

## ANALES

DEL

## INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

## EL PROBLEMA DEL SALADO EN LA HOYA DEL LOA

## I. ANTECEDENTES

Con motivo de los trabajos de levantamiento de la rejion fronteriza con la República de Bolivia, me encontraba en Calama en el mes de enero último, de regreso de una espedicion a los orfjenes del Salado, cuando oí enunciar por primera vez la idea de desviar ese curso de aguas, i hacer que las del Loa, de Chiuchiu hácia abajo, pudiesen servir para toda clase de fines. Recibí entónces del Director de la Oficina de Límites, señor Bertrand, a quien habia venido a encontrar, el encargo de estudiar ese asunto a mi vuelta por esas rejiones.

A pesar de que lo que ya habia visto me mostraba la dificultad de esa desviacion, a causa de la estrechez de las gargantas del río i de la aspereza de los terrenos o mesetas que le seguian mas abajo, decidí, sin embargo, visitar una vez mas la rejion i así lo hice en efecto en la primera quincena de febrero.

En esta visita pude comprobar que mi primera impresion habia sido acertada i que el asunto no se presentaba con los caractéres de facilidad que se me habian señalado, pero al mismo tiempo, quedé en situacion de vislumbrar cuáles eran los puntos sobre los cuales podia pensarse en la resolucion del problema.

Esto mismo hacia que se me presentase el asunto bajo un punto de vista mui interesante, por lo que decidí entónces, dirigirme al señor Ismael Núñez, uno de los propietarios mas acaudalados i progresistas de Calama, comunicándole lo que ya habia visto i haciéndole presente que creia estar en buen terreno para buscar la mejor solucion del punto i poder elaborar un proyecto de trabajos, relativos a la cuestion, i que si se me indemnizaba de alguna manera, los sacrificios (1) de nuevos estudios, me encontraba interesado en darles remate.

Como la contestacion del señor Núñez fuese favorable a la idea enunciada, me diji nuevamente al Salado en la última quincena de marzo, i emprendí todos aquellos estudios de detalle que habrian de servirme para la dilucidacion del problema.

(1) En Cáblor i Jáuna habia soportado ya temperaturas de 18° i 17°,5 bajo cero.

## II. EL PROBLEMA

El río Loa nace en las vecindades del volcán Miño (véase el mapa anexo) i dirijiéndose al sur por unos 85 km encuentra por el oriente su primer afluente, el río San Pedro.

Unos 48 km mas al sur, le cae por el mismo lado el río Salado, 2 km mas abajo del villorrio de Chiuchiu.

El río Loa empieza entónces a encorvarse al suroeste i al oeste, pasando por el pueblo de Calama; luego busca al noroeste i recibe entónces del norte su último afluente, el río San Salvador, que tiene sus nacimientos mui cerca de Calama.

En su direccion al norte encuentra despues el caserío de Quillagua, desde donde toma al oeste, para caer al mar por los 21°25' S.

Ahora bien, sus aguas son perfectamente dulces i aparentemente potables hasta la confluencia del río Salado, el qué, como su nombre lo indica, acarrea un caudal de aguas saladas que desnaturalizan las aguas del Loa, las que se aprovechan en este estado en los regadíos de Calama.

El río San Salvador lleva tambien aguas salobres.

Es entónces óbvio, que para Calama seria de mucho interes poder evitar que las aguas del Salado cayesen a las del Loa, i de aquí ha nacido la idea de desviar el curso del río Salado.

Esta idea es ya antigua: fué estudiada en su aspecto jeneral por la Empresa del Ferrocarril a Bolivia, ántes de tender la cañería que trae el agua potable de Polapi.

El señor Samuel Valdes Vicuña en su «Informe sobre el estudio minero i agrícola de la zona comprendida entre el paralelo 23 i la laguna de Ascotan», impreso en 1887, al estudiar la faz agrícola de la rejion dice (página 179): «.....; esto manifiesta el importante servicio que recibiria la agricultura de este último punto (Calama), evitando la desnaturalizacion de las aguas del Loa por las del Salado. Este es un asunto mui digno de estudio, i que daria por resultado, no solo abrir nuevos i estensos campos de cultivo, sino tambien duplicar la produccion de las tierras en actual trabajo.

«Por dos caminos diversos podria llegarse a la dilucidacion de este problema: o bien tratando de evitar que las aguas impuras de algunos manantiales se mezclen con las orijinales del río Salado; o bien desviando el curso de este último, para impedir su entrada al Loa. El primero de estos arbitrios seria, sin duda de mayores resultados, porque daria un caudal de aguas dulces mas considerable que el segundo. Aunque la falta de tiempo no nos permitió recojer los datos necesarios para siquiera formar juicio sobre la practicabilidad de la obra, creemos, no obstante, que seria este un trabajo en estremo reproductivo, a juzgar por el incremento que alcanzarian los cultivos, de suyo valiosos en aquella rejion».

El señor Santiago Muñoz, en su «Jeografía descriptiva de las provincias de Atacama i Antofagasta», impresa en 1894, dice (página 175): «Se ha tratado de desviar este brazo del río (el Salado) para librar de su contajio a las aguas que arrastra el otro brazo, el Loa, pero la obra no ha sido estudiada bajo el punto de vista económico ni técnico.

El señor Francisco San Roman, en su «Desierto i cordilleras de Atacama», tomo III, impreso en 1902, dice (página 385): «Dentro de lo segundo (desviacion de aguas nocivas), el proyecto desde largo tiempo acariciado sobre desvió de las aguas minerales del Salado, está siempre viva en la mente de todos los habitantes de la provincia de Antofagasta, i no podria ser de otro modo ante la constancia diaria, como afirman los cultivadores, de la necesidad de aprovechar el Loa para mayor estension del cultivo i mejor calidad i rendimiento de los frutos agrícolas, cuya diferencia entre Calama por abajo de la confluencia i Chiuchiu por arriba de ella, da a favor de este último lugar, a pesar de ser mas alto i mas próximo a los vientos helados de la cordillera, una superioridad incontestable en abundancia de produccion i en calidad para todos los granos, las legumbres i sobre todo la alfalfa; así, a lo ménos, es la voz jeneral en los respectivos lugares.

«A pesar de ello, faltan datos i se carece de la constancia de muchos factores para resolver en cuestion de esta naturaleza, siempre espuesta a preocupaciones, tradiciones falsas o informaciones equivocadas.

«Si las aguas del Salado son por sí solas i con toda evidencia reconocidas como inaptas o nocivas para el cultivo de la tierra, no está bien probado, podria alegarse, si despues de su reunion con las muy puras del Loa, resulta tambien nociva la mezcla o puede mas bien estar el daño en la calidad de los terrenos de Calama en vez de la composicion del agua.

«Faltan las indispensables investigaciones de la química, los ilustrativos datos del análisis cuantitativo i las esperiencias agronómicas aplicables a las tierras en cuestion i con referencias a otras análogas o idénticas, como dentro del mismo cauce del Loa se tienen a la mano, en los hermosos sembrados de Quillagua. Aquí nunca se objetó contra la calidad de los frutos ni la proporcion de su rendimiento, la mala composicion química de las aguas, a pesar del otro continjente de contaminacion e impurezas agregado por el infeccioso San Salvador.

«Sin perjuicio, o mas bien dicho, prévias estas indagaciones de tan fácil practicabilidad, el estudio de los ingenieros de Gobierno hará obra de gran mérito si al fin al cabo resultara indispensable la desviacion del Salado a las pampas de Limon Verde o alguna otra hoya conveniente, o en su lugar, en vez de esta difícil solucion, si así resultara efectiva, buscar dentro del mismo cauce del Salado la desviacion parcial de una o mas de las fuentes mas nocivas de su oríjenes volcánicos o geysierianos en la cuenca de Copacoya.»

Como he dicho ántes, fué durante mi segunda estadía en Calama, cuando oí hablar de este problema, de las facilidades que ofrecia la desviacion del rio, segun las opiniones del subdelegado de Chiuchiu, señor Espinosa, i de la conveniencia de vaciarlo en las pampas de Sierra Gorda i Limon Verde.

A pesar de que por lo que ya habia visto estaba seguro de que el asunto no ofrecia las facilidades de que se hablaba, i de que no se podia pensar bajo el punto de vista económico, de vaciar el Salado en las pampas de Limon Verde o de Sierra Gorda (véase el fotograbado I, anexo) resolví, como ya lo tengo dicho, estudiar mas el punto para esclarecer todos estos tópicos i buscar una solucion económica, si se podia confiar en encontrarla.

## III. IMPORTANCIA DE LA CUESTION

A causa de la gran riqueza mineral de la provincia de Antofagasta, i de la escasez de los campos de cultivo, la agricultura tiene allí un gran valor.

En las borateras de Ascotan i en los asientos mineros del Abra i Chuquicamata se paga a buen precio los forrajes, las legumbres i las frutas; una parte de los forrajes es cultivada en la misma rejion i casi la totalidad de las legumbres i las frutas son llevadas del centro del pais e internadas por el puerto de Antofagasta.

Es entónces evidente que seria de la mayor conveniencia para la rejion i para el pais, que se pudiese aumentar la estension de los terrenos cultivados i la calidad de los cultivos.

