U1285

MINISTERIO DE OO. PP.
SENDOS
DEPTO. ESTUDIOS

PROYECTOS
SENDOS
BID

27 SET. 1979

BIBLIOTECA IREN

INFORME HIDROGEOLOGICO DE ALMIRANTE LATORRE

IV REGION - PROVINCIA DE ELQUI

ABRIL 1978.

AGUA
INGENIEROS
CONSULTORES
LTDA.

CONTENIDO

I Conclusiones y Recomendaciones

II Introducción

III Clima y Vegetación

IV Hidrología

V Geomorfología

VI Geología

VII Hidrogeología

VIII Hidrogeoquímica

IX Alternativas de Abastecimiento

X Características de la Captación

XI Referencias

ALMIRANTE LATORRE

I CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El pueblo de Almirante Latorre se encuentra en la hoya hidrográfica del Río Elqui, en la Quebrada El Durazno, la cual, aguas arriba del pueblo drena una hoya hidrográfica de 110 Kms.^{2} de superficie.

2.- No existe escurrimiento superficial permanente, sino que solo, con ocasión de precipitaciones de alto monto e intensidad, estimadas en un 3 a 4% de probabilidad de excedencia. Los valores para probabilidad 50 y 80% de excedencia son 90 mm y 40 mm, respectivamente.

3.- Hidrogeológicamente, los acuíferos se encuentran enmarcados por rocas relativamente antiguas, e impermeables, y contenidos en los sedimentos aluviales que conforman un pequeño sedimentario de reducidas dimensiones, salvo en el embalse subterráneo de Almirante Latorre.

4.- El embalse subterráneo se encuentra limitado aguas abajo por un umbral rocoso que constituye una barrera hidrogeológica y represa el escurrimiento subterráneo. Posee éste un volumen de sedimentos potencialmente saturables de $2 \times 10^6 m^3$, los que en la actualidad se encuentran parcialmente saturados en un 60% aproximadamente.

5.- La recarga estimada es reducida y solo respalda hidrogeológicamente un caudal explotable en torno a 0,2 l/s, el cual por otra parte se encuentra limitado por la capacidad máxima del embalse subterráneo ($2 \times 10^5 m^3$).

6.- Adicionalmente, la calidad química del agua subterránea es en general deficiente y no apta para uso potable, estando excedida con respecto a las normas chilenas en sus contenidos de sulfatos y nitritos y su valor de turbiedad.

7.- Bajo tales condiciones, la solución definitiva para el agua potable deberá buscarse en hoyas vecinas a la de la Quebrada El Durazno.

B.- Recomendaciones

1.- Para satisfacer la demanda planteada (1.9 l/s) deberá investigarse otras fuentes de agua.

Para ello se recomienda estudiar hidrogeológicamente la Quebrada de San Antonio y la Quebrada Los Choros en Tres Cruces.

II INTRODUCCION

A.- Antecedentes Generales

Almirante Latorre es un pequeño poblado situado a 60 Kms. al NE de La Serena, en la Provincia de Elqui, IV Región Geográfica del país, que se encuentra a 900 m.s.n.m. a 29° 38' de latitud Sur y 70°57' de longitud Oeste.

Almirante Latorre corresponde a la cuarta estación de ferrocarril que se encuentra, en la línea central, al Norte de La Serena. También se llega a este pueblo a través de un camino de tierra en regular estado que nace en la localidad de El Molle, en el rio Elqui, al Este de La Serena, y que pasando por Condoriaco llega a Almirante Latorre. Existe otro camino que une Almirante Latorre con La Serena por la Quebrada de El Durazno y Santa Gracia.

El pueblo, con sus 74 casas de adobe y sus 350 habitantes, se desarrolla en la ribera oriental de la Quebrada El Durazno. Cuenta con correo, registro civil y una escuela para 50 alumnos, además de organizaciones sociales tales como Junta de Vecinos, Centro de Madres y Centro Deportivo.

La actividad principal de este pueblo es la minería, desarrollada en pequeños pirquenes y en la explotación de antiguos desmontes de minas abandonadas, secundada por la ganadería caprina, por lo que ingreso medio de la población es escaso, aunque, en general, bien distribuído.

El abastecimiento de agua del pueblo se hace en una noria construída en la Quebrada El Durazno, desde la cual se bombea aproximadamente 4.500 litros al día, hasta un par de estanques de 4.000 litros, los cuales reparten el agua a través de una cañería a seis pilones públicos.

Este pueblo no tiene energía eléctrica instalada, de modo que la elevación del agua se hace a través de una bomba con motor bencinero. Actualmente se está instalando un generador de energía eléctrica que funcionará con un motor a bencina, que servirá para el alumbrado público del pueblo.

La eliminación de excretas se realiza a través de 3 o 4 pozos negros, comunes a toda la población, que se ubican aguas abajo del pueblo configurando un incipiente alcantarillado, de modo que no existe problemas de contaminación con la noria que se encuentra en el otro extremo y hacia aguas arriba.

B.- Objetivos del Estudio

Este estudio ha sido encomendado por el Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS) y a través de él se pretende reconocer hidrogeológicamente el sector donde se encuentra ubicado Almirante Latorre, con el fin de dotar de agua potable a este pueblo, de acuerdo a un convenio realizado entre el Sendos y el BID.

C.- Fuentes de Información

La información en que se basa este estudio comprende a antecedentes recogidos en visita a terreno, de la fotografías aéreas escala 1:70.000, de las cartas geográficas escala 1:50.000 editadas por el Instituto Geográfico Militar, de la compilación de levantamientos geológicos realizados entre Vallenar y La Serena por Ramón Moscoso para el IIG, en 1977, del trazado de isoyetas Copiapó-Aconcagua de Corfo, del estudio climático del Norte Chico de IREN y de la Geografía Económica de Corfo (1950).

