

# ARCHIVO

DE LA

# ESCUELA DE INGENIEROS

CORRESPONDIENTE AL No. ....

XXX AÑO ESCOLAR



## CONTIENE:

Cursos seguidos en la Escuela por el alumno  
Don Juan Carrasco y S. para optar el diploma de  
Ingeniero de const<sup>s</sup> civiles

AÑO 1912



Lima, Sept 29 de 1912.

Señor Director.

El trabajo sobre hidraulica agricola que ha presentado el candidato al título de Ingeniero Civil, Sr Juan Fassara, lo hemos encontrado bien tratado en todos sus puntos, y metódicamente desarrollado. Ha merecido el ser calificado con Nota quince.

Sr.

Jac.º Villacal

A Espinosa.

C. Enciso

aprobado por el Consejo directivo en la sesion del 14 de octubre de 1912

gong

# PROYECTO

Para obtener el

título de

INGENIERO DE CONSTRUCCIONES CIVILES

Presentado por

Juan Cassara.

T-R-67

2-9-912

H. Hore.

Escuela de Ingenieros - Lima, Enero de 1912

## Proyecto

Se trata de irrigar unos terrenos de una extensión  $X$  con agua de un río de naturaleza semejante á la del "Pimac" de las que dos terceras partes, más ó menos, están destinadas al cultivo de caña y algodón y el resto al de pastos y sembríos de pan-llavar frutas y hortalizas.

La forma del terreno es aproximadamente cuadrada y está limitada por un lado por el río y del opuesto por dos cadenas de cerros, que dejan entre sí una abra ó el valle lateral de 100 de ancho que tiene en el centro un río seco por el que bajan periódicamente torrentes, con un alveo de 10 m. de ancho y dos metros de profundidad, con fondo de cascajo grueso y morrillos, semejantes al del río principal.

La pendiente longitudinal del valle de este es de 2% cota del terreno á la cabecera 150 m. la del fondo del río 447,<sup>m</sup> del nivel más bajo de estiaje 448,<sup>m</sup>50 de máximas corrientes 449<sup>m</sup>.

El terreno en su mayor parte es arcilloso y la roca de los cerros compacta, en la primera cadena y pizarra en la segunda.

Hay que calcular las secciones correspondientes al canal y el costo que alcanzan las obras, teniendo en cuenta que tiene que atravesar por un túnel de 50 m. de largo y seguir otro 50 á media ladera.

Además de la memoria y presupuesto respectivo, ilustrado con los planos necesarios para llevar á cabo la obra deben presentarse las secciones para el túnel y ladera en escala de 1/100; el plano de la situación de la boca-toma ó de alguna otra obra de arte ilustrada con planos de detalle llevando inscritas sus cotas de altura y las dimensiones constructivas en los planos de detalle.

Se partirá del área  $X = 2000$  hectáreas agregándose á esta extensión 100 hectáreas en cada caso, según el orden numérico.

# Introducción.

Un canal de riego consta como sabemos de varias partes importantes, que son las que vamos á determinar en el presente caso. En primer lugar, la presa del río que sirve para elevar las aguas en tiempo de estiaje y mantener el gasto uniforme del canal; en segundo lugar la boca-toma, en la que existen una ó varias compuertas para medir el gasto. A partir de la boca-toma viene el canal principal y generalmente se divide en dos partes: la primera, que es la que debemos estudiar, no deriva agua, y sólo sirve para conducir el agua del río á la comarca ó llano que debe regarse, la segunda parte es la que da agua á los canales secundarios. En la primera parte del canal es donde se encuentran las principales obras de fábrica, como túneles, cortes en roca,

Los canales secundarios son derivaciones del canal principal y su objeto es llevar el agua á las zonas que deben regarse.

Una vez establecida la norma que debemos seguir en nuestro proyecto, vamos á desarrollarlo, principiando por establecer algunos datos preliminares y hacer el estudio de río cuya agua vamos á utilizar en el canal.