Cuatro son las causas que impiden por ahora el aumentar i mejorar los cultivos:

- 1.<sup>a</sup> La mucha altura de los valles de la hoya superior del Loa;
- 2.<sup>a</sup> Lo encajonado del cauce de los rios;
- 3.<sup>a</sup> Las sales contenidas en los terrenos que podrian cultivarse, i
- 4.<sup>a</sup> La mala calidad de las aguas en ciertas partes de la hoya del rio Loa.

Analizaremos separadamente cada una de estas causales.

El rio Loa tiene sus nacimientos por los 3 900 m de altura, a lo que se debe los descensos de la temperatura del aire, de algunos grados bajo cero en las horas de la mañana aun en los meses de verano (2).

Es claro que en estas condiciones no hai cultivo posible.

Parece que desde la altura de Santa Bárbara (3 050 m) empieza a producirse la posibilidad de aprovechar la tierra en la agricultura; en ese punto existe una antigua posta abandonada del antiguo camino de Ascotan, donde quedan los restos del cierro de un terreno, que se sembraba probablemente con alfalfa. La ausencia del tráfico hizo morir ese cultivo.

En el rio San Pedro (3 000 m), el jefe de la estacion de ese nombre, del ferrocarril a Bolivia, señor Aguirre, tenia una pequeña chácara o huerta, donde cultivaba muchas legumbres, como zanahorias, lechugas etc., algunas de las cuales pudimos aun probar.

Pero donde la posibilidad del cultivo se manifiesta ya francamente es en los alrededores de Chiuchiu (2 524 m), donde hai mas de 500 hectáreas regadas i donde a mas de la alfalfa i del maíz, se cosecha tambien trigo, cebada, lechugas, cebollas, habas, zanahorias, papas, acelgas i tomates.

(2) Mi ayudante, el señor R. Golborne anotó en el mes de diciembre de 1903, las siguientes temperaturas mínimas:

Dia	Localidad	Mínima
20	Chela.....	— 9°,3 C
26	Miño.....	—11, 0 C
29	Arroyo Chela.....	— 4, 5 C

Como es natural, hácia abajo, en el pueblo de Calama (2 265 m) esto vuelve a reproducirse aun en mayores proporciones.

Así pues, en Calama se cosechó en el verano de 1904, 100 000 quintales españoles de alfalfa seca, que al precio medio de \$ 2,50 el quintal, representa \$ 250 000 por año, fuera de los talajes, que se dió en ese tiempo a un número no menor de 1 000 a 2 000 cabezas de ganado.

En la hoya del Salado encontramos los cultivos de Toconce (3 300 m), a la orilla del río de agua dulce de este nombre, i de unas 6 hectáreas de estension; los de Caspana (3 260 m), a la orilla del río de su nombre, de unas 10 hectáreas, i los de Aiquina i de la ciénaga de este nombre (2 980 m), regadas por vertientes lijeramente salobres.

Parece, pues, que el cultivo es prácticamente posible i reproductivo bajo los 3 000 m de altura sobre el mar, rejion a la que iria a favorecer la resolucion del problema de que tratamos.

---

El río Loa corre desde sus nacimientos por un cauce encajonado entre barrancos cortados a pico, que muchas veces alcanzan i sobrepasan los 100 m de altura, i que no dejan encerrados entre los piés de ellos sino unos pocos metros de terreno aluvial, donde crece la paja i el coiron.

El río Salado presenta análogos caracteres a los del Loa, aunque no en las circunstancias grandiosas, aunque perjudiciales, de este último.

Se comprende entónces la dificultad de trazar canales i de encerrar bajo sus aguas, una cantidad conveniente de tierras por regar.

Es por por eso que se ha aprovechado de los desplayes i facilidades que ofrecen Chiuchiu i Calama, para desarrollar allí, en cuanto ahora es posible, la agricultura estensiva (3).

---

Toda esta vasta zona, es una rejion eminentemente salina: las lluvias, de carácter torrencial, se suceden aquí de largo en largo tiempo, de suerte que se encuentran depositadas en el suelo las sales mas variadas: carbonatos de cal i otros, en las riberas del Loa hasta cerca de Calama; boratos, en las pampas i cañadones que se estienden de Calama a Chiuchiu, fuera de los de Ascotan i Carcote, en la parte alta; sulfatos, de hierro i otros, en los alrededores de Sierra Gorda; cloruros de sodio, en Calama y Atacama; nitratos de soda, al sur, en las pampas Alta i Central; alumbre, en el río San Salvador, i así.

De suerte que los terrenos por regar contienen siempre cierta cantidad de sales, impropias o demasiado propicias para el cultivo.

De ahí que sea necesario remover la tierra i regarla durante varios años seguidos ántes de que esté en estado de hacerla producir: en Chiuchiu se necesita dos años i en Calama, cuatro.

En Chiuchiu se necesita ménos tiempo que en Calama, porque las aguas son allí dulces i no salobres como en este último punto.

---

(3) No hablamos de Quillagua en este informe porque no conocemos la localidad.

Agregaremos que en esas dos localidades hai abundancia de aguas, como lo prueba el hecho de que aun no se ha presentado en ninguna de esas dos localidades casos de conflictos de agua, i por consiguiente se puede pensar en aumentar la superficie de los terrenos de regadío.

I llego por fin al último punto o causal que impide el mayor desarrollo de la agricultura: la mala calidad de ciertas aguas en la hoya del Loa.

Este es un punto que los agricultores de la rejion conocen perfectamente, pues miéntras en Chiuchiu, se siembra i se cosecha sin inconveniente, toda clase de legumbres, en Calama esto constituye un proceso tan dispendioso i de tanta labor, que han renunciado a él, para dedicarse casi esclusivamente a la alfalfa i al maiz,

Pero hai mas aun, el pasto cosechado en Chiuchiu es superior al de Calama, i tiene mayor precio i mayor aceptacion, por lo que podemos establecer que si se mejorase la calidad de las aguas del Loa, se podria ademas esperar el cosechar un pasto de mejor calidad i de mejor precio, pudiendo iniciarse entónces el cultivo en su carácter intensivo i haciendo que la tierra diese un mayor rendimiento (4).

Pero fuera de las ventajas que traeria el mejoramiento del agua en el campo agrícola, ello seria tambien sumamente beneficioso en el campo de la vida i en el campo industrial.

Hoi dia se bebe en Calama, por la jente menesterosa, el agua del rio, con todos sus inconvenientes, pues el agua de Polapi, de la empresa del ferrocarril a Bolivia, se vende \$ 1,40 el metro cúbico (5).

El mejoramiento del agua haria que se pudiese beber por un número mayor de personas, con evidente economía para ellos i con ventajas para el desarrollo industrial de la rejion, pues el agua de la cañería del ferrocarril es ya insuficiente para atender a las necesidades de las comarcas absolutamente privadas de agua, i entre las que hai algunas, como Pampa Alta, destinadas a adquirir un gran desarrollo a causa de las importantes oficinas salitreras, construidas allí i por construir.

El mejoramiento del agua traeria tambien otra ventaja para la industria, en su aprovechamiento en los jeneradores de vapor, que hoi dia necesitan del agua de la cañería de Polapi.

(4) Los habitantes de Calama señalan a este respecto los cultivos de árboles frutales hechos por el jefe de estacion del ferrocarril, con el agua de la cañería de Polapi: sin embargo, hemos visitado este jardin i creemos que aparentemente este cultivo no habla bien claro en favor de este asunto, pues por ejemplo, la uva no madura. Pero examinando detenidamente el punto, pude convencerme de que esto se debia a la malísima calidad del suelo, que a los 20 cm alcanzaba un terreno duro e impermeable que apozaba el agua del riego i hacia podrir las raices de las plantas, como lo atestiguaba el mismo jefe de estacion.

(5) Se evitaria tambien la enfermedad conocida con el nombre de verrugas o clavos, i que ataca principalmente a los que no son criados allí, cuando se ocupan en trabajos de riego, i que ofrecen malos caracteres a los que se descuidan con ella.

Pero tambien es cierto que pasado el rio San Salvador, el agua del Loa volverá a empeorarse con las aguas de ese rio, que son salobres (6), aunque sus aguas se beben siempre de preferencia a las aguas del Loa.

#### IV. TRABAJOS EFECTUADOS

Despues de tomar los datos que necesitaba, para confeccionar el plano que tenia encargo de levantar para la Oficina de Límites, procedí a ampliarlos i detallarlos, para poder dar forma a las ideas que pensaba desarrollar en la resolucion del problema.

Por de pronto reconocí una estension considerable de la estrechura del rio Salado (véase el fotograbado 3, anexo), con el objeto de estudiar la posibilidad de ubicar un tranque, que sirviese para un embalse destinado a producir una gran superficie de evaporacion.

La situacion del tranque fué encontrada en una puntilla que presentaba en el lado sur la roca desnuda (7); levanté allí un perfil e hice pozos de mas de 8 metros de profundidad en el lado norte, para reconocer la naturaleza del subsuelo.

Procedí despues a aforar el caudal del Salado, poco mas abajo del punto donde proyectaba ubicar el tranque, dándome un caudal de 375 litros por segundo.

Al mismo tiempo efectuaba en el campamento (frente al volcancito de Tátio), observaciones acerca de la evaporacion del agua, que me condujo a la cifra de 1 mm de evaporacion por hora, con una temperatura de agua de 24° C.

Como esta cifra, perfectamente comprobada, resultase bastante alta, pude pensar en la posibilidad de que el problema pudiese resolverse por este espediente.