III CLIMA Y VEGETACION

A.- Clima

De acuerdo con IREN (1972), Almirante Latorre presenta un clima "desértico transicional" (BW1 según la clasificación de Koeppen), el cual se caracteriza por una gran limpidez atmosférica que llega a tener del orden de 190 días despejados como promedio anual.

Su temperatura medio anual es de 14,9°C con una máxima media anual de 23,7°C y una mínima media anual de 7,5°C. En el Cuadro III-A-1 se entregan los promedios mensuales de temperatura.

El promedio anual de precipitaciones es de 100 mm, según la estadística de siete años (1962-1968) registradas por Carabineros de Almirante Latorre.

En el Cuadro III-A-2 se entregan los valores de la estadística pluviométrica según CORFO (1971).

CUADRO III-A-1

Promedios Mensuales de Temperatura

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T°C	18,5	19,5	17,6	15,5	14,2	11,2	10,2	10,2	13,1	14,5	16,5	17,5	14,9

CUADRO III-A-2

Precipitaciones en mm

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	45.0
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	32.0	55.0	16.0	47.0	0.0	0.0	0.0	157.0
1964	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	9.0	2.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0
1965	0.0	0.0	0.0	2.5	15.5	3.5	112.2	38.0	5.0	0.0	0.0	0.0	176.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	60.0	49.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	2.0	3.5	-1.0	7.3	0.0	0.0	-1.0
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Valores negativos indican datos desconocidos.

Del cuadro anterior se advierte que las precipitaciones se concentran principalmente en los meses de Junio, Julio y Agosto y con los siguientes promedios, respectivamente: 24,8 - 31,5 - 49,6. Los meses de Septiembre y Octubre aparecen como excepción, en el caso de la estadística histórica.

B.- Vegetación

Fitogeográficamente Almirante Latorre se encuentra dentro de la zona xeromórfica, que se extiende desde el extremo septentrional del país hasta el Río Petorca.

El aspecto dominante de las formaciones es el de matorrales xerófitos de poco valor de cubierta y la formación predominante es la de jaral desértico.

Las especies dominantes corresponden según los lugareños a: guayacan, colliguay, alcaparra, incienso, cola de ratón, palo negro, quiscos, dispuestos en forma rala e intercalados entre sí.

IV HIDROLOGIA

La hoya hidrográfica de la Quebrada El Durazno se caracteriza por poseer un régimen hidrológico pluvial, es decir, su respaldo hídrico se encuentra condicionado por la ocurrencia de precipitaciones en el área.

A.- Precipitaciones

De acuerdo con el estudio realizado por CORFO (op.cit.), los valores de las precipitaciones anuales para distintas probabilidades de excedencia son los que se entregan en el cuadro siguiente.

CUADRO IV-A-1

P (x)	Precipitación Anual
5%	240 mm
20%	160 mm
50%	90 mm
80%	40 mm

Por otra parte, con el fin de poder determinar la distribución mensual de las precipitaciones, se utilizó como estación patrón a El Tofo, el cual posee 30 años de estadística. Para los años ficticios 50 y 80% de excedencia se entrega el valor porcentual y en milímetros en el Cuadro IV-A-2.

CUADRO IV-A-2

Distribución Mensual Precipitaciones

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Año 50% - %	10,4	38,6	17,2	16,4	4,2	86,8%
Año 50% - mm	9	35	15	15	4	78
Año 80% - %	--	18,8	11,3	39,3	14,3	83,7%
Año 80% - mm	--	6	5	16	6	33

Se desprende del cuadro anterior que más del 80% de las precipitaciones ocurren concentradas en los meses señalados para los meses señalados para los años ficticios de 50 y 80% de probabilidad de excedencia.

B.- Evapotranspiración

Otro parámetro hidrometeorológico que interesa conocer en condiciones de clima como aquellos imperantes en Almirante Latorre, es la evaporación que ocurre.

Utilizando el criterio de Thornthwaite, se ha calculado la evapotranspiración potencial que se registraría en los meses en que ocurre el mayor monto de las precipitaciones. Estas cifras se encuentran en el cuadro siguiente.

CUADRO IV - B - 1

Evapotranspiración Potencial (milímetros)

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
EVTp (mm)	58,4	50,9	33,0	30,9	31,6

C.- Escorrentía

No existe en parte alguna de la Quebrada El Durazno ningún tipo de control fluviométrico. De acuerdo a informaciones de los lugareños, la Quebrada no presenta escurrimiento permanente, sino que éste se genera solo cada 6 o 7 años, en ocasiones en que las precipitaciones superan largamente el promedio anual. Por otra parte, en dichas ocasiones, el escurrimiento superficial se mantiene por más 8 a 10 horas, para luego cesar éste completamente.

Para los efectos de estimar el déficit de escurrimiento en términos de valores medios anuales, se ha utilizado la expresión de Coutagne

$$D = P - AP^2$$

donde D= Déficit de escorrentía en m^3
P= Precipitación media anual en metros

$$A \quad \frac{1}{0.8 + 0,14\ T}$$

donde T = Temperatura media anual en grados centígrados

Se establece que esta expresión es válida solo cuando el monto de las precipitaciones se encuentra entre:

$$\frac{1}{8A} \quad y \quad \frac{1}{2A}$$

de tal forma que si las precipitaciones anuales son inferiores a 1/8 A, el déficit de escurrimiento es igual a las precipitaciones y en consecuencia no existe escurrimiento superficial.

Para el caso de Almirante Latorre el valor de A es 0,360, por lo tanto, el monto anual de precipitaciones, para generar escorrentía superficial, deberá ser superior a 360 mm, valor que corresponde aproximadamente a una probabilidad de excedencia cercana a 2 o 3%.