## Datos preliminares.

= Áreas por irrigar =

Conforme á los datos del proyecto, corresponde al primer alumno 2.000 hectáreas, agregándose 100 hectáreas para cada caso según el orden numérico del candidato. En

el presente caso, por ser el undécimo alumno, agregaré 1.000 hectáreas, de modo que el área por irrigar será 3.000 hectáreas, que divididas en 3 partes nos da lo siguiente:

$\frac{1}{3}$	cana	-----	1.000	hects.	
$\frac{1}{3}$	algodón	-----	1.000	"	
$\frac{1}{3}$	{	pastos	-----	250	"
		sembríos para llevar	-----	250	"
		frutas	-----	250	"
		hortalizas	-----	250	"
			<hr/>	3.000	hects.

## = Cantidad de agua. =

Conocemos de antemano el área por irrigar que es de 3.000 hec. ahora vamos a determinar la cantidad de agua necesaria para irrigar esos terrenos.

En la cantidad de agua necesaria en cada caso influyen gran número de condiciones, entre las cuales enunciaremos las principales que son:

- 1.º - La clase de vegetal que se va a sembrar en el terreno
- 2.º - Las diversas fases de crecimiento de los vegetales.
- 3.º - El tiempo que dura la vegetación.
- 4.º - La composición mineralógica y física del terreno.
- 5.º - El clima y situación de la comarca.
- 6.º - El sistema empleado para efectuar el riego.

Como se ve, son muy variadas las condiciones que fijan la cantidad de agua para el regadío, nos hallamos pues con un problema algo difícil de resolver con exactitud.

Para conseguirlo se pueden seguir dos métodos:

- 1.º - Estudiar la naturaleza del terreno, así como la clase de cultivos y las demás circunstancias ya enumeradas, y
- 2.º - Elegir un módulo según las obras ya ejecutadas y que han dado un resultado relativamente bueno.

El primer método nos conduciría a estudios y problemas muy largos y complicados y los resultados que obtendríamos no serían prácticos. Además, esta clase de investigaciones es de la incumbencia especial de la ciencia agronómica.

El método que emplearemos, según esto será el segundo, ó sea la comparación con otras obras ya ejecutadas.

En todos los valles del Perú la cantidad de agua necesaria por segundo y hectárea está fijada en un litro y aún en cantidades menores; pero nosotros tomaremos un valor mayor, y fijamos la cantidad de agua necesaria por segundo y hectárea en un litro cuatro decilitros (1,4). Hemos aumentado este valor para contrarrestar los efectos de evaporación y filtración.

Una vez fijada la cantidad de agua necesaria para regar una hectárea vamos a deducir la cantidad de agua necesaria para las 3000 hect. que nos corresponden:

$$3000 \times 1,4 = 4.200 \text{ litros, ó sea:}$$
$$4,200 \text{ m}^3 \text{ por segundo.}$$

## Estudio del río

= Ancho del río =

El proyecto nos determina que el río cuya agua

vamos á aprovechar para la irrigación tiene las mismas condiciones que el Rimac. En tal virtud hemos encontrado que el gasto máximo por segundo, medido en el mes de Enero, época de mayores avenidas, es de  $34 \text{ m}^3$  y el mínimo, medido en Setiembre es de  $6,340$  (1). Con estos datos vamos á determinar las secciones del río y por lo tanto su ancho, por estar determinada la altura por el proyecto, que es  $a = 1,50$ . Sabemos también que el gasto en mayores avenidas es  $Q = 34 \text{ m}^3$

$$Q = Av$$

$$Q = 34 \text{ m}^3 \quad v = 1,80 \quad \text{luego: } 34 = A \times 1,80$$

$$A = \frac{34}{1,80} = \frac{340}{18} = 18,9 \text{ m}^2 \quad \text{Ahora bien: } A = a \times b = 1,50 \times b$$

$$\text{Sustituyendo: } 1,50 \times b = 18,9 \quad \therefore b = \frac{18,9}{1,50} = \frac{189}{15} = 12,60$$

Pues, el ancho del río en mayores crecientes es de  $12,60$ . Esta longitud será la que tomaremos para los cálculos subsiguientes.

## Obras de fábrica.

### Presas.

Muy raras veces puede tomarse agua de un río para riegos de alguna importancia sin la previa construcción de una presa, ó dique transversal, que remansando la corriente, eleve su nivel, puesto que, sin este requisito, señan por lo general escasas las aguas que pudieran aprovecharse durante el periodo de estiaje.

