

Aforo del rio Mataquito

Practicado por

F. I. CERECEDA Y W. CORDERO,

Ingenieros de la comision de Irrigacion del Valle de Nilahue, en 30 i 31 de Marzo de 1909

(Con tres clichés i varios planos)

Para regar el valle de Nilahue se proyecta tomar las aguas del rio Mataquito, en el punto denominado Morrillo.

La estension considerable de los terrenos por regar, i la relativa escasez de agua de este rio, hacian necesaria una determinacion bastante aproximada de su caual.

Esta determinacion se hizo a fines de Marzo, época en la cual, se estima que el gasto del rio pasa por su mínimo; mínimo particularmente interesante por corresponder al año mas seco de un período de tiempo bastante largo.

Se observó el nivel del rio durante unos quince dias, i se vió que permanecia prácticamente invariable.

En esta época las exigencias del riego, léjos de aumentar, tienden mas bien a disminuir; lo que determinaria un aumento del gasto del rio.

Se consideró, pues, que la época era favorable para hacer el aforo.

MÉTODO USADO.—Es hoy casi incuestionable que el mejor método de aforo consiste en la medida de una seccion trasversal, i en la determinacion de las velocidades de una serie de puntos de dicha seccion por medio del molinete de Woltmann.

Así se ha considerado en Francia, donde en los recientes trabajos relacionados con el estudio de las fuerzas hidráulicas de los Alpes, se le ha usado casi exclusivamente. (Se ha hecho uso de flotadores solo para determinar los gastos de creces rápidas i sedimentíferas, donde no se habrian podido emplear molinetes (*Génie Civil*, 18 i 25 de Enero de 1908).

Lo mismo se ha hecho en Estados Unidos. En el 19.º *Report of the United States Geological Survey* se lee: «Los cómputos se basan casi exclusivamente en la medida del área de la sección transversal, i de las velocidades obtenidas por el uso de alguna de las muchas variedades de hidrómetros» (Current Meters: tipo Huskel i sobre todo Price).

Otro tanto pasa en Alemania: los trabajos hidrométricos hechos por las administraciones del Elba, Rhin etc, han sido ejecutados con molinetes.

Resuelto el empleo del molinete, surgió la cuestión de si convendría, para su manejo, usar botes, o un puente colgante, o un andarivel.

En el caso del Mataquito, nosotros consideramos que, dada la poca profundidad del agua i el ancho relativamente pequeño de su cauce, debíamos usar un dispositivo que perturbara lo ménos posible el movimiento del agua.

Quedaban, pués, de hecho escluidas las lanchas, i un puente provisional de andamiaje.

Entre un andarivel i un puente colgante, nos decidimos por este último, por la mayor facilidad de manejo del molinete i de su calaje en un punto dado.

No tuvimos que arrepentirnos de la eleccion.

Con mucha frecuencia nos vimos obligados a sacar del agua el molinete, lo qué habria sido mui molesto desde el canastillo de un andarivel.

SECCION DE AFORO.—Ademas de la condicion de estar a una distancia no mui considerable del punto de toma, la sección de aforo, debia llenar otras condiciones, que pasamos a enumerar.

1. Encontrarse en el centro de un trozo de corriente lo mas recto i regular posible. *Wilson, (Irrigation Engineering)* dice que la sección transversal debe ser uniforme unos 60 m. aguas arriba i aguas abajo de la estación de aforo.

2. La velocidad del agua debe ser moderada. El lecho i las barrancas deben ser estables (Condicion esta última que se toma en cuenta principalmente en caso de observaciones sistemáticas de larga duracion).

3. Las orillas i las líneas de igual profundidad deben ser mas o ménos paralelas. La mayor profundidad debe encontrarse mas o ménos al medio. Las orillas deben ser peladas, sin vejetacion, etc.

4. El perfil no debe ser mui ancho ni mui angosto. En lo posible en todos sus puntos debe reinar la misma pendiente superficial.

