

## La Forometría en la cuenca superior del Río Primero (Córdoba)

POR EL

**Ingeniero Civil Mario Ninci**

(Ingeniero del M. O. P. de la Provincia)

El objeto de este artículo es describir las estaciones de aforo permanente del caudal de los ríos y arroyos afluentes al embalse de San Roque, y las establecidas inmediatamente aguas abajo del dique.

Las instalaciones han sido construídas por el Ministerio de Obras Públicas de la Provincia, como contribución al conocimiento de la hidrología de la cuenca.

La cuenca imbrífera del embalse de San Roque cubre una extensión aproximada de 1.350 kilómetros cuadrados en una zona de montañas bajas, escalonada entre alturas de 2.200 m. (Pampa de Achala) y 650 m (Dique San Roque), con clima templado y lluvias de 700 mm. por año. La información pluviométrica se obtiene de 30 estaciones distribuídas convenientemente, de las cuales 12 corresponden a las estaciones del Ferrocarril Central Norte Argentino en el valle de Punilla y las 18 restantes han sido instaladas por el M. O. P., funcionando recién desde Noviembre de 1932.

Las aguas convergen al pantano por cuatro afluentes de régimen hidráulico muy variable, con crecidas bruscas al final del verano, algunas de las que han aportado volúmenes hasta de más de 90 hectómetros cúbicos en 24 horas, y largos períodos de estiaje que hacen insuficiente la capacidad disponible de reserva del embalse.

Desde la construcción del dique, no se han practicado aforos en forma sistemática en ningún punto de la cuenca, contándose desde el año 1926 con aforos de conjunto de la afluencia por un método indirecto, consistente en deducir los aportes de los ríos por la suma de los volúmenes evacuados y las variaciones del volumen embalsado, cada 24 horas o por intervalos menores según el régimen de la entrada.

**ESTACIONES DE AFORO EN LOS AFLUENTES AL EMBALSE.** — Para la ubicación de estas estaciones se eligieron puntos que respondan a la doble condición de estar en un tramo más o menos recto del río, y de presentar un fácil acceso para su atención. Se han construido cuatro estaciones, ubicadas sobre los ríos: San Antonio, Arroyo Chorrillos (próximas a la Villa Carlos Paz), Arroyo de las Mojarras y Río Cosquín (próximas a Biale Massé). El plano de la cuenca que se adjunta indica la posición de estas estaciones.

Se adoptó el tipo de vertedor escalonado, dimensionando cada uno de acuerdo a las características del curso de agua, determinadas en forma incompleta a base de una serie de aforos en el verano de 1934-35. Las construcciones responden a los tipos indicados en los planos y fotografías, en las que pueden apreciarse los distintos modelos adoptados con el objeto de hacer comparaciones y experiencia para el futuro.

Para la estación de aforo sobre el río Cosquín se utilizó el antiguo dique de toma de Biale Massé, construido originariamente para toma de riego y utilizado en la actualidad para una pequeña usina hidro eléctrica. El aforo se hace sobre el canal de entrada a la usina y sobre el vertedor, cuando rebalsa. La colocación de los limnigrafos se ha hecho previendo las crecidas máximas conocidas, comunicándolos con el río por medio de un sistema de tubos de cemento armado que permitan un fácil acceso para la limpieza. El principal inconveniente con que se tropieza es la acumulación de arena en la entrada, inmediatamente después de las crecidas.

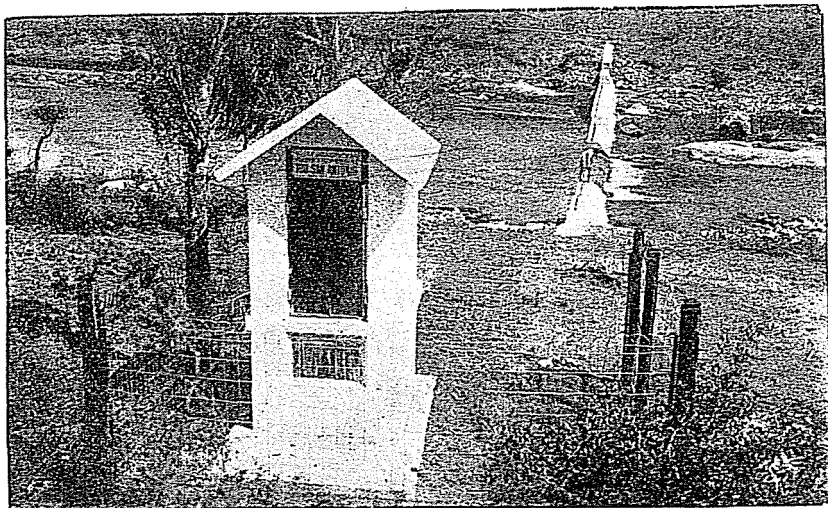


Fig. 1. — Estación de aforo sobre el Río San Antonio, en Villa Carlos Paz.  
Vista de conjunto, en estiaje. — Noviembre de 1935.

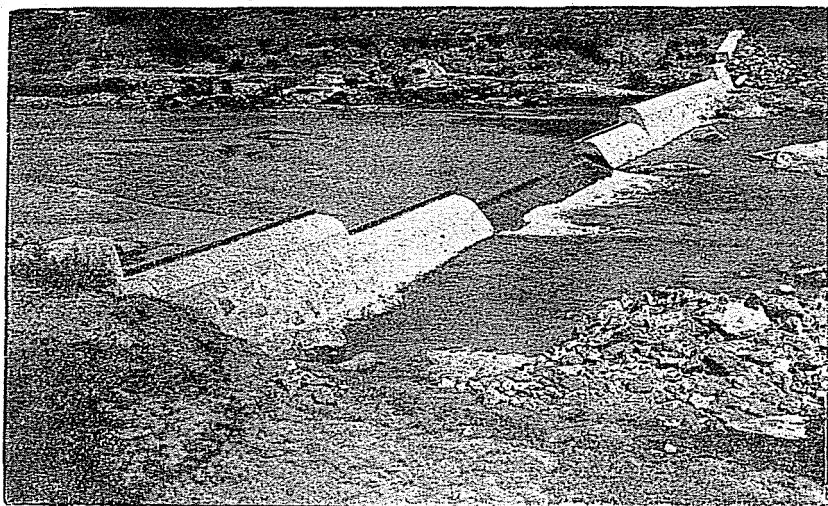


Fig. 2. — Estación de aforo sobre el Río San Antonio, en Villa Carlos Paz.  
Vista del vertedor en un estiaje mínimo. — Noviembre de 1935.

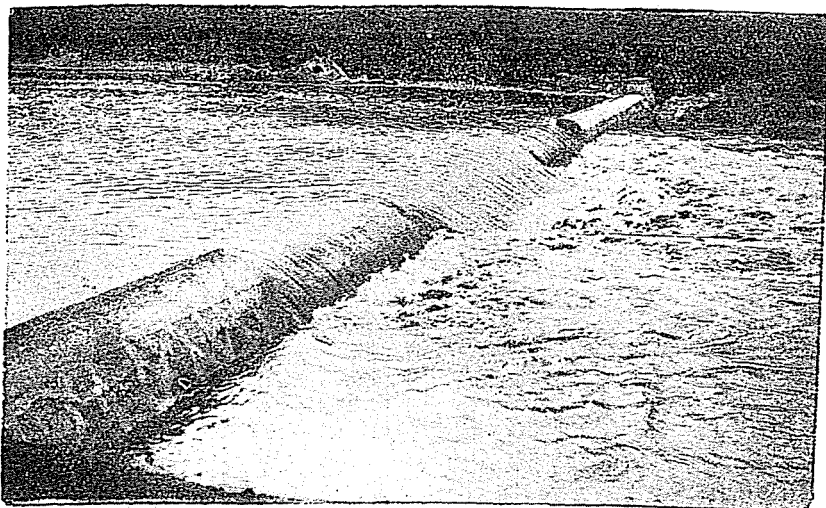


Fig. 3. — Estación de aforo sobre el Río San Antonio, en Villa Carlos Paz. — Pasaje de una pequeña crecida. — Diciembre de 1935.