Para este fin, probé personalmente el agua de los arroyos del Salado i de Tátio (véase el fotograbado 2, anexo) i aun cuando ámbos arroyos eran de orijen geysariano, me pareció notar que las aguas del de Tátio, aunque mas calientes, no tenian el mal sabor de las aguas del Salado.

Procedí entónces a tomar muestras de las aguas de estos arroyos (de 1800 g cada una) i a estudiar en el terreno la posibilidad de aprovechar las aguas del rio Tatio, para el caso de que el análisis químico la mostrase como de calidad aceptable.

(6) Segun análisis del Instituto de Higiene, su composicion química seria:

	g p. l
Resíduo seco (180°).....	4,610
Pérdida por calcinacion.....	0,620
Cloro.....	1,9965
Anhidrido nítrico... ..	no hai
Anhidrido sulfúrico .....	0,2643
Dureza total.....	105°,80
Dureza permanente.....	73°,60
Oxígeno consumido por la materia orgánica.....	0,0062

(7) Segun una muestra traída a Santiago i reconocida por el señor Machado, del Museo Nacional, la roca seria una toba brechiforme andesítica cementada con ceniza volcánica; se endurece con la accion del agua i del tiempo. Encima de esta roca habian diseminadas piedras andesíticas sueltas.

Para este fin tuve que estudiar dos soluciones: o dejar correr libremente por el cauce del Salado las aguas del rio Tático, echando las del Salado a los llanos de Tukulé (véase las láminas anexas), o embalsar las aguas del Salado, para eliminarlas por evaporación, llevando por un canal las aguas de Tático hasta mas abajo del tranque en cuestion.

Como conceptuase que no convendria proyectar un tranque de mas de 20 m de altura de agua, levanté i estaqué en el terreno el perímetro de este embalse, que era lo que nos iba a interesar.

Hubiera deseado haber hecho un levantamiento taquimétrico de la hoya superior del Salado, pero no contábamos en esa circunstancia con los instrumentos necesarios para esta operacion; sin embargo esta deficiencia no es bastante para hacerse sentir en las conclusiones del estudio que presentamos.

#### V. PROYECTO DE SOLUCION

Se presentaba como cuestion prévia para la resolucion del problema, el conocer la cualidad de las aguas de los arroyos Salado i Tático, cuyas muestras mandé al Instituto de Higiene, que han resultado con la composicion siguiente, segun consta de los boletines del 5 de julio de 1904:

	RIO SALADO g p. l	RIO TATIO g p. l
Residuo seco.....	8,770	3,040
Pérdida por calcinacion.....	0,975	0,365
Cloro.....	4,201	1,2755
Anhidrido nítrico .....	no hai	no hai
Anhidrido sulfúrico.....	0,048	0,1019
Dureza total.....	44°,85	29°,90
Dureza permanente.....	40°,25	25°,30
Oxígeno consumido por la materia orgánica...	0,0039	0,00328

Como se ve, hai una enorme diferencia en la composicion química de estas aguas; puede decirse que en globo, el agua del Salado contiene dos veces las sustancias minerales de las aguas de Tático. Miéntas que la primera no se presenta propia para la bebida sino en cuanto a la ausencia de anhidrido nítrico i de la corta cantidad de anhidrido sulfúrico, las aguas de Tático, aunque no propias para la bebida, no se alejan de la composicion química del agua potable, sino en los puntos siguientes.

	Río Tático	Agua potable
Residuo seco (180°) ...	3,040	0,500
Cloro.....	1,2755	0,050
Anhidrido sulfúrico.....	0,1019	0,050
Dureza permanente.....	25°,30	12°

Pero, las aguas del Loa en Calama, que actualmente se beben por una parte de la jente menesterosa, tiene la composicion siguiente (en el vado de Vilca), segun análisis del Instituto de Higiene:

	g p. l
Residuo seco (18°).....	4,065
Pérdida por calcinacion.....	0,670
Cloro.....	1,636
Anhidrido nítrico.....	no hai
Anhidrido sulfúrico.....	0,2317
Dureza total.....	85°,10
Dureza permanente.....	57°,50
Oxígeno consumido por la materia orgánica.....	0,0054

Por lo que nos creemos autorizados para dejar correr entónces libremente las aguas del arroyo de Tátio (100 l por segundo), que mezcladas con las aguas dulces de los rios Hojalar, Caspana i Loa, llegarán entónces a Calama considerablemente mejoradas.

En vista del elevado grado de dureza de las aguas del Loa en Calama,—superior al de las aguas saladas orijinarias,—se hacia interesante conocer si esto era debido a que las aguas del Loa tuvieron un alto grado hidrotimétrico o a que disolviesen durante su curso una mayor cantidad de sales de cal i de magnesia; con este objeto pedí nuevas muestras de agua (de 1 800 g cada una), una de las aguas del Loa, i otra de las del Salado, i ámbas ántes de juntarse en Chiuchiu, las que analizadas por el Instituto de Higiene, han dado la composicion siguiente (boletines del 17 de noviembre de 1904):

	RIO LOA g p. l	RIO SALADO g p. l
Residuo seco (110°).....	1,535	3,570
Cloro.....	0,4038	1,5479
Anhidrido nítrico.....	no hai	no hai
Anhidrido sulfúrico.....	0,144	0,0755
Dureza total.....	61°,60	79°,20
Dureza permanente.....	30°,80	48°,40
Sílice.....	0,076	0,085
Fierro i alúmina.....	0,012	indicios
Cal.....	0,1426	0,205
Magnesia.....	0,0907	0,0756
Potasa.....	0,0192	0,0711
Soda.....	0,2544	0,973

De lo que se deduce que el agua disuelve en todo su camino sales de cal i de magnesia (8).

Segun un aforo del arroyo Salado, ántes de juntarse con el Tátio, practicado el 19 de marzo de 1904, con un vertedor de 90 cm i 22 cm de altura de agua, ese arroyo arrasaba 165 litros por segundo.

Construido el perímetro del tranque de 20 m, que estacamos, nos dió una superficie de 365 000 m<sup>2</sup>, que con una evaporacion de 1 mm por hora, nos daba una merma de 100 l por segundo (9): no faltaba pues todavía la superficie necesaria para evaporar 65 l mas por segundo.

Traté entónces de construir el perímetro de un embalse de 25 m de altura, que nos elevaria el costo del tranque de 20 m casi en un 50 %, i nos dió una superficie de evaporacion de 465 000 m<sup>2</sup>, que representaba una merma total de 130 l por segundo.

Como no era ya posible pensar en elevar la altura del tranque i en esas condiciones no satisfacía a nuestras exigencias, aun sin contar los casos fortuitos i desfavorables, hemos abandonado la idea de buscar la solucion por este medio, que era el que ofrecía la solucion mas completa del problema.

Despues de esto no hai otra solucion práctica que dejar correr libremente por el cauce del Salado las aguas del arroyo Tátio, aunque se mezclen a diversas fuentes saladas que brotan mas abajo de la confluencia, i que pueden apreciarse en 100 l por segundo (10).

Se ha podido pensar en evaporar 100 l por s por medio de un embalse de 20 m de altura i en llevar los 65 l restantes (11) a los llanos de Tukle para ser evaporados, o rebalsarlos al cauce del Salado sin apartar completamente este caudal dañino, pero creemos que el costo de construccion de un tranque solo se justificaria si estuviere destinado a resolver completamente el problema o a dar una solucion que se apartase mui poco de ésto; pues

(8) Segun el «Annuaire de l'Observatoire de Monsouris (1888)» un grado hidrométrico equivale, por un litro de agua:

Cloruro de calcio.....	11,4 mg	Sulfato de magnesia.....	12,5 mg
Cal .....	5,7 »	Ácido sulfúrico.....	8,2 »
Carbonato de cal.....	10,3 »	Cloro.....	7,5 »
Sulfato de cal.....	14,0 »	Ácido carbónico.....	9,9 »
Magnesia .....	4,2 »		

(9) La evaporacion fué abservada como hemos dicho a 24° C de temperatura, poco ménos de lo que tendria el agua del embalse, pues aunque el agua del Salado tenia 29° C en el lugar del tranque, esta temperatura bajaria algunos grados si se le quitase el agua de Tátio, con 34° C ántes de juntarse con el Salado, que tiene ahí 24° C.

(10) Habiendo medido 375 l en el Salado en la estrechura del tranque, i 165 i 100 en los arroyos Salado i Tátio que forman aquél, hemos avaluado entónces en 100 l el gasto de las fuentes termales de mas abajo.

(11) Cuando tratábamos de la solucion del tranque no tomábamos en cuenta los 100 l por s de las fuentes de abajo de la confluencia, pues confiábamos en ahogar esas fuentes con la presion del agua ya que habíamos notado en muchas de ellas que aunque se veía hervir a borbotones el agua en el interior, no tenían fuerza suficiente para rebalsar fuera del edificio.

a pesar de que la fuente mas dañosa de la hoya del Loa es el arroyo Salado de que nos ocupamos, hai muchas otras de mucho ménos consideracion, como las fuentes de Aiquina, las capas salinas del cauce i las aguas salobres del San Salvador (12), que impedirán que el rio Loa arrastre durante todo su curso aguas perfectamente potables.

Desechada pues la idea de un tranque, no nos queda otro recurso que botar las aguas a algun terreno en que sea posible desparramarlas o evaporarlas, sea en su curso libre o sea provocando la filtracion.