Si no existe un trozo de corriente que llene esas condiciones, no hai mas remedio que construirlo artificialmente. Así se hizo en las estaciones de Bartelswerder i Hämerten en el Elba (*Jasmund. Die Gewässerkunde*).

En el Mataquito no nos fué posible encontrar una sección que cumpliera con esas condiciones de una manera rigurosa.

La ubicamos mas o ménos a unos 100 m. hácia abajo de la confluencia del Teno, con el Lontué, rios que juntos forman el Mataquito.

Mas arriba no habríamos podido ubicar la seccion, a causa de una curva mui pronunciada del rio, que hacia irregular el réjimen de la corriente.

Tampoco habríamos podido correrla hacia abajo, porque a unos 50 m. de ella, el rio tiene un curso irregular, se divide en varios brazos, i sigue así por largo trecho.

Habríamos podido aforar independientemente dos brazos del Mataquito; pero el costo del aforo i el tiempo empleado en él habrian sido considerablemente mayores.

Antes de hacer este aforo no atribuíamos a la regularidad de la seccion i de su trozo de corriente la importancia que en realidad tiene. Suponíamos que, medida rigurosamente la seccion i determinadas la velocidad en una serie de puntos, todo andaria bien.

Las cosas, en realidad, no pasan así. En una seccion no regular, las velocidades de los puntos varian sensiblemente con relacion al tiempo; i, para encontrar las velocidades verdaderas, hai que tomar el promedio de varias medidas.

De la forma del perfil transversal del rio, podria deducirse que la seccion habia sido ubicada en una curva.

Esto no es así. La mayor profundidad que se observa en una de las orillas ha sido producida por la socavacion del Mataquito en el pié del cordon de cerros contra el cual se va a estrellar.

Si esta porcion del rio fué primitivamente curva, hoi ya no lo es, porque ha sido emparejada por el pedraplen que defiende el camino público que va de Curicó a la costa.

VERIFICACION DEL MOLINETE.—Los molinetes Ott que existen en la Direccion de Obras Públicas vienen calibrados de Europa (Instituto Mecánico de Kempten).

Aparte de que es conveniente recalibrarlos de cuando en cuando, sobre todo cuando se usan con alguna frecuencia (1), nosotros creimos necesaria una verificacion de sus constantes, especialmente para velocidades de alguna importancia.

Decimos verificacion: no hemos pretendido hacer una calibracion, porque no disponíamos para ello ni de tiempo ni de instalaciones adecuadas.

Las fórmulas que en los molinetes Ott, espresan la velocidad v en m. p. s. en funcion del número n de revoluciones por segundo, son las siguientes, para el molinete número 913 usado en el aforo:

$$n < 1, \quad v = 0,4240 n + \sqrt{0,01225 n^2 + 0,0012} \quad (2)$$

$$n > 1, \quad v = 0,5401 n$$

(1) Friedrich. Kulturtechnischer Wasserbau.

19 Report. U. S.; The relation between the revolutions of each meter and the speed of the water is a matter which must be determined for each instrument and tested at short intervals while in use.

(2) En esta fórmula el término 0,0012 corresponde a la velocidad mínima con la cual el molinete deja de jirar. Representa pues la resistencia de los frotamientos, i es tanto mas pequeña cuanto mas perfecto es el instrumento. En buenos molinetes varia entre 0,01 i 0,05 m. (Friedrich)

En el molinete 913 haciendo n igual 0, resulta $v=0,03$.

Cuando n igual 1, las dos fórmulas conducen naturalmente al mismo valor de v :

$$v = 0,5401 \text{ m. p. s.}$$

Para velocidades inferiores a 0,54 m. p. s. la lei de variacion es una curva de 2.º grado.

Para velocidades superiores a 0,54 m. p. s. la lei de variacion es una línea recta.

