay 2 también constituyen acuíferos confinados que han demostrado encontrarse en presión.

Por último la unidad Llay Llay 5, que se ubica en la base de la secuencia sedimentaria, presenta características sedimentológicas compatibles con las de un acuífero de buena calidad. Por desgracia, la ausencia de datos que permiten definir con precisión su extensión y las contaminaciones de finos que presenta, manteniendo la incógnita de que si este nivel tiene o no importancia en el contexto general. Geológicamente, es posible que esta unidad presente una continuidad bastante alta y por consiguiente una importancia hidrogeológica de consideración. Los depósitos

de este estrato que han sido detectados por los sondajes profundos muestran un marcado grado de confinamiento.

La recarga de los acuíferos confinados del área de Llay Llay, se produce sin duda desde el sector oriental y sur del valle. En estas zonas los niveles arcillosos confinantes (llay Llay 2 y Llay Llay 4) exhiben fracciones arenosas que aumentan la permeabilidad de estos sedimentos, permitiendo la percolación de agua a los estratos de gruesa granulometría, que en este sector pierden su carácter de confinados. Las estructuras por las que se encauzan, principalmente las aguas de recarga son: valle del estero Vichiculén, valle del estero Los Loros y la Quebrada Las Peñas.

3.2.3.3 Valle de Catemu

En el valle del estero Catemu se emplazan depósitos cuaternarios que cubren una superficie aproximada de 40 km^2. La potencia de éstos se desconoce, ya que ninguno de los sondajes logró alcanzar la roca base.

En este sector la densidad de perforaciones es muy baja y, las que existen, se ubican más o menos alineadas entre sí y bastante distintas unas de otras.

a) Descripción subsuperficial

La estratigrafía del relleno está formada por una alternancia rítmica de sedimentos finos a medios del rango arenas con una matriz abundante limo-arcillosa y depósitos gruesos del tipo gravas ripiosas con una fracción arenosa subordinada.

La alternancia acusada por los sondajes, posiblemente se deba a la ubicación de éstos, ya que estarían emplazados en el área de interdigitación de las unidades. Los depósitos gruesos son, obviamente, el resultado de la acción deposicional del estero Catemu y los sedimentos finos son el aporte de los cursos ocasionales de escurrimiento superficial en las áreas de tributación.

De este modo, es posible que hacia el centro del valle, los sedimentos gruesos cobren mayor relevancia que hacia los flancos e inversamente, los rellenos finos tengan mayor representatividad en las áreas adosadas a las vertientes, de preferencia en las zonas donde confluyen las quebradas tributarias al valle del estero Catemu.

Los sondajes, que se ubican semialineados, muestran que la franja de interdigitación tiene una continuidad en sentido suroeste-noreste, lo que demuestra que las condiciones en sentido longitudinal al valle se mantienen bastante constantes. En sentido transversal es difícil definir la continuidad de los depósitos debido a la carencia de antecedentes; sin embargo, dadas las características geomorfológicas de la estructura es posible esperar que hacia el centro, los rellenos finos prácticamente desaparezcan y que exista una prevalescencia de los rellenos gravillentos del estero Catemu.

Sedimentológicamente, es posible asimilar los detritos gruesos del valle de Catemu a la unidad B definida en el valle del río Aconcagua, aún cuando genéticamente no digan relación.

b) Acuíferos reconocidos

En los depósitos gruesos descritos, se reconoce un acuífero que hacia las vertientes del valle presenta un semi-confinamiento, producto de la sobreyacencia de los rellenos finos acusados anteriormente. Hacia el centro del valle esta estructura hidrogeológica adquiere un carácter freático por la desaparición de los limos arcillosos.

En la zona de interdigitaciones, el acuífero presenta continuas interrupciones en su continuidad vertical y se estima que hacia el centro del valle la potencia promedio alcance unos 30 a 40 m. La permeabilidad de los rellenos constituyen el acuífero es buena y empeora hacia los flancos por la contaminación de finos.

En sentido longitudinal al valle, la permeabilidad fluctúa levemente, detectándose una disminución de la misma hacia el sector de la desembocadura del valle al Aconcagua. Además, es probable que hacia aguas abajo la potencia estimada para el sector central de la estructura, aumente un poco, alcanzando unos 50 m.

3.2.3.4 Valle de Rabuco

La superficie cubierta por detritos emplazados en este valle, asciende a unos 22 km^2, aproximadamente.

Los sondajes del sector se ubican en el área de tributación de la estructura del valle del río Aconcagua, de allí que no sean del todo representativos de las condiciones imperantes en el valle del estero de Rabuco.

a) Descripción subsuperficial

Las perforaciones acusan la presencia de detritos de granulometría fina, del rango limos que eventualmente exhiben una fracción arenosa subordinada y fuerte contaminación de arcilla.

Interestratificados con estos depósitos, se han detectado dos niveles de granulometría heterogénea, que tienen una fracción clástica del rango gravas ripiosas con una matriz arenosa abundante, que presenta una contaminación importante de limos arcillosos. Estos niveles se ubican a unos 18 y 50 m de profundidad y presentan potencias promedio de 17 y 12 m, respectivamente.

Aguas arriba del área de las perforaciones, seguramente los depósitos aumenten notoriamente su granulometría y es posible que los niveles más gruesos se confundan en un sólo estrato que presente contaminaciones de finos hacia los flancos del valle.

La potencia máxima atravesada por los sondajes es de 62 m y como ninguno alcanzó la roca basal, es posible que ésta alcance hasta unos 100 m a lo máximo. Hacia el sur los rellenos disminuyen de espesor y probablemente, en promedio, no asciendan sobre unos 30 a 40 m.

Desde la desembocadura y hacia el norte, los rellenos del estero Rabuco enfrentan a los depósitos del río Aconcagua, específicamente a los detritos definidos como B y D. El nivel grueso superior se proyecta empalmando con los detritos de B y el nivel profundo presumiblemente se acuñe contra los sedimentos finos de la unidad D.

b) Acuíferos reconocidos

En los detritos gravillentos descritos, se reconocen acuíferos de carácter semiconfinado a confinado cuyas potencias varían en forma análoga a la de los sedimentos en que se ubican.

La permeabilidad de los acuíferos es más bien regular y es posible esperar un mejoramiento hacia las cabeceras del valle. En esta dirección es probable además que ambas unidades terminen uniéndose y aflo-

rando de modo que hacia el sur exista un acuífero freático con algunas contaminaciones en los bordes. La potencia de éste en ningún caso debiera superar los 20 o 30 m.

Como se describió en párrafos precedentes, el acuífero superior se proyecta hacia el valle del río Aconcagua en la unidad B y el inferior posiblemente se acuñe contra los detritos de D.

3.2.3.5 Valle Los Litres

La superficie total, cubierta por depósitos en el valle del estero Los Litres, asciende aproximadamente a 7,5 km^2.

A esta estructura tributan varios valles pequeños, entre los cuales cabe destacar el valle del estero Pucalán, que desemboca por el Oeste y el valle del estero El Carretón, que lo hace por el Este.

a) Descripción de subsuperficie

Los detritos emplazados en el valle de Los Litres, constituyen un potente estrato de sedimentos esencialmente arcillo-limosas, que presentan una fracción muy subordinada de arenas que eventualmente pueden alcanzar el rango de gravas finas.

La potencia de estos rellenos, en promedio, debe superar los 80 m. Dos de los sondajes disponibles acusan la roca a una profundidad de 108 y 60 m, aproximadamente. El sondaje 3240-7110 B23 que alcanzó la roca a los 108 m se ubica directamente al oriente de Nogales, en las cercanías de la vertiente este del valle, lo que permite intuir que hacia el centro de la estructura ésta pueda aumentar en algunas decenas de metros.

Los depósitos exhiben una contaminación fuerte de arcilla, que asciende, en promedio a un 50 por ciento aproximadamente. Hacia el techo, la secuencia se hace francamente arcillosa, acusándose en algunos sectores próximos a la desembocadura hasta un 90 por ciento de arcilla.

A profundidad y en el sector cercano al flanco occidental del valle se observa un ligero aumento de la granulometría debido a una contaminación menor de finos. A este nivel aparecen algunos pequeños estratos que no superan los 8 m aproximadamente, cuya granulometría se

encuadra en el rango de gravas ripiososas con un porcentaje de limo-arcillas no superior al 30 por ciento.

Hacia el flanco oriente, los sedimentos que hacia el techo exhiben alta contaminación de arcilla, en profundidad gradan prácticamente a arcillas limosas puras.

En sentido longitudinal al valle, se observa que la continuidad de los limos-arcillosos es alta e incluso a la latitud del Melón los sondajes acusan porcentajes de finos que orbitan en torno a un 70 por ciento. La única excepción a la regla la constituye el sondaje 32°40'-71°10' B27 que muestra una disminución de las arcillas en los niveles superiores de la secuencia. Es probable que esta situación se deba a la central ubicación del sondaje respecto del valle y presumiblemente, a profundidad, la situación sea análoga a la descrita anteriormente (este sondaje alcanzó tan sólo hasta los 12 metros de profundidad).

b) Acuíferos reconocidos

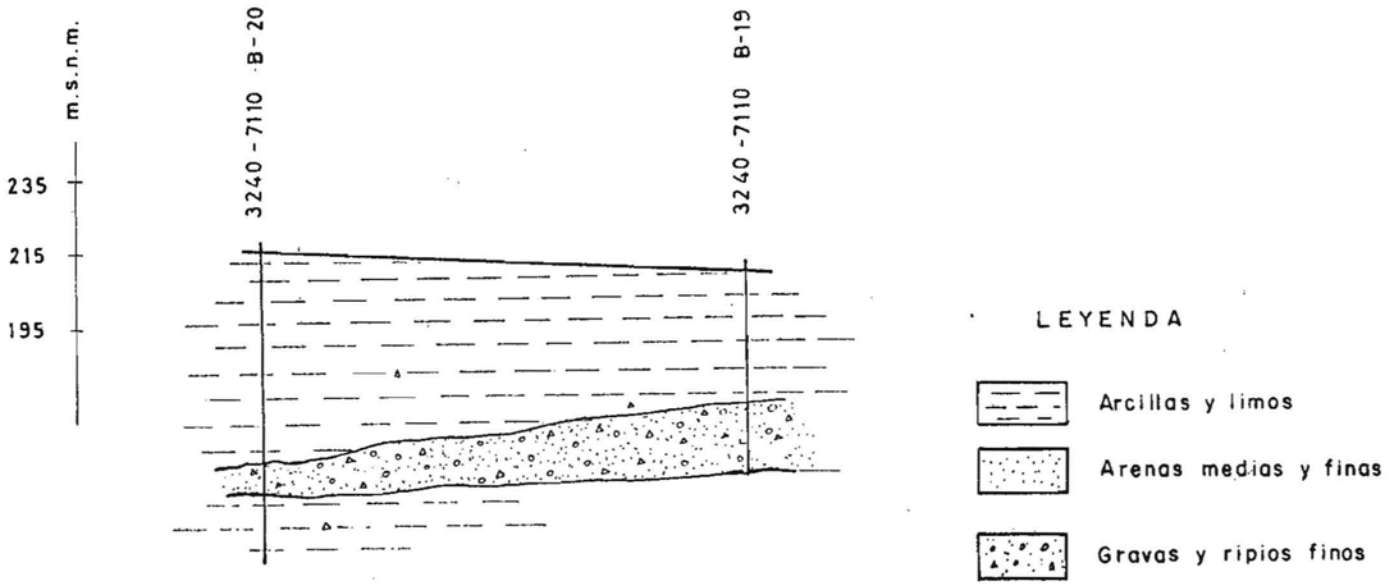
Dada la composición sedimentológica de los rellenos, sólo es posible reconocer algunas estructuras lenticulares que serían susceptibles de constituir acuíferos.

Los sondajes 32°40'-71°10' B9 y B20 han permitido detectar, tal vez, el único nivel de algún interés, que se emplaza a unos 50 mts. de profundidad promedio y que al parecer tiene una continuidad transversal al valle aceptable. Hacia el flanco poniente dicho nivel exhibe una potencia aproximada de 20 metros donde los 8 metros basales son realmente buenos ya que están constituidos escencialmente por gravas ripiosas de matriz arenosa. En este sector y hacia el techo, se observa una contaminación de limos y arcillas que alcanza hasta un 40 por ciento.

Hacia la vertiente oriental del valle el nivel acuífero en cuestión se ubica más o menos a unos 60 mts. y la potencia no excede de los 7 metros. En este sector el estrato responde al rango arenas gravillentas con una matriz limo-arcillosa (véase Fig. N° 3.2.3.7).

Es importante señalar que en términos generales la permeabilidad del nivel descrito es regular y que sólo en algunos tramos puede presentar características mejores.

PERFIL TRANSVERSAL VALLE DE LOS LITRES



ESC. VERT. SONDAJES .: 1: 2.000
HORIZ.: 1: 50.000

FIGURA 3.2.3.7

Aparte de ésto, sólo es posible detectar en el área algunos lentes de granulometría gruesa pero de escasa continuidad que se ubican a distintas profundidades.

3.2.3.6 Valle de Limache

La cuenca del estero Pelumpén presenta una superficie de relleno cuaternario que alcanza un valor aproximado de 30 km^2 considerando los conos de deyección.

La potencia de los rellenos no se conoce con mucho detalle y probablemente sea muy variable. Cuatro de los sondajes practicados en el área, han rematado en el basamento rocoso, acusando un espesor máximo de 115 mts. a la longitud de Olmué y un máximo de 60 mts., un kilómetro aguas arriba de la ciudad de Limache.

Descripción Subsuperficial

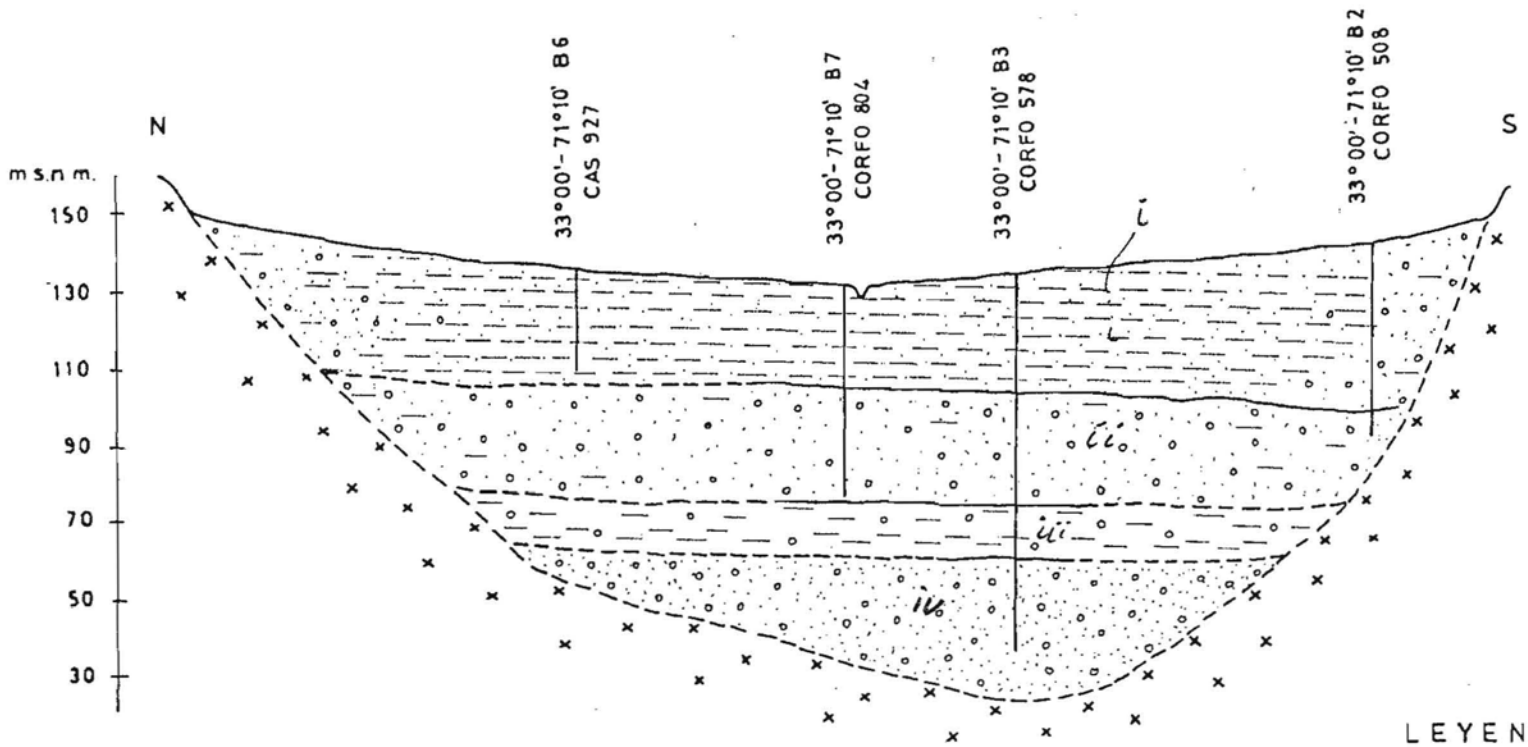
Los sondajes del sector han permitido identificar cuatro niveles sedimentarios que se extienden de modo más o menos continuo a través del valle. De arriba hacia abajo son los siguientes (véase Fig. N° 3.2.3.8) :

i) Sedimentos predominantemente limo-arcillosos, que son posiblemente el producto del retrabajamiento de antiguas llanuras aluviales. La potencia máxima estimada para este estrato es de 20 mts. y presumiblemente se acuñe y desaparezca hacia las cabeceras del valle. Estos rellenos han sido depositados por el estero Pelumpén y engranan hacia las laderas del valle con materiales de conos de deyección.

ii) Depósitos de granulometría heterogénea que presentan una fracción clástica formada por ripios con una matriz arenosa fina que presenta contaminaciones de limos arcillosos. Dichos sedimentos se emplazan a uña profundidad de 15 a 20 mts. y presentan una buena continuidad lateral y longitudinal. La potencia de este estrato fluctua entre 40 y 25 mts. aproximadamente.

iii) Rellenos de fina granulometría, escencialmente arcillas con fracciones subordinadas de bolones o ripios. La profundidad

PERFIL TRANSVERSAL VALLE LIMACHE



ESC. VERT. SONDAJES 1 : 2.000
HORIZONTAL 1 : 25.000

LEYENDA

- BOLONES Y RIPIOS
- ARENAS
- LIMOS Y ARCILLAS
- ROCA
- CONTACTO ENTRE UNIDADES
- CONTACTO INFERIDO ENTRE UNIDA
  Y ENTRE DEPOSITOS Y ROCA BASA

FIGURA 3.2.3.8

a que se encuentra este estrato es variable y en el sector central del valle se ubica a unos 60 mts. de la superficie a diferencia del área contigua a la vertiente norte donde se presenta a unos 20 o 25 mts. En el sector central de la estructura y hacia las cabeceras, este conjunto de sedimentos está formado por ripios o bolones con arcilla aprotados por el estero Pelumpén, que engranan lateralmente con arcillas arenosas depositadas probablemente por un curso antiguo del estero Lliu Lliu. La potencia de este nivel varía entre 30 y 15 mts. registrándose los primeros hacia el centro del valle y los últimos hacia el sector sureste del mismo.

iv) Depósitos de granulometría gruesa caracterizados por ripios, gravas ripiosas y arenas gruesas con matriz arenosa fina con muy pocos limos arcillosos. Esta unidad se encuentra a unos 70 a 75 mts. de profundidad en contacto directo con la roca basal. No es posible definir claramente la continuidad de esta capa ya que son contados los sondajes que han alcanzado a atravesarla.

b) Acuíferos Reconocidos

En función a la estratigrafía descrita, es posible reconocer en el valle del estero Pelumpén dos niveles acuíferos de importancia que se ubican en los rellenos de ii) e iv).

