

ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

Instalacion para riegos de terrenos elevados

(Conclusión)

Golpes ó carreras por minutos.—Llamemos n el número de golpes ó dobles carreras por minuto; L el largo de la carrera y V la velocidad del émbolo.

Si L es el largo de la carrera el émbolo habrá recorrido en un minuto un espacio $2 L n$ y en un segundo un espacio $\frac{2 L n}{60}$ este espacio recorrido en un segundo es la velocidad, luego:

$$\frac{2 L n}{60} = V$$

y poniendo en lugar de las letras sus valores

$$\frac{2 \times 1.50 \times n}{60} = 0.30$$

y

$$n = \frac{0.30 \times 60}{2} = 9$$

Dimensiones de la válvula de aspiración.—Es evidente que por cada golpe del émbolo se eleva un volumen de agua V á una altura h y por segundo un volumen V' á una altura h' . La velocidad aunque el agua pueda entrar al cilindro es la que equilibra la presión atmosférica; luego $V = \sqrt{2 g H}$, siendo H la diferencia de altura entre el nivel de agua en el tubo de aspiración y el punto superior de la carrera del émbolo sobre el pozo ó punto de aspiración.

Para que el pistón funcione sin choques es necesario que el agua llegue junto con él al punto superior de su carrera, suponiendo la velocidad del pistón uniforme se tendría que el volumen engendrado por el cilindro debe ser igual al agua subida por el tubo de aspiración ó

$$S V = s v$$

S sección y V velocidad del émbolo en el cilindro, sección de la válvula de aspiración, $V = \sqrt{2 g H}$, poniendo en lugar de las letras sus valores.

$$S = 0.42 \text{ m}^2$$

Dimensiones del tubo de ascensión.—Las dimensiones del tubo de ascensión dependen de la velocidad que se quiera dar al agua dentro de él, pues mientras menores sean sus dimensiones mayor será la velocidad que debe darse al agua para que el rendimiento sea constante.

A la salida del tubo debe existir una presión tal que debe vencer: 1.º, el peso de una columna de agua de una altura igual á la diferencia de nivel entre el pozo de aspiración y el punto de salida; 2.º, la presión que produce la velocidad de salida; esta presión puede establecerse en función de una cierta altura de agua cuyo valor se puede tomar de las tablas construídas al efecto y que dan la velocidad de salida por tubos de sección dada su función de diferentes alturas.

Para vencer estas presiones es preciso desarrollar cierta fuerza equivalente; luego para resolver el problema lo más conveniente posible es preciso construir un cuadro comparativo que contenga por una parte los precios de costo y colocación de los tubos de diferentes diámetros, y por otra los precios de las máquinas necesarias para producir el trabajo de elevación, más los gastos anuales de conservación y explotación, la suma de estos valores

en su *mínimum* nos dará las dimensiones del tubo que debemos adoptar, siendo inútil entrar en la formación del cuadro de por sí más largo, solo daremos el resultado obtenido, el cual he dicho que se debe adoptar un tubo de 1 metro de diámetro.

Reasumiendo, tenemos que necesitamos una bomba de dos cilindros de doble efecto con las siguientes dimensiones:

Diámetro de los cilindros.....	1.30
Largo.....	1.50
Carrera ó golpes por minuto.....	6
Sección tubo aspiración.....	0. ^{m²} 42
Diámetro tubo ascensión.....	1.00

Estanque ó pieza almacenadora.—Hemos visto al principio de este estudio que se necesita para el riego de una ciudad de 15.552,000 metros cúbicos, y como hemos supuesto que se almacene la mitad durante los meses de invierno, necesitamos un estanque para que pueda recibir la mitad, ó sea 7.776,000 metros cúbicos.

Sin un estudio preliminar del terreno es imposible fijar las dimensiones del terraplén ó muro para contener esta cantidad de agua; pero poniéndonos en las condiciones más favorables de una hoyada horizontal, rodeada de cerros y con una abertura de sólo 400^m tendríamos que las dimensiones de la pieza serían:

Volumen de agua contenida, superficie del terreno \times por altura media del agua.

Generalmente para trabajos agrícolas estas piezas se hacen de tierra arcillosa perfectamente pisoneada, y rara vez se le da una altura mayor de 15^m, porque pasando de este límite conviene estudiar si no sería más económico un muro de albañilería.

Supongamos pues una altura media para el estanque de 10, el volumen sabiendo que debe ser 7.776,000 su *mínimum* ó para facilitar los cálculos 8.000,000 de metros cúbicos, lo que nos da para superficie del estanque 80 hectáreas.

Cubicación del muro ó terraplén de retención.

Aplicando los cálculos de estabilidad, se obtiene que un terraplén en tierra de 1^m80 de altura, con un ancho en la plataforma que no debe bajar de 4^m para el fácil paso de carretas y para el corazón de greda que es necesario formar para en su núcleo central para hacerlo impermeable, le daremos al interior ó del lado del agua de 2 de base por 1 de altura y al exterior 1.5 de base por 1 de altura.

Su sección máxima será 215 metros cuadrados, y la figura geométrica un doble tronco de prisma al cual aplicando la fórmula general usada para cálculo de desmontes en ferrocarriles nos da un volumen de $215 \times 200 = 43,00 \text{ m}^3$.

Alcantarilla.—Para la utilización de las aguas del estanque necesitamos construir una alcantarilla que debe dejar pasar un volumen de 1,000 litros por 1”.

Sabemos que la cantidad de agua que puede salir por un orificio practicado en la pared de un recipiente depende de la acción y perímetro del orificio, de la altura de carga y de la disposición.