Los coeficientes numéricos de esas ecuaciones pueden determinarse de los resultados espermentales, aplicando el método de los cuadrados mínimos.

Pero en la práctica, se prefirió en jeneral el método gráfico, que consiste en trazar una línea intermedia entre los diversos puntos que espresan la relacion que existe entre la velocidad i el número de revoluciones del molinete. (*Jasmond*)

Para la verificacion nos valimos del baño de natacion de la calle San Antonio, que tiene un largo como de 16 m.

Aprovechamos solo una lonjitud de 15 m. medida sobre el muro del estanque.

Nos limitamos a verificar las velocidades comprendidas entre 0.5 i 1.50 m. Discrepancias en las pequeñas velocidades, caso de existir, influirian poco. Mayores velocidades no era probable que encontráramos en nuestro aforo, aparte de que no podríamos verificarlas sin dispositivos especiales.

En cada esperiencia movíamos el molinete manteniendo la barra vertical con velocidad lo mas uniforme posible; i anotábamos el tiempo t i el número n de revoluciones correspondiente a este tiempo, determinado por el contacto del instrumento.

Las observaciones en número de 18 aparecen tabuladas en el cuadro I.

CUADRO I.

N.º	t Tiempo en segundos	N Número de revs. en la lonj. 15 m.	v_m Veloc. en m. p. s.	n Número de revols. p. s.	Observaciones
1	9,2	29	1.63	3.04	N. se ha computado con el promedio de los valores de $N = \frac{508}{18} = 28.$
2	9,6	30	1.56	2.92	
3	11	27	1.36	2.54	
4	12	26	1.25	2.33	
5	12	27	1.25	2.33	
6	13,2	26	1.14	2.12	
7	13,5	28	1.11	2.07	
8	13,6	31	1.10	2.06	
9	14,8	29	1.01	1.89	
10	15	27	1.00	1.86	
11	16	27	0.94	1.75	
12	17	27	0.88	1.64	
13	18,6	30	0.81	1.50	
14	19,6	30	0.77	1.43	
15	26	28	0.58	1.08	
16	26,2	29	0.57	1.07	
17	30	28	0.50	0.93	

Con ellas se han obtenido para cada experiencia el número n de revoluciones por seg. i la velocidad v en metros p. s.

En la figura 3, se ha dibujado la curva correspondiente a las fórmulas 1 i 2. Las ordenadas son las velocidades espresadas en m. p. s., i las abscisas las revoluciones por segundo.

En el mismo sistema de coordenadas se han llevado las v_m i las n correspondientes a las 18 experiencias de verificación.

Resultan así 18 puntos.

Puede observarse que casi todos estan en la curva o cerca de ella. Pequeñas discrepancias que siempre aparecen en trabajos experimentales no son dignas de tomarse en cuenta, sobre todo dada la pequeña longitud de prueba.

Por lo demas las fórmulas i en consecuencia la curva, son solo promedios deducidos de las experiencias.

DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.—Elejida la seccion procedimos a construir el puente a través del rio.

Damos de él una lijera descripción.

Estribos.—Dos pies derechos de roble pelling de $.075 \times .25$ i por 4 m. (Peinazos usados en el entablado superior de los puentes carreteros). Un travesaño de las mismas dimensiones apernado con pernos de 19 m/m a los anteriores. Una diagonal clavada a los pies derechos (clavos de 15 cm.). Dos tornapuntas clavadas a éstos i colocadas paralelamente al eje del puente.

Los estribos eran iguales i se enterraron en el suelo mas o ménos 80 cm. De los pies derechos a las orillas del rio se dejó un espacio de 5 a 6 m.

Cables de suspension.—Acero 19 m/m (por no haber encontrado de 15 m/m).

Se les dió una vuelta en cada travesaño i se les ancló en cada estremo a postes de roble enterrados en el suelo mas o ménos un metro. Para evitar que tomaran una flecha excesiva, se tiraron, antes de colocar tirantes i tableros, con roldanas dobles.