El acuífero más profundo es de buena calidad dada su granulometría y presenta sólo una pequeña disminución de ésta hacia el techo, sin que esto empeore la buena permeabilidad que exhibe el acuífero. La potencia máxima de este acuífero es de 45 mts. y se encuentra confinado por la sobreyacencia de los detritos finos de iii). En sentido transversal al valle la estructura exhibe buena continuidad y en sentido longitudinal se acuña hacia el sureste de la localidad de Las Cruces.

El acuífero superficial es de calidad regular, por cuanto su granulometría es muy heterogénea y suele presentar una fracción arcillosa que empobrece su permeabilidad. La potencia de este acuífero es bastante variable y hacia el noreste de la localidad de Lo Chaparro, se evidencia una disminución del espesor que alcanza a lo sumo unos 10 mts. En promedio puede afirmarse que la potencia varía entre 40 y 25 mts. como se señaló anteriormente para la unidad ii).

Esta estructura se presenta semiconfinada por la sobreyacencia de las arcillas limosas superiores de la secuencia. En términos generales es posible aseverar que la continuidad transversal es alta y que la unidad alcanza en profundidad ambos flancos del valle.

3.3 CARACTERISTICAS ACUIFERAS

3.3.1 ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

Para la determinación de las características acuíferas, se ha contado con la información obtenida de aproximadamente 460 sondajes, construídos en el valle del río Aconcagua y sus valles afluentes. Estos, se encuentran distribuídos en forma relativamente homogéna dentro de la hoya, aún cuando, se presentan algunos sectores carentes de sondajes y otros, con una gran concentración de ellos. En términos generales, la primera situación se advierte en la mayoría de las quebradas laterales que confluyen al Aconcagua y la segunda, en aquellas áreas en las cuales, el recurso subterráneo constituye una fuente de aprovechamiento de cierta magnitud.

A modo de ejemplo, esta última situación se presenta en Ocoa y en Puente Colmo, zonas en las cuales el SENDOS cuenta con baterías de sondajes construídos con fines de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Valparaíso; en las proximidades de Quillota, sector en el cual existe una agrupación de sondajes utilizados en la extracción de agua para la Industria Hilados Said.

La construcción de los sondajes existentes en la hoya del río Aconcagua, ha sido realizada principalmente por la CORFO a través de su Departamento de Recursos Hidráulicos y por otras empresas privadas y públicas dedicadas a la explotación e investigación de los recursos de agua subterránea. Las características de la información procedente de estas entidades difiere entre sí, por cuanto la finalidad perseguida en su obtención ha sido diferente. En tanto la CORFO ha destinado gran número de sondajes a la investigación, las restantes empresas han tenido por objetivo fundamental la construcción de captaciones dedicadas a la explotación.

Considerando lo anterior, la información proveniente de los sondajes CORFO ha ofrecido mayor utilidad al presente estudio, ya que ella fue obtenida principalmente con la finalidad de reconocer el subsuelo y determinar las características elásticas del acuífero perforado. Es así como se ha contado con 39 estaciones de bombeo, sondajes de reconocimiento estratigráfico, diversos pozos destinados exclusivamente a la observación de las variaciones del nivel freático, etc. Las estaciones de bombeo se encuentran distribuídas como sigue: 3 en la primera zona, 1 en la segunda, 7 en la tercera y 28 en la cuarta zona.

Además, de este tipo de sondajes, la CORFO perforó numerosos pozos que, aunque fueron destinados a la explotación de agua subterránea, fueron ensayados a través de pruebas de bombeo de corta y larga duración que han permitido la obtención de valores de transmisibilidad confiables.

En la ejecución de este estudio, se ha empleado toda la información ya elaborada por CORFO a través de los distintos estudios llevados a cabo por el Departamento de Recursos Hidráulicos en el valle del Aconcagua. Se ha adoptado, entonces, los valores de transmisibilidad y coeficientes de almacenamiento ya calculados después de revisar la metodología empleada. Sólo en algunos casos, se ha debido elaborar la información básica por tratarse de sondajes ubicados fuera de alguna de las áreas estudiadas o a los cuales no se les analizó los ensayos de bombeo durante su construcción.

En relación a los sondajes construídos por las restantes entidades, en general, de ellos sólo ha sido posible conocer una descripción estratigráfica del subsuelo atravesado, la curva de agotamiento del pozo y, desde luego, sus características constructivas. En aquellas ocasiones en las cuales los sondajes han sido construídos para el SENDOS, se ha dispuesto, además, de ensayos de bombeo de caudal variable y/o caudal constante. Todos estos antecedentes han sido sometidos a análisis.

Finalmente, cabe señalar que la información existente ha permitido definir adecuadamente los valores de transmisibilidad de los acuíferos a lo largo del valle, exceptuando solamente aquellos sectores en los cuales la densidad de sondajes es baja. Contrariamente, como la determinación de los coeficientes de almacenamiento requiere de ensayos en los cuales se cuente con a lo menos un sondaje de observación, este cálculo sólo ha podido ser materializado en las estaciones de bombeo construídas por CORFO. Además, en ellas, el coeficiente de almacenamiento determinado corresponde normalmente a la respuesta elástica del acuífero ya que los ensayos llevados a cabo no han tenido una duración suficiente como para calcular su valor a largo plazo.

- Método de Sternberg

Se emplea en el sondaje de bombeo cuando éste penetra parcialmente al acuífero. La ecuación básica corresponde a la ecuación simplificada de Theis a la cual se ha agregado una depresión adicional que considera las mayores pérdidas de carga que se producen debido a la curvatura de las líneas de flujo hacia un pozo que penetra parcialmente el acuífero.

$$s_w = \frac{Q}{4\pi T} \ln \left(\frac{2.25 \cdot T \cdot t}{r_w^2 \cdot S} \right) + 2 S_p$$

siendo:

s_w = depresión en el pozo de bombeo
Q = caudal bombeado
T = transmisibilidad
t = tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo
r_w = radio del pozo
S = coeficiente de almacenamiento
Sp = depresión adicional debido al efecto de penetración parcial

El valor de "Sp" se encuentra graficado en función del porcentaje de penetración "b" y el valor de "h/r_w" siendo "h" el espesor total del acuífero.

La ecuación anterior se resuelve para el gasto específico "Q/s_w" correspondiente a descarga nula, adoptando un valor del coeficiente de almacenamiento de acuerdo a la estratigrafía observada en la perforación del sondaje.

Valga la pena destacar que este procedimiento de cálculo de la transmisibilidad coincide con el método de Rex Meyer cuando el valor Sp = 0, vale decir, cuando el sondaje penetra totalmente el acuífero.

Los métodos descritos han sido ampliamente utilizados ya que ellos permiten la interpretación de los antecedentes obtenidos en el mismo pozo de bombeo, cual es la situación que comúnmente se presenta en la hoya del río Aconcagua. Se ha debido tener en cuenta el efecto de drenaje retardado que se manifiesta prácticamente en todos

3.3.2 Interpretación de pruebas de bombeo

a) Análisis en pozo de bombeo

Fundamentalmente se han utilizado dos métodos de análisis para la interpretación de los antecedentes de los ensayos realizados en el mismo sondaje de bombeo.

El método de Jacob, tanto en la fase de bombeo como en la de recuperación, se ha empleado en aquellos sondajes en los cuales se ha dispuesto de la información básica, vale decir, aquellos construídos por empresas privadas para el SENDOS.

El método de Sternberg ha sido aplicado a todos los sondajes posibles. El procedimiento empleado consistió en el cálculo de gastos específicos para diferentes caudales, con el objeto de determinar su valor para descarga nula a través de una extrapolación.

- Método de Jacob

Este método es estrictamente aplicable en acuíferos confinados que carecen de recarga y el agua es entregada en forma instantánea a expensas del coeficiente de almacenamiento. Sin embargo, también es utilizado en acuíferos freáticos cuando las depresiones provocadas por el bombeo son de pequeña magnitud en comparación con el espesor saturado del acuífero.

El procedimiento consiste en representar gráficamente (s, log t) en el período de bombeo o (s, log t/t') en el período de recuperación, obteniéndose una recta a partir de la cual es posible determinar el valor de la transmisibilidad a través de la siguiente relación.

$$T = \frac{15,84 \cdot Q}{\Delta s}$$

siendo:

T = transmisibilidad en (m^2/d)
Q = caudal bombeado en (l/s)
Δs = variación de la depresión en un ciclo de "t" o "t/t'", en (m).

los acuíferos freáticos del valle, junto con los efectos de percolación vertical en aquellos sectores en los cuales el acuífero se presenta con estratos semiconfinantes como son por ejemplo, el valle del Estero Los Litres, flancos del valle Aconcagua que reciben influencias de quebradas laterales con depositación de material de granulometría fina, etc.

En el sector Los Andes-San Felipe, los sondajes presentan siempre una penetración parcial en el acuífero debido a la existencia de una gran potencia de relleno sedimentario. Dada esta situación el método de Sternberg ha sido particularmente útil por cuanto ha permitido el cálculo de valores de transmisibilidad que representan con mejor aproximación las características hidrogeológicas de esta área. El porcentaje de penetración ha debido ser estimado considerando que el relleno sedimentario presenta variaciones de permeabilidad en profundidad, producto de la existencia de una unidad de granulometría fina que subyace al acuífero principal o Unidad B definida en el Capítulo 3.2 Geometría Acuífera. De este modo, el espesor acuífero empleado en el cálculo del porcentaje de penetración, es un poco mayor que el de la Unidad B no alcanzando el valor del espesor total del relleno sedimentario.

b) Análisis en pozo de observación

El análisis de los antecedentes obtenidos de un pozo de observación ubicado en las proximidades del pozo de bombeo, generalmente constituye uno de los métodos más adecuados para determinar las constantes elásticas del acuífero.

Los métodos aplicables a este caso se basan fundamentalmente en la ecuación de Theis (1935) a partir de la cual se han deducido diversas modificaciones dependiendo de las condiciones hidrogeológicas que prevalecen en el acuífero.

Para la aplicación del método de Theis en condiciones de desequilibrio, se requiere cumplir las hipótesis adoptadas en la deducción de las relaciones matemáticas, vale decir:

- el diámetro del pozo es pequeño
- el agua proviene en su totalidad del almacenamiento del acuífero
- el agua es liberada en forma instantánea
- el acuífero es de extensión areal ilimitada
- tanto el pozo bombeado como el de observación penetran completamente el espesor del acuífero

Tal como se ha mencionado anteriormente, en el valle del Aconcagua aunque se cumple gran parte de las hipótesis indicadas, la mayoría de los ensayos se encuentran afectados por un drenaje retardado del acuífero y la penetración parcial de los sondajes de bombeo. Ambos efectos deben ser considerados a través de modificaciones adecuadas del método de Theis.

El drenaje retardado se produce debido a que el acuífero no libera en forma instantánea el agua almacenada cuando éste es sometido a un descenso de presión durante el bombeo. Este efecto es mayor durante los primeros instantes del ensayo y decrece a medida que el bombeo continúa.

La penetración parcial del sondaje se manifiesta en el establecimiento de líneas de flujo que se deflectan de la horizontal tomando curvatura hacia la parte del pozo abierta al acuífero. Este efecto es más pronunciado en el sondaje de bombeo y disminuye al alejarse de él considerándose que puede ser depreciable cuando la distancia es igual a 1,5 veces el espesor saturado del acuífero (Hantush, 1964). En todo caso, la magnitud de este efecto depende del grado de penetración del sondaje de bombeo en el acuífero y la distancia de éste al pozo de observación.

Con el objeto de considerar los efectos mencionados, se utilizó el siguiente procedimiento de análisis:

- Se dibujó un gráfico (log s, log t)
- Este gráfico fue superpuesto con una serie de curvas tipo, desarrolladas por Boulton (1963) y descritas por Prickett (1965), las cuales fueron deducidas considerando el efecto de drenaje retardado
- En general, debido a la proximidad del pozo de observación al sondaje de bombeo, los gráficos obtenidos presentaron una pequeña curvatura debido a lo cual, resultaron difíciles de superponer exactamente con las curvas tipo de Boulton-Prickett. De este modo, se obtuvieron valores de transmisibilidad realizando esta superposición hasta lograr valores del coeficiente de almacenamiento tanto elástico como a largo plazo, que estuvieran dentro de los rangos posibles del acuífero ensayado.

- Enseguida, este valor de transmisibilidad, fue corregido utilizando el mismo gráfico (log s, log t) el cual fue superpuesto a una serie de curvas de penetración parcial desarrolladas por Hantush-Visoky (Walton, 1970).

Puede apreciarse entonces, que el procedimiento descrito, aunque permite obtener resultados aproximados, el rango definido constituye un valor más realista que el que se hubiera obtenido de no considerar los efectos de drenaje retardado y penetración parcial.

Finalmente, para cada uno de los sondajes analizados se confeccionó un informe describiendo la interpretación realizada, que incluye todos los gráficos en los cuales fue apoyada. Estos informes se encuentran disponibles como "Documentos de Trabajo" titulados "Análisis e Interpretación de Ensayos de Bombeo".

Un resumen de las conclusiones de estos informes, junto con la información recopilada directamente de los informes de la mayoría de los sondajes CORFO, se encuentra en el Cuadro 3.3.1 ("Transmisibilidades Adoptadas").