A pesar de que encontramos en los llanos de Tukle terrenos bastantes planos i en cierta parte revestidos de una capa aluvial conveniente para el desarrollo de los canales, estimamos que esta solucion no es completamente satisfactoria, porque el canal que conduzca las aguas de la toma hasta Tukle, i que tendrá que construirse por la ladera sur del rio i en un terreno suelto i pedregoso, no podrá nunca mantenerse en un estado conveniente de impermeabilidad. Hai que temer que alguna parte del agua llevada por el canal sea filtrada i caiga nuevamente al cauce del Salado.

Por otra parte, hai que temer tambien que puedan reventar en alguna parte de la hoya una o mas vertientes saladas que irán a los thalwegs i talvez podrán ser tomadas por el agua de los rios, si no se evaporan ántes.

En nuestro caso las vertientes aparecerían en los cajones de los rios Salado, Curti i Turicuna, sin tocar las aguas del rio Caspana, que sirve los riegos del caceroío de ese nombre, i que no hubiera sido posible esponer a una contaminacion de esta clase, pues estos intereses, aunque pequeños, son bien léjítimos.

---

He sabido que se ha hecho la observacion de que no conviene suprimir esta parte mala del caudal de la hoya del Loa, porque al fin i al cabo sirve siquiera en este estado para regar i cuitivar la alfalfa i el maiz, pero basta considerar para refutar esta observacion que tomando en cuenta las temperaturas de las aguas del arroyo Salado (24°C) i del Loa (11°C) en Calama, i la distancia que recorren (100 km), para creer que a lo ménos la mitad del caudal (831) se pierde en el trayecto por evaporacion i filtracion, i 83 l no es la décima parte del caudal mínimo del Loa en Calama (13), despues de tomada toda el agua para los cultivos.

## VI. LAS OBRAS

Con el objeto de provocar la derivacion de las aguas del arroyo Salado, proyectamos construir unos cien metros aguas arriba de su confluencia con el arroyo de Tátio, un pequeño tranque de 24,55 m de largo (véanse las láminas anexas), de forma trapezoidal i 0,60 m de altura; tiene dos alcantarillas, capaces cada una de contener el caudal del arroyo, provistas de compuertas de fierro, para echar el agua al canal o dejarla correr libremente, cuando haya que proceder a la limpia del canal.

---

(12) Hemos dado mas atras el análisis de estas aguas.

(13) En los dias 4 i 5 de abril de 1904 medimos en el puente de las Ovejas, del camino a Atacama 1086 l i 1367, poco mas abajo, en el vado de Vilca, cerca de Chintoraste.

La seccion del tranque se ha determinado, suponiendo el caso de que pase el caudal entero del arroyo por encima de él, i haciendo que la resultante de la presion del agua en este caso i del peso propio del tranque (considerando la mampostería con un peso mínimo de 1 600 kg), quede dentro del tercio central; la presion por  $\text{cm}^2$  en este caso seria solo de 0,13 kg: 50 veces menor de la que se podria aceptar.

La resistencia al resbalamiento queda asegurada por una ranura de empotramiento en la base de  $0,20 \times 0,25$  m.

La mezcla será hecha de una parte de cemento, dos de cal i nueve de arena.

Se buscará una arena que mezclada con la cal i el cemento en las proporciones indicadas, se endurezca completamente, en capas de  $1\frac{1}{2}$  cm, a los cuatro dias de exposicion al aire, despues de un dia de inmersion en el agua.

El agua saldrá por la compuerta del norte a un canal que se formará en parte por una murallita de mampostería i otra parte en corte, hasta una puntillita, desde donde se tenderá un puente-canal de 70 m de largo, a fin de que el agua del Salado pase a la ribera izquierda por encima de las aguas de Tátio, que correrán libremente.

El puente estará dividido en 12 tramos de 5,83 m cada uno, apoyados en machones de mampostería de 0,50 m de ancho i con inclinaciones de 1 por 10, i una altura media de seis metros, hasta quedar bien fundados; en esta mampostería se usará la mezcla anteriormente fijada.

El puente es formado de seis tablas de rauli de  $0,30 \times 0,025$  m formando cajon i ensambladas en los apoyos. Tienen marcos de amarra cada metro en los apoyos i distanciados de 1,21 m en el resto del tramo.

El trabajo molecular de la madera no sobrepasa los 60 kg por  $\text{cm}^2$  de seccion.

Los vientos no son mui de temer en esta parte: sin embargo, el puente lleva contravientos superiores para impedir la deformacion de la canoa, que va amarrada a los apoyos por dos pernos chascones en cada uno. Se consulta todavia amarrarlo en dos o tres de sus tramos por cables de alambres a dos poyos de mampostería empotrados en el terreno.

A la salida del puente el canal atravesará por un túnel, de 20 m i seccion mínima de  $1 \times 0,7$ , una puntilla i seguirá con una pendiente de 0,0005 por la falda izquierda del cajon; habrá que aprovecharse de las quebradas para hacer caidas i bajar el nivel del canal, que no podria por las dificultades del terreno, conservar esta pendiente hasta llegar a los llanos de Tukle.

Como la falda del cerro es bastante pendiente, se ha adoptado para el canal las paredes de  $45^\circ$ , aun cuando haya necesidad de arreglarlas a veces con piedras secas.

Conviniendo en una profundidad de agua de 0,60 m se llega a un ancho en la plataforma de 0,50 m para una seccion económica (14); en estas condiciones la velocidad del agua será 0,27 m.

La escavacion se hará bajándose 1 m en las estacas: se conseguirá así una barda de 0,60 m que es la altura del agua, i se completará la seccion del canal con el producto de la escavacion, formando banquetas de 0,50 m, como queda indicado en el perfil de la estaca 31 (véanse las láminas anexas).

(14) FLAMANT, *Hydraulique*, página 213.

Una vez construido el canal habrá que cuidar de agotar las filtraciones, mediante un desparramo conveniente de arena, destinada a llenar los intersticios, i dejando en seguida evaporar el agua a trechos o haciéndola correr, segun los casos, a fin de que depositándose la sal en las paredes tienda a hacerlas impermeables.

Los llanos de Tukle son mas o ménos 150 hectáreas de terreno de aluvion, donde crece el coiron i el añaba i donde se podrán desarrollar en zig zag unos 10 km de canales, destinados a filtrar el agua en partes i a evaporarla.

La seccion de estos canales será un trapecio de 1,5 m de plataforma, 0,30 m de profundidad i paredes de 45°; con una pendiente de 0,001 llevará una velocidad de 0,30 metros.

Se construirá una habitacion en Tátio i otra en Tükle, destinadas a dos cuidadores (15), el de Tátio atenderá el servicio de las compuertas i a la limpia del canal (16), i el de Tukle tendrá a su cargo el servicio del riego i la mantencion de los canales en zig-zag (17).

Las murallas de estas habitaciones serán de mampostería con mezcla ordinaria de uno de cal i cuatro de arena (18).

## VII. ESPECIFICACIONES

### *Tranque*

#### Escavaciones

En roca:	20 × 0,25 × 0,20.....		m <sup>3</sup>	1,000
En tierra:	3 × 0,60 × 0,50.....	m <sup>3</sup>	0,900	
	3 × 0,60 × 0,50.....	»	0,900	
	2 × 0,40 × 0,40.....	»	0,320	2,120

(15) Estos cuidadores deberán pagarse por la Municipalidad de Calama, la que deberá crear estos puestos i consultar los sueldos en el presupuesto respectivo.

(16) La esperiencia indicará a qué horas de la tarde deberá diariamente verificarse la limpia de una parte del canal, de suerte que soltando el agua salada del tranque llegue a Calama en la noche, a la hora en que el perjuicio seria de ménos consideracion.

(17) Conviene solicitar desde luego que el Supremo Gobierno establezca en Chiuchiu una agencia postal i una oficina telegráfica, destinada en primer lugar a servir al público i despues a facilitar la construccion de esta obra i la implantacion de los nuevos servicios.

(18) No debe usarse el agua salada en estas mezclas: en el tranque el agua del arroyo de Tátio (a 100 m), como en la casita de Tátio, i el agua de las vertientes de Tukle en la casita de este llano.

Existen, ademas, vertientes de agua dulce en toda la estension del trazo del canal, i abundante leña en toda la rejion.

## Mampostería

20 × 0,25 × 0,20.....	m <sup>3</sup>	1,000	
12,5 × 0,60 × 0,50.....	»	3,750	
4 × 0,60 × 0,50.....	»	1,200	
4 × 0,40 × 0,40.....	»	0,640	
5,25 × 0,40 × 0,40.....	»	0,840	
2,5 × 0,60 × 0,50.....	»	0,750	
2,5 × 0,40 × 0,40.....	»	0,400	
0,75 × 0,20 × 0,25.....	»	0,038	
1,5 × 0,60 × 0,50.....	»	0,450	
2,0 × 0,40 × 0,40.....	»	0,320	
0,5 × 0,40 × 0,40.....	»	0,080	
3,75 × 0,40 × 0,40.....	»	0,600	m <sup>3</sup> 10,068

2 compuertas de fierro de 0,50 × 1,00 i sus accesorios.