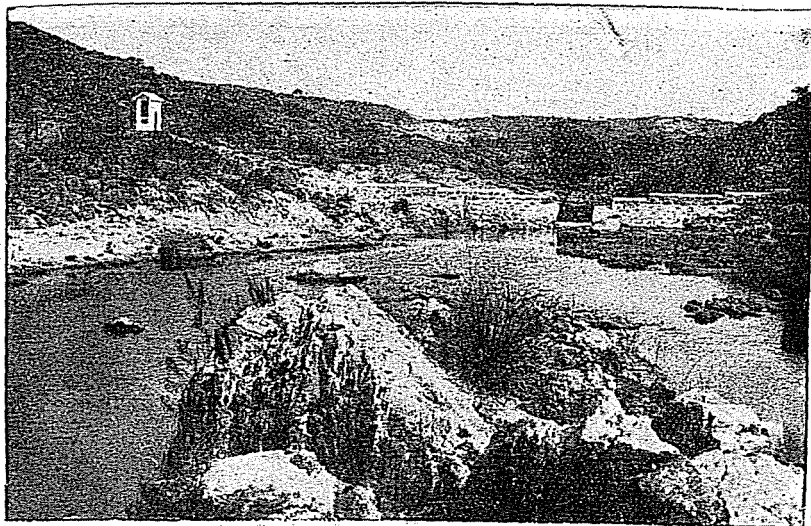


Fig. 4. — Estación de aforo sobre el Arroyo Chorrillos, en Villa Carlos Paz. — Vista de conjunto en un estiaje mínimo. — Noviembre de 1935

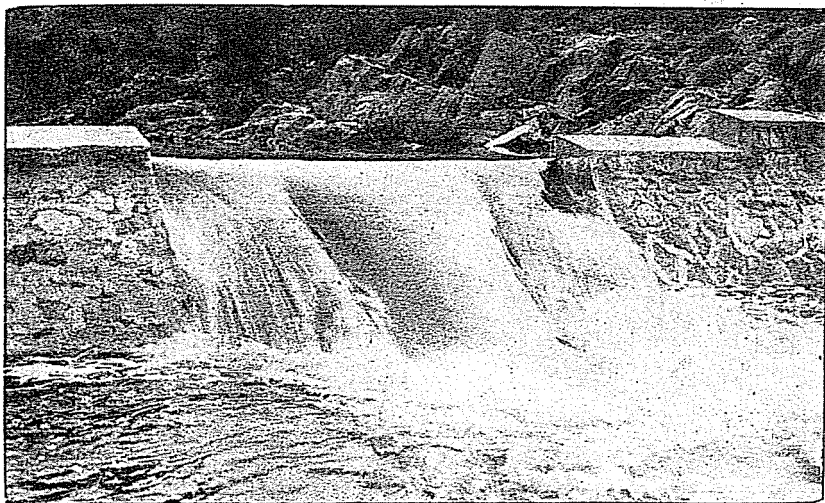


Fig. 5. — Estación de aforo sobre el Arroyo Chorrillos, en Villa Carlos Paz. — El vertedor durante el pasaje de una crecida. — Diciembre de 1935.

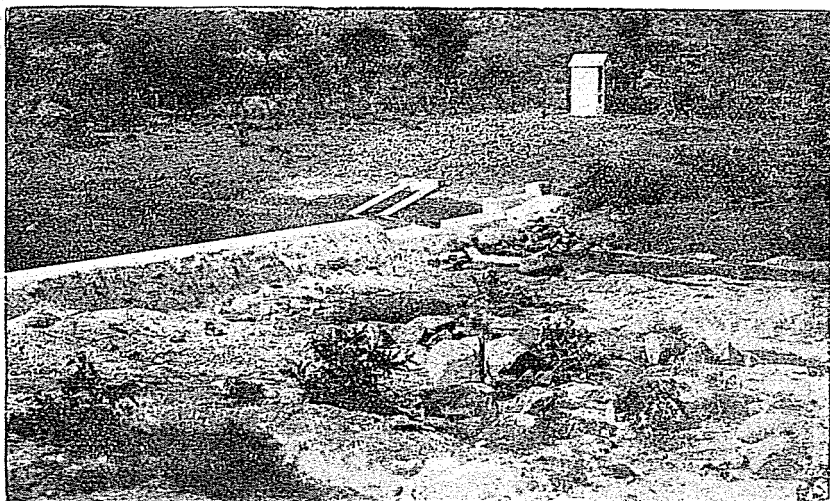


Fig. 6. — Estación de aforo sobre el Arroyo de las Mojaras, en Bialet Masé. — Vista de conjunto

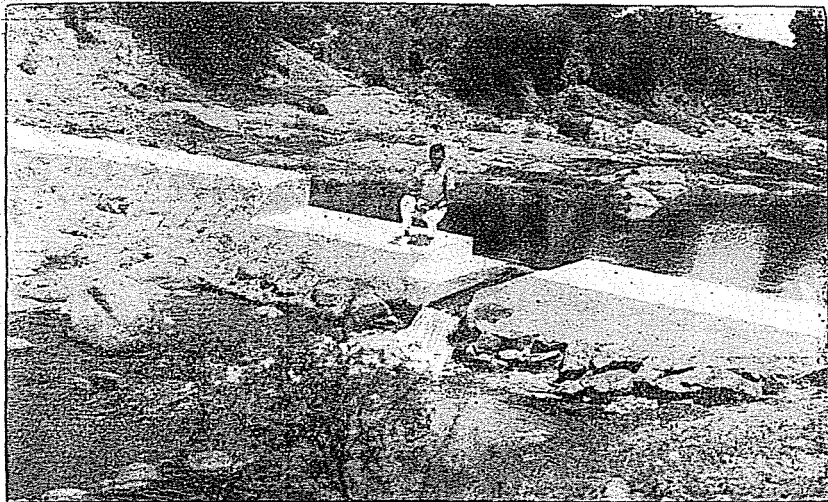


Fig. 7. — Estación de aforo sobre el Arroyo de las Mojarras en Biallet Mas-sé. — Vista del vertedor en un estiaje mínimo.

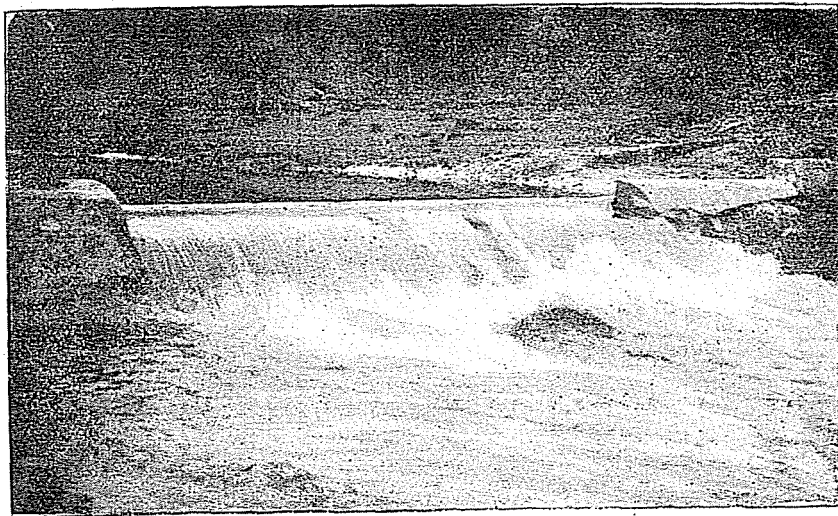


Fig. 8. — Estación de aforo sobre el Arroyo de las Mojarras, en Biallet Mas-sé. — Pasaje de una crecida. — Diciembre de 1935.

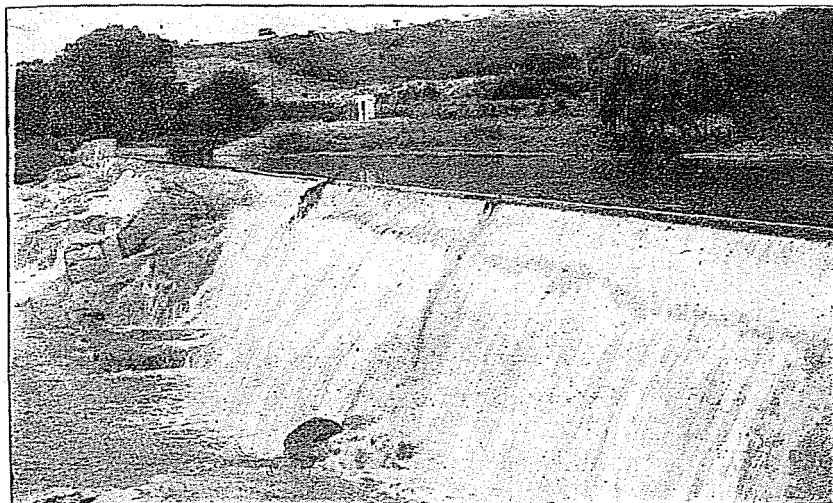


Fig. 9. — Estación de aforo sobre el Río Cosquín, en Biale Masse.