CUADRO3. 3. 1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua

Ubicación	Nombre	Constructor		T (m^2/día)
32°30'-70°40'				
D-1, D-2	A.P. Putaendo	DOS	626-632	2.500- 5.000
D-3	Rinc. de Silva	CORFO	1097	4.000
D-4	A.P. Q. Herrera	DOS	937	2.500- 5.000
32°40'-70°30'				
A-9	Las Cabras	CORFO	940	1.000- 2.500
C-1	El Globo	CORFO	833	10.000
C-3	Fundo Las Peñas	CORFO	553	5.000-10.000
C-5	Parcela Esmeralda	CORFO	640	10.000-15.000
C-6	Fundo Las Peñas	CORFO	751	10.000-15.000
C-7	Fundo Los Pinos	CORFO	787	10.000-15.000
C-8	Renault-Peugeot	CORFO	814	15.000-20.000
C-13	Bucalemu	CORFO	570	15.000-20.000
D-2	A.P. San Esteban	DOS	758	5.000-10.000
D-4, 5, 6	A.P. Los Andes	DOS	891, 914, 915	2.500- 5.000
32°40'-70°40'				
A-2	Pozo N° 34 SNS	CEL	774	5.000
A-3	Perfil Putaendo N° 1	CORFO	639	20.000
A-4	Asent. Bellavista	CORFO	815	20.000
A-5	Palomar	CORFO	1284	20.000-30.000
		SACO	309	
B-2	P. 21 de Mayo	CEL	768	5.000-10.000
B-4	Perfil Putaendo N°2	CORFO	700	10.000-20.000
B-5	P. La Troya	CORFO	850	5.000-10.000
B-6	Perfil San Felipe N° 3	CORFO	1064	40.000
B-7	Perfil Putaendo N° 3	CORFO	1092	20.000-25.000
B-10	Perfil San Felipe N° 1	CORFO	1172	20.000-30.000
B-12	Perfil San Felipe N°2	CORFO	1171	40.000
C-1	Fdo. Santa Adriana	CEL	859	10.000
C-2	Hij. Princ. Palomar	CEL	931	15.000
C-4	Viña Panquehue	CORFO	1283	10.000
D-3	Conservas Aconcagua			10.000-15.000
D-5	A.P. San Felipe	DOS	520	10.000-20.000
D-6	A.P. San Felipe	DOS	519	10.000-20.000
D-8	Casas de Curimon	CAS	1051	5.000-10.000
D-9	Fundo La Quimera	CEL	972	5.000-10.000
D-10	Misioneras de María	CEL	939	2.500- 5.000
D-11	Fundo Las Viñas	CEL	955	5.000

CUADRO 3. 3. 1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°40'-70°40'				
D-12	Tierras Blancas	CEL	1009	2.500- 5.000
D-13	Los Castaños	CORFO	797	15.000-20.000
D-14	Frut. San Felipe	CORFO	813	15.000-20.000
D-15	Indust. Frutas	CORFO	1197	15.000-20.000
32°40'-70°50'				
A-1	Pueblo Catemu	CORFO	596	2.000- 4.000
C-3	Fundo El Molino	CORFO	911	500
C-4	Fundición Chagres	SACO	387	2.500- 5.000
C-5	Cía. Minera Catemu N° 1	SACO	391	1.000- 2.500
C-6	Cía. Minera Catemu N° 2	SACO	392	1.000- 2.500
C-8, 9	A. P. Llay-Llay	SACO	938-939	500- 1.000
C-10	Asent. San José	CORFO	1285	1.000- 2.500
C-12	Centro Prod. Lechera	CORFO	1289	1.000- 2.500
D-1	San Roque	SACO	310	5.000
D-3	Asent. El Mirador	CORFO	1278	5.000
D-5	La Pirca	CAPT	-	2.500- 5.000
32°40'-71°00'				
C-2	P. Petorquita	CAS	910	300
C-3	Fundo Esperanza	CORFO	732	200-300
C-4	Fundo El Vergel	CORFO	759	500
C-5	Cuatro Esquinas	CORFO	760	500
C-6	Fundo Magallanes	CORFO	768	400
C-7	Fundo Magallanes	CORFO	772	300
C-8	Fundo Magallanes	CORFO	774	300-350
C-9	Perfil Conchalí	OORFO	927	400
C-11	Perfil Conchalí	CORFO	939	200
D-3	Romeral	CORFO	914	400
D-4	Calavera 2	CORFO	917	500
D-7	Los Pinos de Romeral	CORFO	1074	800

CUADRO 3.3.1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°40'-71°10'				
B-3	Disputada Las Condes	CEL	289	1.000- 1.500
B-4	Disputada Las Condes	CEL	297	250
B-5	Disputada Las Condes	CEL	288	250-500
B-6	Disputada Las Condes	CEL	266	100
B-7	A.P. Nogales	DOS	503	250
B-8	A.P. Nogales	DOS	504	250
B-9	Pobl. Mina Navío	CEL	752	350
B-10	Pobl. Mina Navío	CEL	758	350
B-15	Asent. Melón	CORFO	201	700
B-16	Camp. Melón	CEL	1032	1.000- 1.500
B-17	Pobl. Macal N° 1	SACO	373	1.000- 1.500
B-18	Los Litres	CORFO	973	500
B-20	Los Litres	CORFO	1005	200
B-22	El Melón	CORFO	1047	150
B-23	Nogales	CORFO	1053	150
B-25	Punta El Cobre	CEL	1098	1.000- 1.500
B-26	Punta El Cobre	CEL	1099	1.000- 1.500
D-2	A.P. La Calera	DOS	500	500- 1.000
D-3	A.P. La Calera	DOS	501	250
D-4	Fca. Cemento Melón	CEL	379	300
D-5	Algas Marinas	CEL	709	600
D-6	Chacra La Parcela	CORFO	583	250-300
D-13	Chacra Santa Julia	CEL	838	2.000
D-14	Canal Espinal	CORFO	713	2.000
D-15	Paradero 26 La Cruz	CEL	898	300
D-16	Paradero 29 La Cruz	CEL	896	350
D-17	Calle Lautaro	CEL	905	350
D-18	Canal Calle Larga	CORFO	721	500-600
D-19	Chacra Miraflores	CEL	930	1.200
D-20	Callejón Alfaro	CORFO	766	2.000
D-21	Callejón Angamos	CORFO	777	700
D-22	Calle Morales	CORFO	778	500
D-23	Chacra Corinthia	CEL	938	500
D-24	Santa María	CORFO	782	500- 1.000
D-25	Santa María	CORFO	783	500- 1.000

CUADRO3. 3.1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°40'-71°10'				
D-26	Calle Sargento Aldea	CORFO	788	1.000- 2.000
D-28	Fundo La Cruz	CEL	1003	150
D-29	Soc. Ind. La Calera	CORFO	820	600
D-30	A. P. La Calera	DOS	814	250-500
D-31	Calera Oeste	CORFO	923	250
D-32	Chacra Lourdes	CORFO	928	300
D-33	Pobl. Cemento Melón	SACO	376	900
D-34	A. P. La Calera	DOS	815	500
D-37	Est. Municipal	SACO	385	800
D-42 a 44	A. P. La Calera	DOS	1059	
			1060	500-600
			1240	
32°50'-70°30'				
A-1	Las Mercedes	SACO	337	2.500- 5.000
32°50'-70°50'				
B-1	Rinc. de Los Andes	CORFO	756	10.000-20.000
B-2	Los Maitenes	CORFO	792	20.000-30.000
32°50'-70°50'				
A-5	Las Vegas	CORFO	909	400
A-7	A. P. Llay Llay	DOS	874	100
A-8	Asent. Las Palmas	CORFO	1055	1.000- 2.500
A-9	Asent. San Jesús	CORFO	1057	10.000
A-10	Asent. Porvenir	CORFO	1070	3.300- 4.000
A-12	Santa Rosa	CORFO	1243	600- 1.000
A-13	Asent. Porvenir	CORFO	1286	2.500- 5.000
32°50'-71°00'				
A-1	Fundo Florence	CORFO	554	500-750
A-2	A. P. Hijuelas	DOS	707	300
A-3	A. P. Hijuelas	DOS	706	300
A-7	Fundo Los Maitenes	CEL	849	300
A-8	Asent. Presidente Frei	CORFO	955	200

CUADRO 3.3.1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°50'-71°00'				
A-10	Asent. Presidente Frei	CORFO	1085	1.500
A-11	Asent. Presidente Frei	CORFO	1098	300
A-16	Parcela Las Vertientes	CORFO	440	250
B-4	Ocoa	SACO	961	350
A-2	Hilados Said	CORFO	121	200
A-10	Fundo Esmeralda	CAS		500
A-12	Boco Central	CEL	759	150-200
A-16	Canal Las Rosas	CORFO	715	350
A-17	La Quinta	CORFO	974	900
A-18	La Capilla	CORFO	1000	250
A-21	Fundo Esmeralda	CORFO	1044	400
B-2	A.P. Quillota	DOS	281	300-500
B-6	A.P. Esc. Caballería	DOS	284	100
B-9	Fundo El Quisco	CEL	613	250-500
B-11	Fundo El Quisco	CORFO	555	100
B-13	Pueblo de Indios	CEL	763	250-500
B-15	Chacra Los Tilos	CAS	843	1.000- 1.500
B-20	El Naranjal	CEL	889	150
B-21	Canal Candelaria	CORFO	719	350-400
B-22	Canal Candelaria	CEL	906	300
B-23	Villa Merced	CEL	941	120
B-25	Calle Bilbao	CORFO	798	500
B-27	Fundo El Castaño	CORFO	868	300-400
B-29	Fundo El Progreso	CORFO	1020	400
B-30	Fundo San Antonio	CORFO	1004	450
B-32	La Palma	CORFO	1065	400
B-33	Asent. La Patagua	CORFO	1099	80
B-38	A.P. Quillota (Charrarata)	DOS	999	200
B-39	A.P. Quillota (Charrarata)	DOS	1000	200
B-41	Estadio Banco del Estado	SACO	425	150
B-42 a B-46	A.P. Quillota (Parrones)	DOS	1145 a 1149	300-500

CUADRO 3. 3.1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°50'-71°10'				
C-3	Cervecerías Unidas	CORFO	99	100-250
C-5	A.P. San Pedro	DOS	691	200
C-6	A.P. San Pedro	DOS	692	150
C-8	Asent. El Cajón	CORFO	691	100
C-9	Asent. Los Laureles	CORFO	702	100-250
C-11	Asent. El Cajón	CORFO	712	100-150
C-13	Huerto Los Nogales	CORFO	795	500- 1.000
C-14	Fundo Santa Rosa	CEL	1059	150-200
C-15	Rautén	CORFO	1030	2.500- 5.000
C-16	Rautén	CORFO	1039	300
C-17	Las Cruzadas	CORFO	1041	450
D-2	P. Lo Gamboa	CEL	718	250-500
D-3	Los Maitenes	CORFO	771	250-500
D-4	Los Maitenes	CEL	1046	100-250
D-5	Olmué	CORFO	889	250-500
D-6	Chacra La Serena	CAS	1107	250-500
32°50'-71°20'				
C-45	Puente Colmo	DOS	963	1.000- 2.500
C-46	Puente Colmo	DOS	962	1.000
C-47	Puente Colmo	DOS	961	1.000- 2.500
C-48	Puente Colmo	DOS	960	250-500
C-49	Puente Colmo	DOS	959	1.000- 2.500
C-50	Puente Colmo	DOS	958	1.300
C-51	Asent. Independencia	DOS	957	1.000- 2.500
C-52	Puente Colmo	DOS	956	1.500- 2.000
C-54	Puente Colmo	DOS	955	2.000- 2.500
C-55	La Victoria	DOS	954	2.500- 3.000
C-56	Puente Colmo	DOS	946	1.500- 2.000
C-57	La Victoria	DOS	953	2.500
C-58	Puente Como	DOS	952	1.500- 2.000
C-59	Puente Colmo	DOS	951	1.500- 3.000
C-60	Puente Colmo	DOS	950	1.500- 3.000
C-64	Puente Colmo	DOS	1033	3.000- 3.500
C-65	Puente Colmo	DOS	1035	2.000- 3.000
C-66	Puente Colmo	DOS	1036	1.500- 2.000

CUADRO 3.3.1 Transmisibilidades Adoptadas en el Valle Aconcagua, continuación

Ubicación	Nombre	Constructor		T m^2/día
32°50'-71°20'				
C-72	Puente Colmo	DOS	1037	2.500- 3.000
D-3	Tabolango	CORFO	1060	4.500- 6.000
D-4	Puente Colmo	DOS	949	5.000
D-5	Puente Colmo	DOS	948	5.000
D-6	Puente Colmo	DOS	945	5.000- 3.000
D-7	Puente Colmo	DOS	1034	1.500- 3.000
D-8	Tabolango	CORFO	1194	4.500- 6.000
D-9	Tabolango	CORFO	1228	1.500- 2.000
D-14	Tabolango	CORFO	1267	10.000-15.000
D-15	Tabolango	CORFO	1259	3.000- 5.000
33°00'-71°10'				
B-1	Fundo El Rocío	CORFO	53	25- 50
B-3	S. Carlos de Pelumpén	CORFO	528	250- 500
B-4	Fundo El Modelo	CORFO	520	250- 500
B-5	Lo Narváez	CEL	731	25- 50
B-7	Pelumpén-Granizo	CORFO	804	500-1.000

3.3.3 Adopción de constantes elásticas regionales

Los valores regionales de transmisibilidad adoptados se presentan en planos de curvas de isotransmisibilidad, las cuales han sido trazadas con el apoyo de los valores individuales obtenidos en los sondajes y la caracterización del relleno sedimentario descrita en el Capítulo 3.2 , Geometría Acuífera . De los valores individuales, se ha realizado previamente una selección atendiendo al grado de confiabilidad de la información. En primer lugar, se ha utilizado como puntos básicos aquellas transmisibilidades determinadas en sondajes que cuentan con ensayos de bombeo de larga duración y, desde luego, en las estaciones de bombeo. Enseguida, se ha empleado los restante valores como puntos de relleno para trazado de las curvas.

El coeficiente de almacenamiento no ha podido ser presentado en planos dada la escasez de información disponible. Sólo se ha caracterizado ciertas zonas acuíferas asignándoles un valor de almacenamiento obtenido de alguna de las estaciones de bombeo de CORFO, o por analogía con otras zonas acuíferas de similares características estratigráficas.

Un alcance de significación es necesario hacer en cuanto al almacenamiento. En general, los acuíferos presentes en la zona de estudio, salvo excepciones perfectamente identificadas que correspondan a acuíferos confinados puros (Concón Llay-Llay), se encuentran en condiciones semi-libres. Este hecho provoca que este tipo de acuíferos muestren, durante las pruebas de bombeo, una primera respuesta como si se tratara de acuíferos confinados(respuesta elástica; reducido coeficiente de almacenamiento), evidenciando en mayor o menor tiempo (según el grado de confinamiento) un incremento de su valor, tendiendo a lo que se denomina coeficiente de almacenamiento a "largo plazo" y que se ubica en rangos correspondientes a acuíferos freáticos puros.

Desde el punto de vista de aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos, es precisamente este valor (almacenamiento de largo plazo), el que tiene interés para el diseño de las explotaciones posibles, si bien, en el cálculo de descensos (niveles dinámicos) e interferencias entre sondajes, puede tener mayor importancia el almacenamiento instantáneo.

El hecho de que revista mayor interés el almacenamiento a largo plazo para la obtención de volúmenes explotables, hace que la poca densidad de pruebas de bombeo disponibles con sondaje de observación no constituyan un problema insalvable, puesto que el rango de variación del coeficiente de almacenamiento en acuíferos freáticos es muy estrecho.

A continuación se expone una breve descripción de la distribución areal de estas constantes acuíferas en los sectores homogéneos definidos anteriormente y de las bases principales consideradas para adoptar valores a nivel regional. La transmisibilidad se muestra sobre los planos N°s 02-L-023, b y c en los que el parámetro se indica en curvas de igual valor.

a) Primer Sector - Los Andes - San Felipe

En este sector, el relleno aluvial fluctúa entre los 100 m y 400 m de profundidad, alcanzando en la mayor parte del valle, una potencia superior a los 200 m. Este relleno es, en general, bastante homogéneo, de granulometría gruesa y bajo contenido de arcilla, de tal manera que el acuífero puede ser caracterizado como freático. El nivel estático, según se ha visto anteriormente, se encuentra a grandes profundidades en la cabecera haciéndose más superficial hacia la zona de confluencia de este sector con el valle del río Putaendo.

Los sondajes construídos (exceptuando los del perfil San Felipe) no sobrepasan los 130 m siendo el más profundo el 32°40'-70°30' C-8 (Renault Peugeot) el cual se encuentra entubado hasta 160 m.

Las características citadas permiten estimar que las transmisibilidades de este sector alcanzan valores normalmente altos debido, no sólo al gran espesor de relleno, sino que además a la alta permeabilidad de los sedimentos los cuales están conformados por fracciones de granulometría gruesa. Además, se advierte que todos los ensayos de bombeo se encuentran fuertemente influenciados por el efecto de penetración parcial en el acuífero.

Estos aspectos, han constituído las limitantes fundamentales en la asignación de transmisibilidades representativas de todo el espesor saturado.

La penetración parcial ha sido enfrentada teóricamente utilizando el procedimiento de análisis desarrollado por Sternberg, encontrándose como incógnitas principales el espesor total del acuífero y el gasto específico no afectado por pérdidas de carga adicionales a las propias del flujo laminar. La primera incógnita influye directamente en el porcentaje de penetración del sondaje en el acuífero y, por lo tanto, en el valor de la depresión teórica adicional atribuíble a la curvatura de las líneas de flujo. La segunda, ha sido determinada por extrapolación de los gastos específicos hasta el correspondiente a descarga nula como una manera de eliminar la influencia de las pérdidas de energía por turbulencias del escurrimiento.

La alta permeabilidad del acuífero presente en esta sección ha imposibilitado la plena utilización del método de Jacob como herramienta de interpretación de los ensayos de bombeo. En efecto, por cuanto en acuíferos como éstos, el cono de depresiones provocado durante el bombeo se expande en mucho mayor proporción que lo que se profundiza, las variaciones de nivel detectadas en el sondaje sometido a ensayo son de pequeña magnitud, a lo largo del tiempo. Este hecho, trae como consecuencia que, al trazar el gráfico (log s, log t) éste presente una pendiente prácticamente nula a partir de la cual no es posible definir algún valor de transmisibilidad confiable. Si a lo anterior se agrega un efecto de drenaje retardado y, los errores que pueden ser cometidos durante la medición de estos niveles (especialmente en cabecera donde son profundos), se concluye que el método de Jacob sólo permite definir con alguna confiabilidad el orden de magnitud del valor de la transmisibilidad.

El trazado de las curvas de isotransmisibilidad se ha basado principalmente en los valores individuales obtenidos de los ensayos llevados a cabo en sondajes CORFO y en la caracterización sedimentaria definida en el Capítulo 3.2 , Geometría Acuífera dada la baja densidad de información disponible. Los sondajes corresponden en su gran mayoría a pozos de explotación, contándose solamente con estaciones de bombeo ubicadas en el área de San Felipe.

La distribución areal de transmisibilidades muestra que se presentan altos valores a lo largo del eje longitudinal del valle los cuales disminuyen paulatinamente hacia los flancos Norte y Sur, debido a la

influencia que las fracciones finas acarreadas por las quebradas laterales producen en el relleno sedimentario. Solamente a la altura de la localidad de San Rafael se ha detectado una derivación de esta área central de alta transmisibilidad que se interna hacia la Rinconada de los Andes. Este fenómeno podría estar indicando que el cauce principal del río se desarrolló hacia el Sur depositando en esa área un relleno de mejores características acuíferas.

El rango de transmisibilidades definidas en este sector está comprendido entre 2.500 y 40.000 m^2/d siendo esta última cota la asignada a un área ubicada en las proximidades de San Felipe.