La luz del puente de pié derecho a pié derecho de estribo resultó mas o ménos 35 m.

Tableros i tirantes. Colocados los cables de suspension se puso en seguida el tablero. Compuesto de dos cables de manila de 38 m/m de grueso, amarrados a las bases de los piés derechos, a unos 80 cm. de altura sobre el agua. Se trabaron entre sí con vetas viejas de 19 m/m .

Despues se colocaron los tirantes, vetas verticales de 25 m/m . amarradas a los cables de suspension i a los cables del tablero.

Entablado. Alamo de 5 cm.

Travesaños embutidos en los tirantes i asegurados a ellos.

Sobre los travesaños se tendieron i se clavaron una série de tablonos de manera a obtener un entablado parejo de mas o ménos un 1 m. de ancho

Vientos. Para evitar las oscilaciones del puente a causa del viento, se amarraron al tablero dos cables de 38 m/m. anclados uno en cada orilla.

El ancho de la seccion resultó de 21 m. 70 cm.

Jasmund recomienda dividir la seccion en diez trozos ubicando las verticales de separacion en las inflexiones del fondo, i distanciándolas mas al medio que en las orillas.

Nosotros creimos suficiente en nuestro caso ubicar las verticales a la distancia constante de 1 m. Resultaron asi 21 verticales.

En cuanto al estacado de las verticales nos contentamos con marcar con tiza su posicion en el entablado del puente.

En cada una de esas verticales tomamos la velocidad en una série de puntos distanciados entre si de 20 a 40 cm. (1).

El molinete no permite tomar la velocidad exactamente en la superficie sino a los mas a unos 8 a 10 cm. de ella, porque es necesario que los álabes queden completamente cubiertos por el agua.

Tampoco, como se comprende, se puede tomar la velocidad en el fondo mismo; el eje del molinete debe quedar por lo ménos a 13 cm. del fondo.

Todas las esperiencias aparecen tabuladas en el cuadro II (Anexo 3).

Las profundidades de los perfiles se tomaron con la misma barra del molinete, graduada de 10 en 10 cm. La operacion se hacia con el mayor cuidado posible i por lo ménos dos veces.

El molinete se colocaba a la profundidad deseada por medio de pequeñas marcas de referencia hechas en el mismo cable de suspension.

Por perfecta que sea una seccion de aforo, la velocidad no es nunca completamente regular; i aunque sus oscilaciones sean pequeñas, un buen molinete puede siempre acusarlas. (2)

De ahí que, los tiempos anotados como correspondientes a 25 revoluciones, sean promedios de una serie por lo ménos de 5 observaciones concordantes. Las observaciones anómalas que aparecian, de cuando en cuando, eran eliminadas.

Se tuvo particular cuidado en la determinacion de las velocidades de la parte superior del perfil, sobre todo, de la superficial i de la máxima.

Las velocidades se calcularon con las fórmulas de calibracion del molinete ya citadas.

(1) En nuestras esperiencias, como puede verse en las curvas de velocidad, no aparecen estos puntos ubicados de un modo racional. Lójico habria sido disminuir su distancia en la parte superior del perfil, donde la velocidad alcanza su mayor valor i donde la curva no tiene un carácter bien definido, i en cambio, aumentar la distancia en la parte inferior donde la velocidad es mas pequeña i la curva mas regular.

(2) Es el fenómeno que Harlacher llamó pulsacion del agua; i proviene de la reaccion de las acciones irregulares determinadas por la variabilidad de forma i rugosidad del fondo. La pulsacion es mínima en la superficie i máxima en el fondo; mayor en las orillas que en la corriente; mas apreciable en pequeñas que en grandes velocidades, es decir que en un mismo perfil disminuye con el aumento de velocidad.

