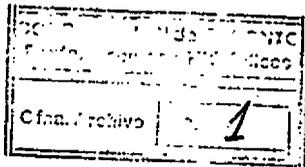
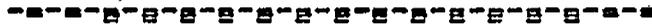


CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE



INFORME ANGOSTURA EN EL RIO PUANGUE
EN BOQUERON Y CRITICA DEL INFORME
AGUAS SUBTERRANEAS EN LA CUENCA DE
CASABLANCA DEL GEOLOGO SR. TAYLOR.-



CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE



CORPORACION DE FOMENTO	
Depto. Recursos Hidráulicos	
Ofna. Archivo	Nº.

ANGOSTURA EN EL RIO PUENGUE EN BOQUERON

1).- Ubicación.-

En el lugar denominado Colliguai, al pié de la Cordillera de la Costa y a escasa distancia de su nacimiento, el rio Puangue pasa por una angostura que se ha elegido como sitio para un tranque de unos 40 metros de altura (1).-

2) .- Geología de la región.-

La formación granítica que se extiende desde la costa hasta el pié de la Cordillera de la Costa, a unos cinco Km. del pueblecito de Colliguai, es reemplazada por la Formación Porfirítica (que cubre al granito) formación que, como es sabido, corresponde a rocas metamórficas del mesozoico.-

En el sitio elegido para la construcción del tranque se puede observar una intrusión ácida (probablemente pegmatita o aplita) proveniente del macizo granítico ya descrito, intrusión que ha resistido mejor la erosión y la descomposición que el resto de la zona, como lo demuestra el hecho de que, aguas arriba de la angostura, el valle se ensancha y queda cubierto por una gruesa capa de ripio.-

En la angostura misma puede observarse la roca en todo el ancho del lecho, circunstancia que revela la resistencia ofrecida por esta intrusión, a la erosión del río.-

Un estudio de la zona (portezuelo adyacente y morro situado al norte de la angostura) demuestran que el lecho del río coincide con los lechos de distintas épocas, hecho que explica la avanzada descomposición que ha sufrido esta intrusión ácida, en las grietas.-

En efecto, basta observar los túneles de reconocimiento, para convencerse de que, en las zonas adyacentes a las primitivas grietas, el feldespato ha sufrido, por los agentes atmosféricos, una descomposición tan profunda que se presenta como una greda, rica en cuarzo, que cede fácilmente a la picota, o aún, a la pala.-

La profundidad de la zona descompuesta puede estimarse, en virtud de los reconocimientos, en 10 o, a lo sumo, 15 metros, circunstancia que debe tenerse presente en el presupuesto.-

A juzgar por el aspecto de esta intrusión, las zonas realmente descompuestas abarcan espesores relativamente reducidos, (2 a 3 metros) pudiendo admitirse que más allá de estas zonas, afectadas por las aguas que circularon

(1) 44 mts. sobre el lecho del río.- Nota Ing. Juliet.

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

Por las grietas, la roca se encuentra suficientemente compacta para resistir, sin lugar a dudas, las escasas fatigas provocadas por un tránque de concreto gravitacional.-

En consecuencia, estima el infrascrito, que bastará retirar, hasta encontrar roca suficientemente fresca, el material descompuesto que rellena las grietas, para poder asegurar impermeabilidad y estabilidad de la construcción.-

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

AGUAS SUBTERRANEAS EN LA CUENCA DE CASABLANCA

1).- Informe del Sr. O. C. Taylor.