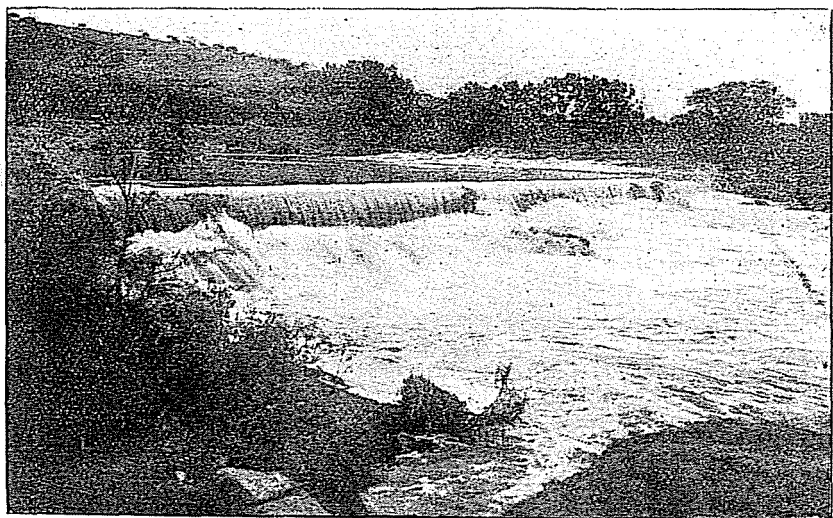
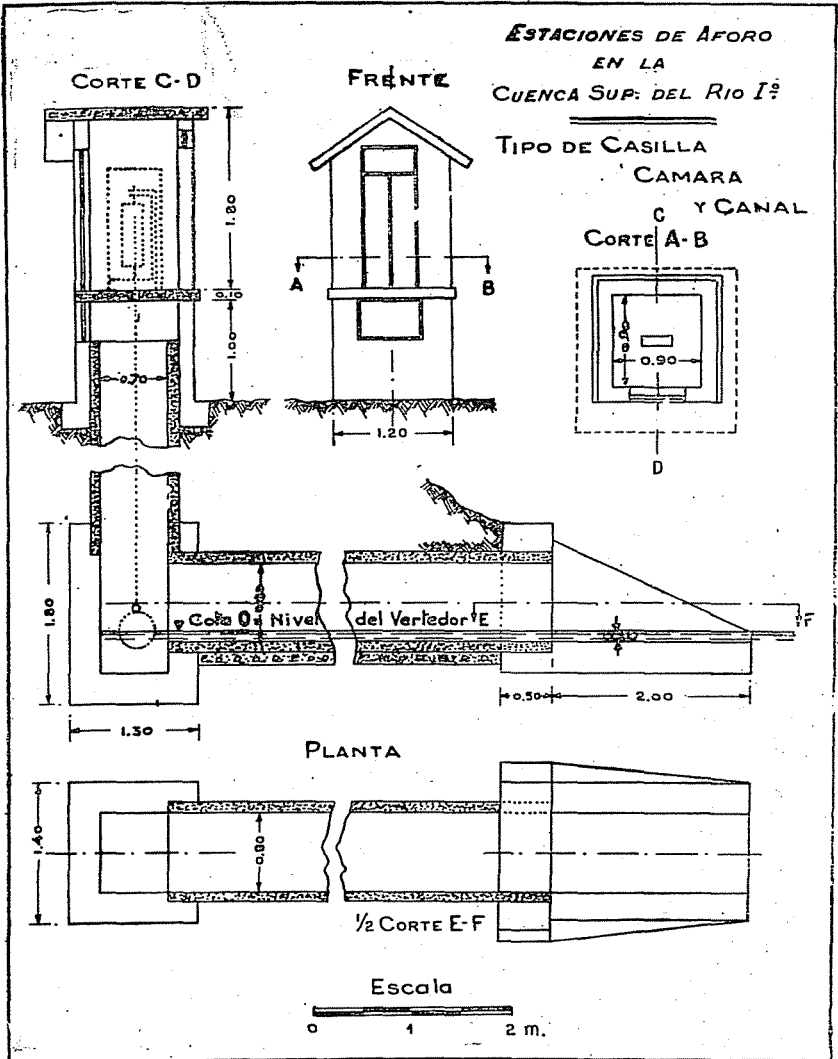


Fig. 10. — Estación de aforo sobre el Río Cosquín, en Biale Massé. — Pasaje de una crecida en Diciembre de 1935.





Las casillas se han construído de hormigón armado, con puertas de hierro y protegidas por un cercado metálico. Los limnigrafos fueron facilitados por la Dirección de Meteorología de la Nación, siendo el tipo de tambor, con escala de reducción vertical de 1 : 20 y movimiento del papel a razón de 40 milímetros cada 24 horas con duración para 15 días.

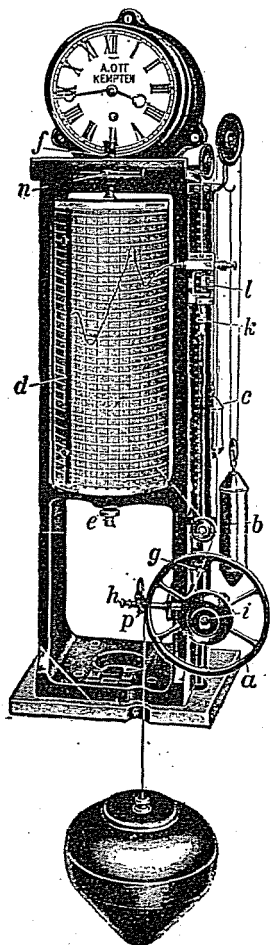


Fig. 11. — Limnógrafo a tambor vertical. Modelo de la Casa A. Ott.

Se estima que estos limnigrafos son inadecuados para el registro de crecidas por la lentitud de su movimiento, habiendo recomendado la adopción de un tipo similar al indicado en la Fig. 11 con escala de reducción vertical de 1 : 10 (lo que con hoja de 60 cm. alcanza a registrar 6 metros, que es suficiente en todos los casos) y movimiento horizontal de 5 milímetros por hora. La Oficina puede renovar las hojas, sin mayor inconveniente, una vez por semana. Estos limnigrafos son fabricados por el Instituto Técnico A. Ott, de Kempten, Alemania.

**Tarado.** — La fórmula del gasto de un vertedor escalonado es de la forma:

$$Q = m_1 L_1 H \sqrt{2 g H} + m_2 L_2 (H-A) \sqrt{2 g (H-A)} + m_3 L_3 (H-B) \sqrt{2 g (H-B)}$$