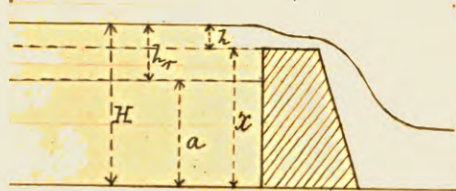
(1) Estos valores han sido encontrados por el Ingeniero Ferradas en 1902.



El sitio en que debe construirse la presa debe ser elegido con cuidado. En primer lugar debe tener cierta elevación sobre los terrenos que se trata de irrigar para que el agua descienda con velocidad suficiente. En segundo lugar, debe estar establecida, si es posible, en un sitio relativamente estrecho, como un abra o pass entre dos montañas. Sin embargo, esta condición tiene sus límites. Así, dice el Sr. Laurado: "La construcción de la presa en un punto en que el cauce ofrezca un ensanchamiento encierra, en general, mayores ventajas que en un sitio demasiado estrecho; porque, si bien en este último caso tiene el muro menor desarrollo, habrá que darle, en cambio, mayor altura y un grueso más considerable. Según esto, elegiremos el sitio más conveniente para nuestro caso basándonos en las consideraciones expuestas."

Los materiales que se usan más generalmente para la construcción de las presas son de dos clases: madera o mampostería. Nosotros elegiremos este último material por ser el que se encuentra más próximo al sitio elegido, y el que ofrece además mayor durabilidad y menores gastos de conservación. Una vez elegido el material de que se va a construir la presa vamos a calcular su altura, para lo cual tomamos una fórmula muy conocida:

$$x = a + h_r - h. \quad (\text{fig 1}) \quad (\alpha)$$



En que  $a$  es la altura del agua en el río,  $h_r = H - a$  lo vamos a deducir de la corona del dique hasta el nivel max<sup>o</sup> del remanso que también deduciremos, y por último,  $x$  altura de la presa, que es nuestra incógnita. En primer lugar tenemos:

$$h_r = H - a \quad (\beta)$$

En que  $H$  es la altura a q.

queremos elevar el agua y a es la altura del agua en el río. Ahora bien, como la altura del agua en el canal es (como después veremos) de  $1^m,20$ , y el fondo del canal lo hacemos  $0^m,30$  más alto que el del río, para evitar que pasen a él las piedras y detritus que este arrastra, debemos elevar el agua a la altura:

$$H = 1,20 + 0,30 = 1,50$$

Sustituyendo en (β)

$$h_r = 1,50 - 1,00 = 0,50.$$

La altura del remanso  $h$  la obtendremos por la fórmula:

$$Q = 1,80 l h \sqrt{h}$$

En la que  $Q$  es el gasto,  $l$  el ancho del vertedero, que es el del río, y  $h$  la altura del remanso que es nuestra incógnita:

$$Q = 6^m,00 \quad l = 12^m,60 \quad \text{Sustituyendo:}$$

$$6 = 1,80 \times 12,60 h \sqrt{h} = 22,68 h \sqrt{h} \quad \text{Elevando al cuadrado:}$$
$$36 = 22,68^2 h^3 \quad \text{Despejando } h:$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{36}{(22,68)^2}} = \sqrt[3]{\frac{36}{515,29}} = \sqrt[3]{0,070}$$

Extrañando la  $\sqrt[3]{}$ :

$$h = 0,40.$$

Sustituyendo los valores encontrados para  $h_r$  y  $h$  en la fórmula (α) tenemos:

$$X = 1,00 + 0,50 - 0,40 = 1,10$$

queremos elevar el agua y a la altura del agua en el río. Ahora bien, como la altura del agua en el canal es (como después veremos) de  $1^m,20$ , y el fondo del canal lo hacemos  $0^m,30$  más alto que el del río, para evitar que pasen a él las piedras y detritus que este arrastra, debemos elevar el agua a la altura:

$$H = 1,20 + 0,30 = 1,50$$

Sustituyendo en (β)

$$h_r = 1,50 - 1,00 = 0,50.$$

La altura del remanso  $h$  la obtenemos por la fórmula:

$$Q = 1,80 l h \sqrt{h}$$

En la que  $Q$  es el gasto,  $l$  el ancho del vertedero, que es el del río, y  $h$  la altura del remanso que es nuestra incógnita:

$$Q = 6^m,00 \quad l = 12,60 \quad \text{Sustituyendo:}$$

$$6 = 1,80 \times 12,60 h \sqrt{h} = 22,68 h \sqrt{h} \quad \text{Elevando al cuadrado:}$$

$$36 = 22,68^2 h^3 \quad \text{Despejando } h:$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{36}{(22,68)^2}} = \sqrt[3]{\frac{36}{515,29}} = \sqrt[3]{0,070}$$