*Escavacion i arreglo del canal hasta el puente*

Mampostería de cierre del canal por el sur 12 × 0,60 × 0,50.....	m <sup>3</sup>	3,600
---	----------------	-------

## Escavacion en tierra

12 × 0,60 × $\frac{1,70 + 0,50}{2}$ .....	»	7,920
---	---	-------

*Puente canal*

## Maderas de roble

13 vigas de 0,75 × 0,20 × 0,075.....	m <sup>3</sup>	0,146	
Despunte 10%.....	»	0,015	m <sup>3</sup> 0,161

## Maderas de raulí

72 tablas de 7 × 0,30 × 0,025.....	m <sup>3</sup>	3,780
122 tablas de 0,80 × 0,10 × 0,025....	»	0,244
122 tablas de 0,70 × 0,10 × 0,025.....	»	0,214
26 tablas de 1,20 × 0,10 × 0,025.....	»	0,078

96 tablas de $1,45 \times 0,10 \times 0,025$ .....	»	0,348		
244 tarugos de $0,10 \times 0,025 \times 0,025$ ...	»	0,015		
78 cuñas de $0,05 \times 0,10 \times 0,10$ .....	»	0,039		
Despunte 10%.....	»	0,472	m <sup>3</sup>	5,190

## Ferretería

26 pernos chascones para los apoyos de $0,45 \times 0,025$ .....	kg	54,500		
13 planchas-golillas para los pernos de $0,50 \times 0,10 \times 0,01$ .....	»	49,704		
26 tuercas para los pernos chascones de $0,025 \times 0,05$ .....	»	8,034		
220 pernos para los ensambles de $0,05 \times 0,0125$ .....	»	20,130		
220 tuercas para los pernos de ensambles de $0,0125 \times 0,025$ .....	»	11,000		
88 planchas-golillas para los pernos de los ensambles verticales de $0,55 \times 0,05 \times 0,005$ .....	»	92,664		
44 planchas-golillas para los pernos de los ensambles horizontales de $0,22 \times 0,05 \times 0,005$ .....	»	18,447		
430 pernos para amarrar los marcos i el centro de los contravientos de $0,075 \times 0,0125$ .....	»	50,310		
430 tuercas de pernos de marcos i contravientos de $0,0125 \times 0,025$ ....	»	21,500		
430 golillas de pernos de marcos i contravientos de $0,05 \times 0,05 \times 0,005$ ..	»	79,722		
122 pernos para los contravientos de $0,10 \times 0,0125$ .....	»	17,446		
122 tuercas para los pernos de los contravientos de $0,0125 \times 0,025$ ....	»	6,100		
244 golillas para los pernos de los contravientos de $0,05 \times 0,05 \times 0,005$ ..	»	22,620	kg	452,177
<hr/>				
3 000 metros de alambre de fierro galvanizado de 1 mm de diámetro para amarrar el puente a poyos centrales.....			kg	183,690

## Mampostería

2 estribos de $0,50 \times 0,30 \times 1,00$ .....	m <sup>3</sup>	0,150	
$0,30 \times 0,20 \times 1,00$ .....	»	0,060	
	»	$0,210 \times 2$	m <sup>3</sup> 0 420
11 machones con pendiente de 1 a 10			
$\frac{0,5 \times 0,7 + 1,7 \times 0,7}{2} \times 6$ .....	»	4,620	
$2 \times \frac{0,16 \times 0,2 + 0,75 \times 0,2}{2} \times 6$ .....	»	1,080	
$\frac{0,0177 + 0,4418}{2} \times 6$ .....	»	1,378	
	»	$7,078 \times 11$	m <sup>3</sup> 77,858
2 poyos de amarra de 1 m <sup>3</sup> cada uno.			» 2,000
			» 80,278

## Túnel

Apertura de la galería: $0,70 \times 1,00 \times$ 20.....			» 14,000
--	--	--	----------

## Escavacion del canal

Entre estacas	9-8	$1,6 \times 221$ .....	m <sup>3</sup>	353,600
»	»	8-7 $1,7 \times 339$ .....	»	576,300
»	»	7-6 $1,8 \times 263$ .....	»	473,400
»	»	6-5 $1,8 \times 70$ .....	»	126,000
»	»	5-4 $1,75 \times 80$ .....	»	140,000
»	»	4-3 $1,85 \times 63$ .....	»	116,550
»	»	3-2 $2,0 \times 45$ .....	»	90,000
»	»	2-1 $2,1 \times 76$ .....	»	159,600
»	»	1-β $1,85 \times 90$ .....	»	166,500
»	»	β-31 $1,75 \times 30$ .....	»	52,500
»	»	31-32 $2,0 \times 25$ .....	»	50,000
»	»	32-33 $2,0 \times 66$ .....	»	132,000
»	»	33-34 $1,8 \times 106$ .....	»	190,800
»	»	34-35 $1,7 \times 73$ .....	»	124,100
»	»	35-36 $2,0 \times 113$ .....	»	226,000

»	»	36-37	2,3 × 97.....	»	223,100		
»	»	37-38	2,8 × 97.....	»	271,600		
»	»	38-39	2,45 × 147.....	»	360,150		
»	»	39-40	2,2 × 383.....	»	842,600		
»	»	40-41	2,65 × 70.....	»	165,500		
»	»	41-42	2,2 × 123.....	»	270,600		
»	»	42-43	1,9 × 500.....	»	950,000		
»	»	43-44	2,15 × 500.....	»	1 075,000		
»	»	44-45	2,15 × 61.....	»	131,150		
»	»	45-46	2,5 × 121.....	»	302,500		
»	»	46-47	2,9 × 56.....	»	162,400		
»	»	47-48	2,8 × 121.....	»	338,800	m <sup>3</sup>	8 070,750

---

*Canal de evaporacion i filtracion*

Escavacion

1,5 × 0,5 + 0,5 × 0,5 × 10 000.....	m <sup>3</sup>	10 000,000
-------------------------------------	----------------	------------

*Casas de cuidadores*

Mampostería

$\frac{0,25+0,50}{2} \times 2 \times 20.....$	m <sup>3</sup>	15,000
-(1 × 1,8 + 1,0 × 1,0).....	»	2,800
		<hr/>
	»	12,200
0,5 × 0,5 × 2,0.....	»	5,000
		<hr/>
	»	17,200 × 2 m <sup>3</sup> 34,400

Maderas de roble

7 piezas de 0,05 × 0,15 × 5.....	m <sup>3</sup>	2,625
14 piezas de 0,05 × 0,15 × 2,70.....	»	2,835
14 piezas de 0,5 × 0,15 × 1,0.....	»	1,050
5 piezas de 0,05 × 0,05 × 7,0.....	»	0,088
		<hr/>
	»	6,598 × 2 m <sup>3</sup> 13,196

## Maderas de raulí

2 puertas de 1, x 1,8.  
2 ventanas de 1,0 x 1,0.

## Fierro galvanizado acanalado

36 planchas de 2,7 x 0,9..... kg 510,000

## VIII. PRECIOS UNITARIOS

Los jornales en la provincia de Antofagasta son altos i la jente escasa: se podrá emplear la jente del sur, que gana mas o ménos \$ 3 diarios, o los indíjenas de Atacama i de los caceries de Toconce, Caspana, Aiquina, Machuca i Río Grande, los que exigirán menor jornal, pero harán tambien menor cantidad de trabajo.

Recomendamos emplear esta clase de jente, mas habituada a la *puna* i mas dócil; talvez el mejor sistema seria contratar cantidades de trabajo con alguno de los cabecillas de cada uno de los caceries nombrados.

Sin embargo, calcularemos el jornal de \$ 3 diarios, con una partida especial para trasporte de víveres, i el trabajo de un peon chileno, que es sobre el que tenemos datos.

Los precios de los materiales son los de Antofagasta, pues establecemos aparte una partida especial para pagar los fletes hasta Tukle i el lugar de la obra.

La alimentacion de los indíjenas seria:

en la mañana: harina tostada i café,  
a medio dia: un guiso de carne i pan,  
en la tarde: un guiso de carne,

i ademas una onza de coca diariamente, que vale mas o ménos 10 centavos.

Escavaciones en piedra para el empotramiento del tranque, trabajo reducido (1 m <sup>3</sup> ) i delicado, el m <sup>3</sup> .....	\$	10,00
Escavaciones en tierra blanda i piedras sueltas, para el canal, arreglando el desmonte en forma de banquetta: un chucero i un palero puedan hacer juntos 8 m <sup>3</sup> al dia, el m <sup>3</sup> .....	\$	0,75
5% por desgaste de herramientas.....	»	0,04 » 0,79
Escavaciones en tierra blanda, para el canal, de Tukle: un chu- cero i un palero pueden hacer juntos 10 m <sup>3</sup> al dia, el m <sup>3</sup> ...	»	0,60
5% por desgaste de herramientas.....	»	0,03 » 0,63

Arreglo de la falda, al lado arriba del canal, i aprovechamiento de las quebradas para bajar el nivel del canal, el metro corrido .....	§	0,10
Arreglo de canchones al lado del canal de Tukle, el metro corrido .....	»	0,29
Escavacion del túnel, el m <sup>3</sup> .....	»	10,00
Compuertas de fierro colocadas, cada una.....	»	100,00
Cemento Portland, los 46 kg, con embalaje impermeable, para cargar en burros.....	»	3,00 (*)
Cal viva, los 46 kg, idem, idem.....	»	1,20
Fierro elaborado, el kg.....	»	0,35
Fierro galvanizado acanalado, para techos, los 46 kg.....	»	13,00
Madera de roble i de raulí (19), el m <sup>3</sup> .....	»	50,00 (*)
Arena, el m <sup>3</sup> .....	»	3,00

## Mezcla ordinaria:

4 m <sup>3</sup> de arena.....	§	12,00
1 m <sup>3</sup> de cal ( $\frac{1}{10}$ de tonelada).....	»	15,84
15 horas de un peon .....	»	4,50
<hr/>		
4 m <sup>3</sup> de mezcla ordinaria.....	»	32,34
el metro cúbico.....	»	8,08

## Mezcla hidráulica:

9 m <sup>3</sup> de arena.....	»	27,00
2 m <sup>3</sup> de cal.....	»	31,68
1 m <sup>3</sup> de cemento ( $\frac{1}{10}$ de tonelada).....	»	85,80
30 horas de un peon.....	»	9,00
<hr/>		
10 m <sup>3</sup> de mezcla hidráulica.....	»	153,48
el metro cúbico.....	»	15,35

## Mampostería ordinaria:

1 m <sup>3</sup> de piedra bolon.....	»	3,00
$\frac{4}{10}$ de m <sup>3</sup> de mezcla ordinaria.....	»	3,20
obra de mano.....	»	5,10
<hr/>		
el metro cúbico.....	»	11,30

(\*) Segun los precios que se ha servido comunicarme el señor Santiago Imrie, de Antofagasta.