V GEOMORFOLOGIA

A.- Relieve

Almirante Latorre se encuentra ubicado en la zona precordillerana e interfluvial de la región orográfica denominada: "de los valles transversales". Esta región se presenta como una unidad monolítica que asciende suavemente hacia el Este, y es disectada por los cursos fluviales que la recorren en sentido general Este-Oeste.

El área presenta formas abruptas en las cuales se distinguen valles angostos y profundos, de paredes escarpadas, y cordones de cerros paralelos a estos valles, y todo aparentemente controlado por la estructura de bloques sub paralelos.

Los cordones de cerros que constituyen la divisoria y que destacan por su altura son para el Este y cerro La Teja (1.569 m.s.n.m.) y cerro Churque (1.838 m.s.n.m.); por el Norte: cerro El Chato (1.628 m.s.n.m.), cerro La Plata (1.568 m.s.n.m.), cerro Los Lajones (1.552 m.s.n.m.), cerro Blanco (1.434 m.s.n.m.) y cerro Gualcuna (1.418 m.s.n.m.); por el Oeste el cerro Agua Escondida (1.144 m.s.n.m.) y por el Sur el cerro Cachiyuyo (1.430 m.s.n.m.).

El valle de la Quebrada El Durazno tiene un ancho variable entre unos pocos metros (en Almirante Latorre) hasta varias decenas de metros hacia aguas arriba del pueblo, y especialmente algunos kilómetros hacia aguas abajo.

La pendiente media entre sus cabeceras y Almirante Latorre es del orden del 4%, la cual se suaviza y disminuye hacia aguas abajo.

B.- Red de Drenaje

El cauce principal de la zona corresponde, como se ha dicho, a la Quebrada El Durazno, la cual desarrolla una hoya hidrográfica de solo 110 Kms.^{2} hasta Almirante Latorre, conformada por numerosos tributarios de corto recorrido y reducida hoya hidrográfica, entre los cuales destacan quebradas: Minitas, Los Ratones, La Rubia, Llano del Queltehue, Santo Domingo, Lajita, Pablo, Rincón Blanco, Los Ojitos, Corralitos y Ñipitas.

Característica relevante de la red de drenaje es el grado de paralelismo que presentan los tributarios de la Quebrada El Durazno, cuyas confluencias son prácticamente normales, lo que implica un alto control estructural dado por el abundante fracturamiento del área.

C.- Procesos Geomorfológicos

Los principales procesos geomorfológicos que han afectado a la zona están determinados por la estructura ayudada por las condiciones climáticas semi desérticas y los tipos litológicos presentes.

La estructura de bloques ha condicionado la existencia de una red de drenaje profunda y encajonada con una cubierta sedimentaria escasa, en la cual la erosión fluvial ha actuado en forma tal que la ha profundizado fuertemente con respecto a los interfluvios que permanecen prácticamente inalterados atravesados casi exclusivamente por la meteorización.

También el clima ha jugado un papel importante en el modelado de la superficie, ya que la, prácticamente, ausencia de precipitaciones y la escasa cubierta vegetal disminuyen el ataque de la meteorización sobre la roca, de modo que cuando actúan los agentes atmosféricos, ya sean vientos o precipitaciones, desnudan la roca del escaso material descompuesto que ha permanecido sobre ella en forma de regolito.

Por otra parte, las escasas precipitaciones producen esporádicamente torrentes, los cuales, aunque de corta duración, actúan con una fuerte energía sobre los costados de los valles arrastrando gran parte del material que ha caído gravitacionalmente hasta ellos. Este fenómeno se ve reflejado en los depósitos aluviales, los cuales muestran una granulometría gruesa y cantos angulosos.

VI GEOLOGIA

A.- Marco Geológico Regional

Según se puede ver en el mapa de la Figura N°2, la Geología de la zona de Almirante Latorre está conformada por rocas volcánicas del tipo andesitas porfídicas ocoiticas con algunas intercalaciones brechosas yun par de niveles calcáreos, interestratificados, cercanos al techo. Esta unidad se continúa hacia al Norte en la Formación Bandurria y hacia el Sur en la Formación Arqueros, de modo que corresponde a los depósitos tardiliminares occidentales, de edad neocomiano, del Geoliminar Andino.

Hacia el Oeste, esta secuencia neocomiana se encuentra intruída por rocas graníticas del Batolito Andino, a los cuales se les ha asignado una edad Cretácico Superior. Estos intrusivos han producido una abundante aureola de metamorfismo de contacto y una alteración hidrotermal relativamente fuerte en las rocas del Geoliminar Andino, por lo que éstas se presentan frecuentemente mineralizadas con menas de cobre, oro y plata, lo que ha constituído la fuente de trabajo de la zona.

B.- Sedimentos Cuaternarios

Corresponden a los depósitos dejados durante las avenidas de la Quebrada El Durazno. Estos depósitos muestran una granulometría gruesa, del tipo bloques y bolones angulosos, en una matriz de arena, los cuales, según se ha podido comprobar en las norias excavadas para el abastecimiento de agua del pueblo, presentan un espesor que no sobrepasa de 10 o 15 metros.

Por el poco transporte que han sufrido, estos depósitos se encuentran en estado de inmadurez, de ahí que se ofrezcan angulosos a subangulosos.

Resulta frecuente encontrar en la Quebrada El Durazno, tanto aguas arriba como aguas abajo de Almirante Latorre, afloramientos de la roca fundamental, los cuales se presentan a lo ancho de todo el pequeño valle. Tal es el caso del pueblo mismo, el cual se encuentra emplazado directamente sobre la roca fundamental y ésta aflora en el fondo de la Quebrada, constituyendo así una barrera ante el escurrimiento subterráneo, el cual aguas arriba de ésta, se desarrolla en los sedimentos descritos anteriormente.

En la Figura N°2 , se entrega un plano geológico local, donde se ha reconocido las siguientes unidades:

RF - Roca Fundamental: corresponde a rocas graníticas y a rocas volcánicas que conforman las condiciones de borde del escurrimiento subterráneo y pueden definirse como acuífugos.