En 1946 el geólogo americano Sr. Taylor visitaba la cuenca de Casablanca y arribaba a las siguientes conclusiones:

- a) Tres fallas de dirección noroeste a sureste originaron, a fines del terciario, los valles Los Perales, Lo Ovalle y Lo Orozco y una cuarta falla, de dirección noroeste a sureste, habría originado el valle de Casablanca.-
- b) De estos movimientos resultó un sistema de fosos tectónicos que no tenían desagüe hacia el mar; pero, gradualmente, los materiales desgastados por los arroyos rellenaron estos fosos hasta acercarse al nivel de la roca fundamental del umbral, cerca de La Dichas.-
- c) El relleno aluvial de la cuenca de Casablanca está compuesto, en su mayor parte, por capas lenticulares intercaladas de arena y arcilla, con una cantidad relativamente pequeña de grava.-

El espesor y la distribución lateral de las capas individuales de arena y arcilla, son completamente variables, porque ellas fueron depositadas por corrientes que cambian de tiempo en tiempo sus cursos en la superficie, del relleno.-

- d) Las capas de arena y arcilla del relleno de la cuenca de Casablanca, tienen una permeabilidad moderada.- Sin embargo, el relleno está saturado de agua casi hasta la superficie de la tierra, porque la salida subterráneas de la cuenca a través del relleno aluvial, está cortada por un umbral de granito cerca de Las Dichas.-
- e) El agua caída anualmente dentro del área de captación, área que puede estimarse en unos 522 kilómetros cuadrados, varía entre 500 y 700 mm. o sea, correspondería a unos 300 millones de m. cúbicos y, por lo tanto, a unos diez m³/seg. en término medio.-
- f) Se recomienda la perforación de 3 o 4 pozos de prueba, a lo largo del eje del valle de Casablanca, hasta la roca fundamental, o bien, hasta la profundidad de 30 a 60 mts. y uno de dos pozos de prueba en el valle de Los Perales y en el de Lo Ovalle, aguas abajo de los tranques.

2.- Crítica del informe del Sr. Taylor.

Basta la lectura de los párrafos b) y c) para convencerse de que la génesis aceptada por el Sr. Taylor no puede ser correcta.-

En efecto, si los fosos tectónicos originados por las fallas carecieran de desagüe, la sedimentación habría correspondido a la formación de delta, tal como lo indica la fig. 1), puesto que el nivel de la laguna debería haber correspondido a algún desagüe situado a una cota, por lo menos no inferior al umbral en Las Dichas. (puesto que, al no existir desagüe se habría formado un salar, hecho imposible en un clima en que la evaporación y la precipitación anual son comparables.)

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 2 -

Se comprenderá que el depósito correspondiente al relleno paulatino de una laguna (depósito de delta) poseerá inclinaciones variables entre 20° y 30°, es decir, inclinaciones que eliminarían toda posibilidad de explicar los elevados gastos constatados en los pozos ya perforados, la presión artesiana en el pozo N° 1 de La Vega y, desde luego, se opondría a la descripción correcta del párrafo C), que acepta depósitos provenientes de esteros, con inclinaciones de 1 a 2%, o sea, insignificantes, al lado de las inclinaciones de los depósitos provenientes de los deltas.-

La génesis correcta de esta cuenca puede deducirse de la historia geológica de la costa chilena, historia que puede deducirse del estero Quilpué, por ejemplo, (También del río Rapel, Maipo, etc., en general, de ríos que han cambiado de curso en los últimos 100 mil años).-

Un observador que viaje en tren entre Viña del Mar y Quilpué podrá constatar que entre el puente que cruza el estero Marga Marga y el cruce del camino con el ferrocarril, (cerca de Quilpué) El Estero Quilpué corre encajonado y acusa saltos que permiten observar el lecho granítico, (particularmente en el tramo del ferrocarril que cruza al estero Quilpué) Lecho que acusa, más arriba, tal como en Casablanca arenas y escasos rodados abriéndose el valle y dando cabida al pueblo de Quilpué

Si, por el contrario, el observador parte de Viña del Mar en automóvil, verá que, al subir la cuesta hacia Quilpué, el granito ha sido reemplazado por un fluvial cuyo espesor es superior a cien metros, fluvial que demuestra que el estero de Quilpué corría primitivamente por un valle situado a unos dos kilómetros al Oeste del angosto cajón actual, o sea, que de este cajón angosto corresponde aun lecho nuevo, posterior a las épocas glaciales, lecho que aún no ha adquirido su posición de equilibrio, puesto que la erosión se encarga de profundizarlo.-