DETERMINACION DEL GASTO. Método de Harlacher. Para la determinacion del gasto por este método, se necesita conocer la velocidad media correspondiente a cada vertical.

Para obtener estas velocidades hemos trazado las curvas de velocidad correspondientes a las 21 secciones.

Como en todo trabajo de esta naturaleza, hemos pasado estas curvas por entre los puntos experimentales, procurando que las superficies determinadas por ellas, sean equivalentes a las superficies determinadas por los puntos mismos.

La superficie de cada perfil dividida por su altura da la velocidad media respectiva.

Con estas velocidades medias, que se encuentran calculadas i tabuladas en el Cuadro II, se ha trazado la curva correspondiente de la figura II.

Conocida la velocidad media en cada vertical, el gasto es dado por la fórmula:

$$Q = \int_0^{\varphi} v. d \varphi$$

En que: $d \varphi$ es la superficie infinitamente pequeña cuya altura es la profundidad y del agua, i v la velocidad media de esa lámina.

Llamando x la abscisa de la lámina referida al orijen:

$$d \varphi = y dx$$

$$Q = \int_0^{\varphi} v y dx$$

Tomemos, fig. II

$$IV A = IV D = v$$

$$IV . VIII = c. te = 1 \text{ metro}$$

Unamos VIII con C; por D tracemos DB paralela a VIII C. Así obtenemos el punto B.

El lugar geométrico de los puntos B es la curva del gasto. El área comprendida entre esta curva i la línea EF (nivel del agua), multiplicada por la constante, representa el valor del gasto.

Hemos medido la superficie planiméricamente: 526.2 cm². Siendo la escala de abscisas 1/40 i la de ordenadas 1/10 el gasto será igual a:

$$\begin{aligned} Q &= 526.2 \times 100 \times 10 \times 40 \text{ cms}^3 \\ &= 21.05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Método de las Isotáqueas.—Otro método mui exacto para el cálculo de Q consiste en construir en el perfil trasversal del rio las curvas isotáqueas o de igual velocidad.

Con este objeto se dibujó el perfil trasversal i se marcaron en él las 21 secciones verticales. En seguida, de las curvas de velocidad se proyectaron sobre esas secciones los puntos de velocidad 0,20, 0,30 m. etc. i se obtuvieron por la union de esos puntos las isotáqueas 0,20 m., 0,30 m.

En las porciones de mayor velocidad se dibujaron las isotáqueas de 5 en 5 cm.

El gasto total es la suma de los gastos determinados por las diversas fajas comprendidas entre las curvas isotáqueas.

El gasto de cada faja es igual a su superficie (calculada o planimetrada) multiplicada por el medio aritmético de las velocidades de las isotáqueas que la limitan.

Determinado el gasto por este método resultó igual a:

$$Q=21.11 \text{ m}^3$$

Este método es susceptible de una simplificación considerable, si, disponiéndose de un número suficiente de esperiencias, se aceptara la interpolación lineal entre los diversos puntos esperimentales. Entonces es innecesario construir las curvas de velocidad de los diferentes perfiles; i el trazado de las isotáqueas resultará en una sección trasversal del río análogo al trazado de las curvas de nivel de un plano taquimétrico.

La interpolación lineal conducirá, en general, a uu gasto lijeramente inferior al verdadero.

CRÍTICA DEL MOLINETE OTT.—Considerado desde el punto de vista de su ejecución mecánica, el instrumento no deja nada que desear. Bástenos observar que la constante de rozamientos, o sea la velocidad máxima que se puede dar al molinete en agua tranquila, sin que los álabes tomen su movimiento de rotación, alcanza solo a 3 cms.

En cuanto a sus condiciones hidrométricas, nuestra corta esperiencia no nos permite dar sobre ellas una opinión bien fundada. Sin embargo, vamos a hacer algunas apreciaciones sobre esta materia, a fin de que, unidas a la esperiencia que recojan nuestros demas compañeros de trabajo, se pueden fijar las características de un tipo de molinete adecuado a las condiciones especiales de nuestros ríos.