CD - Conos de Deyección: corresponde a sedimentos aluviales depositados en las confluencias de las quebradas tributarias. Característica son su forma cónica y pendiente alta.

Qal - Sedimentos Aluviales: corresponden a sedimentos aluviales depositados en el fondo del valle de la Quebrada El Durazno. Constituyen un embalse subterráneo que se encuentra cerrado hacia aguas abajo por afloramiento de roca fundamental en el fondo de la quebrada, represando el escurrimiento subterráneo.

Sus características granulométricas, en superficie, lo señalan como bloques,bolones, ripios y gravas,con matriz fundamentalmente arenosa, altamente heterogéneos y de muy mala selección. Prácticamente no presentan redondeamiento, y puede definírselos como angulosos y subangulosos.

En subsuperficie mantienen características similares, aunque si bien es cierto, por existir la barrera hidrogeológica señalada es posible la existencia a profundidades en torno a 10 - 15 mts. de estratos lenticulares de granulometría media a fina, del tipo grava y arena con matriz limo-arcillosa.

El embalse subterráneo a que se ha hecho referencia, se extiende desde Almirante Latorre, hacia aguas arriba hasta la confluencia de la Quebrada Minitas con la Quebrada El Durazno. Su longitud aproximada es de 2.000 mts. y puede asignársele un ancho medio en torno a 100 mts. y una potencia media de 10 mts. En consecuencia se dispone de un volumen sedimentario de 2×10^6 m^3.

C.- Tectónica

Las rocas volcánicas y sedimentarias que conforman el área se encuentran frecuentemente plegadas y falladas.

Los pliegues han afectado en forma diferencial a las rocas volcánicas y a las calcáreas, debido a la distinta competencia de cada una con respecto a las otras. De esta forma se tiene que las rocas volcánicas muestran pliegues simétricos y amplios, mientras las sedimentarias están plegadas en forma asimétrica y con arrugas estrechas y de corto período. En general todos estos pliegues presentan ejes de rumbo NS, los cuales, en este sector, están buzando suavemente hacia el Norte, dando lugar a un anticlinal volcado en esa dirección.

Esta tectónica compresiva se habría originado principalmente a fines del Neocomiano, durante el gran alzamiento de Los Andes.

Por otra parte, el principal sistema de fallas que ha afectado el área se presenta con corridas de tipo regional y rumbo en torno a NS; este fallamiento se habría producido, por una tectónica distensiva, a fines del Cretácico Superior y habría estado acompañado de un abundante plutonismo granítico-granodiorítico. Este tipo de fallas se presentan ocupadas por las quebradas principales, en este caso, la Quebrada El Durazno, la que se habría desarrollado por la zona de debilidad que representa el plano de falla.

Posterior al Mesozoico, posiblemente a mediados del Terciario se desarrolló en el área una nueva tectónica tensional, evidencias de la cual son el abundante fallamiento de rumbo en torno a EW; fallas que han sido ocupadas por las quebradas tributarias de aquellas importantes.

D.- Historia Geológica

La historia post-neocomiano de la zona, se reduce, prácticamente, en tectonismo de bloques acompañado de un abundante plutonismo, precedido, éste último, de algunas efusiones volcánicas de tipo silíceo y calcoalcalino, especialmente en el sector oriental cordillerano.

A partir del Mioceno, una vez completada la morfología de bloques, el relieve ha sido suavizado paulatinamente, hasta nuestros días, por los numerosos valles que, ocupando las zonas de fractura, drenan el área erosionándola hasta dejar el relieve semi amesetado con suave pendiente hacia el poniente que hoy existe.

E.- Sismicidad

El área se caracteriza por una abundante sismicidad de poca magnitud e intensidad ya que los hipocentros son lejanos y profundos disipándose, en gran medida, la energía liberada en la interacción de las placas continental y oceánica, en movimientos de poca monta.

Por otra parte, no existen fallas activas ni posibles de activarlas en el sector de Almirante Latorre, lo que sumado a las características sísmicas señaladas en el párrafo precedente, permiten concluir que el riesgo sísmico, en el sector, es bajo, aunque, por cierto, enmarcado dentro de las características tectónicas de todo el país.

VII HIDROGEOLOGIA

A.- Acuíferos Reconocidos

A través de las norias existentes en el área se ha reconocido en su parte extrema hacia aguas abajo el embalse subterráneo señalado precedentemente.

En general, el paquete sedimentario que conforma el embalse tiene las características de acuífero freático y presentaría permeabilidades relativamente bajas y similares en todo su espesor.

Los sedimentos de las quebradas laterales tributarios de la Quebrada El Durazno conforman a su vez acuíferos freáticos.

Similar situación presenta la Quebrada El Durazno misma tanto hacia arriba del embalse de Almirante Latorre, como hacia aguas abajo.

En estos dos casos últimos, el paquete sedimentario (acuífero) tendría un desarrollo muy reducido tanto en extensión como en potencia; solamente aumenta su magnitud el acuífero de la Quebrada El Durazno unos 16 Kms. aguas abajo de Almirante Latorre.

B.- Recarga

La recarga de las unidades acuíferas existentes en el área (sedimentos aluviales) proviene exclusivamente de las precipitaciones, parte de las cuales logra infiltrarse en los sedimentos y alcanzan el nivel estático.

El mecanismo de recarga consiste tanto en la percolación vertical de la lluvia que cae sobre el área, como del agua que escurre superficialmente producto de las mismas precipitaciones.

El monto de la recarga es función del monto de las precipitaciones y de la distribución (o tiempo) de ocurrencia, es decir, de su intensidad.

También, y tal vez con mayor importancia, la recarga depende de las características hídricas del suelo especialmente su velocidad de infiltración.

Por otra parte influye a su vez la evapotranspiración que se desarrolla en la cuenca.