El coeficiente de almacenamiento a largo plazo asignado a este sector se ha estimado en el valor 15% basándose en las condiciones libres del acuífero. Esta cifra ha sido posteriormente corroborada con los resultados de los balances hidrogeológicos planteados en este sector.

b) Segundo Sector - Valle del Río Putaendo

Los antecedentes hidrogeológicos del valle del río Putaendo, se concentran en su parte baja, vale decir, en las cercanías de su confluencia con el valle del río Aconcagua.

Los alcances hechos en cuanto a la interpretación de las pruebas de bombeo en el primer sector, son igualmente válidos en este valle. Las características del acuífero (freático), su granulometría, e incluso la gradual profundización de los niveles de agua subterránea desde su desembocadura hacia valle arriba (hasta el pueblo de Putaendo), son también similares en ambos sectores.

Los valores de transmisibilidad calculados para este valle fluctúan entre 2.500 y 20.000 m^2/día, decreciendo hacia la zona alta del valle.

El plano de isotransmisibilidad que se presenta, muestra un valor máximo de 40.000 m^2/día en la zona de confluencia al valle principal engranando con las curvas del primer sector del estudio. El gradual decrecimiento de este parámetro hacia la zona superior del valle está asociado, no tanto a una disminución de la permeabilidad de los sedimentos (que probablemente sea mayor que en el área baja) sino más bien a un menor espesor saturado, resultado de la rápida profundización de los niveles estáticos aludidos.

Para la obtención del almacenamiento, sólo se dispuso de una estación de bombeo, mas por las condiciones del acuífero, se ha adoptado un valor único para todo el valle del 15 por ciento, al igual que en el primer sector.

c) Tercer Sector - San Felipe-Romeral

Por corresponder a una zona de nivel estático alto (poca profundidad) e importantes recuperaciones (vertientes) de aguas subterráneas, prácticamente no ha sufrido períodos deficitarios de agua para su abastecimiento. Ello explica la inexistencia de sondajes de explotación salvo, por otro tipo de razones, algunos para dotar de agua potable a las agrupaciones de población de mayor importancia. En consecuencia, la información utilizada en este trabajo deriva de la lograda en cuatro sondajes que fueron construídos especialmente con estos propósitos, con sus correspondientes sondajes de observación (estaciones de bombeo). Ellos fueron Panquehue, Palomar, Asentamiento San José y El Mirador.

Como resultado de ello se puede decir que, en cuanto a transmisibilidades, a partir de elevados valores en la zona de confluencia con el cauce de Putaendo (superiores a 40.000 m^2/día) paulatinamente van decreciendo hasta cifras máximas levemente superiores a 2.000 m^2/día frente a Catemu. Precisamente, este decrecimiento de transmisibilidades es el responsable de los afloramientos de agua subterránea presentes en este tramo, ya que en la misma medida (la sección de escurrimiento y el gradiente hidráulico, son más o menos constantes), disminuye la capacidad de porteo del acuífero.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento, fue determinado un valor de 26 por ciento en el sondaje Palomar. En los sondajes Panquehue, El Mirador y San José fueron obtenidos valores cercanos al 10 por ciento.

Considerando la observación hecha previamente en el sentido de que interesa el valor de almacenamiento a largo plazo, se ha adoptado un valor de 15 por ciento para la totalidad del tramo.

d) Cuarto Sector - Valle del Estero Catemu

El valle del estero Catemu es pobre en antecedentes hidrogeológicos. Los sondajes existentes fueron perforados sólo con fines de explotación y son pocos en número y no representativos de la situación general.

De dichos sondajes, los que mejor información entregan para los fines que se persigue son los de la Compañía Chilena de Tabacos. Sus pruebas de bombeo muestran un marcado efecto de drenaje retardado. A partir de la interpretación de estas pruebas se han dibujado las curvas de isotransmisibilidad, que muestran valores máximos en torno a 5.000 m^2/día en la zona baja del valle, suponiendo un decrecimiento de ellos hacia la zona superior del mismo basados en una disminución del espesor saturado, tanto por una mayor profundidad del nivel estático, como por una disminución de la potencia del relleno.

En cuanto alalmacenamiento, sólo por sus condiciones, se le ha asignado un valor único de 15 por ciento, ya que se carece de pruebas de bombeo con sondaje de observación.

e) Quinto Sector - Valle del Estero Llay-Llay

El valle del estero Llay Llay muestra un acuífero confinado en su zona central y baja (hacia la confluencia con el valle de Aconcagua), de buena transmisibilidad, y en consecuencia posee sondajes de excelentes rendimientos.

Se encuentra bastante bien definido con la construcción de tres sondajes de estudio (estaciones de bombeo) y varios sondajes de explotación, que aunque en general no cortaron el acuífero de mayores rendimientos, han permitido acotar suficientemente bien su extensión.

Basado en ello, se puede decir que la máxima transmisibilidad obtenida se logró hacia el centro del valle (sondaje San Jesús) con un valor de 5.000 m^2/día. Desde este punto hay un decrecimiento gradual hacia el este (sondaje Asentamiento Porvenir) y desde allí baja bruscamente a valores inferiores a 100 m^2/día.

Análoga disminución, aunque no tan brusca se aprecia hacia la desembocadura en el valle de Aconcagua. De todos modos los mínimos valores en esta zona no son inferiores a 500 m^2/día.

La zona de peores características reconocidas corresponde al flanco norte del valle de Llay-Llay, en la cual innumerables sondajes no detectaron, para efectos prácticos, acuíferos. Tal es el caso de los sondajes del A.P. de Llay Llay, Asentamiento El Salitre y Los Loros.

En la zona en que se presenta este acuífero confinado claramente independizado, se encuentra también un acuífero freático, aunque por su reducida permeabilidad, carece de interés.

Por otra parte, este acuífero confinado detectado en los sondajes San Jesús, Las Palmas y Las Vegas, pierde sus características de confinamiento hacia el este (sondaje Porvenir) y hacia la quebrada de Vichuquén (sondaje Santa Rosa), donde muestran sólo un semi confinamiento, aunque su estratificación es correlacionable con el acuífero confinado.

De los antecedentes existentes se ha adoptado un valor de almacenamiento de $S = 10^{-4}$ para el acuífero confinado.

f) Sexto Sector - Romeral - Tabolango

Es, desde luego, el tramo de mayor longitud del valle Aconcagua que ha sido tratado como un sólo sector. Ello, basado, en una serie de características comunes que en él se manifiestan.

En primer lugar, en todo este sector el acuífero se muestra frente al río en una situación de equilibrio. Si bien ambos se encuentran conectados, la magnitud de intercambio río-acuífero es escasa.

En segundo lugar, aunque tal vez lo más importante para su común tratamiento, el acuífero presenta una potencia relativamente constante (y no muy grande), unido a características de permeabilidad igualmente homogénea.

Finalmente, a lo largo de todo este sector existe la mayor densidad de sondajes de estudio y estaciones de bombeo de todo el valle y también (salvo el sector de Concón) es, por razones de déficits frecuentes de agua superficial, donde se ubica un elevado número de sondajes de explotación.

En el sector Romeral-Puntilla La Cruz, las transmisibilidades muestran un valor medio entre 100 y 500 m^2/día, con valores aislados hacia el centro del valle que pueden alcanzar hasta 900 m^2/día. Inmediatamente aguas abajo de Puntilla La Cruz se produce un incremento local de este parámetro que rompe la monotonía anteriormente descrita, alcanzándose en algunos sondajes valores superiores a 2.000 m^2/día.

Una nueva mejoría de la transmisibilidad es observada también hacia el término de este sector, que se inicia al sureste de Quillota, para culminar en el campo de sondajes de Tabolango con valores superiores a 5.000 m^2/día.

El almacenamiento fue calculado en todas las estaciones de bombeo existentes, obteniéndose cifras variables (5 y 15 por ciento) para las duraciones de las pruebas de bombeo en ellos realizadas y según la estratigrafía local presente en cada emplazamiento. Se ha adoptado, en consecuencia, un valor único para el coeficiente de almacenamiento a largo plazo de S = 15 por ciento.

g) Séptimo Sector - Valle del Estero Los Litres

En esta cuenca fueron construídas dos estaciones de bombeo en la zona inferior del valle, en las cercanías de la desembocadura (Los Litres 1 y 2) y han sido perforados un considerable número de sondajes de explotación, cuya característica común, son los bajos rendimientos por ellos entregados.

Estos bajos rendimientos no son más que un reflejo de la escasa transmisibilidad de los sedimentos de este valle. Tal es así, que, a excepción de la localidad de El Melón, en que se encuentran algunos sondajes que entregan un valor algo superior a 500 m^2/día, la totalidad de los restantes sondajes indican valores inferiores a ello. Una extensa zona del valle presenta incluso valores menores de 250 m^2/día.

Los valores de almacenamiento calculados en este sector entregan, para el tiempo de duración de las pruebas un valor de $S = 1 \times 10^{-3}$. Ello está de acuerdo con un fuerte grado de semi-confinamiento descrito en las columnas estratigráficas de los sondajes, reflejo también de un drenaje retardado con un lapso de manifestación prolongado. Es así, como para efectos de explotación sostenida, se ha adoptado para este valle un valor uniforme de S = 10 por ciento.

h) Octavo Sector - Valle de Limache

La única información disponible para este valle se refiere a la que entregan los sondajes de explotación en él construídos. La mayor parte de ellos con reducidos rendimientos (inferiores a 20 l/s), y muchos de ellos fracasados.

Las mejores transmisibilidades obtenidas se emplazan aguas abajo de la confluencia de Pelumpén con el Granizo (1.000 m^2/día). Hacia el interior de los valles de las quebradas mencionadas, este parámetro baja sensiblemente, habiéndose asignado valores incluso inferiores a 50 m^2/día, basados en el escaso relleno y reducido acarreo de dichos sedimentos.

Hacia aguas abajo de la localidad de Limache, por la génesis de los sedimentos depositados (lacustres), ellos prácticamente no constituyen acuíferos y es la razón del fracaso de los sondajes allí perforados. Continuando hacia su desembocadura en el valle de Aconcagua, el rellenamiento prácticamente desaparece (por el estrechamiento del valle).

En todo el valle, aunque en distintos grados, el acuífero se muestra en condiciones de semi-confinamiento, siendo su coeficiente de almacenamiento probablemente, no superior a 5×10^{-3} para corto plazo y 5×10^{-2} en el largo plazo.

i) Noveno Sector - Tabolango-Concón

En este sector debe distinguirse la existencia de dos acuíferos de características muy distintas. Uno superior, en condiciones freáticas y conectado al río (pero de reducido espesor) y uno inferior, confinado. Ambos se encuentran separados por un estrato de arcilla, cuya mayor potencia se sitúa en la línea de costa, decreciendo hasta práctica-

mente desaparecer, en la angostura de Mauco. En esta área entonces se desarrolla nuevamente un sólo acuífero (freático) que engrana hacia valle arriba con el descrito para dicho sector.

- Acuífero freático

Hasta la zona en que se encuentra presente el estrato inferior de arcilla, este acuífero freático tiene una potencia no superior a los 15 m incrementándose notablemente en el sector de Tabolango. Es en esta zona también donde la transmisibilidad muestra sus valores más altos (sobre 5.000 m^2/día), para decrecer rápidamente a valores inferiores a 1.000 m^2/día, que son los mostrados en el extenso sector Romeral-Tabolango.

Avanzando de Tabolango hacia la costa la transmisibilidad decrece gradualmente aunque siempre se alcanzan valores superiores a 1.000 m^2/día.

Es importante tener presente que los valores a que se hace referencia se refieren a una situación de niveles estáticos que comprometen prácticamente la totalidad del acuífero y en consecuencia son los máximos posibles de la zona. Debido a lo reducido de su espesor es necesario tener presente que una disminución de niveles provocada, ya sea por condiciones naturales, o bien, por una explotación intensiva (es la zona con mayor densidad de sondajes del valle), originará de la misma forma un decrecimiento de la transmisibilidad, tanto más importante, mientras mayor sea la relación entre este descenso y el espesor saturado.

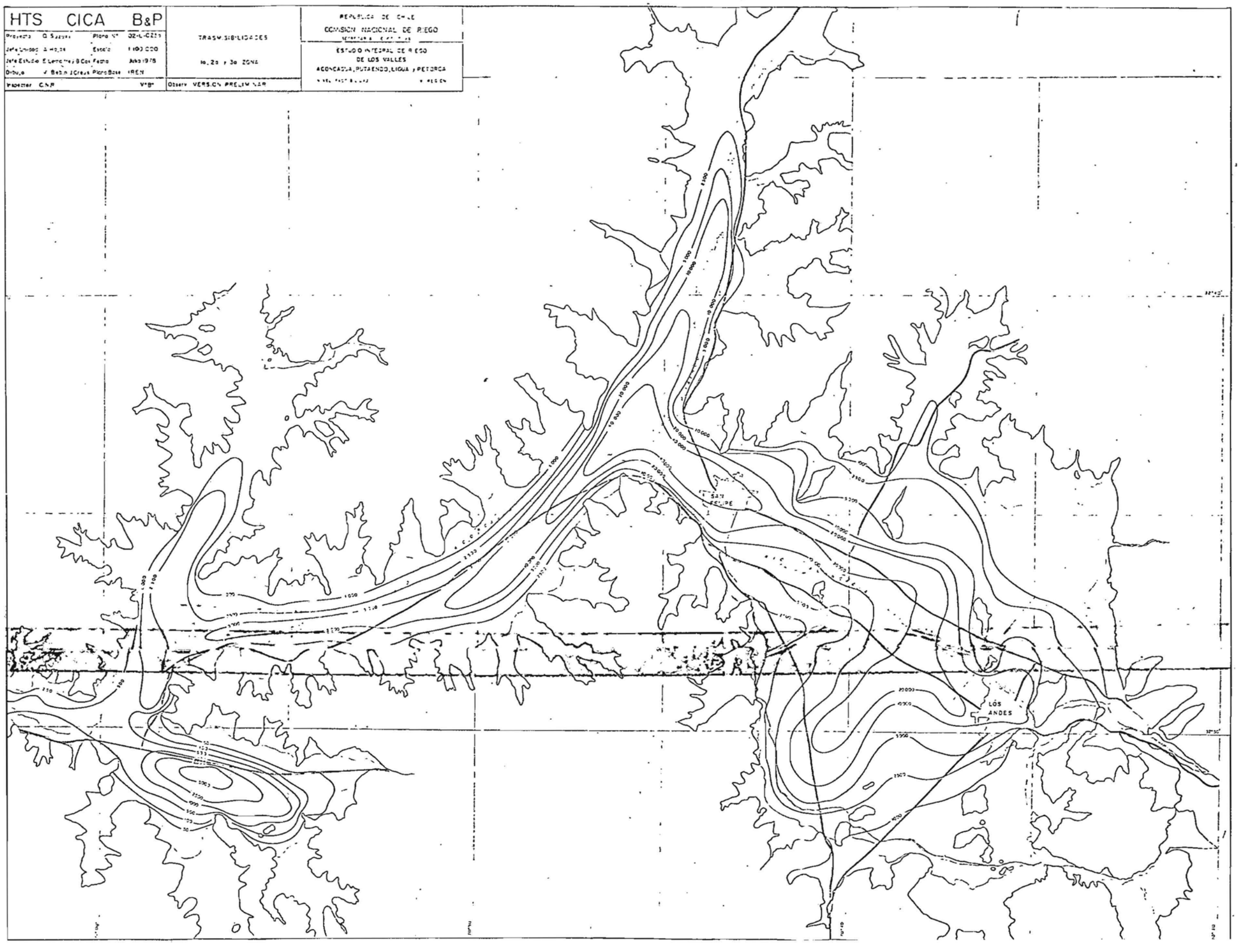
En relación al almacenamiento y, al igual que en otros sectores del valle, al no existir información directa por pruebas de bombeo, se le ha estimado en 15 por ciento.