Extrañando la  $\sqrt[3]{}$ :

$$h = 0,40.$$

Sustituyendo los valores encontrados para  $h_r$  y  $h$  en la fórmula (α) tenemos:

$$X = 1,00 + 0,50 - 0,40 = 1,10$$

La altura de la presa será, por consiguiente:

$$L = 1,^{m}10.$$

Conocida la altura y escogido el material vamos á ver ahora la forma que conviene darle á la presa por construir. Elegimos la forma trapezoidal que se vé en la "Hoja N°" por ser á la vez sencilla y aparente para nuestro caso. Las dimensiones las dan los manuales, y son:

$$\text{ancho de la cresta } e = 0,75H = 0,75 \times 1,10 = 0,^{m}82.$$

$$e' = x = 1,^{m}10.$$

Hemos dado á la presa una direcci3n perpendicular á la corriente, que es la más ventajosa cuando se trata de barajés contruidos con mampostería, pues son menos costosos que los oblicuos por la sencilla razón de ser más cortos. Colocaremos por último escolleras en ambas caras de la obra, para evitar posibles socavamientos.

## = Boca-toma. =

A partir de la presa del río viene el canal principal, existiendo en la unión de este con el río el boial ó boca-toma, en el cual se halla la compuerta. Así pues, vamos á tratar en esta parte de la boca-toma y en seguida de la compuerta.

La toma de agua de un canal de riego puede efectuarse, ya sea comunicando directamente el canal con el río ó ya indirectamente por medio de vertederos de fábrica ó de compuertas. Este segundo método es el que elegimos porque permite

dar al canal la cantidad de agua que se juzgue conveniente y permite además aislarlo en caso de grandes avenidas.

Como el fondo del canal está a  $0,30^m$  sobre el fondo del río la cota del fondo del canal será  $447,80^m$ . En este canal de toma se encuentra establecida una compuerta que sirve para graduar el gasto del agua en el canal.

## = Cálculo de la compuerta =

En época de estiaje la compuerta se abre completamente, pues la altura del agua en el río es la que justamente necesitamos en el canal; pero en avenidas vamos a deducir que altura necesitamos abrir la compuerta para que nos dé el gasto deseado. Para ello aplicamos la fórmula

$$Q = \mu ab \sqrt{2gh} \quad (2)$$

$\mu$	coeficte de contracción	-----	$0,68$
$a$	altura de la compuerta	-----	<u>incógnita.</u>
$b$	ancho	-----	$2,00$
$g$	gravedad	-----	$9,81$
$Q$	gasto	-----	$4,200$
$h$	diferenc. de altura del agua en el río y el canal.	-----	$0,50$ .

Sustituyendo estos valores <sup>en (2)</sup> tendremos:

$$4,200 = 0,68 \cdot a \cdot 2 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,50}$$

Efectuando operac?

$$4,2 = 4,26a \quad \therefore$$

$$a = \frac{4,2}{4,26} = 0,98^m$$

Que es lo que tenemos que abrir la compuerta en avenidas para que nos produzca el gasto de  $4,200^m^3$ .

## Estudio del canal

(Hojas n.ºs 1 y 2). - Siendo el objeto de un canal de riego trasladar las aguas de un río al sitio que se desea regar, se comprenden desde luego las condiciones á que debe sujetarse su trazo. En primer lugar la pendiente del canal debe ser siempre positiva, es decir, que el canal debe bajar siempre y nunca subir, desde la boca-toma hasta el lugar que debe recibir sus aguas. La segunda condición es q. el canal principal debe pasar por el sitio más alto ó cresta de la cuenca irrigable; pues, saliendo de él los canales secundarios, todos deben tener su punto más alto en el sitio en que toman el agua. Hemos procurado satisfacer estas condiciones, como puede verse en los planos respectivos.