(19) Habrá que llevar esta madera desde el centro del país, pues en Antofagasta se encuentran solamente de las dimensiones mas comunes, pues allí se vende de preferencia la madera de pino americano.

## Mampostería hidráulica:

1 m <sup>3</sup> de piedra bolon.....	§	3,00
$\frac{1}{10}$ de m <sup>3</sup> de mezcla hidráulica.....	»	6,14
obra de mano.....	»	5,10
		<hr/>
el metro cúbico.....	§	14,24
Por labrar i colocar un m. <sup>3</sup> de madera .....	»	10,00

## Flete de los 46 kg:

carretonaje en Antofagasta.....	»	0,06
ferrocarril a Calama (238 km).....	»	4,00
carretonaje a Chiuchiu (33 km).....	»	0,50
carretonaje 33 km mas léjos (sin forraje ni agua).....	»	0,80
burros a Caspana (17 km).....	»	0,40 (20)
burros a Tukle (20 km).....	»	0,60
reparticion hasta la obra.....	»	0,14
		<hr/>
flete del quintal español.....	»	6,50

(20) Los indíjenas de Caspana trasportan leña de llareta al mineral de Chuquicamata donde pagan \$ 1,80 por el quintal; en nuestro caso hai que pensar en pagar mas caros los fletes a fin de asegurar un servicio rápido i espedito.

## IX. PRESUPUESTO

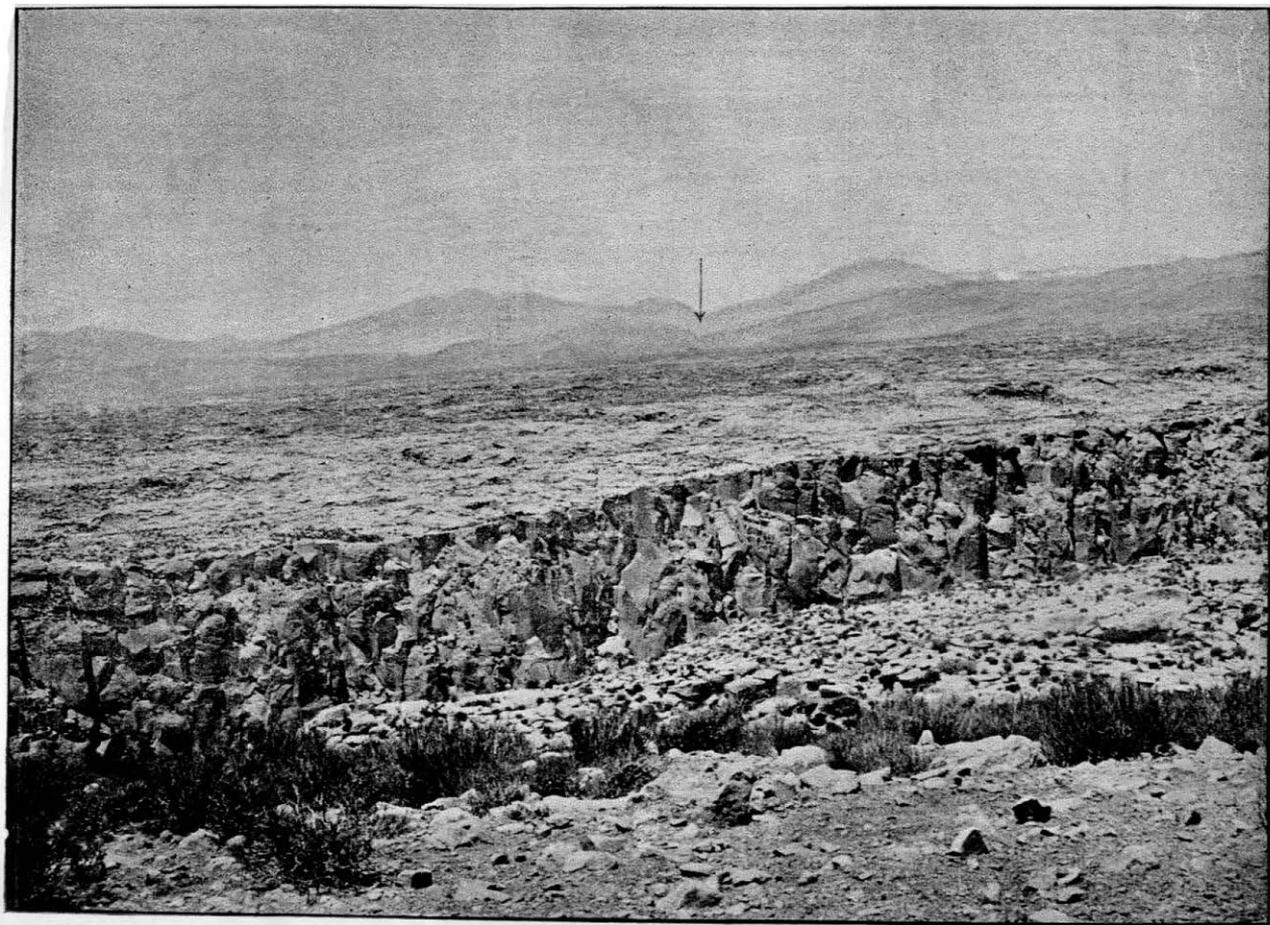
DESIGNACION	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	SUMAS	
			PARCIALES	TOTALES
<i>Tranque</i>				
Escavacion en roca.....	1,000 m <sup>3</sup>	\$ 10,00	\$ 10,00	
Escavacion en tierra.....	2,120 »	0,63	1,34	
Mampostería hidráulica.....	10,068 »	14,24	143,37	
Compuertas i accesorios, colocadas..	2	100,00	200,00	\$ 354,71
<i>Canal hasta el puente</i>				
Mampostería hidráulica.....	3,600 m <sup>3</sup>	14,24	51,26	
Escavacion en tierra.....	7,920 »	0,63	4,99	56,25
<i>Puente-canal</i>				
Maderas de roble.....	0,161 m <sup>3</sup>	50,00	8,05	
Maderas de raulí.....	5,190 »	50,00	259,00	
Por labrar i colocar maderas.....	4,867 »	10,00	48,67	
Fierro elaborado.....	452,177 kg	0,35	158,26	
Alambre de fierro galvanizado.....	183,690 »	0,20	36,74	
Por colocar fierros.....	616,614 »	0,10	61,66	
Alquitranado.....	70 m c	1,00	70,00	
Calafateado.....	70 » »	1,00	70,00	
Arreglo de entrada i salida.....	2 » »	10,00	20,00	
Mampostería hidráulica.....	80,278 m	14,24	1 143,16	1 875,54
<i>Túnel</i>				
Escavacion en roca.....	14,00 m <sup>3</sup>	10,00	140,00	
Arreglo de las bocas.....	2	25,00	50,00	
Trabajos no consultados.....			10,00	200,00
<i>Canal de derivacion</i>				
Escavacion en tierra i piedra suelta.....	070,750 m <sup>3</sup>	0,79	6 375,89	
Arreglo de la falda del cerro.....	3,936 m c	0,10	393,60	6 769,49

DESIGNACION	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	SUMAS		
			PARCIALES	TOTALES	
<i>Canal de evaporacion</i>					
Escavacion en tierra.....	10 000 m <sup>3</sup>	\$ 0,63	\$ 6 300,00	\$ 8 300,00	
Arreglo de canchones.....	10 000 m. c	0,20	2 000,00		
<i>Casas de cuidadores</i>					
Mampostería ordinaria.....	34,400 m <sup>3</sup>	11,30	388,72	1 488,98	
Maderas de roble.....	13,196 »	50,00	659,80		
Por labrar i colocar maderas.....	13,196 »	10,00	131,96		
Puertas de rauli colocadas.....	2	35,00	70,00		
Ventanas de rauli colocadas.....	2	30,00	60,00		
Fierro galvanizado acanalado para techo.....	510 kg	0,30	153,00		
Por colocar fierro galvanizado.....	510 »	0,05	25,50		
<i>Fletes</i>					
Herramienta.....	100 qq	6,50	7 110,00		7 110,00
Cal viva.....	300 »				
Cemento Portland.....	125 »				
Compuertas, puertas, etc.....	5 »				
Maderas.....	365 »				
Fierro, alambre, etc.....	25 »				
Alquitran, brea, estopa, etc.....	2 »				
Viveres.....	150 »				
Otros fletes.....	28 »				
<i>Imprevistos.....</i>	12 %			2 285,40	
<i>Ganancia del contratista</i>	15 %			2 856,75	
SUMA TOTAL.....				\$ 31 297,12	

Asciende a treinta i un mil doscientos noventa i siete pesos, doce centavos.

