

Cálculo de una compuerta de boca-toma para el canal "La Cañada".

GASTO MÁXIMO DE LA COMPUERTA.

ESTE canal arranca del río Teno en el fundo «El Huaico» de don Horacio Zañartu y tiene un derecho de 670 regadores.

Un aforo practicado por el suscrito el 5 de Febrero actual, entre 9 y 10 de la mañana, arrojó un gasto de 6300 lits/segundo.

En las condiciones en que se encuentra este canal y sus dos ramas principales, no admite un caudal mayor.

Sin embargo, como esta obra ha de servir para muchos años no se puede limitar el caudal de la compuerta a este gasto que sólo corresponde a una dotación 9,4 lits./regador. En épocas de estío de años secos, la dotación del Teno suele bajar a 4 lits/regador, pero con las obras de regularización del Planchón, se puede asegurar que este mínimo se elevará a 8 lits/regador.

De donde se deduce que la capacidad actual de La Cañada queda cercana al límite inferior de la dotación del Teno, regularizado con el Planchón y que en tales condiciones los comuneros están en la imposibilidad de aprovechar la abundancia de agua en los meses en que ésta se presente.

En los meses de abundancia, el Teno suele tener un caudal capaz de abastecer con una dotación de 20 a 25/lits regador a todos los comuneros.

En vista de estas consideraciones la compuerta de toma del canal de «La Cañada», no debe calcularse tomando por base la actual capacidad de dicho canal, sino por el gasto al cual tienen derechos estos comuneros en tiempos de abundancia, puesto que les es fácil ensanchar convenientemente sus canales para dar cabida a la dotación de 20 a 25 lits/regador.

Por las razones anotadas he fijado la compuerta para una dotación de 23 lits/regador, es decir, para un gasto de 15,4 m³/segundo.

ENSANCHE NECESARIO PARA UN GASTO DE 15,4 m³.

La sección rectificada del canal, en el punto en que se practicó el aforo, es la que indica la figura.

La velocidad media 1,5 m. y la pendiente $I=0,005$.

Con estos datos he determinado el valor de n que debe tomarse al aplicar la fórmula de Ganguillet y Kutter, resultando, $n=0,025$.

Para determinar la nueva sección he creído prudente tomar $n=0,030$, cifra algo más desfavorable debido a que los datos tomados no son rigurosos.

$$\begin{aligned} S &= 4,2 \\ V &= 1,5 \\ I &= 0,005 \\ X &= 6,82 \\ R &= 0,615 \\ n &= 0,025 \end{aligned}$$

Esto establecido, se necesita una altura de agua de 1,40 m. con la cual se tiene una velocidad media de 2,15 m/seg. para dar los 15,4 m³., es decir que habría que aumentar la profundidad del canal en 0,60 en toda la extensión de la boca-toma.

Ahora, como en la misma boca-toma no se podría realizar ese rebaje, sin que quedara el radier del canal demasiado bajo con relación al fondo del río, con que aumentarían considerablemente los embanques del canal, se hace necesario peraltar este radier al llegar a la boca-toma hasta alcanzar el nivel que tiene en la actualidad y ensanchar el canal en forma de embudo para compensar la disminución de sección debido al peralte del radier.

Estos trabajos no están contemplados en el presente proyecto, puesto que sólo se trata de establecer la compuerta de boca-toma (solamente se indica con línea de segmento en el plano de situación la forma en que debería ir este ensanche), pero ha sido necesario fijar esta sección para determinar los niveles de partida para la instalación de la compuerta.

UBICACIÓN DE LA COMPUERTA.

El canal de La Cañada arranca del río Teno, de una barranca de 1,5 m. de altura; por los datos recogidos y por la inspección del canal, se deduce que las grandes creces no pasan por sobre esta barranca, lo que se explica por el ancho considerable de la caja del río (superior a 500 metros).

Por esta razón se puede ubicar esta compuerta cercana a la toma, solución que permite eliminar la compuerta de descarga, ya que el trozo de canal llamado a embancarse, cuando esté cerrada la compuerta, es muy pequeño y de fácil limpia.