1.—*La barra* del molinete Ott tiene 3 m de largo, i para mayores profundidades, se le puede agregar otra del mismo largo.

Estando la barra rigurosamente recta, el cuerpo del molinete resbala sobre ella a frotamiento suave; i es fácil, sin sacar aquélla, colocar el instrumento a la altura que se desea.

Pero, cuando la barra está lijeramente arqueada el molinete no corre, i para calarlo en una posición dada hai que sacar del agua el conjunto. Esta operación, repetida con frecuencia, es moiesta, i daña la precisión del trabajo.

Durante el transporte la barra de nuestro molinete sufrió quizá, algun golpe, i la lijera arqueadura que se produjo nos dió bastante que hacer.

Los americanos, que, en el *Arid West* trabajan en condiciones análogas a las nuestras en cuanto a dificultad de transporte etc., usan barras formadas por trozos de 1.20 m. de largo, atornilladas entre si.

Es probable que una barra así formada conserve en el transporte mejor su rectitud que una de una sola pieza.

2.—La barra del molinete Ott tiene un pequeño *liston lateral*, que impide la rotación del molinete en un plano horizontal.

Además el instrumento lleva una paleta o timon vertical, destinado a orientarlo según la corriente.

Liston i paleta parecen a primera vista escluirse mutuamente, porque, desde el momento en que se hinca la barra en el lecho del río, el liston impide a la paleta ejercer su acción directriz sobre el molinete.

Otros molinetes alemanes, como los de *Kraft & Sohn* no tienen liston, sino dos ranuras longitudinales, que producen el mismo efecto que éste.

Las barras de los molinetes americanos que en su mayor parte son del sistema *Price*, no tienen ni liston ni ranuras: el molinete toma libremente su posición, debido a la acción del agua sobre un sistema de dos paletas, de las cuales una es vertical i la otra horizontal.

Nosotros creemos que el empleo del liston de los molinetes Ott es conveniente, por más que la paleta no quede entonces reducida sino a guiar al experimentador, a fin de que éste dé al eje una dirección normal a la sección.

3.—*Contador mecánico.*

Este sistema de lectura nos parece, desde luego, poco exacto; no creemos que el número de revoluciones que una misma corriente imprime al eje de un molinete resulte el mismo, si éste jira libremente o si está conectado con los engranajes del contador.

En la generalidad de los casos, el contador mecánico es prácticamente inaplicable: por la dificultad de lectura, por la necesidad de sacar el molinete del agua i levantarlo a una altura suficiente (a veces con la barra) para hacer la lectura, i porque su mecanismo no ofrece la seguridad de funcionamiento de los otros métodos.

Aun en los afloros de varios canales derivados del Mataquito, pudimos convencernos de las molestias que ocasiona el empleo de este dispositivo. (1)

Estas molestias aumentan con el hecho de estar descubierto el mecanismo contador. Pequeñas hojas, algas, etc. se enredan constantemente en sus engranajes i paralizan su marcha. Además, estos mismos vegetales se interponen entre los contactos eléctricos i dejan cortado el circuito.

(1) En el aforo de un canal basta, en general, la determinación de unas cuantas velocidades superficiales. Así i todo, en el aforo de estos canales del Mataquito, pudimos convencernos que el molinete Ott es de un uso molesto i demoroso. Para estos casos, es indispensable que la D. de O. P., o la futura Oficina de Riego disponga de algunos instrumentos manuales, como serian, por ejemplo, el Price acústico o el Ganser de bolsillo, ambos especialmente adecuados para este trabajo.

Por estas razones, empléese o no el contador mecánico, toda esta parte debe ir revestida por una cubierta metálica o de vidrio.

Para subsanar este inconveniente, en el aforo del Mataquito, usamos provisionalmente un pañuelo envuelto sobre las ventanillas del contador, disposición que nos dió buenos resultados.