Santiago, diciembre de 1904.

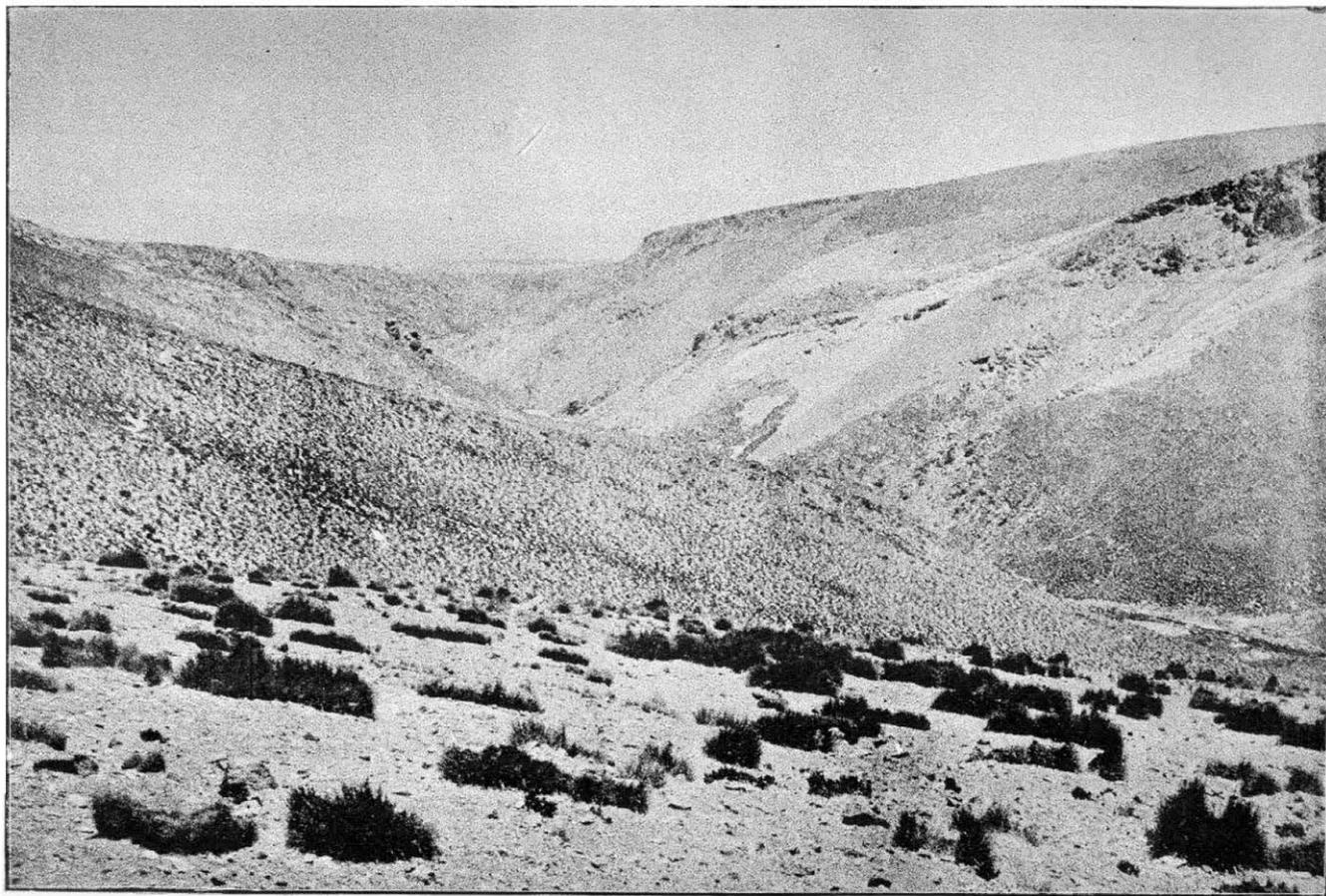
LUIS RISO PATRON S.  
Injeniero jéografo i civil.



1.—La meseta volcánica i la estrechura del rio Salado, mirados desde el poniente  
(Cercañas de Cáblor)

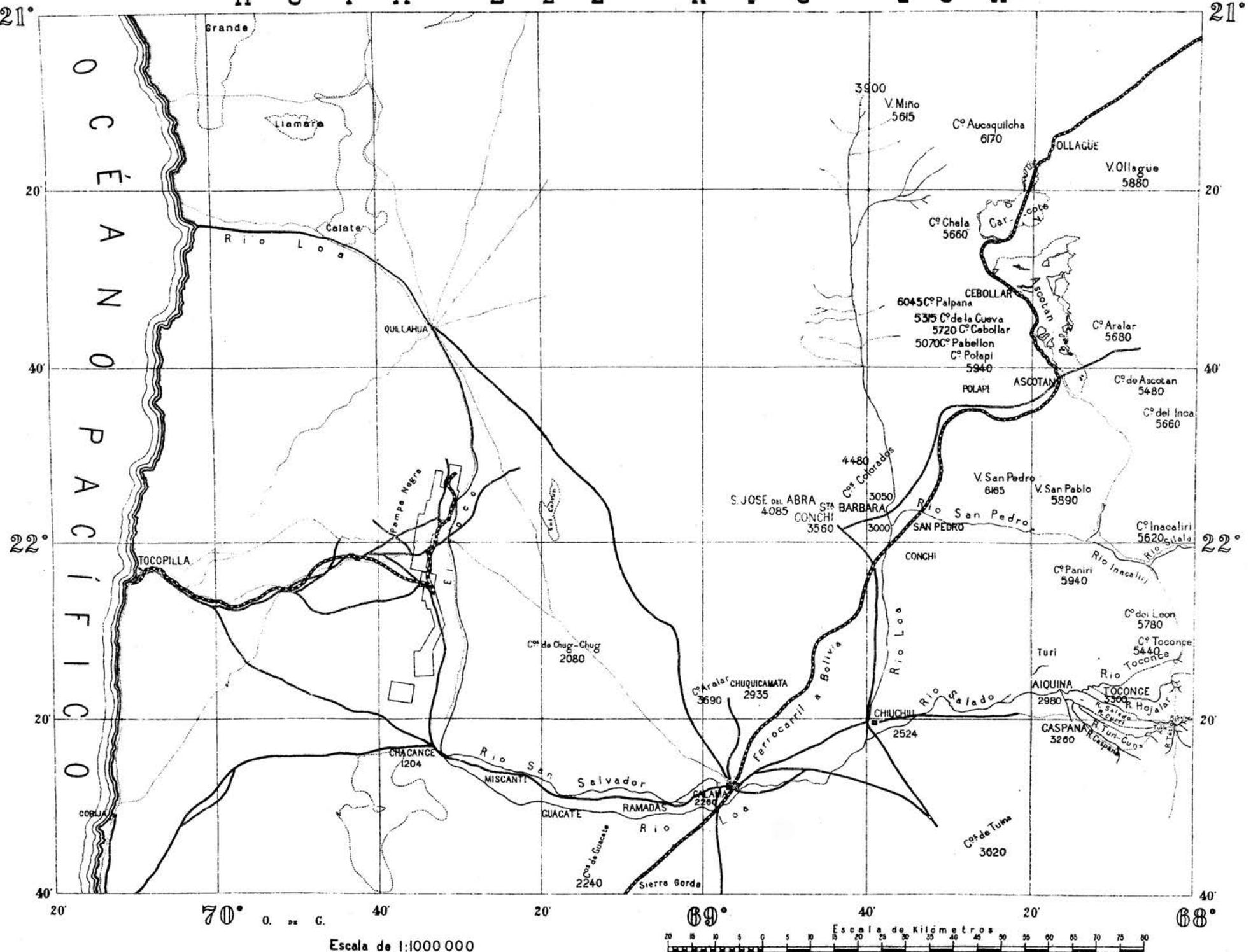


2.—El arroyo Salado i su confluencia con el de Tátio, mirados desde las primeras alturas de la estrechura del Salado, en el poniente