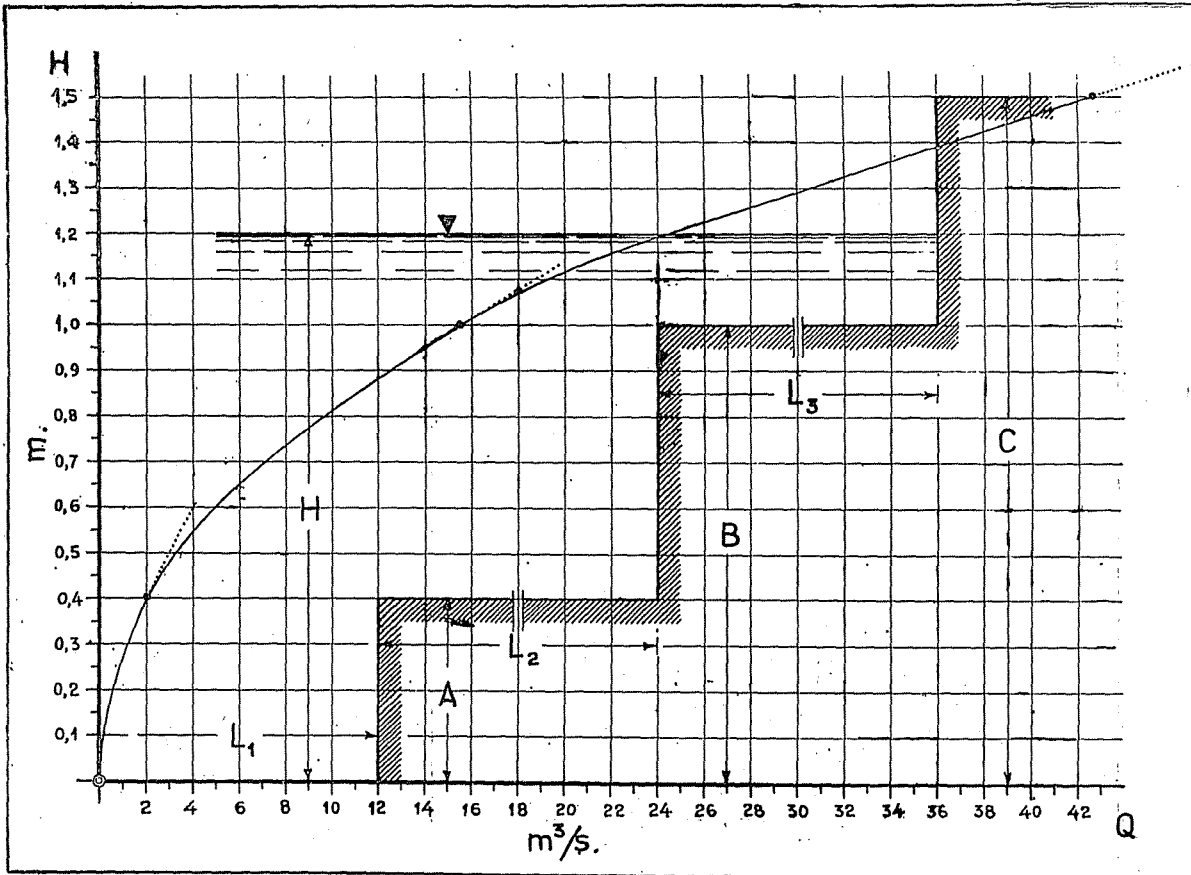
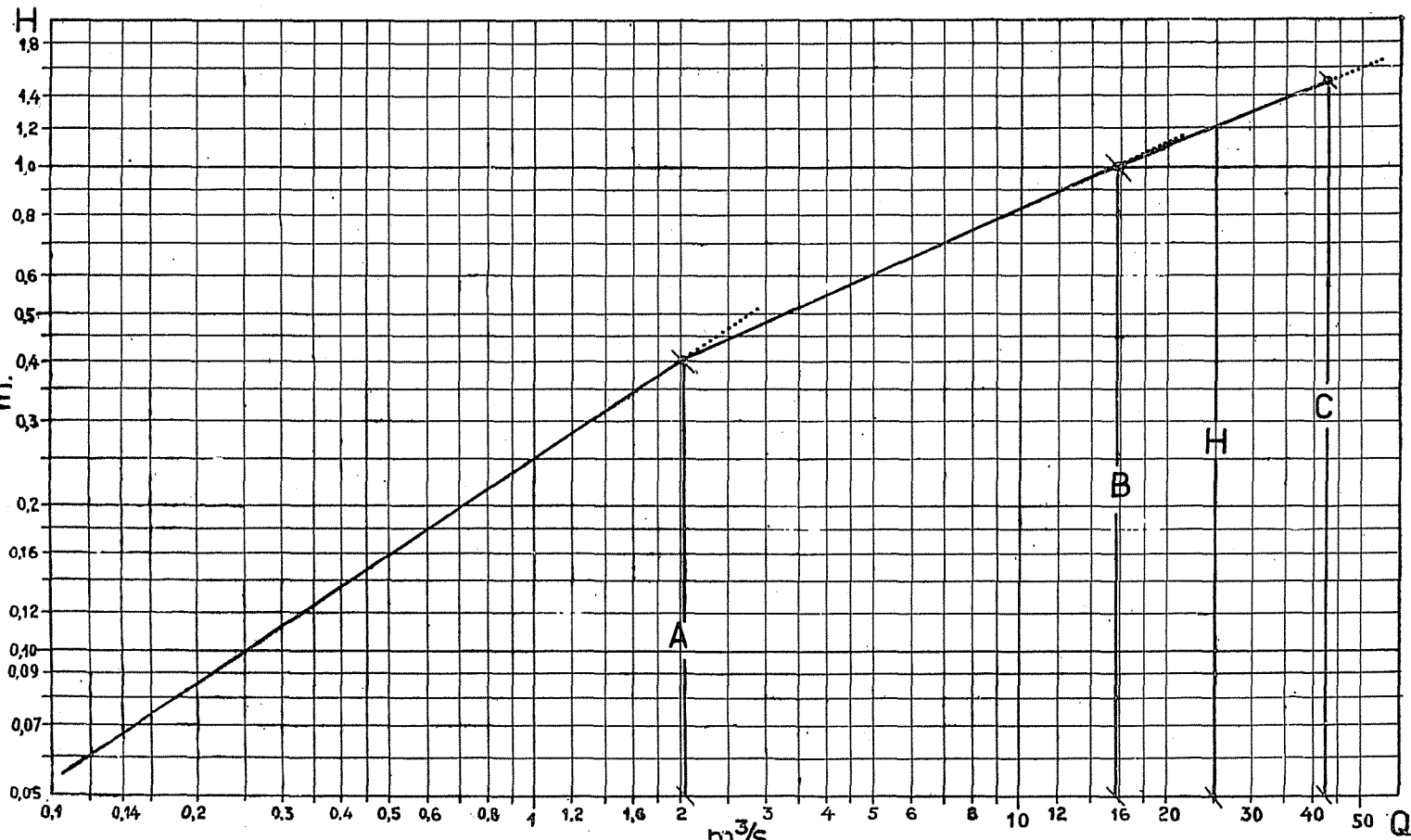


Fig. 12. — Curva de gasto de un vertedor escalonado





la que una vez determinados los valores de los coeficientes de gasto  $m$ ; se transforma en:

$$Q = C_1 H^{\frac{3}{2}} + C_2 (H-A)^{\frac{3}{2}} + C_3 (H-B)^{\frac{3}{2}} + \dots$$

que se aplicará eliminando los términos en los cuales  $H$  sea menor que las alturas constantes  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , etc. de los retallos.

Aplicada a un vertedor de las características siguientes:

$$L_1 = 6,0 \text{ m} ; L_2 = 12,0 \text{ m} ; L_3 = 16,0 \text{ m}$$

$$A = 0,4 \text{ m} ; B = 1,0 \text{ m} ; C = 1,5 \text{ m}$$

da una curva de gasto tal como la de la Fig. 12 la que, trazada en coordenadas logarítmicas se transforma en la de la Fig. 13. Estas curvas se han hecho a título de ejemplo, con valores provisorios de los coeficientes  $m$ .

La determinación de los valores de los coeficientes de gasto se empezó a hacer inmediatamente después de terminadas las estructuras, encontrándose en la actualidad este trabajo a cargo del personal de la Dirección de Irrigación y Agropecuaria. Para ello se emplean dos molinetes de Woltmann marca Ott, de los cuales el primero es del tipo indicado en la Fig. 14 y el segundo es del tipo universal, con dos hélices de 25 y 50 cm. de paso respectivamente, indicador de sentido de la corriente, y con todos los accesorios para trabajar tanto con varilla fija como suspendido con cable. (Fig. 15). Ambos son con indicación eléctrica con timbre o teléfonos.

Se ha recomendado también, para facilitar la determinación de velocidad en algunas secciones especiales, el empleo de un molinete eléctrico Tauber, sistema D. B. F. (Figs. 16 y 17) de indicación instantánea. Este molinete se distingue esencialmente de los demás, porque la rotación de la hélice acciona un pequeño generador electromagnético en lugar de la rueda de contactos, pudiendo leerse directamente el número de revoluciones sobre un galvanómetro. (Ver Apéndice II).