Por otra parte, según declaración de los comuneros, los embanques en el resto del canal son muy pequeños.

El peligro de que el río pueda flanquear el canal, cargándose a la barranca alta en que están las estaciones 5, 6 y 7 parece por demás remoto, porque hay personas que conocen hacen más de 50 años este trozo de canal en la forma que actualmente está.

Vistas estas consideraciones la ubicación de la compuerta se ha fijado a 120 m. de la toma del canal.

SISTEMA DE COMPUERTA ELEGIDO

En vez de seguir el procedimiento corriente de dar a las compuertas una sección igual a la del canal (en este caso se necesitarían tres compuertas de 1,70×2,40) he optado por un sistema más lógico que consiste en estrechar lateralmente el canal.

El estrechamiento máximo que se puede alcanzar, sin que prácticamente se

produzca un peralte en el canal aguas arribas, está fijado por el hecho de llegar el agua a la velocidad crítica en la sección estrechada.

Sea Q el gasto del canal = 15,4 m³

H altura agua sobre el fondo más su altura de velocidad = 1,40 + 0,23 = 1,63

a el ancho de la sección estrechada,

entonces se tiene:

$$a = \frac{Q}{1.7 H \sqrt{H}}$$

$$a = 4,35$$

Debido a la pequeña altura de agua en el canal con fuerte velocidad se llega a un ancho exagerado, o mejor dicho a una disminución muy reducida a la sección.

Felizmente queda el recurso de aumentar artificialmente el valor de H , combinando el estrechamiento anterior con un rebaje del radier.

Dentro de límites prudenciales se puede dar a H el valor que más convenga para el establecimiento de la compuerta.

Para el caso presente, he fijado $H = 3.00$ (es decir, que se necesitaría un rebaje de $3 - 1,63 = 1,37$ bajo el canal del radier del canal, más las pérdidas de cargas, cuyo cálculo se menciona más adelante) en cuyas condiciones se tiene:

$$a = \frac{Q}{1.7 H \sqrt{H}} = 1.75$$

Con el objeto de reducir en lo posible las pérdidas de carga debidas a este estrechamiento, se consulta un embudo de entrada y otro de salida.

Las pérdidas de carga en el estrechamiento son muy pequeñas, cuando la velocidad es reducida, pero en este caso tenemos fuerte velocidad en el canal, por cuya razón se ha dado 5 m. a este embudo.

El embudo de salida tiene 10 m de largo y ambos están unidos por arcos de círculos en la parte estrechada.

El estrechamiento se ha determinado de modo que con el gasto máximo de 15,4 m³, se produzca la velocidad crítica en la zona estrechada, y se ha fijado el nivel del umbral del embudo de salida de modo que con dicho gasto máximo se mantenga escurrimiento torrencial en toda la extensión del embudo, para evitar que la onda del peralte pueda propagarse aguas arriba y producir perturbaciones en el embudo de salida.

Pasado el embudo de salida aparece el radier del canal a su nivel inferior; este desnivel tiene por objeto reducir la altura de la onda de peralte y asegurarse de que el resalto ha de producirse aguas abajo del embudo de salida.

Para la determinación del eje hidráulico se ha aplicado la fórmula:

$$z_1 - z_0 = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2g} + \frac{1}{2} \left[\frac{V_0^2}{C_0^2 R_0} + \frac{V_1^2}{C_1^2 R_1} \right]$$

El valor de C se ha deducido de la fórmula de Ganguillet y Kutter con $n=0,015$ (paredes lisas de concreto).

Para dominar las mayores creces con compuerta cerrada habrá que darle una altura de 3,5 m. a 4 m.

En vez de esto he optado por una compuerta de 2,2 m. cerrando el resto (a partir de 2 m. sobre el nivel del radier de la compuerta) con un muro de concreto armado el cual se extiende 0,50 sobre el nivel de la plataforma de maniobra, prolongado lateralmente en forma de muros en ala, en previsión de que las aguas puedan sobrepasar el nivel de dicha plataforma.

VERTEDERO DE REBALSE

Este se extiende en una longitud de 20 metros aguas arriba del embudo de entrada.