Las curvas que hemos adoptado son de radios no menores de  $100^m$ . Los terraplenes han sido evitados en lo posible, y no existe ninguno construido en roca. En tierra solo hay un trozo de pequeña altura entre los kilómetros 3 y 4 (Hoja n.º 2.) Este terraplén se ha construido por capas horizontales, apisonando la tierra sobre cada capa y regándola bien, á fin de que la masa se vuelva compacta. Se ha empleado en él tierra arcillosa, sin detritus de roca ó arenas, para hacerlo completamente impermeable. Igual cosa se ha hecho en las secciones á media ladera. Y no se ha aplicado ningún material arcilloso?

En cuanto a las pendientes y velocidades se hallan todas comprendidas entre los límites que dan los manuales para cada caso. Así hemos encontrado para las pendientes los valores que siguen:

En roca dura -----	$0^m,009$ .
" " pizarrosa -----	$0^m,003$ .
" Tierra -----	$0^m,00025$ .

Las velocidades las hemos elegido de un modo conveniente y conforme a los mismos manuales.

## = Secciones, velocidades y pendientes =

Según las consideraciones expuestas vamos a deducir las diferentes secciones del canal, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno que se va a atravesar.

### = En roca dura. =

Como conocemos el gasto, y la velocidad podemos tomarla de un modo más o menos arbitrario, podemos deducir el área de la sección. Como se trata de roca dura elegiremos  $v = 3^m$  velocidad que nos evita una gran sección en roca y por lo tanto un gasto considerable, sin sobrepasar por ello el límite de la velocidad máxima que nos es permitida en este caso. Tenemos según esto:

$$v = 3^m \quad Q = 4^m,200.$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{4,2}{3} = 1,30 \text{ m}^2$$

Una vez conocida el área, de la sección, vamos a deducir su base y su altura. La forma la hacemos rectangular, y tenemos, suponiendo la altura  $a = 1,20$

$$1,30 = 1,20 \times b \quad \therefore b = \frac{1,30}{1,20} = \frac{13}{12} = 1,08$$

Radio Medio. — está dado por la fórmula:

$$R = \frac{Q}{X}$$

$$Q = 1,30 \text{ m}^2$$

$$X = b + 2a = 1,08 + 2,40 = 3,48$$

Luego:

$$R = \frac{1,30}{3,48} = 0,37$$

Pendiente. — Empleamos la fórmula de Bazin:

$$v = c \sqrt{RI} \quad (\alpha)$$

$v$  velocidad que es igual á:  $3 \text{ m}$

$c$  coeficiente —————  $50$

$R$  radio medio —————  $0,37$

Sustituyendo en  $(\alpha)$

$$3 = 50 \sqrt{0,37 \times I} \quad 9 = 50^2 \times 0,37 \times I$$

$$I = \frac{9}{2500 \times 0,37} = 0,009$$



= En roca pizarrosa. =

Empleando iguales fórmulas:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$Q = 4,200 \quad v = 2^m \quad \text{Sustituyendo:}$$

$$A = \frac{4,2}{2} = 2,10$$

La sección la haremos también rectangular y tomando  $a = 1,60$  ó bien, como  $A = a \cdot b$

$$2,10 = 1,60 \times b \quad \therefore$$

$$b = \frac{2,10}{1,60} = \frac{21}{16} = 1,30.$$

Radio medio. —

$$X = b + 2a = 1,30 + 3,20 = 4,50.$$

$$R = \frac{Q}{X} = \frac{2,10}{4,50} = 0,50.$$

Pendiente. —

$$v = c\sqrt{RI}.$$

<u>v</u>	velocidad, elegimos	-----	2 <sup>m</sup>
<u>c</u>	coeficiente	-----	52,7
<u>R</u>	radio medio	-----	0,50.