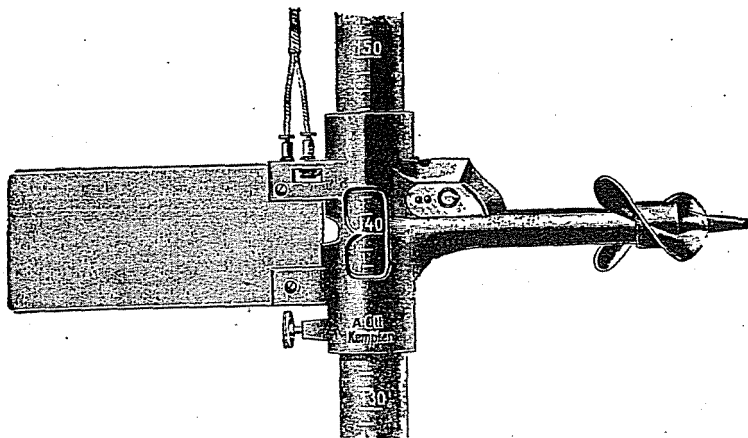


Fig. 14

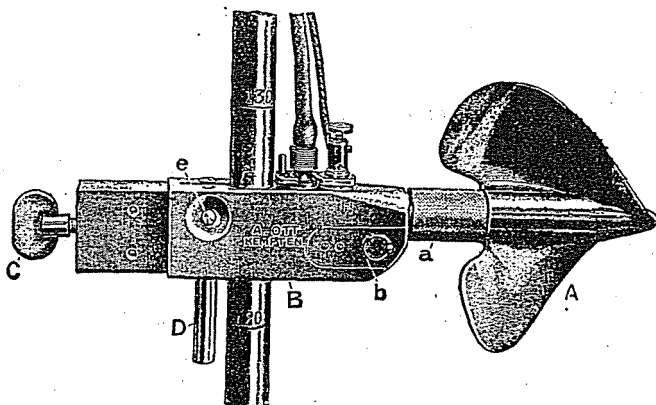
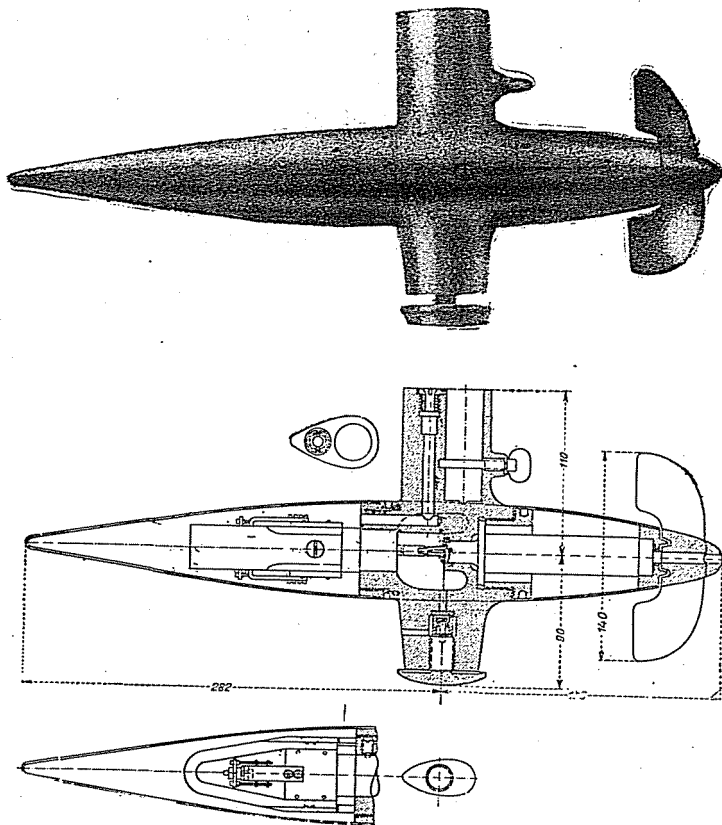


Fig. 15



Figs. 16 y 17. — Molinete eléctrico de Tauber, para la indicación instantánea de la velocidad.

**ESTACION DE AFORO EN EL DIQUE SAN ROQUE.** — Basándose sobre las aplicaciones del principio Venturi a la reducción de sección existente en los conductos de fondo del dique, la Comisión presidida por el Ingeniero Rodolfo E. Ballester hizo una serie de aforos destinados a obtener las curvas de gasto de las válvulas para distintas alturas del embalse.

Sustituídas las antiguas válvulas de mariposa que se encontraban gravemente deterioradas por efectos de cavitación, se co-

locaron en su lugar dos válvulas del tipo esclusa, debiendo determinarse para éstas los valores del coeficiente de gasto. El trabajo fué realizado por el autor durante el año 1933 utilizando el manómetro diferencial a mercurio dejado por la citada Comisión, aplicado a la reducción de sección de las cañerías, cuyas características son: (1)

Area de la sección mayor: 1,285 m<sup>2</sup>

Area de la sección menor: 0,785 m<sup>2</sup>

Relación de las áreas = 1,637 ; Longitud del cono = 2,000 metros.

Fórmula del gasto en el tubo:

$$Q = 4,173 \sqrt{h}$$

en la cual:

Q = gasto en metros cúbicos por segundo

h = diferencia de altura en las ramas del manómetro, en milímetros de mercurio.

La fórmula del gasto de la válvula es:

$$Q = \lambda \sqrt{H - 1,60}$$

en la cual:

H = altura de embalse, en metros

$\lambda$  = coeficiente de gasto

1,60 = altura del eje del conducto sobre el cero del hidrómetro.

La salida de los conductos es completamente libre de inundación, en todos los casos.

Para la determinación de los valores de  $\lambda$  se instaló el manómetro diferencial como se indica en la Fig. 18 y con una misma altura de embalse se midieron los gastos para aberturas de la válvula de 5 en 5 cm. desde 0 (cerrada) hasta 100 (toda abierta), repitiendo las lecturas en ambos sentidos .

(1) Informe de la Comisión Ballester, Volpi y Suárez (1928 - 30) pág. 51.



La operación se repitió con distintas alturas de embalse, promediando los resultados para aplicarlos dentro de los límites más frecuentes. Por comparación de los caudales así medidos con la fórmula del gasto, se obtuvieron las tablas de valores de  $\lambda$  (por segundo y por hora). Para facilitar la determinación de las aberturas necesarias de las válvulas para un gasto y altura del embalse dados, se construyó el ábaco que acompaña a las tablas.

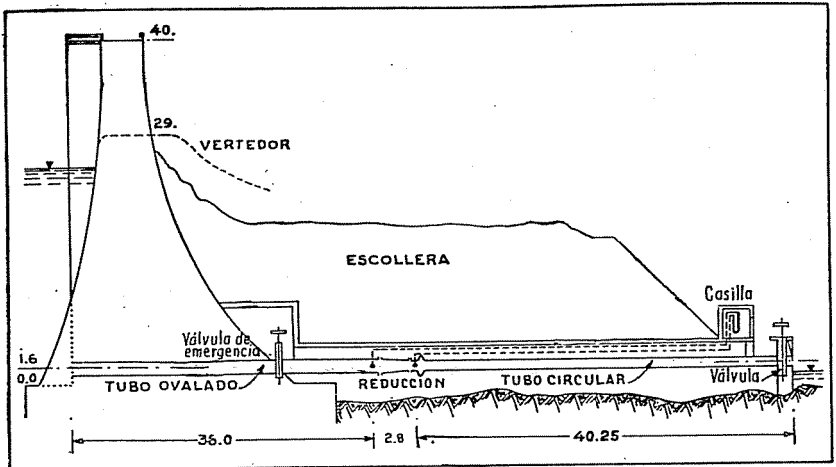


Fig. 18 — Instalación del manómetro diferencial para aforo en los conductos de fondo del Dique San Roque.

Obtenido el tarado de las válvulas, se adquirieron, previa licitación entre las fábricas especializadas, dos aforadores registradores marca "Siemens & Halske" provistos de dispositivo totalizador, que funcionan teniendo como base un manómetro diferencial a mercurio con amplitud de registro para 900 mm. de presión diferencial. Estos aparatos, instalados en la casilla de maniobras a 40 m. de distancia horizontal y 3,50 m. de altura sobre el eje de los conductos, están conectados por medio de tubos de cobre de 12 mm. de diámetro que llevan intercalados filtros para impedir el paso de materias extrañas. La Fig. 19 muestra la ejecución de estos aforadores, y la Fig. 20 su colocación dentro de la casilla.

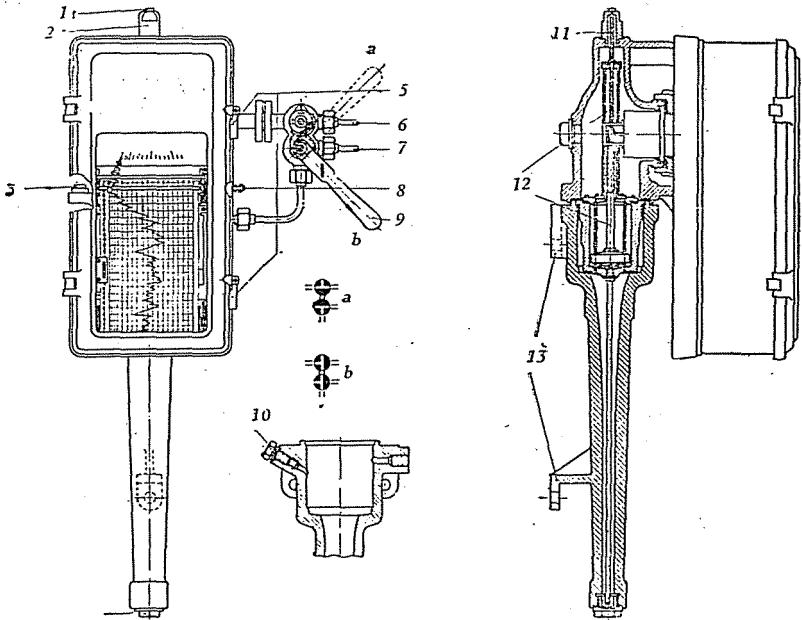


Fig. 19. — Aforador registrador y totalizador Siemens & Halske

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 — Tapón para purga de aire | 9 — Mango del robinete            |
| 2 — Tapón de cierre superior | 10 — Tuerca para el llenado       |
| 3 — Nivel a burbuja          | 11 — Varilla de fijar el flotador |
| 4 — Tapón de cierre inferior | 12 — Varilla del flotador         |
| 5 — Manivela de cierre       | 13 — Placas de fijación           |
| 6 — Empalme superior (—)     | a — Marcha                        |
| 7 — Empalme inferior (+)     | b — Detenido                      |
| 8 — Llave                    |                                   |

El registro se hace con tinta sobre una banda de papel continua que se desplaza a razón de 20 mm. por hora y con duración para dos meses, debiendo darse cuerda al aparato de relojería y totalizador, semanalmente. La Fig. 21 reproduce una parte del registro del movimiento de una válvula.