Está calculado para dar un gasto de 20 m³. para el caso que las aguas llegaran al nivel de la plataforma de maniobra.

El umbral del vertedero partirá en su extremo, aguas abajo, con la cota 97,80, y se le dará una gradiente de 0.005 hacia aguas arriba (pendiente de la superficie libre del agua).

En ambos extremos lleva muros en alas destinados a proteger los bordes del canal, para los casos en que funcione el vertedero.

El desagüe del vertedero se guiará por medio de un canal hasta la barranca del río.

CONSIDERACIONES SOBRE ESTRECHAMIENTO Y EMBUDOS

Con gasto completo, la velocidad del agua en el canal es de 2,15 y en la parte estrechada de 4,45, de donde se deduce que esta obra debe realizarse con muy buenos materiales y concretos ricos, para evitar la erosión y destrucción por las aguas, y con tanta mayor razón si se toman en cuenta las dificultades con que se tropezaría en el futuro para remendar cualquier desperfecto. Por estas consideraciones se fija para este concreto una dosis de 370 kgs. de cemento por metro cúbico colocado; además se exige en las especificaciones cemento especial de una resistencia de 500 Kgs/cm² a la compresión después de 7 días.

Durante la construcción deberán protegerse todas las partes expuestas a la superficie con sacos mojados durante los siete primeros días. El pisonaje se hará con piones de fierro y no se admitirá el menor nido de piedras en las superficies expuestas al agua.

CÁLCULO DE LA COMPUERTA

Supondré que el agua pueda alcanzar una altura máxima de 3.50 sobre el umbral de la compuerta.

Las dimensiones de la compuerta son:

ancho $a=1,75$

altura $H-h=2,20$

$$H=3,50$$

$$h=1,30$$

El empuje máximo E sobre la compuerta en estas condiciones:

$$E = \frac{1}{2} (H^2 - h^2) \quad a=9,24 \text{ ton.}$$

El momento máximo total que deberá resistir la compuerta es:

$$M = \frac{1}{8} p l^2 = \frac{92,4 \times 75^2}{8} = 350.000 \text{ Kgs. cm.}$$

$$\frac{I}{V} = \frac{M}{R}; \quad R=1000 \text{ Kgs. cm}^2.$$

$$\frac{I}{V} = 350 \text{ cm}^3$$

El empuje E será resistido por perfiles — N. P. 10 que tienen las siguientes características:

$$\frac{I}{V} = 41,4 \text{ cm}^3; \quad p=10,5 \text{ Kg.p.m.l.}$$

El esfuerzo solicitante nos da $\frac{M}{R} = \frac{I}{V} = 350 \text{ cm}^3$., luego necesitamos un número n de vigas,

$$n = \frac{350}{41,4} = 8,45$$

Tomaremos 9 vigas con ocho espaciamentos, las que se compartirán de acuerdo con el gráfico indicado en los planos.

MANIOBRA

Estimaré el peso de la compuerta en

$$P=600 \text{ Kgs.}$$

El empuje E del agua sobre la compuerta es:

$$E=9,3 \text{ tons.}$$

El coeficiente de rozamiento f , varía entre 0,15 y 0,20, pero cuando pasa la compuerta largo tiempo sin funcionar puede alcanzar a 0,3, por cuya razón tomaré este último número.

En estas condiciones el esfuerzo máximo F para levantar la compuerta es:

$$F = fE + P = 3390 \text{ Kgs.}$$

Debido a la proporción entre el ancho y el alto de la compuerta, es posible adoptar un solo vástago, movido por un tornillo. Con el objeto de guiar mejor la compuerta, se han prolongado sus vigas verticales, que hacen las veces de corredera.