Al considerar por otra parte que el régimen de precipitaciones en Almirante Latorre es errático, y las lluvias se caracterizan en general por ser de corta duración y muy espaciadas en el tiempo, se ha recurrido a efectuar una estimación del volumen disponible para escurrir e infiltrarse, a partir de precipitaciones mensuales.

Para ello se ha establecido las siguientes bases:

1) Se ha ocupado la estadística pluviométrica de la estación de La Serena que posee estadística completa para los años 1919 a 1968.

2) Se ha estimado que existe un volumen disponible para escorrentía solo en los casos en que las precipitaciones mensuales superan la evapotranspiración potencial.

3) Por los antecedentes de terreno, se ha establecido que la escorrentía ocurre durante 12 horas en cada precipitación en que exista excedente.

Al existir escorrentía superficial, parte del volumen de agua se infiltra a una tasa de 37,8 cm. por lluvia de acuerdo a la expresión:

$0,64 \times T^{0,62}$, donde T es el tiempo expresado en minutos.

La superficie de suelo mojado se estima en 20 metros de ancho y 2.000 de longitud, sobre el embalse subterráneo de Almirante Latorre.

Si tiene entonces, un volumen de infiltración en el embalse subterráneo (siempre que el volumen posible de infiltración sea menor que el remanente para escorrentía) de 15.120 m^3 por cada lluvia.

Al considerar la distribución de las precipitaciones y específicamente los días con precipitaciones al mes, se ha estimado que a lo menos ocurren estas un día en el mes, con lo cual la infiltración posible es de 15.120 m^3 al mes, en aquellos años en que el monto de las precipitaciones en algún mes excede la evapotranspiración potencial.

El análisis de las precipitaciones históricas permite determinar las posibilidades de que ocurran excesos que permitan generar escorrentía que a su vez genera infiltración en el embalse subterráneo. Así, en la tabla siguiente se entrega la posibilidad de que ocurra una infiltración, en función de la estadística de La Serena, considerando el número de meses al año en que las precipitaciones exceden de evapotranspiración.

Posibilidad	Vol. Infiltrado
60% años	$15.12 \times 10^3 m^3$
28% años	$30.24 \times 10^3 m^3$
6% años	$45.36 \times 10^3 m^3$

C.- Movimiento

En el área en estudio, el agua subterránea se mueve a través de los sedimentos aluviales cuaternarios que constituyen el paquete sedimentario depositados en el fondo de los valles fluviales.

Así, el sentido de escurrimiento está definido en general por la orientación que posee el valle.

El gradiente hidráulico, o la diferencia de carga hidráulica en la distancia considerada en el embalse subterráneo definido para Almirante Latorre, se estima en torno al uno porciento, valor aproximadamente un medio del gradiente del terreno.

D.- Descarga

La descarga de agua subterránea en el sistema hidrogeológico, se produce en forma natural a través del escurrimiento subterráneo, en aquellos lugares donde, producto de barreras hidrogeológicas, el nivel estático se encuentra a la cota del terreno y el agua subterránea aflora.

En la parte baja de la Quebrada El Durazno, no se detectan estas barreras hidrogeológicas (umbrales rocosos) y la descarga está constituída por el escurrimiento subterráneo natural.

Este mecanismo de descarga natural se produce solo en aquellas oportunidades en que la recarga realmente existe, y según se vió en el capítulo anterior, ella ocurre solo en el 60% de los años; en consecuencia la situación actual de descarga natural es prácticamente nula.

La descarga artificial se produce a través de la explotación del acuífero mediante norias. La explotación del embalse de Almirante Latorre asciende en la actualidad a unos 0,05 l/s, expresados como caudal contínuo, siendo ésta la explotación máxima que se realiza actualmente.

E.- Volumen Embalsado

Para la cuantificación del volumen embalsado en el embalse de Almirante Latorre, asignaremos a éste un coeficiente de almacenamiento de 10%, en atención a que se trata de un acuífero con escurrimiento libre.

Sobre la base del volumen de sedimentos estimados en el Capítulo Geología, se puede calcular un volumen potencial embalsado, es decir, la capacidad máxima del sistema.

Sobre esta base, teniendo el embalse totalmente saturado, sería posible explotar 200.000 m^3, drenando totalmente el embalse.

Se ha establecido que se trata de un volumen potencial, puesto que la situación actual es de un nivel estático situado a unos 3 mts. de profundidad en la parte baja del embalse, y a unos 5 mts. por lo menos en la parte alta de éste. Se utilizará entonces un valor promedio de nivel estático (4 mts.) para el volumen embalsado real, con lo que se obtiene un volumen de 120.000 m^3.

F.- Posibilidades de Explotación

Los antecedentes de recarga proporcionados anteriormente permiten, a partir de las condiciones actuales del embalse estimadas en 120 x $10^3 m^3$, proyectar el caudal máximo factible de extraer al sistema. Ello se ha logrado simulando diversos niveles de explotación y verificando el comportamiento del embalse en el tiempo, considerando la incorporación de recarga.

Del cálculo antedicho se deduce que el sistema puede ser explotado con un caudal máximo de 0,2 l/s contínuos, nivel considerablemente por debajo de las necesidades.

G.- Fluctuación de Niveles

No existe un control de fluctuaciones de niveles estáticos en el área. Sin embargo, de acuerdo a las características hidrogeológicas observadas en terreno, se producirá obviamente un ascenso o descenso del nivel estático.

Debido a la barrera de control que conforma el umbral rocoso existente en Almirante Latorre, las fluctuaciones de niveles serán menores en el área próxima a la barrera y estarán condicionados a la descarga artificial que pudiera existir.

Hacia aguas arriba, las fluctuaciones serán mayores dependiendo naturalmente de la recarga.

VIII HIDROGEOQUIMICA

A.- Análisis Químico

Se tomó una muestra de agua subterránea proveniente de la noria desde la cual se abastece actualmente Almirante Latorre.