**ESTACION DE AFORO AGUAS ABAJO DEL DIQUE. —**  
Respondiendo a instrucciones recibidas de la Superioridad, se estudió la construcción de una estación de aforo a ubicarse sobre el Río Primero, aguas abajo del dique, que sirviera para control

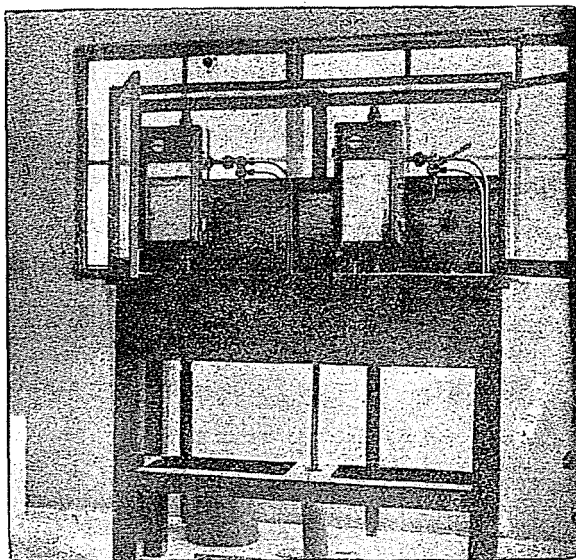


Fig. 20. — Aforadores registradores instalados en la Cajilla de Controles del Dique San Roque

o para aforo del caudal de salida en caso de construirse la usina, o simplemente la toma adicional.

Para esta estación se eligió como más conveniente, por ser la que produce la mínima sobreelevación del pelo de agua en el río, una canaleta aforadora Venturi-Parshall con capacidad para hasta  $20 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Basándose en la construcción descrita en el Apéndice I, de 12,20 m de ancho en la garganta, se dimensionó una estructura para ser construída en hormigón armado o mampostería de piedra, de 7,18 m de ancho, guardando la misma relación para todas las demás dimensiones, y se ensayaron dos modelos construídos en madera, designados con I y II, cuyas escalas fueron 1:20 y 1:10 respectivamente.

Las Fotografías de las Figs. 22 a 25 indican algunas fases del funcionamiento de estos modelos, de los que, como es natural, presenta más interés 1 : 10 .

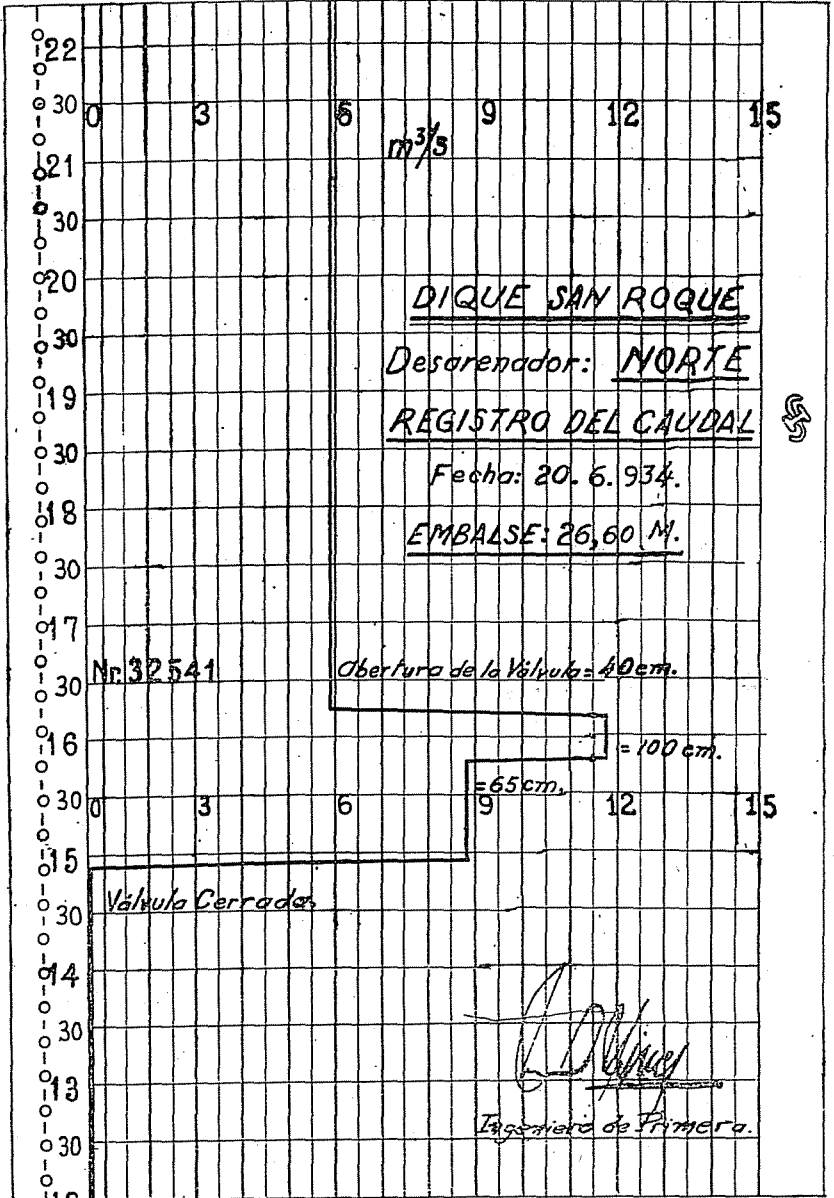


Fig. 21

La curva de gastos se trazó adoptando la forma:

$$Q + C H_a^n$$

y determinando los valores de las constantes mediante los juegos de valores de  $Q$  y  $H_a$  medidos.

El modelo I (de 360 mm. de ancho de garganta) dá la siguiente relación de  $H_a$  á  $Q$ .

$$H_a = 13,0 \quad 18,0 \quad 21,6 \quad 22,8 \quad 26,3 \quad 30,4 \quad 34,5 \quad 41,5 \quad 50,0 \quad (\text{mm})$$

$$Q = 1,35 \quad 2,38 \quad 3,00 \quad 3,37 \quad 4,31 \quad 5,31 \quad 5,87 \quad 8,36 \quad 11,5 \quad (\text{l/seg.})$$

La fórmula:

$$\log Q = \log C + n \log H$$

da los valores:

$$n = 1,6 \quad \text{y} \quad C = 0,0224$$

o sea una fórmula del gasto:

$$Q = 0,0224 H_a^{1,6}$$

El modelo II (de 720 mm. de ancho en la garganta) da una forma similar. Aplicada la relación de similitud, se ha podido prever para el original, la fórmula del gasto:

$$Q = 0,013 H_a^{1,6}$$

en la cual:

$Q$  = gasto en  $m^3/\text{seg.}$

$H_a$  = altura de carga a 2,87 m hacia aguas arriba de la garganta, medidos sobre la pared convergente.

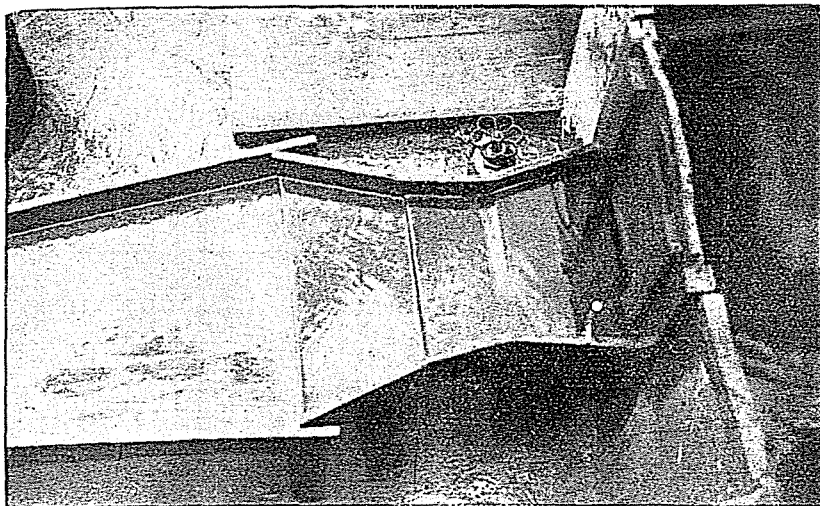


Fig. 22. — Modelo 1 : 20 de la Canaleta Parshall. — Esgurrimiento completamente uniforme con  $Q = 5$  l/seg.