TORNILLO

Sea d el diámetro interior del tornillo:

$$1/4 \pi d^2 R = E_1$$

$E_1 = 4/3 E$ para tomar en cuenta el esfuerzo de torsión.

$$E_1 = 4/3 E = 4500 \text{ Kgs.}$$

La tasa R la he reducido a 2,5 Kgs. mm², para tomar en cuenta la sollicitación de pieza cargada de punta a que está expuesto el tornillo al bajarse la compuerta,

$$d = \sqrt{\frac{4 E_1}{R}} = \sqrt{\frac{18000}{7,85}} = 48 \text{ mm.}$$

Para el diámetro exterior d se toma 1,20 a 1,25 d

$$d = 60 \text{ mm.}$$

Diámetro medio $d'_1 = 54 \text{ mm.}$

El paso se toma generalmente $0,2 d'_1$

$$t'_1 = 11 \text{ mm.}$$

La maniobra se compone de un engranaje cónico con su piñón respectivo, de modo que la compuerta pueda ser levantada por un hombre, con un esfuerzo de unos 25 Kgs. y una velocidad de 0,60 m. en la manivela.

CÁLCULO DEL PIÑÓN

El paso t queda fijado por la fórmula:

$$t = 10 \sqrt[3]{\frac{450}{C+z} \frac{N}{n}}; \text{ en que } N = \text{potencia en caballos} = \frac{30 \times 0,60}{75} \\ = 0,24 \text{ HP.}—$$

$$C = 20$$

$$z = 2$$

$$n = \frac{60 v}{\pi D} = 19$$

$$t = 10 \sqrt[3]{\frac{11,2 N}{2 n}} = 2,27 \text{ cm.}$$

Las características del piñón serán $d = 96 \text{ mm.}$; $t = 25,13 \text{ mm.}$; $a = 60 \text{ mm.}$; $h = 18 \text{ mm.}$; $e = 12 \text{ mm.}$; $z = 12$ dientes.

El engranaje cónico tendrá el mismo paso y características del piñón, variando sólo un diámetro.

$$D = 400 \text{ mm.}$$

$$z = 50 \text{ dientes.}$$

MULTIPLICACIÓN

De la manivela al piñón cónico:

Sea $D = 0,60$ el diámetro del círculo descritos por la manivela, entonces la multiplicación m . correspondiente sería:

$$m = \frac{D}{d} = \frac{600}{96} = 6,25$$

La multiplicación del engranaje cónico al tornillo es:

$$m_2 = \frac{\pi D_1}{t_1} = 113$$

y la multiplicación total m resultante

$$m = m_1 m_2 = \frac{D}{d} \frac{\pi D_1}{t_1} = 705$$

RENDIMIENTOS

$$\text{Del engranaje} = 0,9$$

$$\text{Del tornillo} = \frac{0,9 \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} (\alpha + \rho)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t_1}{\pi d_1} = \frac{11}{3,14 \times 54} = 0,065$$

$$\alpha = 3^\circ 10'$$

$$\operatorname{tg} \rho = f = 0,20 ; \rho = 11^\circ$$

$$\alpha + \rho = 14^{\circ} 10'$$

$$\text{Rendimiento} = 0,9 \times \frac{0,065}{0,264} = 0,222$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento del conjunto} &= 0,9 \times 222 \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

Llamando X al esfuerzo máximo en la manivela, se obtiene:

$$X = 705 \times 0,2 = 3390 \text{ Kgs.}$$

$$X = \frac{3390}{141} = 24 \text{ Kgs.}$$

VELOCIDAD DE LA COMPUERTA

La velocidad por minuto, suponiendo que se mantenga la velocidad de 0,60 en la manivela, será:

$$\frac{0,60}{705} = 0,085$$

Por consiguiente, para levantar toda la compuerta (2m. de carrera) se necesitarán 40 minutos.

Trabajando entre dos hombres, se puede aumentar mucho la velocidad en la manivela y reducir considerablemente este tiempo.

PESO DE LA COMPUERTA

Marco

16,2 ml.	N P 20	410 Kgs.
0,4 ml.	4" \times 3/8"	6 »
Gousset	de 3/8"	54 »

Peso del marco..... 470 Kgs.