El análisis químico correspondiente, es el siguiente:

Determinaciones	p.p.m.
pH	7.5
K, mmho.cm 1 x 10^{-3}	1.94
Turbidez, u. formazina	24.0
Sólido total, ppm (a 105°)	1582.
Sólido disuelto, ppm	1358.
Sólido suspend., ppm	224.
Dureza total, ppm	890.
Dureza perman., ppm	722.5
Dureza tempor., ppm	167.5
HCO_3, ppm	204.4
CO_3, ppm	0.0
Cl, ppm	155.9
SO_4, ppm	624.5
NO_3, ppm	8.5
NO_2, ppm	0.007
Ca, ppm	120.2
Mg, ppm	47.2
Na, ppm	193.1
K, ppm	2.8
Fe total, ppm	n.d.
Cu, ppm	n.d.
Mn, ppm	n.d.

B.- Potabilidad

Con respecto a la norma chilena para agua potable, el agua analizada se encuentra excedida en la concentración de los siguientes elementos: Sulfatos, nitritos y turbidez, presentando además valores bastante altos, aunque ajustados a las normas, en el contenido de sólidos disueltos y cloruros.

C.- Fuentes Contaminantes

Es probable que, siendo Almirante Latorre un sector eminentemente minero, la contaminación provenga, en parte, del lavado de las zonas mineralizadas ubicadas en la hoya de la Quebrada El Durazno, las cuales presentan normalmente, minas de súlfuros.

Los nitritos es probable que provengan de contaminación animal; ésta podría deberse, por una parte, a la oxidación de las materias fecales de los pozos negros y por otra parte, a la ganadería caprina, ambas ayudadas por la escasa escorrentía que presenta la quebrada.

IX ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO

De acuerdo a las consideraciones expresadas en capítulos anteriores, el sistema de la Quebrada El Durazno en las inmediaciones de Almirante Latorre puede ser explotado con un caudal de 0,2 l/s.

Si bien ello representa el potencial de recursos renovables su extracción se presenta altamente desfavorable producto de las permeabilidades imperantes. La captación actual demuestra las limitaciones que una obra de ésta naturaleza posee.

Es probable que un mejoramiento de dicha captación a través de su extensión hacia el centro del valle mediante estocadas, logre elevar el rendimiento actual, sin embargo, él no alcanzará un caudal notablemente superior y en todo caso inferior a 0,1 l/s.

Bajo tales condiciones el abastecimiento definitivo del pueblo deberá ser exterior a la hoya de la Quebrada El Durazno.

En este sentido, se alzan como fuentes potenciales las siguientes, mencionadas en función de menor a mayor distancia desde Almirante Latorre.

a) Quebrada San Antonio: corresponde a la hoya hidrográfica que se desarrolla inmediatamente al Sur de la hoya hidrográfica de la Quebrada El Durazno. Posee un volumen de sedimentos aluviales comparativamente muy superior a aquel del embalse de Almirante Latorre. La superficie de la hoya hidrográfica es aproximadamente similar a aquella de la Quebrada El Durazno.

Se estima, por analogía con cuenca en Almirante Latorre, una potencialidad mayor en su volumen embalsado. Sin embargo, sufre iguales limitaciones que la hoya contigua hacia el Norte, en cuanto a recarga del sistema subterráneo y probablemente en cuanto a calidad.

Sobre estas bases, por la magnitud del volumen que existiría embalsado en San Antonio, se estima un caudal probable de extraer, aproximadamente dos veces mayor que aquel en el embalse de Almirante Latorre.

b) Quebrada Los Choros: Corresponde a la hoya hidrográfica preandina que limita con la hoya de la Quebrada El Durazno por el Norte. Sus potencialidades hidrogeológicas son conocidas y el caudal posible de extraer en la localidad de Tres Cruces mediante un sondaje es superior a 10 l/s.

La calidad química del agua subterránea será apta para uso potable.

XI REFERENCIAS

1.- Antonioletti R., R.: Schneider S., H.: Borcosque D., J.L.: Zárate C., E. (1972).
"Características Climáticas del Norte Chico" - IREN-Santiago, Chile.

2.- CORFO (1950) "Geografía Económica de Chile" - Fundación Pedro Aguirre Cerda, CORFO, Santiago, Chile.

3.- CORFO (1971) "Pluviometría de Chile" - Depto. Recursos Hidráulicos, CORFO, Santiago, Chile.

4.- Ramírez G., E. (1974) - "Análisis Probabilístico y Estadístico de Precipitaciones Máximas en 24 Horas, Totales Anuales". - Depto. Recursos Hidráulicos, CORFO, Santiago, Chile.

5.- Wood H., G. (1971) "Estudio de Precipitaciones Anuales, Sector Copiapó Aconcagua, Isoyetas" - Depto. Recursos Hidráulicos CORFO, Santiago, Chile.

6.- Peralta T., F.; Díaz del Río, G.; Wood H., G. (1971) "Hidrogeología de la Quebrada Los Choros, Informe Preliminar" - Depto. Recursos Hidráulicos, CORFO, Santiago, Chile.

7.- Heras, R., (1970) "Métodos Prácticos para el Estudio Hidrológico Completo de Una Cuenca" - Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficoas, Madrid, España.

8.- Remenieras, G. (1971) - "Tratado de Hidrología Práctica" Editores Técnicos Asociados, Barcelona, España.

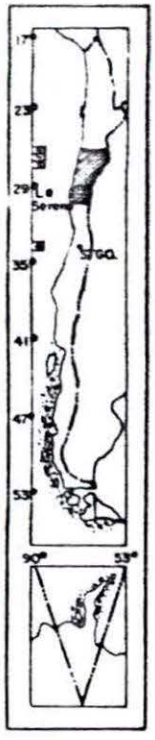
9.- Moscoso D. R. (1977)" Avance Geológico de Las Hojas Vallenar-La Serena , IIG, Santiago, Chile.