Es evidente que el umbral de roca granítica, que puede observarse en la angostura, no representa la profundidad del lecho ripiosos en Quilpué, puesto que este último corresponde al lecho primitivo que desaguaba, casi en línea recta, el actual valle de Quilpué y se juntaba con el estero Marga-Marga, a unos dos kilómetros aguas abajo de la actual confluencia.-

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 3 -

Esta breve descripción permite establecer que el continente se hundió más de cien metros (para permitir el depósito de ripio que se observa en el camino) y se sollevó, posteriormente, en una cantidad levemente menor (para explicar el espesor de ripio constatado en los lechos antiguos y, en especial, en el lecho del estero de Casablanca).-

También el río Rapel, en la famosa angostura de Quelentaro, (donde se piensa construir un gran tranque) cambió su lecho primitivo, pudiendo constatarse que este último corrió a unos cinco kilómetros al Este de la actual angostura, desembocando a muchos kilómetros al norte de la actual desembocadura, en el mar.-

Esta sola circunstancia permite establecer que todos los esteros situados entre ambos (en general, todos los ríos chilenos) acusaron una acumulación de ripio, en un espesor superior a 100 metros, ripio que posteriormente fué destruído, salvo escasos testigos que solo un minucioso exámen logra descubrir.- (En la Hacienda Apoquindo, cerca de Santiago, existe, por ejemplo, un cerrito cuya cumbre se eleva unos cien metros sobre el valle, compuesto en su totalidad de flubial y restos de una gran terraza, adosada al cerro Sn. Ramón).-

Salta a la vista, en virtud de los sondeos ejecutados en Casablanca, que el estero corrió a una altura inferior en unos 50 metros, a la altura actual, horadando una o varias terrazas que hoy día se encuentran ocultas por el ripio, debido a un hundimiento general de la costa.-

El lento hundimiento de la costa permitió el relleno paulatino del valle de Casablanca, relleno que variaba de granos según la fuerza de arrastre del estero, fuerza que como es sabido, es proporcional a la pérdida de carga por unidad de longitud y al radio hidráulico.-

En todo caso los lentos de material permeables poseen en virtud de la génesis del valle, gran longitud (coincidiendo con el primitivo estero que lo depositó) y pequeña inclinación, parecida a la actual inclinación media del valle, hechos que deben tenerse presente al pretender un pronóstico con respecto a las posibilidades de los pozos por perforar.-

3.)- Ubicación de los pozos.-

a) Caudal disponible.-

Según se desprende el informe del Sr. Taylor, existiría la posibilidad de extraer 250 lt/seg. durante la estación de regadío, cifra que puede considerarse baja, puesto que supone un aprovechamiento escaso de la precipitación anual.-

A continuación se analiza un caso parecido al de Casablanca, para demostrar que la obtención del gasto indicado es relativamente sencilla, en virtud del gasto observado en el pozo N° 1, que asciende a unos 40 lt/seg. para una depresión de unos 10 mts.-

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 4 -

b) Gasto de un grupo de pozos.-

Según se desprende del perfil del pozo N° 1, existirían capas de arcilla alternadas con capas permeables, hecho que queda evidenciado por el nivel del agua en el pozo, nivel que es levemente superior al nivel de la vega y que demuestra que el pozo posee una pequeña presión artésiana, o sea, que la capa permeable que proporciona la presión se encuentra cubierta por una capa más impermeable.-

Para los fines del presente estudio se estudiará el caso de Concón, es decir, cinco pozos indicados en un perfil transversal, a 200 m. de distancia cada uno, dotados de un gasto de 200 lt/seg. para una depresión de 30 mtros y en un medio de espesor poco permeable, de 30 mtros de espesor y otro altamente permeable de 10 mtros de espesor, tal como lo indica la fig. 1) adjunta.-

Como los pozos se encuentran a poca distancia entre sí se reemplazarán, para simplificar el cálculo, por una galería de paredes permeables y de altura igual al espesor del material permeable b , en cuyo caso el gasto Q , correspondiente a un lado de la galería, a la distancia x de la misma, será simplemente igual a: (Ley de Darcy)

$$1) Q = a b k \frac{dy}{dx}$$

en que:

a = ancho del valle = 1000 m.