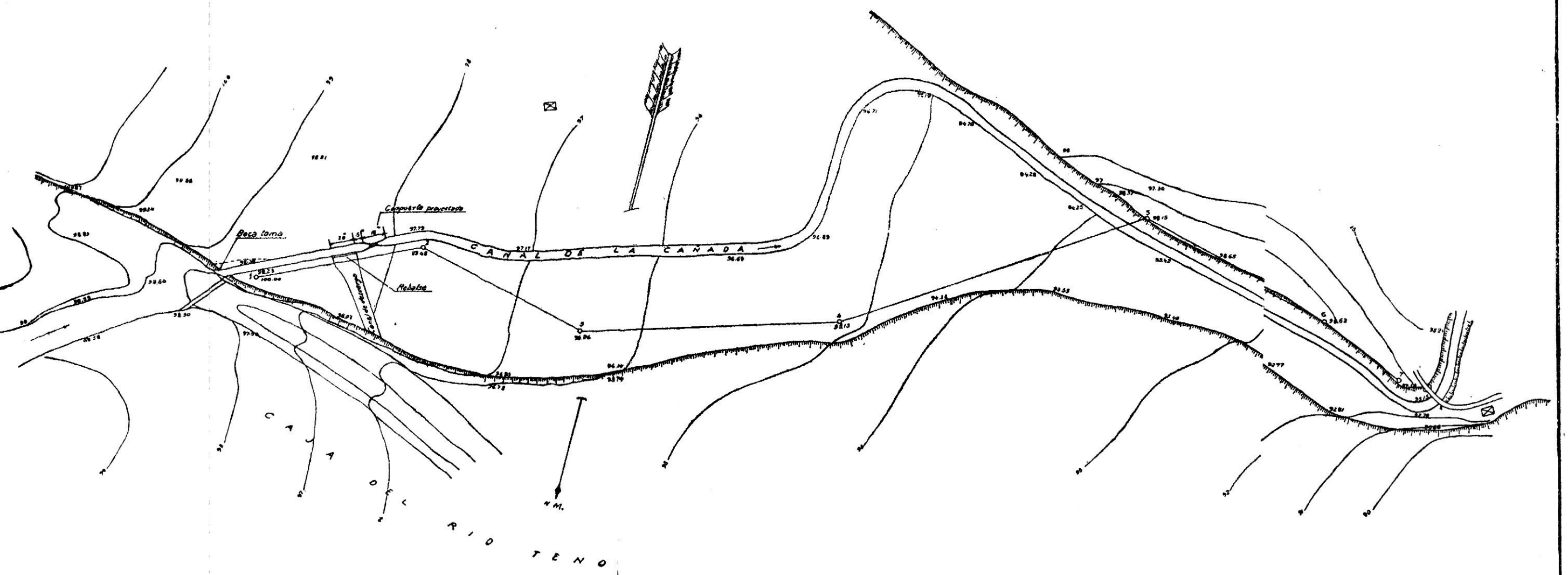
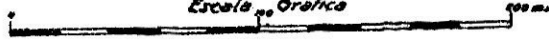
Hoja