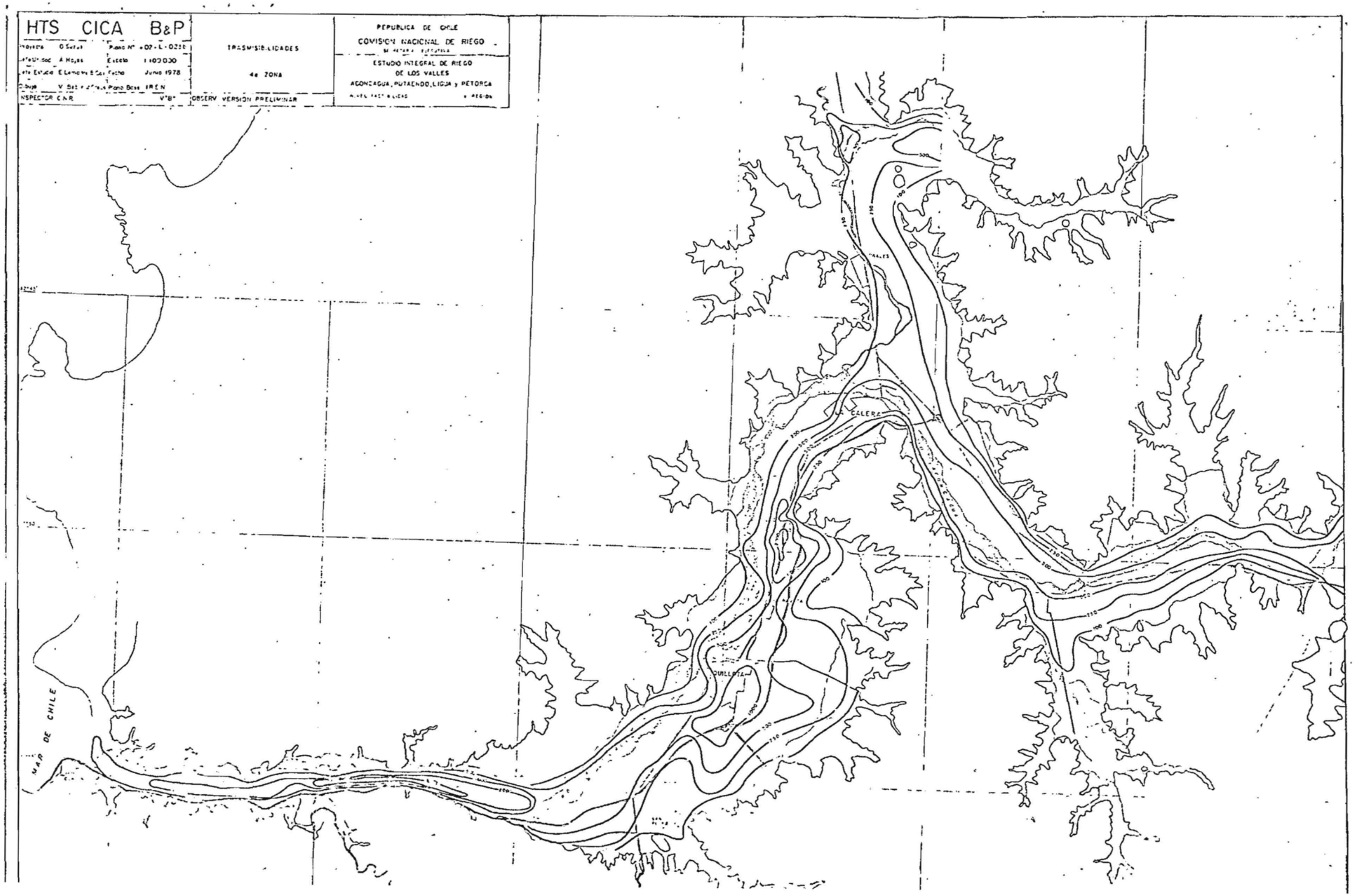
- Acuífero confinado

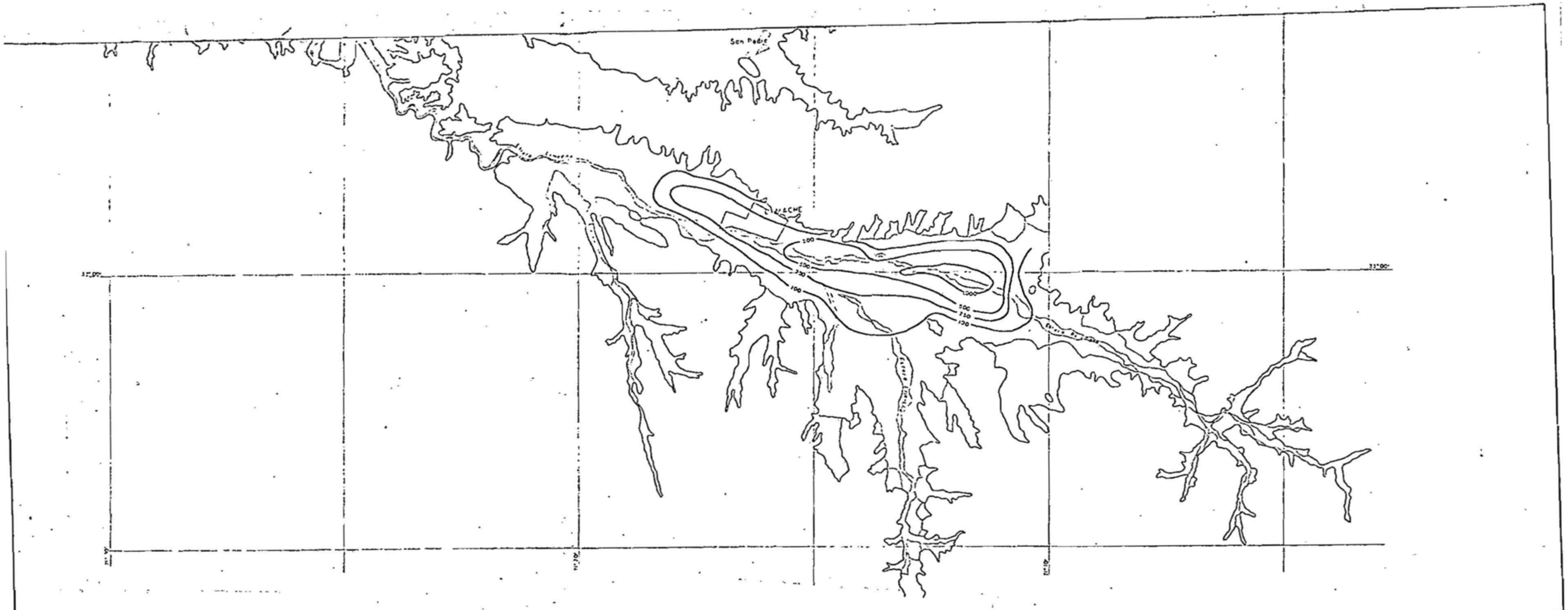
No existe sobre este acuífero una densidad de antecedentes tan grande como la disponible para el acuífero freático. Pese a ello, sus características elásticas se encuentran adecuadamente definidas.

En base a las pruebas de bombeo disponibles, se puede decir que este acuífero presenta una transmisibilidad comprendida entre 800 y 1.500 m^2/día.

Su coeficiente de almacenamiento y como corresponde a acuíferos confinados, fue calculado en un valor comprendido entre 10^{-4} y 10^{-5}. Sin embargo, en la programación de explotaciones sobre este acuífero es necesario considerar el efecto de percolación (leaky) a través del estrato de arcilla confinante, ya que por reducida que sea, es de significación frente al escaso almacenamiento entregado por el área con el coeficiente referido.


HTS CICA B&P
Proyecto O. Suzuki
Plano Nº 02-L-0220
Jefe Unidad A. Hojas
Escala 1:100.000
Jefe Estudio E. Lemaitre y B. Cox
Fecha Julio 1978
Dibujo V. Bebin J. Creus
Plano Base IREN
Inspector C.N.R.
Vº Bº
TRASMISIBILIDADES
1a, 2a y 3a ZONA
Observ. VERSION PRELIMINAR
REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
SAN FELIPE
LOS ANDES


HTS CICA B&P
Junio 1978
Plano Base IREN
INSPECTOR CNR
OBSERV. VERSION PRELIMINAR
TRASMISIBILIDADES
4a ZONA
REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
CALERA
QUILLOTA
MAR DE CHILE



HTS CICA B&P		TRASMISIBILIDADES (Valle Limache) 4a ZONA	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO SECRETARIA EJECUTIVA
Proyectó O. Suzuki S.	Plano N° 02-L-023-c		ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES
Jefe Unidad A. Mojas B.	Escala 1:100 000		
Jefe Estudio E. Lemaitre y B. [illegible]	Fecha [illegible]		

3.4 MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA

El movimiento del agua subterránea se muestra a través de las líneas equipotenciales (isopiezométricas o isofreáticas según se trate de acuíferos confinado o libre). El escurrimiento se produce en la dirección de las líneas de flujo o corriente, normales a las líneas equipotenciales.

Debido a que el escurrimiento subterráneo (tanto en magnitud como dirección), obedece a un proceso dinámico, reflejo tanto de la localización y cuantía de los mecanismos de recarga y descarga a que se encuentra sometido el acuífero, como así también de su geometría y características elásticas, se ha presentado la situación existente en determinados meses.

En el plano N° 02-L-024(a,b,c)se muestra el levantamiento de la superficie freática junto con la magnitud del flujo subterráneo pasante en algunos perfiles transversales seleccionados. Esta situación se refiere a los sectores hidrogeológicos comprendidos entre Los Andes y Tabolango y corresponde a lo observado en el mes de Mayo de 1978.

El sector Tabolango-Concón se presenta en el plano 02-L-155 escala 1:20.000 por tratarse de un área en la cual existen numerosos sondajes que permiten el trazado de líneas equipotenciales freáticas con mayor detalle. Este levantamiento fue realizado empleando la situación de niveles registrada en el mes de Octubre de 1978.

Ambos planos fueron confeccionados con los antecedentes de profundidad de agua medidos por CICA en la totalidad de los sondajes y norias posibles de ser controlados y que alcanzaron a 331 (163 sondajes y 115 norias en el área Los Andes-Tabolango y 53 sondajes en el sector Tabolango-Concón).

La mayor parte de los sondajes contaban con una nivelación realizada por la CORFO careciendode este antecedente sólo los de construcción más reciente. Para estos últimos, y sólo como referencia se adoptó una cota obtenida del plano 1:10.000 proporcionado por la CNR. Desde luego, también se verificó sobre el mismo plano la bondad de la nivelación de aquellos sondajes que disponían de cota. En relación a las norias, las cotas fueron obtenidas del plano 1:10.000, ya citado.

Tanto la profundidad del agua subterránea como las cotas de terreno de los sondajes y norias se presentan en Anexos (Anexo N° 2 "Cotas y niveles estáticos de sondajes"; Anexo N° 3 "Catastro y niveles de norias").

3.4.1 Sector Los Andes-San Felipe

El escurrimiento del agua subterránea en esta zona tiene una dirección SE-NO, con un gradiente suave ($3x10^{-3}$) hasta la angostura de los cerros Curimón y Las Herreras incrementandose a partir de este punto a un valor medio de $8x10^{-3}$.

Esta área se caracteriza por no presentar ninguna descarga natural de agua subterránea dentro de ella y en consecuencia toda el agua recargada en este sector escurre subterráneamente fuera de él a través de la angostura de San Felipe. La magnitud de este escurrimiento en Mayo de 1978 alcanzó a 12, 37 m^3/s y se detectó un máximo de 13, 10 m^3/s en Marzo de 1973 y un mínimo de 6, 91 m^3/s en Octubre de 1970.

Se observa una singularidad en los sondajes del recinto de agua potable de San Esteban (al oriente de los cerros La Virgen y Tapihue) que muestran un nivel estático a la cota 100 m, más alta que al lado poniente de dichos cerros. Ello obedece, sin duda, a la presencia de un nivel "colgado", conectado al río.

3.4.2 Valle del río Putaendo

El valle del río Putaendo, que conforma la segunda zona del Proyecto, muestra un comportamiento similar al del sector Los Andes-San Felipe del valle del Aconcagua, es decir, el agua recargada a lo largo del valle escurre subterráneamente hacia la zona inferior del mismo. Allí, parte de este flujo subterráneo aflora a la superficie en vertientes o es descargado por la vegetación freatofita existente. El resto del caudal escurrente se une al que proviene de la primera zona, ingresando en conjunto al tercer sector del estudio.

El gradiente hidráulico medio en el tramo medio-inferior del valle alcanza un valor de $6.7x10^{-3}$.

El caudal subterráneo que escurre fuera del área, en la sección indicada en el plano 02-L-024 a alcanzaba en Mayo de 1978 a un monto de 5, 36 m^3/s. El caudal máximo registrado en Marzo de 1973 alcanzó a 6, 50 m^3/s y el mínimo observado de 0, 14 m^3/s, se produjo en el Mes de Marzo de 1970.

3.4.3 Sector San Felipe - Romeral

Este sector se caracteriza por mostrar una condición de efluencia o descarga neta, fundamentalmente a través de vertientes y afloramientos de agua subterránea que tienen lugar, tanto en el lecho del río, como a través del estero Lo Campo e incluso en algunos canales del área. También esta descarga se produce, si bien comparativamente con los anteriores en menor importancia, por la evapotranspiración de freatofitas. En la parte inferior de este tramo, ya en las proximidades de la confluencia del estero Catemu, se observa un escurrimiento del flujo principal hacia dicho estero, donde se producen también parte de las descargas referidas.

El movimiento del agua subterránea ocurre con un gradiente casi coincidente con el gradiente de terreno, cuyo valor medio aproximado es de $1,2 \times 10^{-2}$. Por las condiciones hidrogeológicas del tramo (deterioro de la transmisibilidad hacia aguas abajo) las fluctuaciones de nivel son prácticamente inexistentes, y en consecuencia, la magnitud de los caudales subterráneos escurrentes es invariable.

Lo descrito no tiene absoluta validez en la zona de confluencia del río Putaendo al valle principal, ya que se producen pequeñas fluctuaciones del nivel freático que hacen desplazarse el área de inicio de las recuperaciones hacia aguas arriba o abajo según si el monto del caudal subterráneo ingresante es superior o inferior a la capacidad de conducción de agua en la sección estudiada.

En el plano anteriormente mencionado, se ha indicado la magnitud del caudal escurrente en la parte inferior del tramo y en una sección en la parte superior del mismo, donde ya casi no ocurren variaciones de dicho monto en el tiempo. Estas cifras son de 0, 79 m^3/s y 9, 09 m^3/s, respectivamente.

3.4.4 Valle del estero Catemu

El valle de Catemu, es hidrogeológicamente de menor importancia, siendo muy escasa la información que sobre él existe. Tiene, desde luego, un escurrimiento general que sigue la dirección del valle. Sin embargo, en su parte baja muestra una tendencia hacia la ribera poniente (influenciado tal vez por el escurrimiento general del valle de Aconcagua), para descargar parte de él en el lecho del estero Catemu. La pendiente media de la superficie freática en la zona reconocida es de 5.3×10^{-3}.

El flujo subterráneo que aporte al valle principal antes del inicio del área de recuperaciones, alcanza a 0,35 m^3/s.

3.4.5 Valle del estero Llay Llay

Este valle presenta un acuífero superior, en condiciones freáticas y de limitadas expectativas y una zona acuífera inferior conformada por dos niveles acuíferos en condiciones de confinamiento o semiconfinamiento, según la ubicación. Esta última, presenta en una gran extensión del valle, niveles piezométricos por sobre el nivel de terreno (artesianismo), que son responsables de la surgencia de algunos sondajes existentes. La dificultad de medición de estos niveles artesianos en condiciones estáticas, unido al débil apoyo en densidad, no ha hecho posible la obtención del plano de superficie piezométrica. En el plano que se presenta se muestra, sin embargo, la superficie equipotencial del acuífero superior, cuyo trazado ha sido apoyado además en el estudio de drenaje que está realizando el SAG (1). La pendiente media de esta superficie alcanza un valor de 2.5×10^{-3}.

El acuífero freático y la zona acuífera inferior, se encuentran conectados débilmente por un estrato semiconfinante que los separa y, en consecuencia, existe un movimiento vertical de agua a través de él (percolación) desde la zona profunda hacia el acuífero superficial.

---

(1) Estudio de drenaje del área de Llay Llay. E. Wood, 1977.

La magnitud del escurrimiento en el acuífero superior, si bien no es conocida (no hay determinación de permeabilidad en toda su potencia), cualitativamente, por su estratigrafía, es muy reducida. Es precisamente este escaso escurrimiento, unido al agua que a este acuífero ingresa en forma superficial y subterráneamente desde la zona acuífera inferior, la causa de los problemas de mal drenaje de parte importante del área.

Para la zona acuífera confinada, no obstante desconocer el gradiente que presenta en su zona inferior, es posible estimar el caudal que subterráneamente aporte al valle principal en una magnitud de $0,50\ m^3/s$. Este monto, refleja prácticamente el total de aporte subterráneo del valle ya que, como se ha dicho, el flujo en el acuífero freático carece de relevancia.

3.4.6 Sector Romeral-Tabolango

La superficie freática en la zona de Romeral, tiene un gradiente medio de $8,5x10^{-3}$, incrementándose hacia aguas abajo una vez que recibe los aportes del valle de Rabuco a un valor de casi $2x10^{-2}$. (Una singularidad de interés se aprecia en las vecindades en la galería de Las Vegas, en que el gradiente medio del sector escasamente se eleva a $4x10^{-3}$, producto de la operación de la misma). En la zona de Hijuelas, vuelve a decrecer, tomando un valor medio de $7x10^{-3}$, que se mantiene hasta Puntilla de la Cruz (aún después de la confluencia con el valle del estero El Litre).

En este sector hay un decrecimiento importante en su valor, para ir, con leves variaciones, aumentando su magnitud, hasta llegar a practicamente $1x10^{-2}$ en la zona de Rautén. El decrecimiento aludido, tiene su explicación en la mejoría de la transmisibilidad en relación a la existente aguas arriba de dicho punto.

En todo el tramo descrito, el escurrimiento general del agua subterránea sigue la dirección del valle. El río se encuentra hidrogeológicamente conectado al acuífero, mostrando efluencia o influencia según la profundidad del agua subterránea, la cual presenta variaciones, tanto local, como estacionalmente.

En la zona de La Cruz-Quillota se aprecia claramente el efecto de dren que sobre toda esa extensa área desempeña el estero Pocochay, y se insinúa el movimiento del agua subterránea hacia dicho estero, cuyo rol es el de una barrera de control de los niveles freáticos, si bien mayoritariamente sobre él se refleja una condición de effluencia.

Aunque existen fluctuaciones en el nivel estático, el monto de ellas está lo suficientemente acotado como para no significar un cambio importante (estacional) en los caudales de agua subterránea escurrentes. Por otra parte, la magnitud de estas cifras es al menos de un orden menor que los caudales determinados para los sectores altos de la zona de estudio.

Así, el caudal medio que ingresa subterráneamente en Romeral se hace nulo un poco aguas abajo, debido a la inversión de gradientes que origina la captación de Las Vegas. Desde allí y, por efecto de la recarga local, esta cifra va aumentando hasta llegar a un valor de 0,10 m^3/s en la zona de Hijuelas. Sin variar sustancialmente su magnitud, pese al intercambio que existe con los recursos superficiales, llega finalmente a la zona de Rautén, en que presenta un caudal saliente de 0,135 m^3/s.

3.4.7 Valle del estero Los Litres

Sus características hidrogeológicas, unido a sus reducidas condiciones de recarga, han hecho que la solicitación a que su acuífero se ha sometido (también reducida), altere notablemente el movimiento natural del agua subterránea. Esta explotación está mayoritariamente constituída por la que realiza la Compañía Minera Disputada de las Condes.