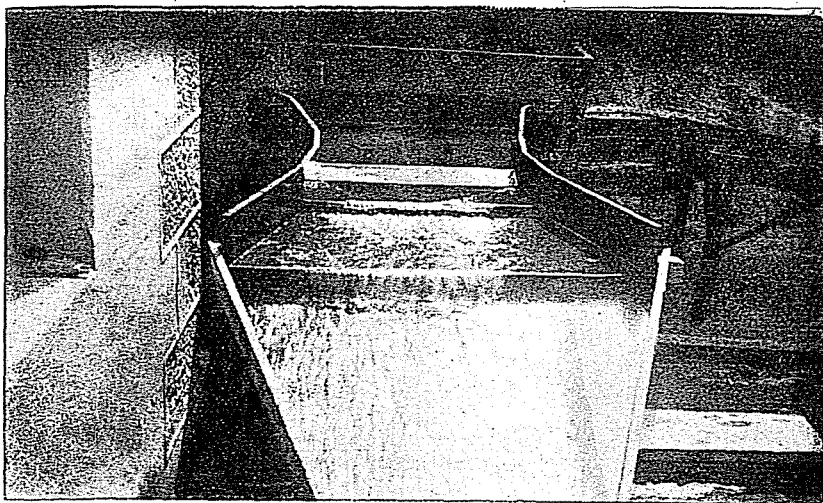


Fig. 23. — Modelo 1 : 10 de la Canaleta Parshall

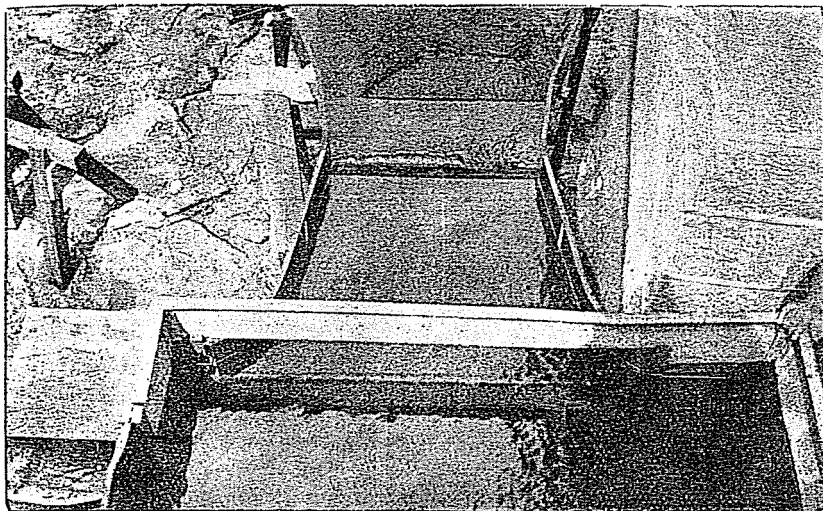


Fig. 24. — Modelo 1 : 10 de la Canaleta Parshall. Corrimiento de los remolinos al pasar de los 5 l/seg.

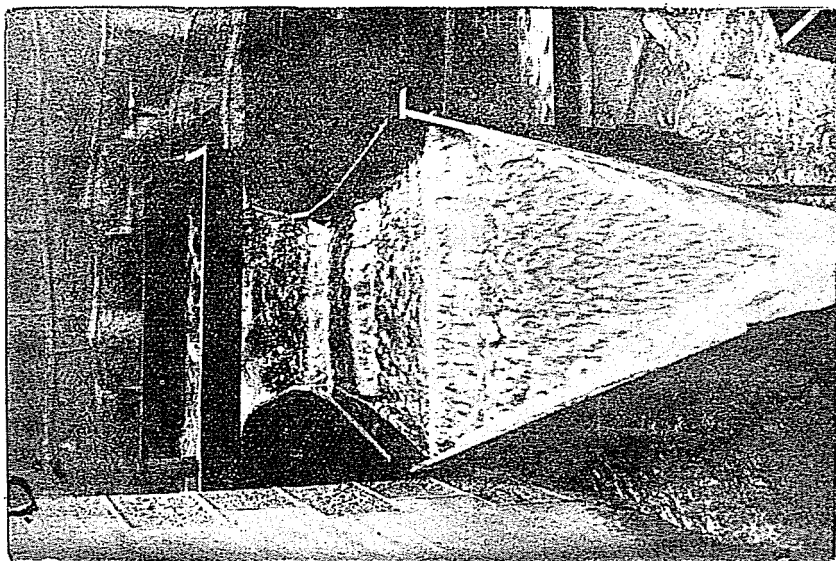
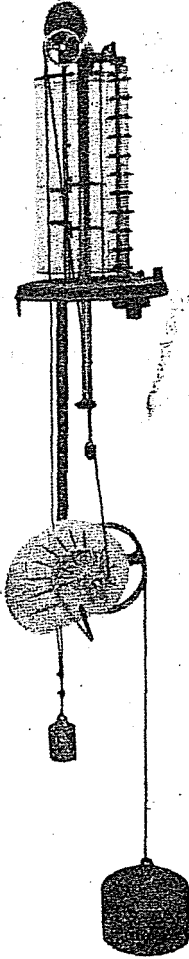


Fig. 25. — Modelo 1 : 10 de la Canaleta Parshall



Para el caso de construirse esta estación, se estima conveniente la adopción de un limnógrafo a escala calibrada, como el indicado en la Fig. 26, el cual está provisto de una polea accionada por el flotador, en cuyo eje se encuentra una excéntrica cuya forma puede ajustarse de acuerdo a la fórmula del gasto, y sobre la cual se enrolla el cable que gobierna el lápiz o pluma para el registro. Puede registrarse simultáneamente también, con el mismo aparato las alturas del agua en la cámara. Este aparato es fabricado por la firma Leupold Volpel & Co. de Portland, EE. UU. A.

Fig. 26. — Limnógrafo de doble escala, para registro calibrado mediante excéntrica graduable de acuerdo a la fórmula del gasto. Modelo de Leupold Volpel y Co.



## APENDICE I

### AFORO POR CANALETA A CONTRACCION DE UN CANAL CON MATERIAL DE ARRASTRE

por R. L. Parshall

Ingeniero Principal de Irrigación, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América

(ENGINEERING NEWS - RECORD, Vol. 106, N° 5, Enero 29 de 1931)

**Nota del Editor.** — El desarrollo del nuevo tipo de estructura para aforos, descrita en este artículo, ha sido ejecutado por el autor. A pesar de que desde el principio la estructura fué denominada “canaleta Venturi mejorada” (Improved Venturi Flume), se hicieron frecuentes objeciones a este nombre basándose en que, hablando estrictamente, no es una canaleta Venturi. De acuerdo a esto, se sugirió y se aprobó un cambio en el nombre, por el de “Canaleta aforadora Parshall”, por el Comité de Hidráulica de Irrigación de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

El Boletín N° 336 de la Estación experimental de Agricultura de Colorado, titulado: “La Canaleta Venturi Mejorada” relata la creación de un dispositivo para aforos en canales descubiertos, que tiene las características de exactitud de medida, está libre de los efectos de la arena y aluvión, y capacidad para soportar una gran inundación sin afectar el libre escurrimiento. El desarrollo del trabajo fué hecho en los laboratorios de hidráulica de la Estación en Fort Collins, con la cooperación de la División de Ingeniería Agrícola del Departamento de Agricultura de los EE. UU. Las posibilidades del laboratorio limitaron los estudios de la canaleta a un tamaño máximo de 2,44 metros; para datos sobre estructuras mayores, fué necesario remitirse a

obras construídas en el terreno. La construcción y estudio posterior de canaletas con ancho en la garganta variando entre 3,05 y 12,20 metros indicaron que la ley general del escurrimiento libre para tamaños más grandes, es similar en su forma a aquella determinada en el laboratorio para las canaletas más pequeñas.

La más grande de las estructuras de este tipo construída hasta ahora, es una canaleta de aforos, de hormigón armado, de 12,20 metros de ancho ubicada a más o menos 2,4 kilómetros aguas abajo del arranque del Canal de Fot Lyon, cerca de La Junta, Colorado. Este canal, que riega una zona de 39.000 hectáreas, tiene 24,80 m. de ancho en el fondo, 2,15 m. de profundidad y una capacidad de unos 50 m<sup>3</sup>/seg. El agua, tomada del Río Arkansas, lleva cantidade sexcesivas de cieno y arena de las que resultan depósitos en el canal, que hacen inaplicable el sistema ordinario de aforos.