A N E X O S

1 : Mapa de Ubicación

2 : Mapa Geológico

3 : Perfil Geológico



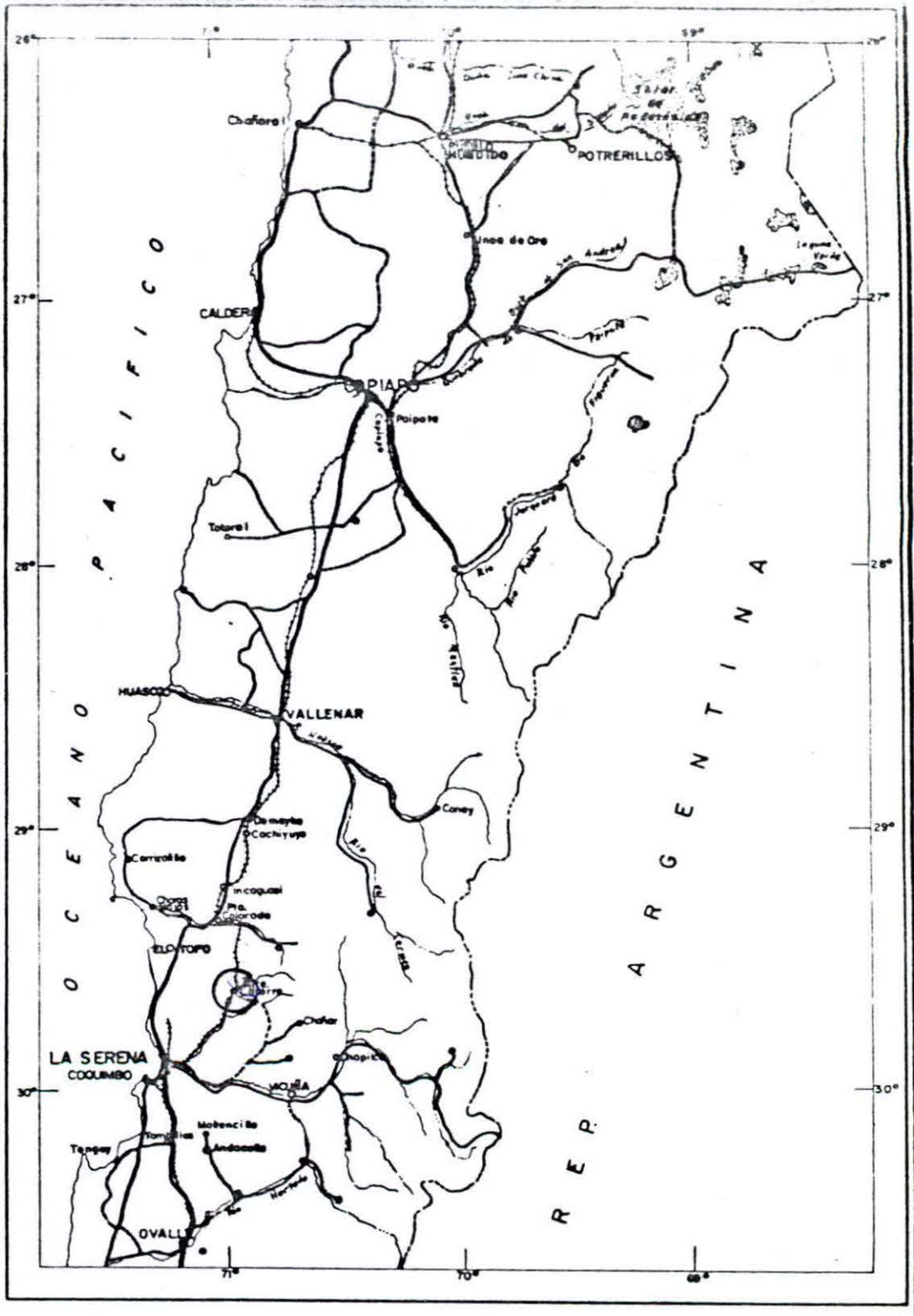


FIG. N° 1

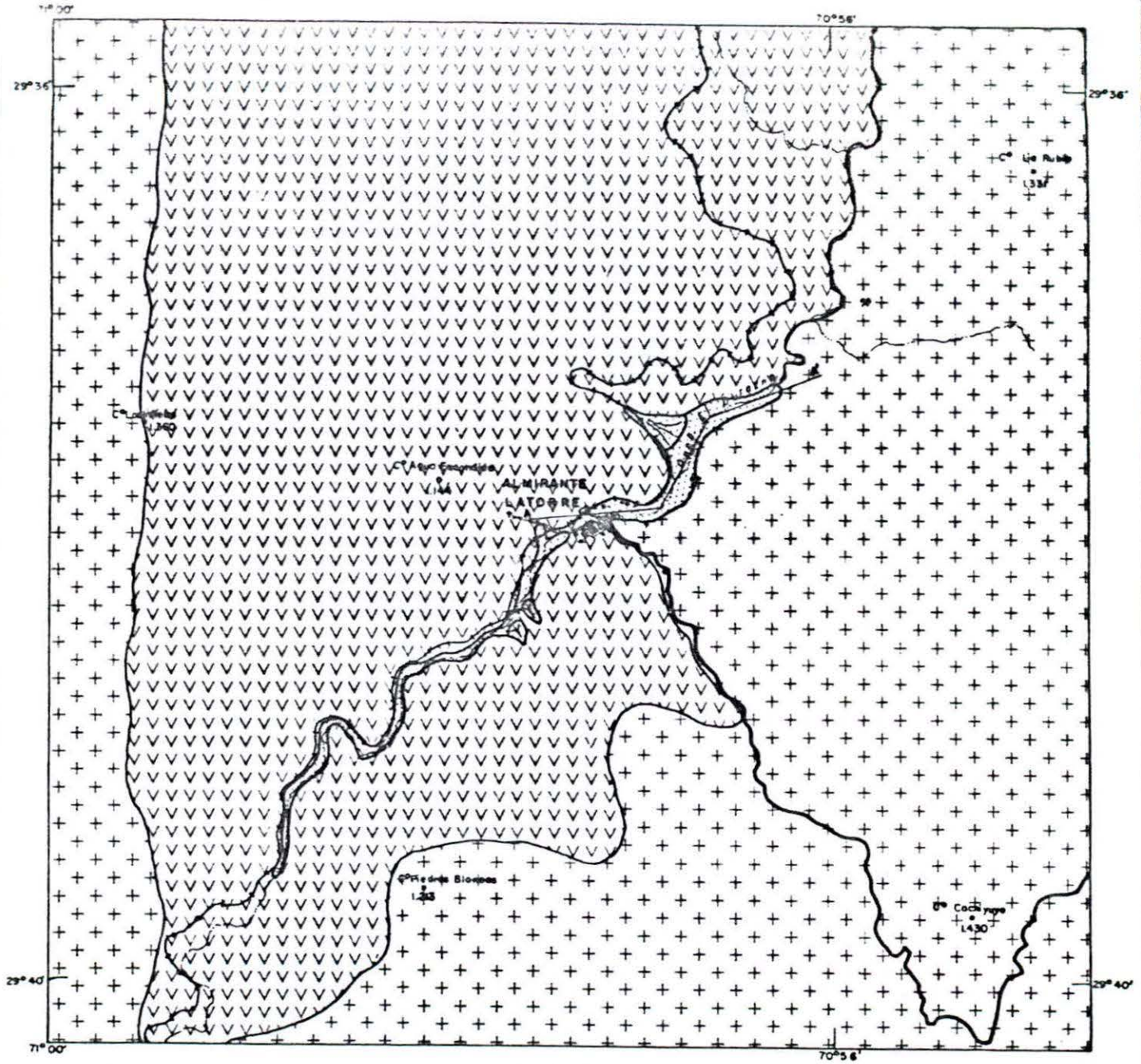
PLANO DE UBICACION

Escala aprox. 1:2.600.000

AGUA

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE ALMIRANTE LATORRE



LEYENDA

R.F. — ROCAS GRANITICAS DEL BATOLITO ANDINO

R.F. — ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIO-MARINAS DEL GRUPO CHAÑARCILLO

Qal — SEDIMENTOS ALUVIALES DE FONDO DE VALLE

Qcd — CONOS DEYECCION

CONTACTO LITOLOGICO

PUEBLO

CAMINO

QUEBRADAS

FF. CC.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