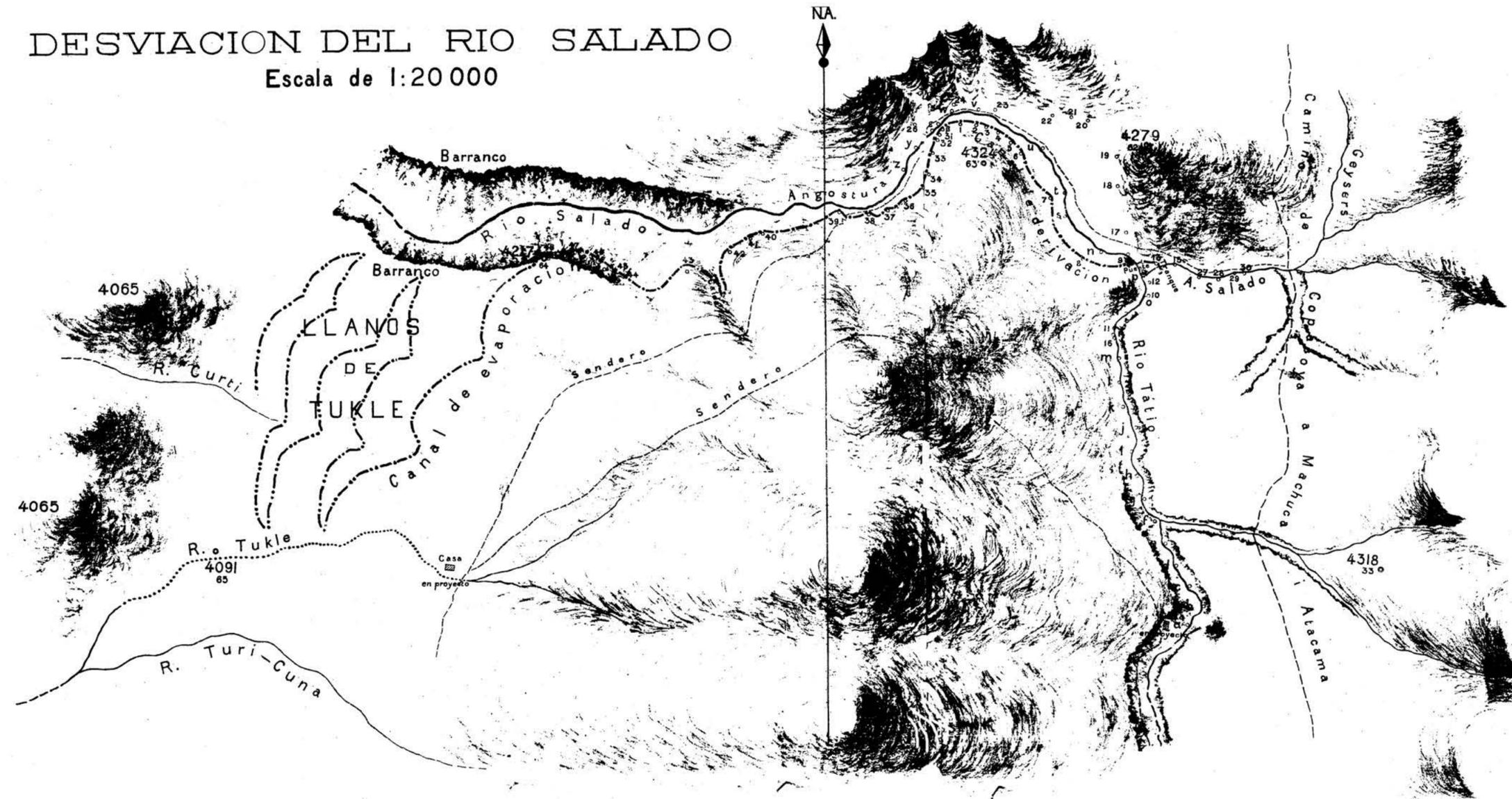
3.—La estrechura del Salado i la meseta volcánica, mirando hácia el poniente

# H O Y A D E L R I O L O A

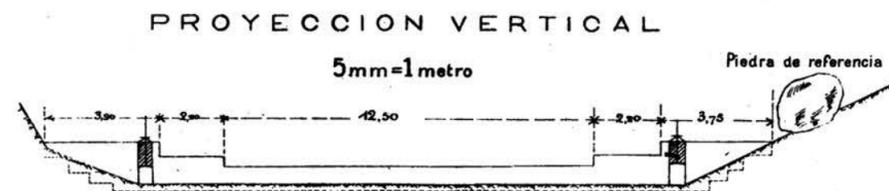


# DESVIACION DEL RIO SALADO

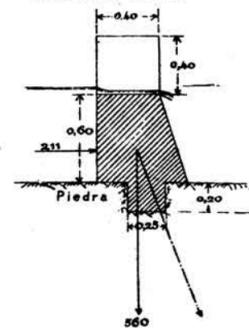
Escala de 1:20 000



## TRANQUE SOBRE EL RIO SALADO



CORTE  
25mm=1mm

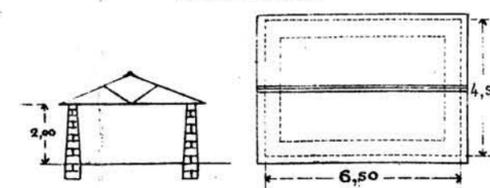


## CASA

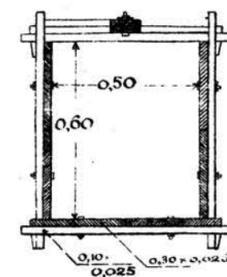
PARA EMPLEADOS

CORTE - PLANTA

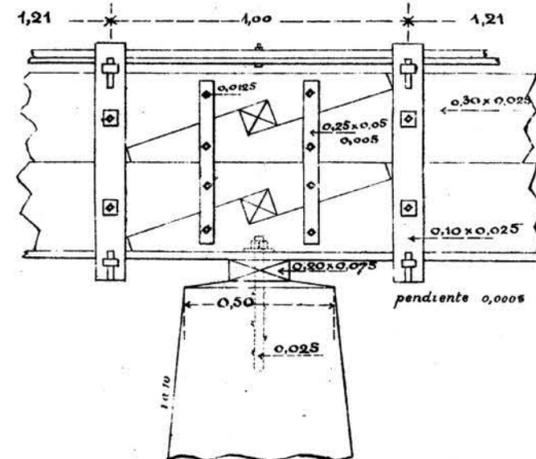
5mm=1 metro



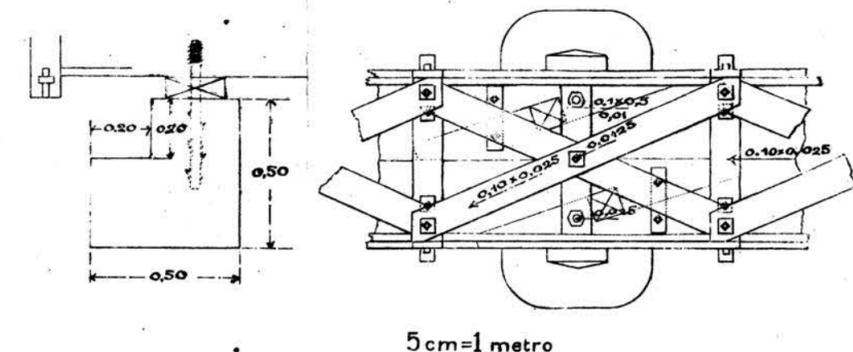
CORTE



PROYECCION VERTICAL

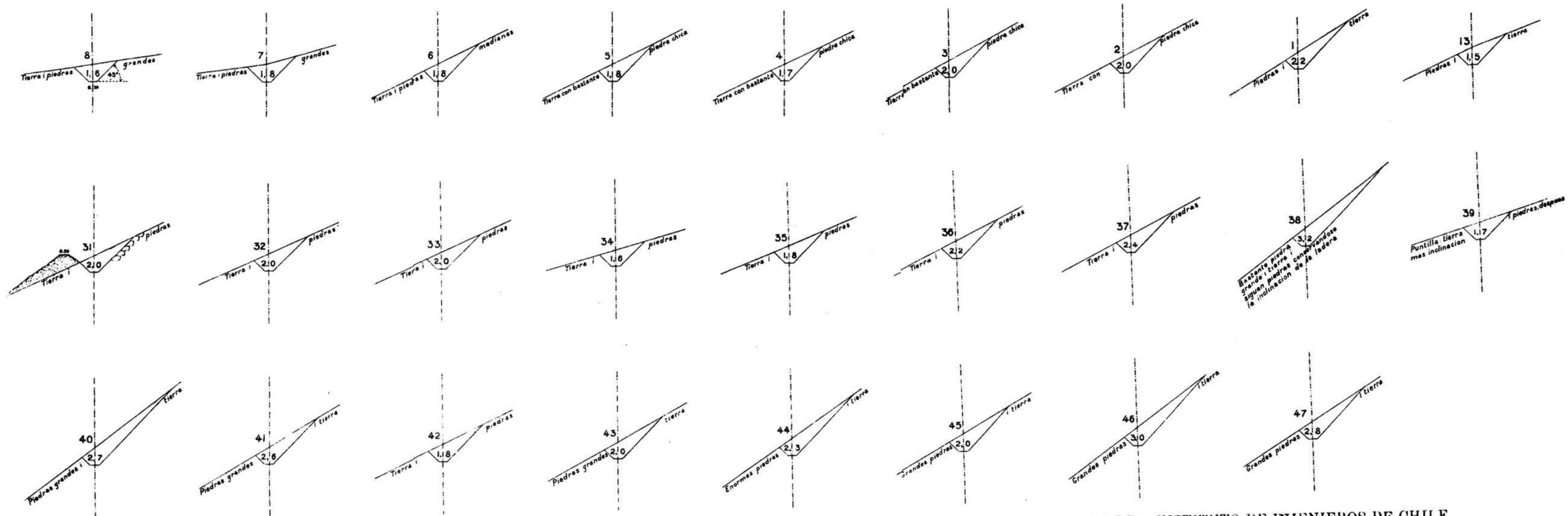


ESTRIBO PROYECCION HORIZONTAL



# PERFILES I SECCION DEL C/AL

5mm = 1metro



ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