Sustituyendo:

$$L = 52,7 \sqrt{0,50 \times I} \quad H = (52,7)^2 \times 0,50 \times I$$

$$I = \frac{H}{1388,64} = 0,003.$$

= En tunnel =

La sección se compone de dos partes: una rectangular, cuya forma y dimensiones son las mismas que la anterior, y una semicircular en donde el radio:

$$r = \frac{1}{2} b = \frac{1}{2} \cdot 1,30 = 0,65$$

Pendiente y velocidad. — Como el tunnel se encuentra abierto en roca pizarrosa la pendiente y la velocidad serán las mismas que en el caso anterior es decir:

$$v = 2,^m \quad I = 0,003.$$

= En tierra =

Empleando iguales fórmulas:

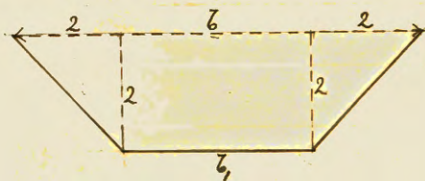
$$A = \frac{Q}{v} \quad Q = 4,20 \quad v = 0,60.$$

$$A = \frac{4,20}{0,60} = \frac{42}{6} = 7 \text{ m}^2$$

La sección la elegimos trapezoidal con talude de inclinación 1x1, la altura será de 2<sup>m</sup>, luego:

$$A = 7 \text{ m}^2 \quad a = 2 \text{ m}.$$

$$A = 7 \text{ m}^2 = a \times \frac{b+b_1}{2} = 2 \times \frac{b+b_1}{2} = b+b_1$$



Es decir  $b+b_1 = 7$ .

Ahora, para encontrar  $b-b_1$ , observemos (fig. 2) que siendo la altura  $2 \text{ m}$  y la inclinación de los taludes  $1 \times 1$ , nos permite establecer:

$$b-b_1 = 2+2 = 4.$$

Conocida la suma y la diferencia de las bases podemos ya determinarlas:

$$b = 3,5 + 2 = 5,50.$$

$$b_1 = 3,5 - 2 = 1,50.$$

Radio medio. —

$$K = 1,50 + 2\sqrt{2^2+2^2} = 1,50 + 2 \times 2,83 = 7,16.$$

$$R = \frac{A}{K} = \frac{7}{7,16} = 0,98.$$

Pendiente. —

$$r = c\sqrt{RI}$$

$$\begin{cases} r = 0,60 & 0,60 = 38\sqrt{I} \\ c = 38 & 0,36 = 1444 \times I \\ R = 1,00 & I = \frac{0,36}{1444} = 0,00025. \end{cases}$$

Luego:

$$I = 0,00025.$$

Hemos visto que las secciones, las velocidades y pendientes varían según la clase de terrenos que el canal ha de atravesar; así, en roca la sección disminuye y la velocidad aumenta en tierra sucede lo contrario, la velocidad disminuye y la sección aumenta. Las pendientes se hallan en razón directa con las velocidades, aumentan en roca y disminuyen en tierra. En ambos casos el gasto permanece invariable. La longitud del canal de conducción es de 7 kilómetros. La del túnel es de 150<sup>m</sup>. Le hemos dado una longitud algo mayor que la del proyecto por exigirlo así las condiciones especiales del terreno, como se ve en la "Hoja n.º 1".

## = Construcción del canal =

La construcción de un canal es semejante en muchos detalles á otras construcciones y por lo tanto no nos extenderemos en largas descripciones. Solo conviene anotar que se emplearán algunas máquinas auxiliares, como excavadoras, pisadoras, etc. Los acarreos se harán con vagonetas y vías féreas desmontables, ya sea Decauville ó cualquier otro sistema.

Las excavadoras que se usan en tierra son especies de arados, que van echando la tierra extraída en una rueda de cajones semejante á las que elevan el agua, y al llegar arriba, la vierten sobre una tela sin fin, y esta la arroja á cierta distancia. Esta rueda, unida á otra por el mismo eje forma un vehículo que se mueve con dos caballos. Un conductor, sentado en el mismo, dirige á los animales y vigila la operación.

Como la longitud del túnel no es muy grande

La roca en que está perforado es relativamente blanda (arcilla  
sizarosa) la excavación será hecha á mano y con el auxilio de  
explosivos. Bastarán, de este modo, dos obreros por metro lineal, a  
anzándose unos 50 m. al mes de modo que la excavación del túnel,  
menguando por ambos extremos, sólo exigirá seis y medio de trabajo.

El barraje será construido con piedra de la mejor  
calidad siendo su costo pequeño por cuanto tenemos piedra en las  
inmediaciones del lugar. El revestimiento de las orillas lo haremos  
con concreto en la proporción siguiente:

1 de cemento

2 de arena

3 de piedra

En la misma proporción entrará el mate-  
rial para los cimientos del barraje.