Los detalles de construcción de la Canaleta de Aforos de 12,20 m. (40') de ancho están ilustrados en el dibujo que se acompaña (Fig. 27). Contiene unos 145 m<sup>3</sup> de hormigón armado. Un sistema de vigas longitudinales y transversales, hormigonadas monolíticamente con la losa del piso, constituyen la base de la estructura, fundada sobre un lecho de arena fina en el canal. Para prevenir la subpresión sobre la base, se han colocado uno o dos tubos cortos de h° g° de 63 mm.  $\phi$  (2 1/2") en cada cuadro o panel. Aguas abajo del hormigón se ha hecho una batiente de 4,80 m. de largo.

Las lecturas del nivel del agua, denominadas  $H_a$  y  $H_b$ , se toman en dos cámaras de medida ubicadas en la casilla de observación. Para prevenir la acumulación de depósitos de cieno y arena, se ha previsto un sistema de tubos de lavado. Desde un punto en la entrada de aguas arriba, se lleva un caño de 15 cm.  $\phi$  (6") hasta la Cámara  $H_a$ ; un diafragma de chapa de hierro de 5 mm. de espesor (3/16") con una llave de paso de 15 cm.  $\phi$  separa los compartimientos  $H_a$  y  $H_b$ . Un Caño de 15 cm.  $\phi$  comunica la cámara  $H_b$  con la sección en la garganta, en el punto menor de elevación. La carga hirstostática que se obtiene entre la

entrada y la garganta de la estructura es suficiente para obtener una corriente de agua para el lavado de las cámaras.

La carga estática en la cámara  $H_a$  indica la profundidad del agua en un punto situado a 4,877 m. medidos desde el vértice. Esto es, los dos tercios de la diferencia hacia aguas arriba, medidos a lo largo de la pared convergente. Cuatro caños de 38 mm.  $\phi$  ( $1\frac{1}{2}$ " ) colocados en un plano vertical, constituyen la entrada a esta cámara. La carga estática en la cámara  $H$  indica la elevación de la superficie del agua en la garganta, viniendo ésta a travez del caño de 15 cm.  $\phi$  de lavado. En su extremo superior, este caño tiene una compuerta que se emplea en la operación de lavado, y la hoja de esta compuerta lleva una perforación de 20 mm.  $\phi$  ( $\frac{3}{4}$ " ) cerca de su parte superior, con el objeto de que, estando cerrada aquella, la perforación sirve de amortiguador de las pulsaciones comunicadas a la cámara  $H$  por el oleaje de la sección estrechada (garganta) de la canaleta.

Otra característica especial de la estructura, es el método de indicar las alturas de aforo, o cargas efectivas  $H_a$  y  $H_b$ , y también la indicación del caudal escurrido. Sobre un banco adecuado, construído sobre las cámaras de aforo se han colocado dos ruedas de borde ancho, con soporte a pivote. Para la escala de  $H$  pasa sobre una de las ruedas una cinta de bronce de 57 mm. de ancho, graduada a lo largo de uno de sus bordes en piés, décimos y centésimos; a lo largo del otro borde está graduada en unidades de caudal, o piés cúbicos por segundo. Una cinta similar, de 32 mm. de ancho y graduada solamente en uno de sus bordes en piés, décimos y centésimos, sirve para la cámara  $H_b$ . Cada una de las cintas tiene un flotador esférico de 15 cm. de diámetro en un extremo, y un contrapeso en el otro. Fijados a las placas de base de las ruedas hay dos piés verticales con índices horizontales ó agujas, lo suficientemente largas para alcanzar a las graduaciones de las cintas. Para la escala  $H_a$  hay dos índices, uno para las alturas del agua y el otro para indicar el caudal; cualquier cambio de nivel queda indicado por el movimiento de la cinta debajo del índice. No se han colocado escalas de medida.

**Resultados de funcionamiento.** — Al proyectar la canaleta de 12,20 m, fué necesario basarse sobre las conclusiones obtenidas del estudio y experiencia provenientes de las de 3,05, 3,66 y 3,10 m. que estaban en funcionamiento. Para la canaleta de 6,10 m. se había encontrado que, teniendo una capacidad de descarga de 28 m<sup>3</sup>/seg. la relación de las alturas de medida  $H_b/H_a$  puede alcanzar hasta el 80 por ciento sin afectar el libre escurrimiento. Para la canaleta de 12,20 m. no se obtuvieron datos de escurrimiento inundado. Las observaciones muestran que para caudales desde 3,65 hasta 47,5 m<sup>3</sup>/seg. no han tenido lugar escurrimientos con inundación que excedan del 60 por ciento, exceptuando las causadas por la presencia de hielo en el canal.

Por medio de la extrapolación, la fórmula:  $Q = 150 H_a^{1,6}$  fué prevista cuando se proyectó la estructura de 12,20 m. como la ley de escurrimiento libre más probable; en esta fórmula, Q es el caudal en piés cúbicos por segundo, y  $H_a$  la altura observada, en pies, en un estado dado, en la cámara de medida situada a los dos tercios hacia aguas arriba de la distancia desde la arista o vértice. Desde que se la terminó, se han hecho 21 aforos con molinete para comparación con los caudales computados por medio de la fórmula. La sección para aforos está ubicada en la parte convergente, donde la distancia entre las paredes es de 15,25 m; se ha hecho una pasarela para facilitar el trabajo con el molinete. Se usó el método de aforo por puntos, determinándose velocidades con intervalos de 0,60 m; las observaciones muestran que las velocidades se distribuyen muy uniformemente; para un caudal de 39 m<sup>3</sup>/seg. se observó una velocidad máxima de 2,48 m/seg. La comparación de los caudales observados y los calculados, para valores desde 3,6 hasta 41 m<sup>3</sup>/seg. indican una diferencia máxima de 2,3 por ciento. De las observaciones hechas, 11 muestran ser el valor calculado, mayor que el observado, y 10 menor.

A causa del aparente buen funcionamiento de todas las canaletas Parshall de aforo actualmente en uso, especialmente aquellas de valle de Arkansas, donde los depósitos de tierra y arena

son un inconveniente serio desde el punto de vista de los aforos exactos, se espera que varias otras canaletas se instalarán en un futuro próximo.

La canaleta de 12,20 m. de ancho fué proyectada en la Oficina de Investigaciones de Irrigación de la Estación Agrícola Experimental de Colorado, Fort Collins, y construída bajo la Inspección de Harry Amsley, Superintendente de la Compañía del Canal de Fort Lyon, y H. W. Alexander, Ingeniero Residente.

---

## APENDICE II

### APARATO ELECTRICO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DEL AGUA

#### Sistema D. B. F.

Este aparato se basa en el principio del tacómetro eléctrico haciendo posible la medida directa del valor instantáneo de la velocidad, sin cálculos intermedios. Se compone de una hélice acoplada directamente a una máquina magneto eléctrica de dimensiones muy reducidas, la que, juntamente con su eje de transmisión están encerrados en una envolvente metálica husiforme, que ofrece la mínima resistencia al escurrimiento. El interior de esta envolvente está dividido en tres cámaras: la anterior contiene un tubo lleno de aceite que contiene los dos cojinetes principales del eje de transmisión: en la cámara intermedia el diámetro del eje queda reducido al milímetro y es sustentado también por dos cojinetes. El pequeño diámetro disminuye considerablemente el rozamiento, y se obtiene al mismo tiempo, sin necesidad de prensa estopas, un cierre completamente hermético de la cámara posterior, que contiene el generador. Para aumentar la seguridad contra la penetración del agua se ha previsto entre los dos cojinetes centrales un tapon de grasa consistente.

Después de un prolongado empleo en profundidades relativamente grandes, puede ocurrir que algunas gotas hayan penetrado en la parte inferior de la cámara intermedia, la que puede ser viciada quitando el tapón cuya cabeza, dirigida hacia abajo, sirve también de tope. La cámara posterior contiene el generador que produce una corriente máxima de aproximadamente 0,3 vatios, de la cual solo algunas diezmilésimas de vatio se emplean para el instrumento de medida. Su eje gira en cojinetes

de rubíes; el colector se compone de delgas de una aleación de oro y plata.

El generador, que produce corriente continua, está conectado a un galvanómetro a carrete móvil de gran sensibilidad por un cable a dos conductores, impermeable, provisto de una clavija.

El instrumento indicador tiene tres escalas de medida: la primera de 0,5 — 0 — 2,5 ; la segunda de 1,5 — 0 — 7,5 y la tercera de 3 — 0 — 15 revoluciones por segundo. La escala negativa,  $1/5$  de la escala positiva, es úti en los casos de cambio de sentido del movimiento del líquido. La aguja indicadora es de forma de cuchilla y, con el fin de evitar los errores de paralaje en las lecturas, está colocada sobre un espejo. Las indicaciones son independientes de la temperatura ambiente.

Con el aparato se suministra un gráfico que dá directamente la velocidad del agua en metros por segundo en función del número de revoluciones por segundo.

(Instrucciones de TRUB, TAUBER y CIA. Zurich, Suiza).

---