En la zona inferior del valle, el gradiente medio de la superficie freática tiene un valor de $3,5 \times 10^{-3}$. El caudal subterráneo que este valle aporta al valle del río Aconcagua es de 0,08 m^3/s.

3.4.8 Valle del estero Limache

El movimiento general del agua subterránea sigue la dirección del valle, advirtiéndose claramente los aportes desde el estero Lliu-Lliu y aquéllos provenientes del sector de Olmué. Estos aportes se incrementan a lo largo del valle por las recargas locales, hasta la zona de recuperaciones, para finalmente ingresar al valle de Aconcagua con un caudal prácticamente nulo, ya que en dicho tramo el acuífero desaparece.

3.4.9 Sector Tabolango-Concón

Considerando las particulares características hidrogeológicas que presenta el sector, se ha abordado el movimiento distinguiendo entre acuífero freático y confinado.

Acuífero freático

El escurrimiento general posee una dirección este-oeste ocurriendo bajo un gradiente moderado de $3,5x10^{-3}$. Sectorialmente, tanto el movimiento como el gradiente poseen variación que merecen un tratamiento particular. Es así como el sector Mauco-Hacienda Victoria muestra un gradiente de $4x10^{-3}$ y un acuífero en íntima relación con el río. Aguas abajo del sector anterior y hasta puente Colmo, se establece la ocurrencia de un gradiente notablemente superior que alcanza a $1x10^{-2}$. El movimiento presenta una clara diversificación y se distribuye en un flujo de descarga al estero Limache y otro dirigido al río Aconcagua.

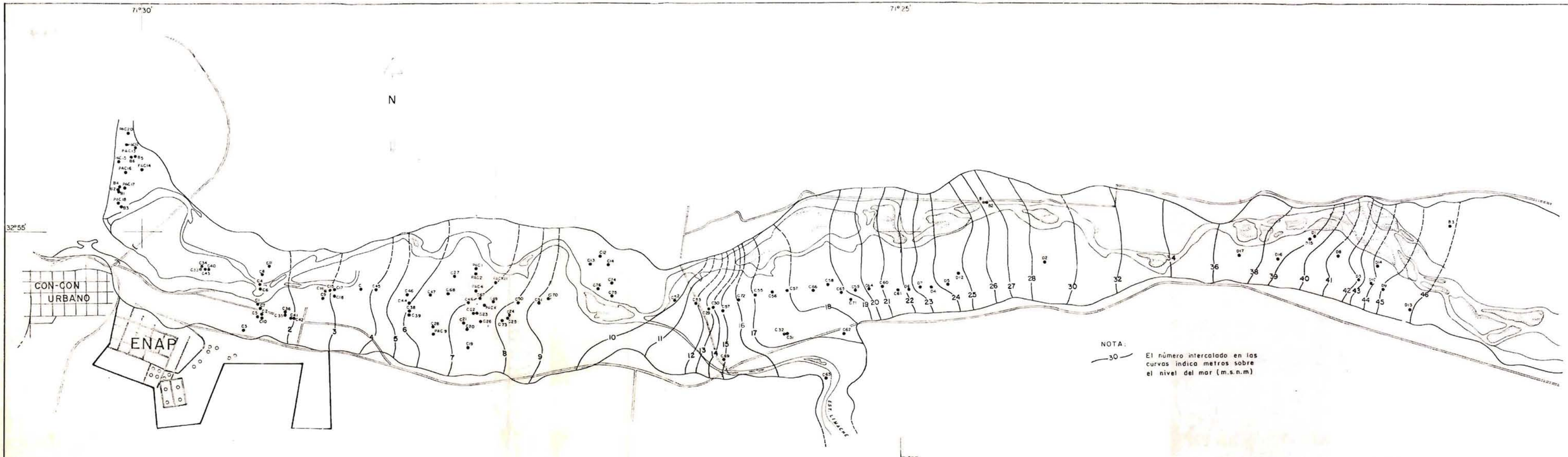
A partir del puente Colmo y hasta las inmediaciones de la refinería ENAP, el movimiento presenta la influencia de canales, en especial en el flanco sur del contacto los que provocan una división del flujo. La fracción mayoritaria del escurrimiento, sin embargo, mantiene su dirección hacia el río. El gradiente medio se torna bastante moderado y alcanza un valor de $2x10^{-3}$.

Aguas abajo de la refinería, el apoyo es escaso, tornando un eventual trazado excesivamente impreciso, en especial si se considera que la superficie se encontraría bajo 2 m s.n.m. Si bien no es posible un trazado acucioso, es posible afirmar sin duda que la superficie de este sector no se encuentra bajo el nivel del mar.

Acuífero confinado

La baja densidad de sondajes que comprometen exclusivamente el acuífero confinado impide el trazado de una superficie aguas arriba del sector de Lajarillas. Tal como se ha mencionado en capítulos anteriores, el acuífero se desarrolla entre Mauco y la desembocadura, lo cual significa presentar la situación piezométrica sólo para el sector inferior. La figura3.4.9.1 muestra dicha situación evidenciando la grave distorsión que acusa el sistema.

Concentrada en los entornos de las captaciones de ENAP, se detecta una profunda inversión del escurrimiento, inversión que acusa a



HTS CICA BaP	Proyecto: Piotr Fajeszek	Plano N° 02-L-155	SUPERFICIE FREATICA OCTUBRE 1978
	Jefe Unidad: A. Hojos B.	Escala: 1:20.000	
	Jefe Estudio: E. Lemoitre y B. Cox	Fecha: Marzo 1979	
	Dibujo: H. Fernandez V.	Plano Base:	
	Inspector C.N.R.: V° B°	Observ:	

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD — V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

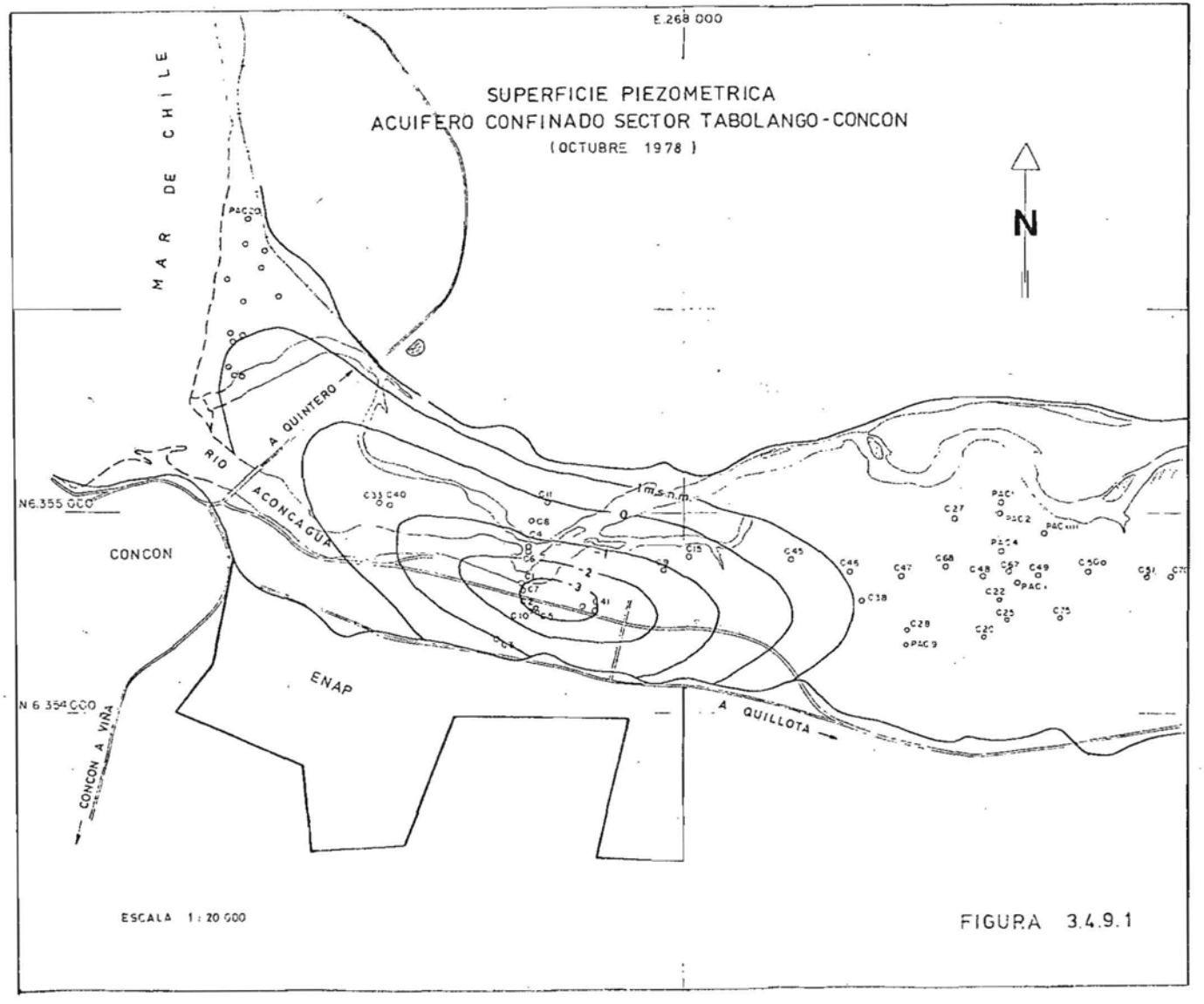

E.268 000
SUPERFICIE PIEZOMETRICA
ACUIFERO CONFINADO SECTOR TABOLANGO-CONCON
(OCTUBRE 1978)
N
MAR DE CHILE
A QUINTERO
RIO ACONCAGUA
N6.355 000
CONCON
ENAP
N 6.354 000
CONCON A VIÑA
A QUILLOTA
1 m.s.n.m.
0
-1
-2
-3
ESCALA 1 : 20 000

FIGURA 3.4.9.1

su vez el problema adicional de mostrar una superficie piezométrica bajo el nivel del mar. Aún cuando dicha anomalía no se proyecta hasta las inmediaciones de la costa, el reducido coeficiente de almacenamiento del acuífero, permite suponer que la situación se torna aún más crítica en períodos de exigencia más intensa.

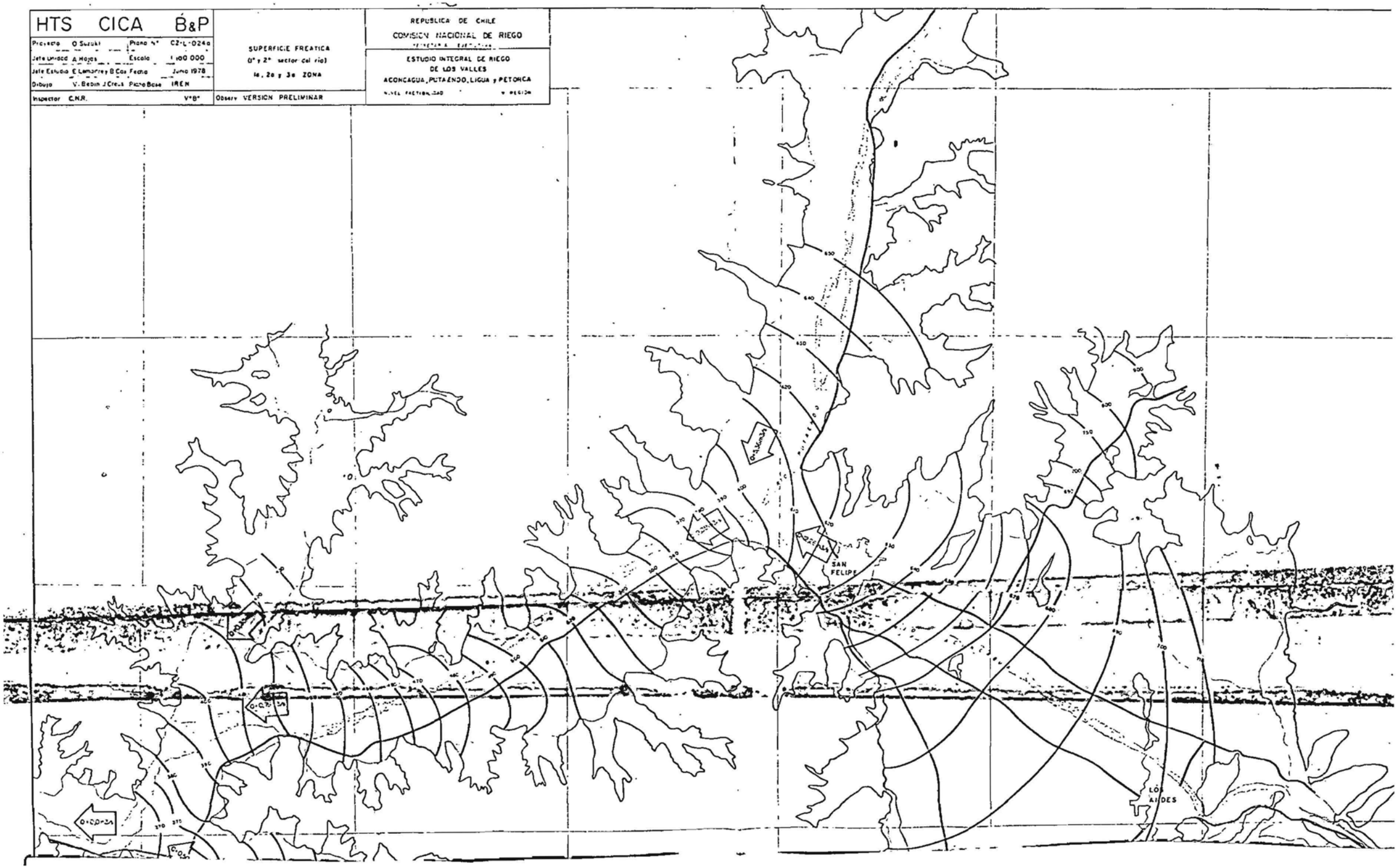
Bajo la condición evidenciada para Octubre de 1978, aún existe una descarga hacia el mar que representa una virtual barrera para impedir el pleno desarrollo de una intrusión salina. Estudios anteriores (ver referencia) han detectado períodos durante los cuales el sistema en una extensión similar a la actual ha permanecido bajo el nivel del mar, presentando condiciones favorables a la intrusión.

Considerando la situación de los niveles estáticos, es manifiesto que los niveles dinámicos de los sondajes ENAP se encontrarán permanentemente bajo el nivel del mar.

Los gradientes involucrados se sitúan en $3,3 \times 10^{-3}$ para el sector oriente del cono y $2,5 \times 10^{-3}$ para el sector poniente.

La magnitud del flujo subterráneo escurrente alcanza un valor de 0,043 m^3/s, antes de la zona de explotación intensiva. Por las condiciones de gradiente existentes (no hay escurrimiento hacia el mar) es íntegramente descargado en el área.

HTS CICA B&P	SUPERFICIE FREATICA (1° y 2° sector del río) 1a, 2a y 3a ZONA	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
Proyecto O Suzuki · Plano N° C2-L-0240		
Jefe Unidad A Hojas · Escala 1:100 000		
Jefe Estudio E Lamarre y B Cox · Fecha Junio 1978		
Dibujo V. Bedin J.Creus · Plano Base IREN		
Inspector C.N.R. V°B°	Observ VERSION PRELIMINAR	