GEOLOGIA REGIONAL

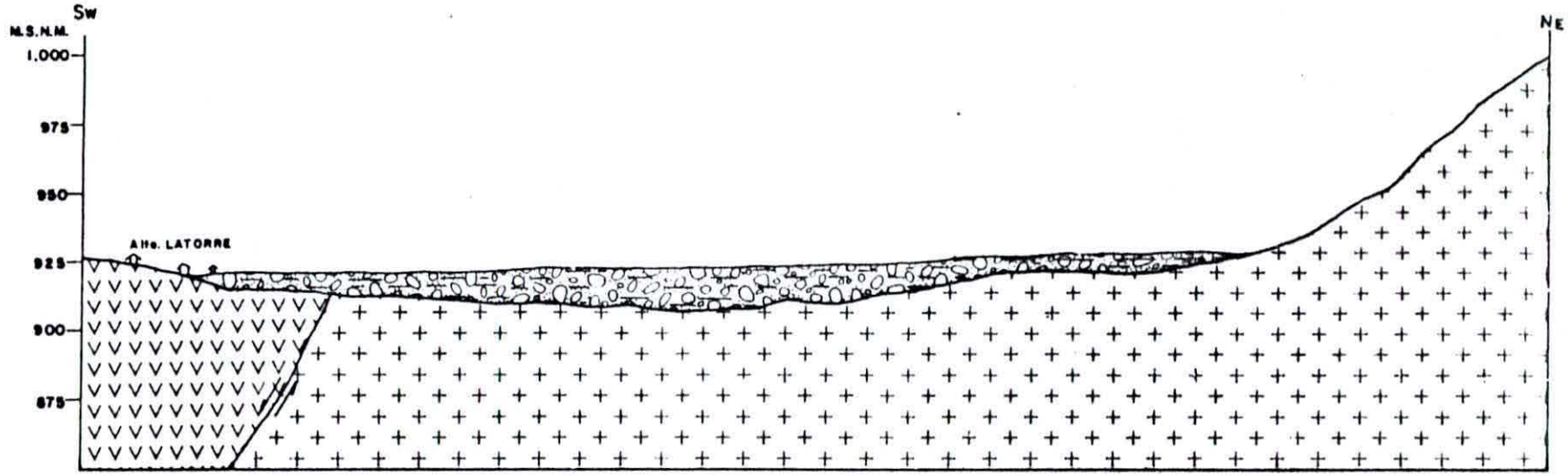
Esc. 1: 50.000

BASE TOPOGRAFICA : PLANCHETAS DEL I.G.M.
GEOLOGIA SEGUN R. MOSCOSO 1977

AGUA

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE ALMIRANTE LATORRE



PERFIL ESTRATIGRAFICO A-A'

Esc. V= 1:2.500
H= 1:10.000

SIMBOLOGIA

ROCA FUNDAMENTAL GRANITICA, CRETACICA SUPERIOR

ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIO-MARINAS, NEOCOMIANAS

DEPOSITOS ALUVIALES, CUATERNARIOS

FALLA

AGUA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE ALMIRANTE LATORRE

INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

IREN