b = espesor del material permeable = 10 m.

k = permeabilidad del material permeable

$\frac{dy}{dx} = j$ = pérdida de carga por unidad de longitud

Este gasto Q será incrementado por un gasto dQ que desciende verticalmente a través de la capa poco permeable, gasto que será igual a:

$$2) dQ = a \cdot dx \cdot k' (h - y)$$

en que:

- a = ancho del valle
 dx = espesor del filete considerado
 k = permeabilidad de la capa impermeable
 $h-y$ = pérdida de carga por unidad de longitud a través de las capas poco permeables.-

Si Q_e representa el gasto que fluye por la caparsubterranea, para $y = h$, Q total será igual a: (un lado solamente)

$$Q \text{ total} = Q_e + \int_0^d Q \, dx$$

puesto que la integral representa el total de agua que filtra a través de la arena arcillosa, mientras que Q_e representa el gasto que fluye a través de la arena permeable.-

Derivando 1) e igualando con 2) , se obtiene:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{dy'}{dx} = \frac{dy'}{dy} \frac{dy}{dx} = y' \frac{dy}{dy} = - \frac{k'}{bkd} (h - y)$$

o bien, designando:

$$3) A = \frac{k'}{bkd}$$

y sepatando variables:

$$y' dy' = A^2 (y-h) dy$$

de donde:

$$4) y'^2 = A^2 (y-h)^2 + C_1$$

Sea J la inclinación (ó pérdida de carga por unidad de longitud) del nivel freático, en el límite de acción de la galería, o sea, para $y = h$.- Se tendrá:

$$5) y' = A^2 (y-h)^2 + J^2 = A (y-h)^2 + \left(\frac{J}{A}\right)^2$$

es decir:

$$6) \frac{dy}{(y-h)^2} + \left(\frac{J}{A}\right)^2 = A dx$$

La integral arroja:

$$\text{Argsen hip } \frac{A}{J} (y-h) = Ax + C_2$$

o bien:

$$7) \text{senhip } (Ax + C_2) = \frac{A}{J} (y-h)$$

Por hipótesis se tiene que para $x = 0$, $y = H$, o sea:

$$8) \text{senhip } C_2 = \frac{A}{J} (H-h)$$

Sea p la profundidad del pozo auxiliar, situado a la distancia L de la galería.- Se tendrá, en virtud de 7:)

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 6 -

$$9) \operatorname{senhip} (AL \uparrow C_2) = \frac{A}{J} (h-p-h) = -\frac{A}{J} p$$

Desarrollando el primer miembro, se tendrá:

$$\operatorname{senh} AC \operatorname{cosh} C_2 \uparrow \cos h AL \operatorname{senh} C_2 = -\frac{A}{J} p$$

e introduciendo el valor de 8)

$$\operatorname{sen} AC \cdot 1 \uparrow \frac{A^2}{J^2} (H-h)^2 \uparrow \frac{A}{J} (H-h) \operatorname{cosh} AL \uparrow \frac{A}{J} p \neq 0$$

Ecuación en que A representa la incógnita del problema.
Si se multiplica la ecuación por $\frac{J}{A}$ se obtiene:

$$\frac{J}{A^2} \uparrow (H-H)^2 \operatorname{senh} AL \uparrow (H-h) \operatorname{esh} AL \uparrow p = 0$$

“Ecuación transcendental que puede simplificarse, teniendo presente que $\frac{J^2}{A^2}$ es despreciable al lado de $(H-h)^2$; ó sea, recordando que $p = 10$ m.

$$\cos h AL - \operatorname{sen} h AL = -\frac{p}{h-H}$$

$$\text{o bien } e^{-AL} = \frac{p}{h-H}$$

Reemplazando los valores:

$L = 600$ m ; $p = 10$ m. ; $h = 40$ m. ; $H = 10$ m., se obtiene.-

$$e^{-AL} = \frac{1}{3} ; AL = 1,1 ; A = 0,00184$$

o sea, recordando que:

$$\frac{k^*}{bkd} = A^2 = 0,00000333$$

se obtiene, reemplazando $b = 10$ m. ; $d = 30$ m.;

$$\frac{k^*}{k} = 0,001$$

Es decir, la permeabilidad de la capa permeable es mil veces superior a la permeabilidad de la capa impermeable.-

Para conocer los valores de k y k' basta recordar que:

($y = H$, en la galería)

$$Q = abk \text{ y } y' = abk A^2 (h-h)^2 \uparrow J^2$$

y' reemplazando los valores:

$$Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{seg.}; a = 1000 ; b = 10 ; A^2 = 0,00000333 ;$$

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 7 -

$(H-h)^2 = 900$; $J^2 = 0,000004$; se obtiene:

$$0,1 = 10000 \cdot K \cdot 0,003 \cdot 0,000004 = 551 \text{ j } 1 \text{ sea:}$$

$$k = 1,82 \times 10^{-4} \text{ m/seg.} = 1,82 \times 10^{-2} \text{ em/seg.}$$

Esta permeabilidad corresponde, según Hütte, a una arena gruesa y la permeabilidad de la capa superpuesta, que es mil veces menos, o sea, igual a $1,82 \times 10^{-5}$ em/seg. corresponde a una arena muy arcillosa.-

De interés es el límite de acción de la galería.-
Según 7), $y = h$ para el límite de acción del pozo, o sea,

$$\text{senhip}(AE; C_2) = 0 \\ C_a = AE$$

pero en virtud de 8)

$$\text{senhip } C_2 = \frac{A}{J} (H-h) = - \frac{0,00184}{0,002} \times 30 = - 27,6$$

es decir:

$$C_2 = - 4 ; E = 2200 \text{ m.}$$

Aunque el ejemplo considerado corresponde a 5 pozos ubicados en Concón, él se asemeja al caso de Casablanca, puesto que con 40 m. de depresión se ha obtenido, en un pozo, el mismo gasto (40 lt seg.).-

Como el pozo de Casablanca posee una profundidad de 40 m., se podría aceptar una depresión, a través de los seis meses de regadío subterráneo, equivalente a unos 20 mts., cifra que permitiría desaguar al aceptar un triángulo desaguado de 10 metros de altura por 1000 metros de largo (más allá la depresión es insignificante) y un porcentaje de huecos de 30%, un volumen de unos 1500 m³. por metro de ancho y a cada lado de los pozos, o bien, unos 3 millones de m³., para un valle de 1 Km. de ancho, cifra que arroja un gasto medio cercano a los 200 lt/seg. gasto que sirvió de base para el cálculo.-

Bastan las consideraciones que preceden para decidir la ubicación de los pozos.-

c) Ubicación de los pozos.-

En virtud de lo expuesto, se trataría de extraer agua de una capa permeable cubierta por una o varias capas menos permeables.- Este caso se diferencia fundamentalmente del pozo corriente, por el hecho de poseer un enorme radio de acción y, lo que es más importante aún, por propagarse la influencia del pozo a esta distancia casi instantáneamente (lo que no sucede en el pozo corriente).-

Se aconseja perforar dos o tres pozos según un perfil transversal y observar cada pozo en cuanto a gasto y a su influencia sobre los restantes.- Si el nivel de los otros baja simultáneamente con el del pozo en estudio, se podrá aceptar que la napa permeable es una sola y que la influencia de los pozos será inferior a 1 Km.-

Si no se influyen mutuamente las napas, corresponden a lechos distintos, debiendo reducirse las probabilidades de gasto y radio de acción de los pozos.-

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

- 8 -

Salta a la vista, sin embargo que las condiciones del subsuelo de Casablanca son tan favorables, comparadas con el caudal disponible, que muy pocos pozos podrán proporcionar el gasto máximo admisible, pudiendo aún admitirse que seis pozos en cada valle serán suficientes para extraer el gasto admisible.- (tres en perfil y distanciados en 2 a 3 km. de los otros tres pozos).-