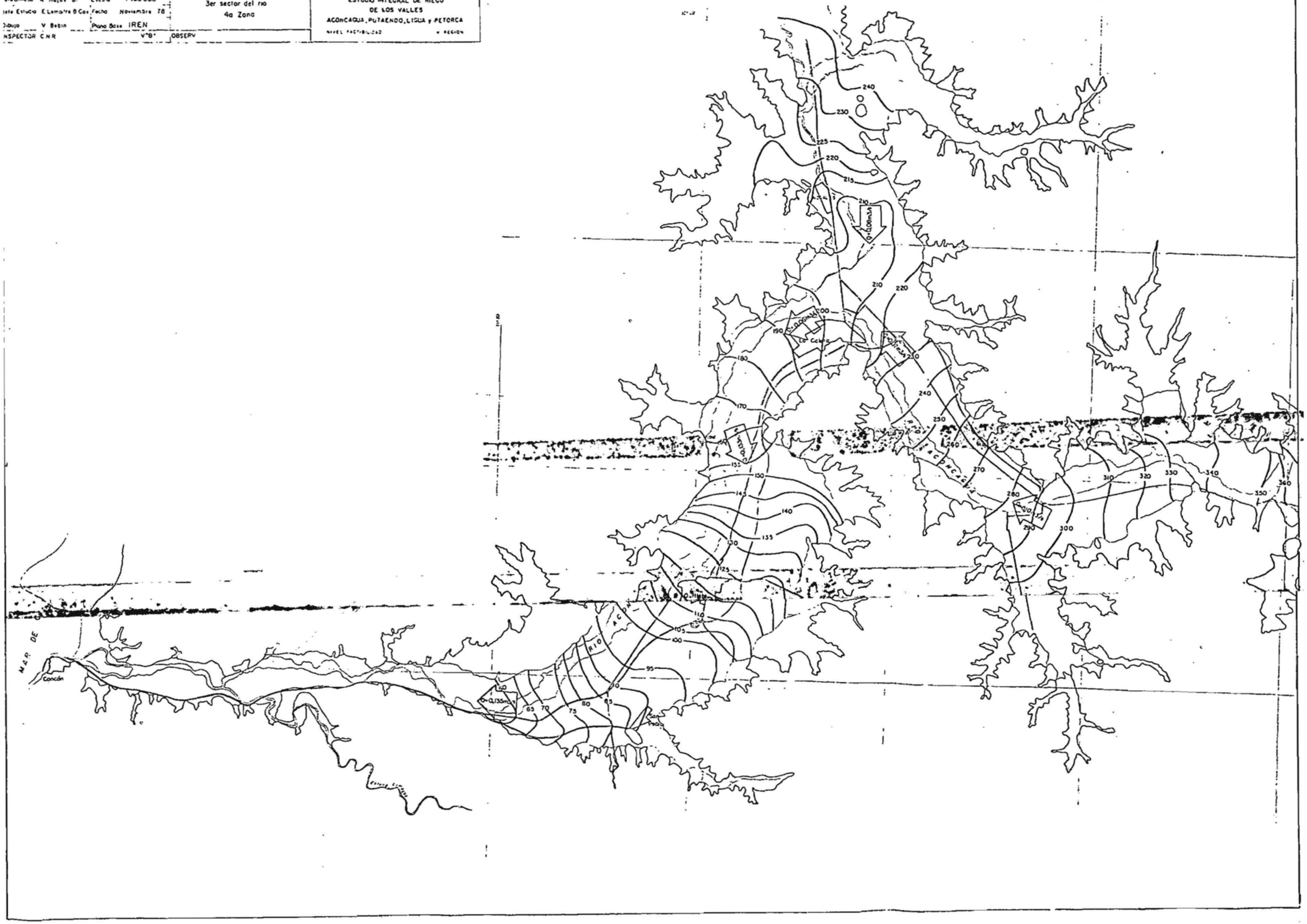
HTS CICA B&P

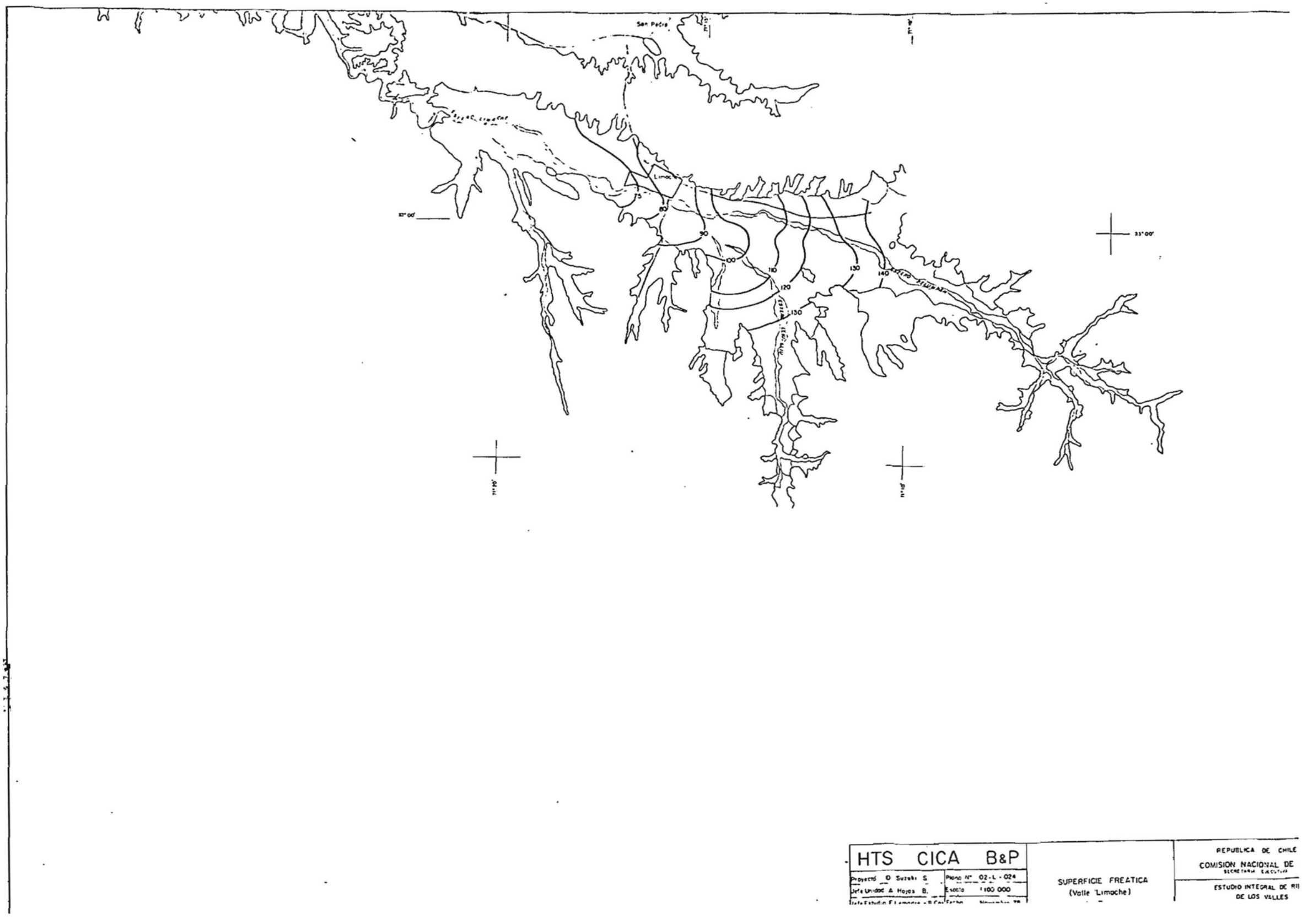
Proyectó	Q. Suzuki S.	Plano Nº	02-024
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:100.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre B. Cox	Fecha	Noviembre 78
Dibujo	V. Bebin	Plano Base	IREN
INSPECTOR CNR		VºBº	OBSERV

SUPERFICIE FREATICA
3er sector del rio
4a Zona

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD   V REGION




San Pedro
Limoche
75
80
90
100
110
120
130
140
ESTERO PELUMPAN
ESTERO CEBOLLEN
33°00'
HTS CICA B&P
Proyectó O Suzuki S.
Jefe Unidad A Hojas B.
Plano Nº 02-L-024
Escala 1:100 000
SUPERFICIE FREATICA
(Valle Limoche)
REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE
SECRETARIA EJECUTIVA
ESTUDIO INTEGRAL DE RI
DE LOS VALLES

3.5 PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

El interés de establecer la profundidad a que se encuentran los niveles freáticos (o piezométricos) a lo largo de los distintos valles en estudio, reviste importancia, no sólo para el conocimiento del tipo y características de las posibles captaciones para el aprovechamiento de las aguas subterráneas, sino también para la correcta identificación y ubicación de las áreas de descarga natural. De la profundidad a que se encuentre este nivel dependerán tanto la existencia de recuperaciones de agua subterránea en vertientes o cursos superficiales, como la presencia y magnitud de vegetación freatófita que representa, a través de procesos evapotranspirativos, una transferencia de agua del acuífero a la atmósfera.

La información utilizada para el trazado de los planos de profundidad de agua se ha basado especialmente en la medición de niveles ejecutada en el transcurso del mes de Mayo en los sondajes existentes y en norias especialmente identificadas y ubicadas (en el mismo tiempo) con este propósito (la cantidad de puntos medidos alcanzó a 163 sondajes y 115 norias). Ello ha sido apoyado además en la identificación y localización sobre planos de las zonas de afloramientos y vertientes. De gran valor, en la zona de Llay Llay, ha sido el apoyo logrado en el estudio de drenaje de dicha área que está efectuando el SAG (op. cit.).

3.5.1 Sector Los Andes-San Felipe

La profundidad del agua subterránea en este sector alcanza valores de 90 m y más, en las vecindades de la ciudad de Los Andes, para ir disminuyendo en forma paulatina hacia la ciudad de San Felipe, aflorando a la superficie a escasa distancia de dicha ciudad. Estos afloramientos ocurren no sólo en el río, sino en una extensa zona de vertientes que se desarrolla en el área de confluencia de los ríos Aconcagua y Putaendo y que por efecto de esta escasa profundidad presenta también una densa vegetación freatófita.

Estacionalmente y, especialmente la parte alta del valle, sufre fuertes variaciones de profundidad, las que se discuten en detalle en el capítulo de fluctuaciones de nivel.

Una situación típica de esta gradual disminución de profundidad de agua subterránea de oriente a poniente, se indica en la fig. 3.5.1.1

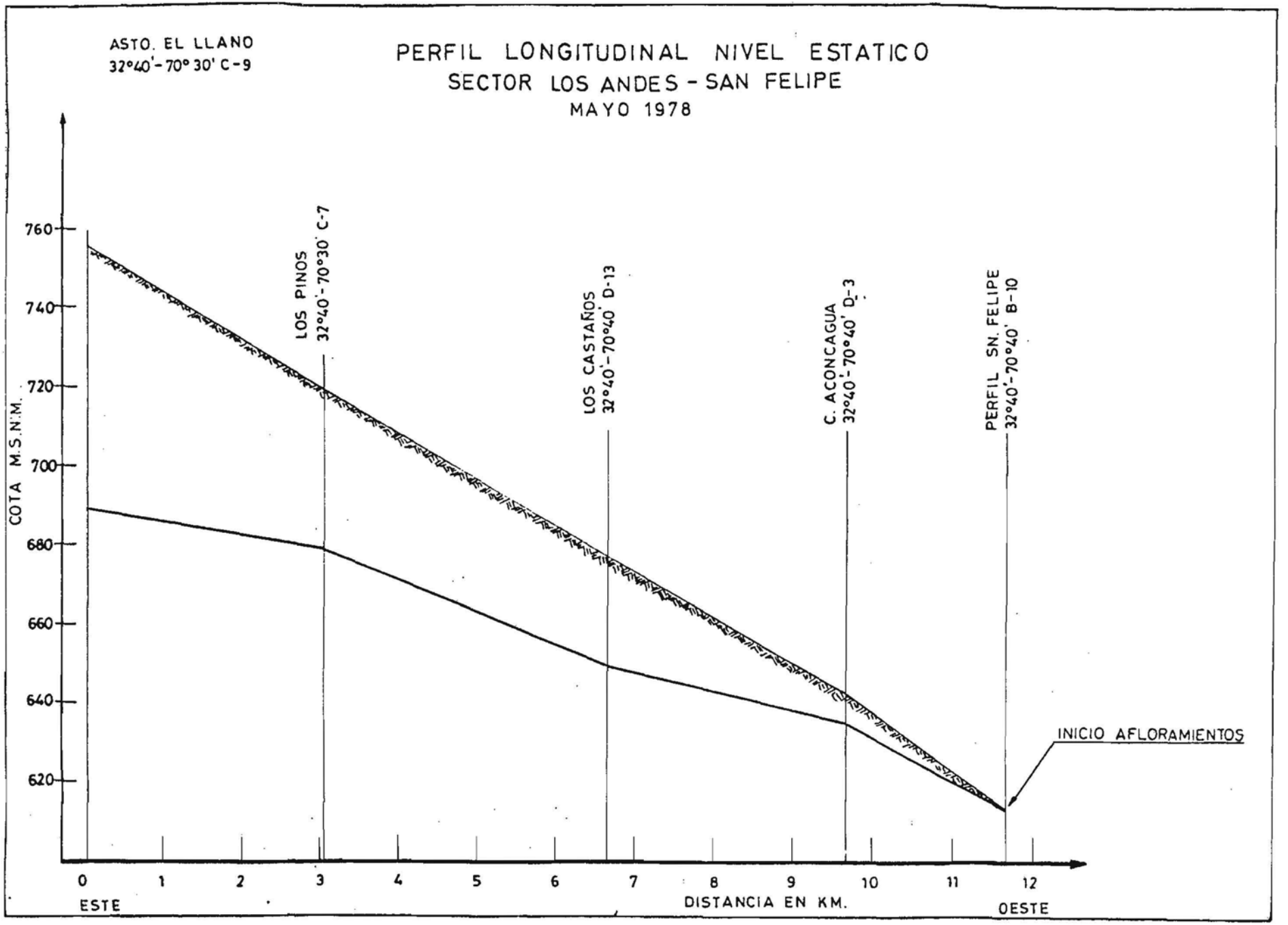

ASTO. EL LLANO
32°40'-70° 30' C-9
PERFIL LONGITUDINAL NIVEL ESTATICO
SECTOR LOS ANDES - SAN FELIPE
MAYO 1978
COTA M.S.N.M.
760
740
720
700
680
660
640
620
LOS PINOS
32°40'-70°30' C-7
LOS CASTAÑOS
32°40'-70°40' D-13
C. ACONCAGUA
32°40'-70°40' D-3
PERFIL SN. FELIPE
32°40'-70°40' B-10
INICIO AFLORAMIENTOS
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
ESTE
DISTANCIA EN KM.
OESTE

FIGURA 2.5.11

Como situación singular de este sector, debe señalarse también el caso de los sondajes de San Esteban, perforados en un acuífero colgado (o al menos con un nivel base distinto) cuya profundidad de nivel bordea los 30 m, en un área en la que, de existir continuidad con el acuífero principal, debería corresponder una profundidad cercana a los 150 m.

3.5.2. Valle del río Putaendo

El valle del río Putaendo se encuentra reconocido hasta el pueblo de Putaendo donde el nivel freático actualmente muestra una profundidad de 100 m.

Del mismo modo que en el sector Los Andes-San Felipe, esta profundidad va gradualmente decreciendo desde el pueblo de Putaendo hacia aguas abajo del valle hasta hacerse nula en la zona de confluencia con el valle del río Aconcagua, formando, en conjunto con éste, la zona de vertientes ya aludida. Aguas arriba del pueblo de Putaendo no hay interrupción clara, pero por un punto existente en Piguchén pareciera que en este tramo los niveles son inferiores a los que muestra el área de Putaendo. Esta condición se muestra esquemáticamente en un corte longitudinal del valle en la figura, 3.5.2.1 omitiendo el sector superior en el cual no existe certidumbre.

3.5.3 Sector San Felipe-Romeral

En todo este extenso sector el agua subterránea tiene una profundidad inferior a 2,5 m. La superficie freática corta el nivel de terreno en las vecindades de la caja del río, del estero Lo Campo y en las numerosas vertientes y vegas existentes. La escasa profundidad que tienen en todo este sector es la responsable de la abundante vegetación freatófita existente.

3.5.4 Valle del estero Catemu

En este valle existe un reconocimiento solamente de su zona inferior. Así, en la zona de confluencia con el valle principal, el nivel freático tiene una profundidad inferior a 1 m, incrementándose su magnitud en la medida que se avanza hacia valle adentro. En todo caso, en esta zona inferior existe una interestratificación acuífera que entrega distintos niveles estáticos.

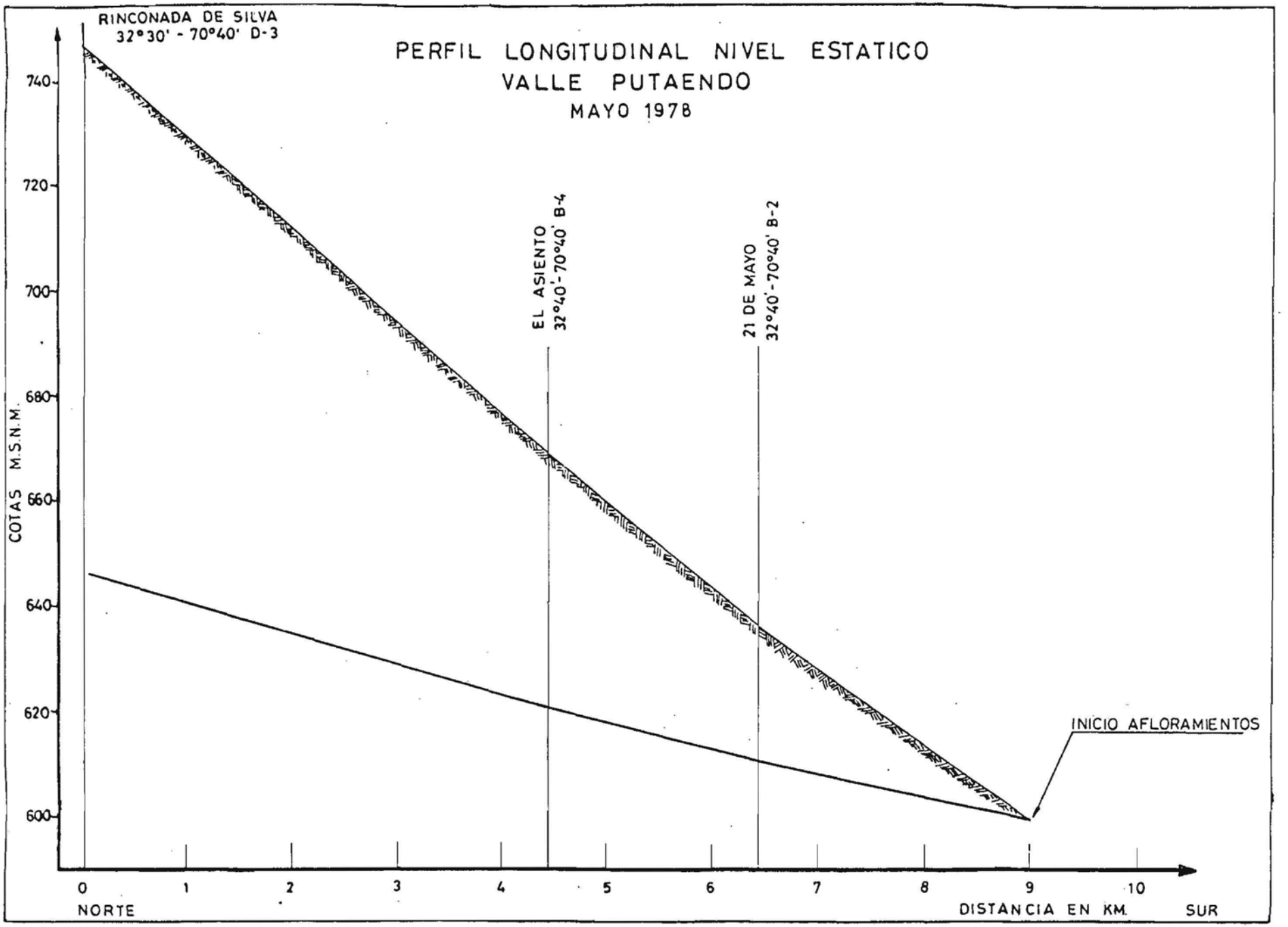

PERFIL LONGITUDINAL NIVEL ESTATICO
VALLE PUTAENDO
MAYO 1978
RINCONADA DE SILVA
32°30' - 70°40' D-3
EL ASIENTO
32°40'-70°40' B-4
21 DE MAYO
32°40'-70°40' B-2
INICIO AFLORAMIENTOS
COTAS M.S.N.M.
740
720
700
680
660
640
620
600
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
NORTE
DISTANCIA EN KM.
SUR

FIGURA 2.5.24

3.5.5 Valle del estero Llay Llay

Como se ha mencionado, el valle del estero Llay Llay muestra al menos dos sistemas acuíferos de interés identificados y que presentan niveles estáticos perfectamente distinguibles hacia el área occidental de él (hacia su desembocadura en el valle del río Aconcagua).