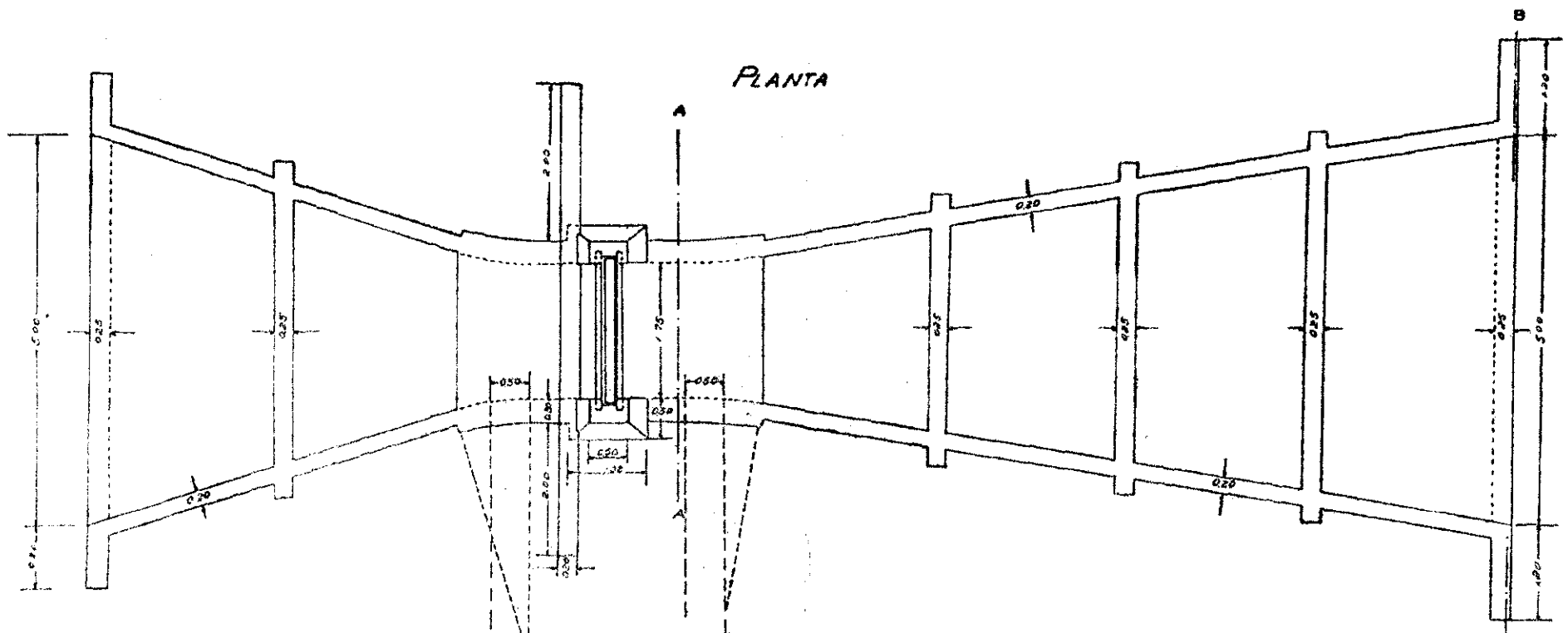
10 ml.	N P 14	160 Kgs.
14,8 ml.	N P 10	157 »
2,2 \times 1,85 = 4 m ²	palastro 5/16"	190 »
4,6	3" \times 3/8"	27 »
0,2	8" \times 1/2"	7 »
2,8m.	tornillo de 60 mm	59 »

Peso de la hoja..... 600 Kgs.

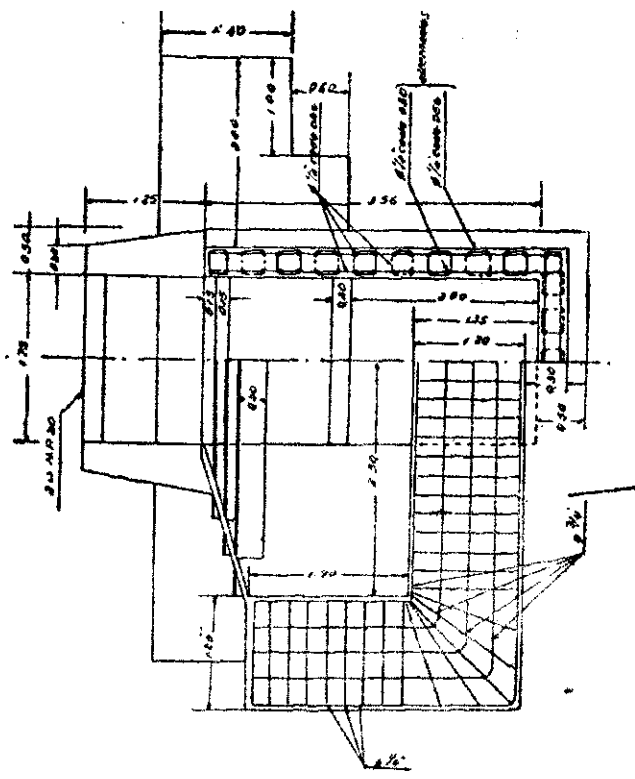
PLANO DE SITUACION

Escala Gráfica





1/2 CORTE AA
1/2 CORTE BB



CORTE LONGITUDINAL