La carga es naturalmente variable, pues á principio de los riegos la represa estará llena é irá gradualmente disminuyendo hasta casi secarse á principios de invierno, pudiendo disminuir á voluntad la sección del orificio de salida por medio de una compuerta, debemos calcular la sección de este en el caso de carga mínima.

Aplicando la fórmula de hidráulica

$$D = 0.297 \sqrt[5]{\frac{Q L}{h}}$$

En que D = diámetro del orificio de salida

Q = caudal en litros por segundo

L = largo del conducto de descarga

h = altura de carga

0.297, coeficiente de contracción

y poniendo en vez de las letras sus valores, tendremos:

$$D = 0^m63$$

Fuerza motriz.—La fuerza motriz que necesitamos, es la necesaria para elevar 591 litros de agua á 50 metros de altura en un tubo de 1^m de diámetro.

Sabiendo que la densidad del agua es 1 tendremos que e ejemplo necesario es

$$F = 591 \times 50 = 29,550 \text{ kgm.}$$

y en caballos vapor

$$F = 394.66 \text{ caballos vapor.}$$

Esta es la fuerza técnica indispensable para realizar el trabajo propuesto, la fuerza real que debemos tener depende del motor que adoptemos, se sabe que de todos los motores hidráulicos conocidos, el que da mayor rendimiento práctico es la turbina. Inútil nos parece entrar en los detalles de los cálculos necesarios para determinar las dimensiones de la turbina, cuyo valor depende de la altura de caída.

De ellos resulta que debemos adoptar una caída de 9 metros.

Sabemos que las mejores turbinas dan un rendimiento práctico de sólo 75% y las bombas más perfeccionadas 90%; luego para tener una fuerza efectiva real de 394.66, necesitamos generar $\frac{394.66}{0.85} = 607.17$ ó en números redondos 600 caballos vapor.

Dimensiones del canal de alimentación.—Conocida la fuerza en caballos vapor; y la altura de caída, se obtiene por una sim-

ple división el volumen de agua que se necesita por segundo para producirla.

$$\frac{600 \times 75}{9} = 5,000 \text{ litros}$$

ejecutando las operaciones se tiene que necesitamos un caudal de 5 metros cúbicos por 1".

Suponiendo una pendiente de 0.002^m que es lo suficiente para evitar depósitos de arena que pueden embancar el canal; aumentan los gastos de conservación y aplicando, 1.º la fórmula de Tadini, que á pesar de ser inexacta sirve para fijar el ancho medio.

$$Q = 50 l h \sqrt{Ih}$$

Q = caudal de agua por 1"

l = ancho medio del canal

h = altura de agua en íd.

I = pendiente por metro.

tenemos haciendo $Q = 5000$. $h = 1$ y $I = 0.002$ un cierto valor de l que aplicado á una sección trapecio con chaflanes á 1: 1 y verificado por las fórmulas de Darcy y Basin nos dan un ancho medio de 2^m24.

RESUMEN

Motor.—Entre los diferentes tipos de turbinas que pueden desarrollar el trabajo propuesto, hemos elegido las turbinas Leffel por ser las más perfectas, y hemos excogido entre ellas las de tipo más generalizado para en caso de dificultad poder reponerlas sin lugar á contratiempos, ellas son las de 0^m88 de diámetro que con 9 de caída dan 120^m caballos vapor, luego para desarrollar 600 caballos que es lo que necesitamos son precisas 5.

Bombas.—Entre los diferentes tipos de bombas que pueden

ejecutar el trabajo propuesto y cuyas dimensiones son iguales á las calculadas me he decidido por las Worthington, premiadas en la Exposición Universal de París en 1889, se usan con éxito en el abastecimiento de agua potable en muchas ciudades de Estados Unidos y de Europa.

A pesar de las ventajas que este tipo de bomba nos proporciona, las dificultades de transporte de piezas de grandes dimensiones, la necesidad de fundaciones costosas y el peligro que puede haber de que no haya el agua suficiente para el riego por una descompostura me han decidido á adoptar tipo más pequeño aunque en mayor número.

Con 5 bombas Worthington de dos cilindros de doble efecto con 0^m45 de diámetro y 0^m45 de carrera y 18 golpes por minutos se obtiene el resultado apetecido.

PRESUPUESTO

FUERZA MOTRIZ

Boca toma.....	\$	1,000	
Canal motriz, 2,500 m. corridos en boca á 3 \$ m....	»	7,500	
Turbinas Leffel, 5 de 0 ^m 88, incluyendo trasmisiones, compuertas, bibes, etc.....	»	27,500	
		<hr/>	
	\$	36,000	\$ 36,000

BOMBAS

Bombas Worthington de dos cilindros, 0 ^m 45 diámetro con tubos de aspiración, carrera de aire, etc.....	\$	22,000	
Tubo de hierro batido, 1 ^m diámetro, incluso colocación á \$ 85 el metro.....	»	6,120	
		<hr/>	
	\$		\$ 28,120

ESTANQUE

Terraplén, 43,000 m ³ á \$ 0.50 m ³	\$	21,500	
Alcantarilla, 45 metros, \$ 20 mc.....	»	900	
Compuerta	»	200	
			\$ 22,600

CANAL DE RIEGO

Canal, 7,500 metros á \$ 0.20.....	\$	15,000	\$ 15,000
			\$ 100,720
20% para dirección, imprevistos, etc.....			» 20,144
			\$ 120,864
Presupuesto total.....			\$ 120,864

CONSIDERACIONES GENERALES

Como hemos dicho antes las bombas Worthington se han usado para el servicio de agua potable, donde se supone que aquella sea clara y desprovistas de sales corrosivas.

En Chile donde el agua de los ríos es generalmente turbia, no creo prudente darse á las bombas una duración mayor de 15 años.

SANTIAGO SOTOMAYOR

JOSÉ LUIS COO