En esta área, el más profundo de ellos (confinado) presenta un nivel estático surgente alcanzando en algunas épocas más de cuatro metros sobre el nivel de terreno. Hacia el oriente ambos sistemas acuíferos se confunden y, en consecuencia, se presenta un nivel estático único.

Se ha efectuado un reconocimiento detallado solamente en el acuífero superior y específicamente en el estudio de drenaje efectuado por el SAG (op. cit.). La profundidad del nivel estático en este acuífero superficial es inferior a 1 m en prácticamente la totalidad del valle aguas abajo del cerro Campamento.

3.5.6 Sector Romeral-Tabolango

Desde Romeral hasta prácticamente el sector de Tabolango, el valle de Aconcagua presenta un sólo acuífero en condiciones freáticas. A lo largo de todo este sector, el nivel estático tiene una profundidad inferior a 2,5 m (salvo desde luego en los conos de deyección de las quebradas laterales). Existen, sin embargo, dos situaciones perfectamente identificadas que escapan a esta condición general y que se manifiestan en la Puntilla de Romeral y en la Puntilla del cerro de La Cruz.

La primera anomalía (Romeral), en que los niveles alcanzan a una profundidad superior a los 10 m es originada por la presencia de la galería de Las Vegas y, desde luego, se manifiesta como una situación muy local (asociada a una zona de reducida permeabilidad).

La segunda anomalía, manifestada en la zona de Puntilla La Cruz en que el nivel estático muestra una profundidad de 10 m, tiene su explicación en un abrupto cambio en las condiciones de permeabilidad del acuífero (que será analizado en el punto correspondiente), al aumentar la capacidad de transporte del mismo (fig. 3.5.6.1)

PERFIL LONGITUDINAL NIVEL ESTATICO
LA CRUZ - QUILLOTA
MAYO 1978

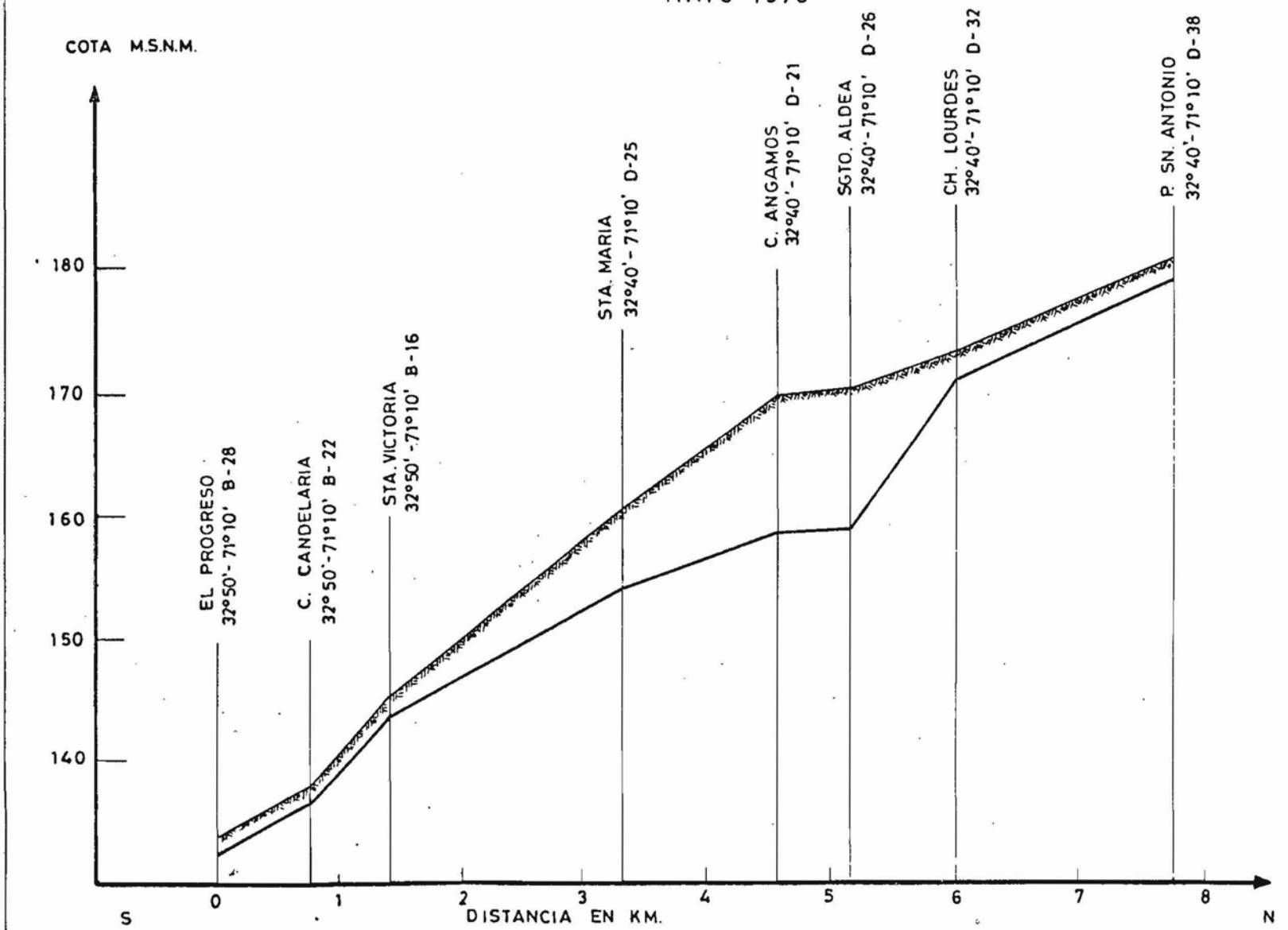


FIGURA 2.5.6.1

La baja profundidad general del nivel estático en todo este sector es consecuencia (o efecto) de la conexión existente entre el río y el acuífero y la presencia de zonas de vegas. El rol del río en este sector es prácticamente el de una barrera de control del nivel estático y, el estero Pocochay desempeña la misma función, aunque en menor medida.

3.5.7 Valle del estero Los Litres

Este valle presenta una condición muy similar a la que muestra el tramo anteriormente descrito. Existe una conexión entre acuífero y estero que alcanza prácticamente desde Pucalán hasta la desembocadura del mismo en el valle de Aconcagua.

Hacia el sector central no obstante se encuentra un nivel estático que alcanza una profundidad de 5 m. Esta mayor profundidad, en relación a la situación general de este pequeño valle, es atribuíble tanto a una mejoría relativa de su transmisibilidad, como a una concentración de explotación de aguas subterráneas.

3.5.8 Valle del estero Limache

La máxima profundidad se encuentra en la parte central del valle principal y la quebrada lateral de Lliu-Lliu. Estos valores máximos alcanzan una magnitud en torno a 10 m. El decrecimiento de la profundidad se observa, tanto hacia los bordes del valle, como principalmente hacia el poniente. Aguas abajo de la ciudad de Limache tiene valores de 1,5 m y menos, iniciándose una zona de afloramientos, de modo que su contribución subterránea al valle principal es nula. Ello va unido tanto a una disminución de las transmisibilidades, como a un estrechamiento del valle.

3.5.9 Sector Tabolango-Concón

a) Acuífero freático

La profundidad del nivel estático a lo largo del sector no supera los 2,5 m y se encuentra muy condicionado a pequeñas variaciones topográficas. Así, tanto en las zonas cercanas al río como en los sectores más bajos el nivel estático presenta profundidades máximas

en torno a 1 m. Existe una abierta conexión con el curso superficial y con el sistema de regadío. No existen anomalías excepto las atribuíbles a causas topográficas.

b) Acuífero confinado

Afectados por la situación de explotación, los niveles se demuestran variables dependiendo del monto de dicha explotación. De esa manera en los entornos de las instalaciones de ENAP los niveles alcanzan profundidades hasta de 25 m como máximo y 6 m como mínimo. Tanto hacia la costa como aguas arriba del sector anteriormente señalado, los niveles disminuyen en profundidad bordeando entre 3 y 5 m.

La ausencia de sondajes hacia el oriente de Lajarillas, impide conocer la profundidad que alcanza el nivel en esa área.

HTS - CICA - B&P

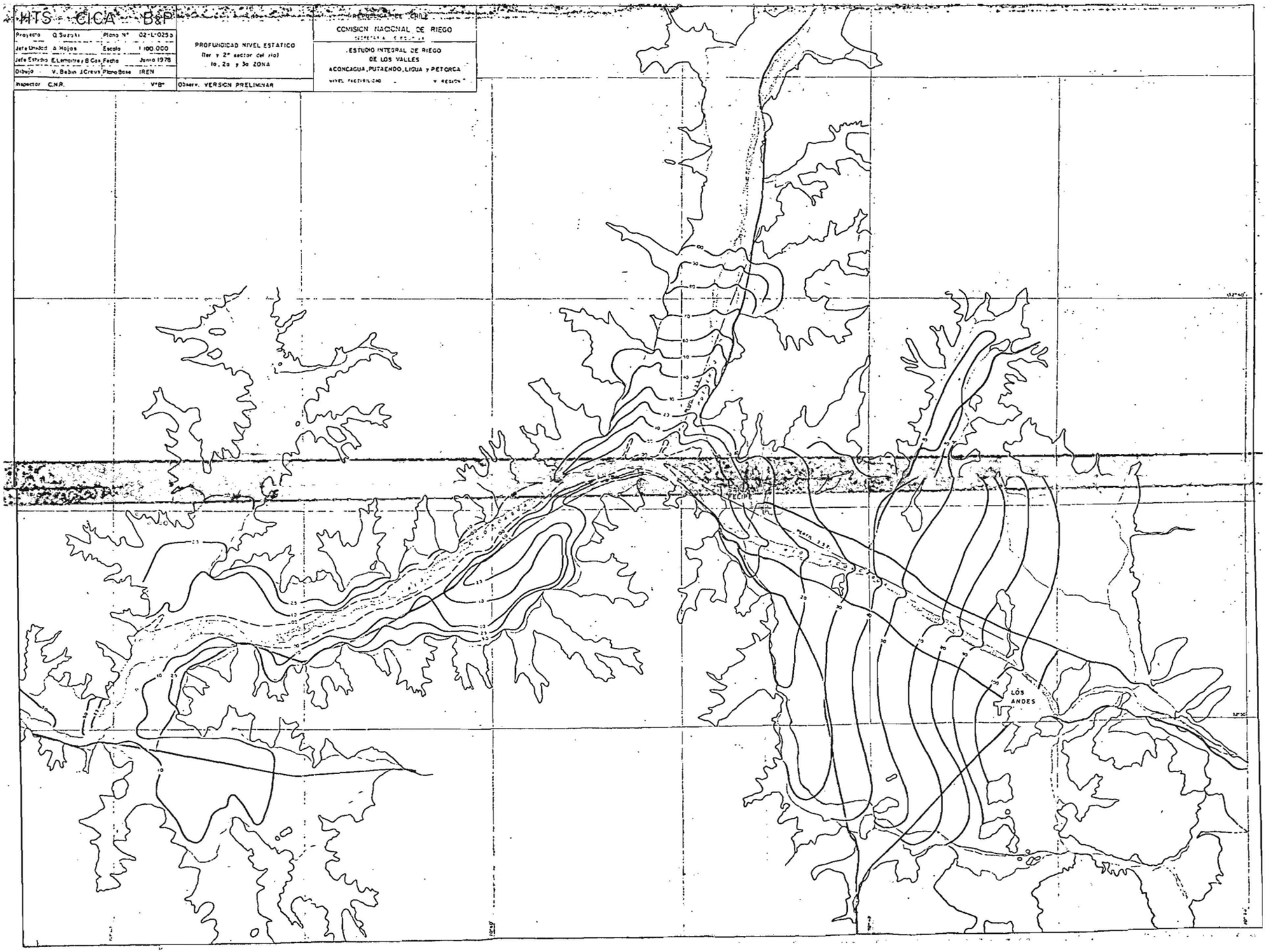
Proyecto	Q. Suzuki	Plano N°	02-L-025 a
Jefe Unidad	A. Hojas	Escala	1:100.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Junio 1978
Dibujo	V. Babin J. Creus	Plano Base	IREN
Inspector	C.N.R.		V°B°

PROFUNDIDAD NIVEL ESTATICO
1er y 2° sector del río)
1o, 2o y 3o ZONA

Observ. VERSION PRELIMINAR

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD — V REGION

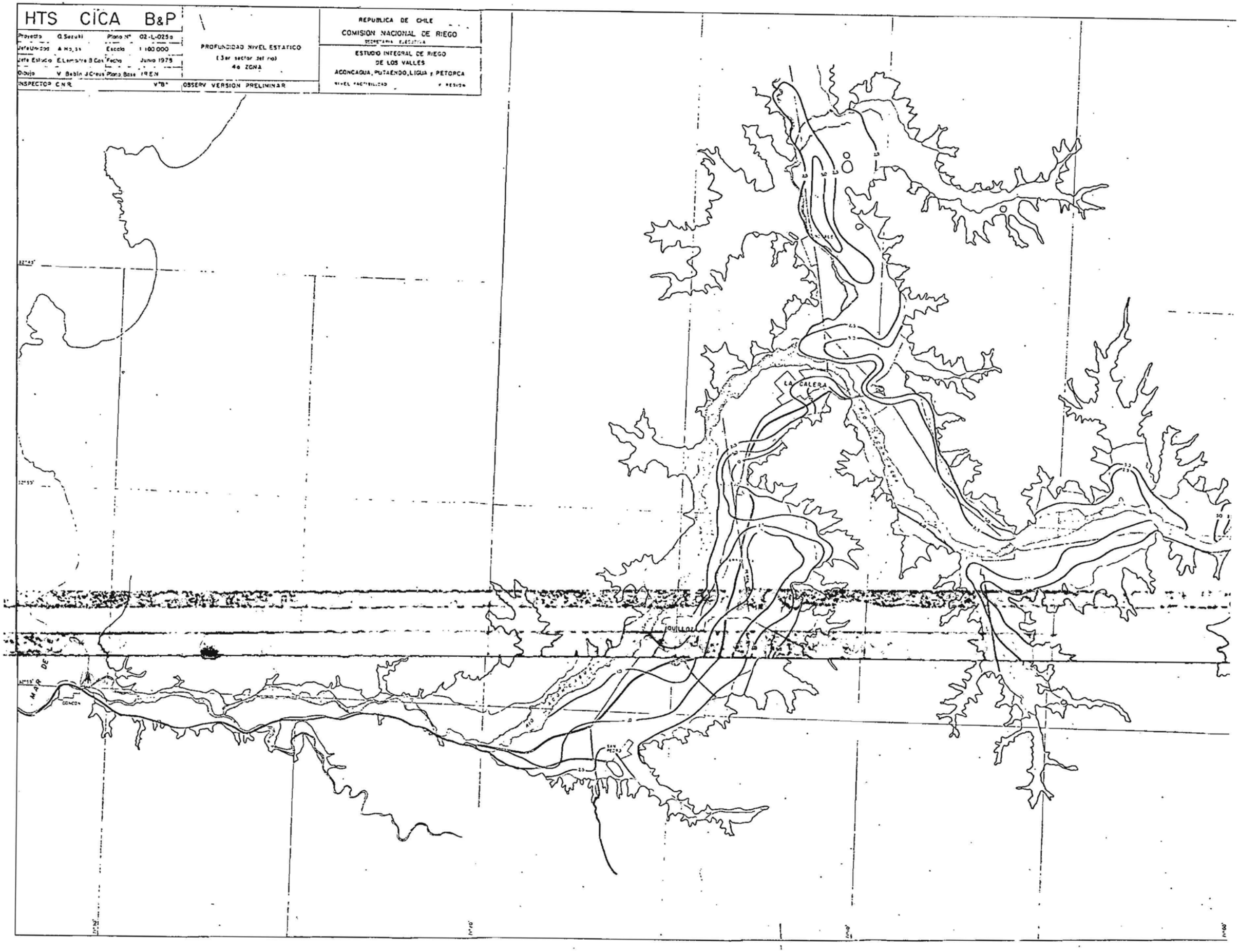


HTS CICA B&P

Proyecto	G.Sazuki	Plano N°	02-L-025a
Jefe Unidad	A.H.S.A.	Escala	1:100.000
Jefe Estudio	E.Lemaitre B.Cas.	Fecha	Junio 1975
Dibujo	V. Bablin J.Creus	Plano Base	I.G.E.N.
INSPECTOR C.N.R.		V°B°	OBSERV. VERSION PRELIMINAR

PROFUNDIDAD NIVEL ESTATICO
(3er sector del rio)
4a ZONA

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA y PETORCA

NIVEL FACTIBILIDAD — V REGION