La \*) compuerta será de fierro, y se halla  
establecida en el lugar designado en el plano de la boca-toma.

\*) Habría convenido especificar la compuerta, por  
lo menos haciendo un dibujo con dimensiones!

## = Excavaciones =

En roca dura tenemos inmediatamente  
después del canal de toma un tramo de dos mil metros.

La sección se compone de dos partes. (Hoja n.º 4)

1.º - Una sección rectangular, cuya superficie es:

$$A = 1,20 \times 1,08 = 1,2960.$$

que, al multiplicarla  
por su longitud que es 2000<sup>m</sup>. da el volumen:

Excavación es  
en su mayor parte  
en pizarra!

$$V' = 2592 \text{ m}^3$$

Una sección triangular, cuya área es:

$$A = \frac{1}{2} \cdot 2,30 \times 0,50 = 0,575 \text{ m}^2$$

Su volumen será:

$$V'' = 575 \text{ m}^3$$

Luego, el volumen total es:

$$V = V' + V'' = 2592 + 575 = 3167 \text{ m}^3$$

= Excavación en pizarra =

El canal recorre, como sabemos, un km. en pizarra; en esta longitud se encuentran incluidos los 150 m de túnel luego, tenemos:

A media ladera	850 m.
en túnel	$\frac{150 \text{ m}}{1000 \text{ m}}$

A media ladera. — La sección se compone de dos partes:

1.º — Una sección rectangular, que es:

$$A = 1,30 \times 1,60 = 2,08 \text{ m}^2$$

y una sección triangular: (la misma observación que arriba.)

$$A' = \frac{1}{2} \cdot 2,50 \times 0,75 = 0,9375 \text{ m}^2$$

Sumando:

$$S = 3,0175 \text{ m}^2$$

Luego, el volumen será:

$$V = 3,0175 + 850 = 3374,50 \text{ m}^3$$

En túnel. — La sección se compone de dos partes: una rectangular, igual a la anterior, es decir:

$$A = 2,10 \text{ m}^2$$

y una semi-circular, cuyo radio es:

$$r = \frac{1}{2} \cdot 1,30 = 0,65 \text{ m}$$

El área de la sección es:

$$A' = \frac{1}{2} \pi r^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,14 \times 0,65^2$$

Efectuando operaciones:

$$A' = 0,66 \text{ m}^2$$

Entonces, la superficie de la sección en túnel será:

$$S = 2,10 + 0,66 = 2,76 \text{ m}^2$$

que, multiplicada por la longitud  $150 \text{ m}$ , da el volumen buscado:

$$V = 2,76 \times 150 = 414 \text{ m}^3$$

Excavación en tierra =

La sección es trapezoidal, su volumen está dado por la fórmula:

$$V = \left( \frac{b + b_1}{2} \right) l h$$

siendo la longitud del canal en tierra de  $3000 \text{ m}$ .

$$V = \frac{5,50 + 1,50}{2} \cdot 2 \cdot 3000$$

$$V = 7 \times 3000 = 21000 \text{ m}^3$$

En resumen tenemos como volumen de excavaciones:

En roca dura	3167 m <sup>3</sup>
En roca pizarrosa	3374
" túnel	423
" tierra	21000
	<hr/>
	27964

## = Cubicación de la mampostería =

En las orillas. — Sección:

$$A = 1,50 \times 0,50 = 0,75 \text{ m}^2.$$

Como tenemos 15 m. en la orilla derecha y 10 m. en la izquierda, la longitud será 25 m. que multiplicada por el área nos da el volumen buscado:

$$V = 18,75 \text{ m}^3.$$

En el barrage. — Sección. — Se compone de dos partes: un rectángulo y un triángulo

$$1^{\text{a}} \text{ pte. } A = 0,82 \times 1,30 = 1,07 \text{ m}^2$$

$$2^{\text{a}} \text{ " } A' = 1,10 \times 1,30 = 1,43$$

$$S = \underline{2,50}$$

$$\text{Sección del barrage: } S = 2,50 \text{ m}^2.$$

Multiplicando esta área por 12,60 tenemos el volumen de la mampostería en el barrage:

$$V = 2,50 \times 12,60 = 31,500 \text{ m}^3.$$

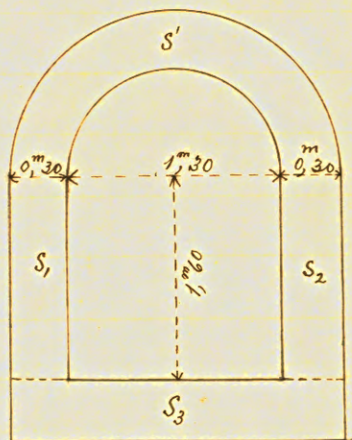


En resumen tenemos:

Mampostería de las orillas .....  $19 \text{ m}^3$   
 " del barraje .....  $32 \text{ m}^3$

Aproximados por exceso en menos de  $1 \text{ m}^3$  para obtener números enteros.

En el túnel. — La sección se compone de dos partes  
 1.º La parte inferior que se puede considerar formada por tres rectángulos  $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$  cuyas áreas son, respectivamente: (fig. 3.)



$$S_1 = 1,60 \times 0,30 = 0,48$$

$$S_2 = 1,60 \times 0,30 = 0,48$$

$$S_3 = 1,90 \times 0,30 = 0,57$$

Sumando:

$$S = 1,53 \text{ m}^2$$

2.º — La parte superior anular, cuya área es:

$$S' = \frac{1}{2} (\pi r'^2 - \pi r^2) = \frac{1}{2} \pi (r'^2 - r^2)$$

y como  $r = 0,65$  y  $r' = 0,95$  tenemos sustituyendo:

$$S' = \frac{1}{2} 3,14 (0,95^2 - 0,65^2) = 1,57 \times 0,48$$

$$S' = 0,7536. \quad \text{y, finalmente:}$$

El área total  $A$  de la sección en mampostería del túnel será:

$$A = S + S' = 1,53 + 0,7536 = 2,2836 \text{ ó bien:}$$

$$A = 2,2836 \text{ m}^2.$$

Como consideramos suficiente reforzar con mampostería la entrada y salida del túnel en un espacio de 5.<sup>m</sup> respectivamente, debemos multiplicar el área  $A$  por 10 m. lo que nos dará el volumen buscado:

$$V = 2,2836 \times 10 = 22,836 \quad \text{ó bien, de un modo aproximado:}$$

$$V = 23 \text{ m}^3.$$

Con estos elementos podemos entrar ya en el cálculo del presupuesto de la obra.

## Presupuesto del canal.

La extensión del terreno que se trata de irrigar es como sabemos de 3000 hectáreas. Suponiendo q. valga allí L. 20 la hectárea de Tierra después de construída la obra de irrigación, que es más ó menos el valor calculable con los sembríos que se cultivan en el presente, resulta que la cantidad máxima que es justificable gastar en esta obra de regadío es de L. 60.000.

El presupuesto que en seguida formulamos nos prueba de un modo tangible la conveniencia de la construcción inmediata de la obra. Los precios por unidad de los distintos materiales han sido estudiados por el Ing. V. Turner al hacer el proyecto de irrigación de las pampas del Imperial, en el informe presentado al cuerpo de ingenieros de Minas el año 1909.

# Presupuesto.

Clase de material.	Clase de trabajo.	Cubicación en m <sup>3</sup> .	Precios por unidad.	Precio total.
Roca dura.	Excavación.	3.167	S/. 2,25	L./ 712,575
" pizarrosa	"	3.374.	1,00	337,400
izarra (en túnel)	"	423	10,00	423,000
Tierra	"	21.000	0,40.	840,000
Concreto	Reamporteria de las orillas.	19	7,50	14,250
pedra	Reamp. del barrage.	32.	4,00	12,800
pedra tallada	" " túnel.	23.	10,00.	23,000
Compuerta.	-	-	50,00	5,000
-	colocación de la compuerta.	-	-	0,500

Suma total L/. 2368,525.

Ing: e imprevistos 10% 236,850

Costo de la obra. - L/. 2.605,375.

Juan Cassara.

Lima, Enero 31. de 1912.

Reverso Espinos.

Revisa de Villanueva

F. Espinosa