En definitiva, el contador mecánico no ocasiona sino molestias.

Así lo han entendido MM. de la Brosse i Tavernier, jefes de la sección hidrométrica de los estudios de las fuerzas hidráulicas de los Alpes.

Los tipos *Ott* i *Kraft* mas modernos no traen contador mecánico. En cuanto a molinetes americanos, en el catálogo de Gurley de 1909 no viene ningun modelo con este dispositivo.

4.—Contadores eléctricas.

El molinete 913 no trae mas contador eléctrico que una campanilla accionada por pilas secas de cloruro de amonio. (1)

La campanilla es un dispositivo indudablemente superior al contador mecánico. Pero tiene un inconveniente que nosotros llamaríamos fisiológico. Su sonido, al principio agradable, se hace luego molesto i concluye por fatigar al experimentador.

Las pilas secas de cloruro de amonio funcionan en jeneral bastante bien. Las obstrucciones de corriente que suelen ocurrir, deben atribuirse preferentemente a defectos de contacto.

Sin embargo, para hacer frente a su mas o ménos rápida polarización el experimentador debe proveerse de un número de pilas de repuesto proporcional a la magnitud del trabajo que haya de ejecutar.

Los hidrógrafos del U. S. G. S. usan un dispositivo contador que nos parece muy conveniente.

A este respecto dice el *19 Report* de esta oficina:

«Casi todos los ingenieros que trabajan por primera vez en este ramo, prefieren los esmerados i embarazosos aparatos rejistradores, alguno de los cuales dan el tiempo i el número de revoluciones por seg. del hidrómetro.

«Los hombres de experiencia prefieren, sin embargo, reducir su equipo a un mínimo, i en lugar de los aparatos rejistradores contar los *clicks* o sonidos producidos por un sonador minúsculo i observar el tiempo con un reloj ordinario.

«El sonador jeneralmente preferido consiste en una pequeña batería de ebonita de 3 x 4 x 5 cm. Al tiempo de usarla se carga con 2, 5 a 3 grs de bisulfato de mercurio. Se coloca en una cajita de cuero, que tiene exteriormente un pequeñísimo electro-iman, cuya armadura va colocada en un resorte; el dispositivo va protegido por

(1) Otros molinetes *Ott* existentes en la D. de O. P. tienen además: un fono que indica al oído el número de revoluciones de 1 en 1 o de 25 en 25; i un contador electro-mecánico. Ambos dispositivos, aplicables especialmente a pequeñas velocidades, son accionados por el mismo sistema de pilas.

una cubierta de metal de 4 cm. de diámetro. Todo el instrumento pesa unas cuantas onzas.

«Siendo tan pequeño i tan resistente, el hidrógrafo puede, si trabaja sobre un puente, pasarlo con el conductor sobre vigas diagonales, etc. sin necesidad de deshacer las conexiones».

5.—*Obstruibilidad del molinete*.—Sabido es que en el verano, los fuertes calores i la poca profundidad de agua, unida a su poca velocidad, determinan en nuestros rios i canales la formacion de una vejetacion sumerjida abundante, compuesta principalmente de innumerables algas filiformes.

Es el fenómeno que algunos han llamado *enluchamiento* (1).

Cuando adquieren cierto desarrollo, estas algas se desprenden, i el rio se llena entónces de filamentos i masas esponjosas que navegan rio abajo en suspension en la masa de las aguas.

Los filamentos mas insignificantes que vengan al encuentro del molinete Ott a la altura de sus álabes, se adhieren a ellos o al eje o a los contactos eléctricos (instrumento abierto), i bastan en la mayoría de los casos, si no para paralizar su movimiento, por lo menos para falsear completamente sus resultados. I entonces se hace necesario levantar el molinete, purgarlo de lamas i colocarlo otra vez a la altura requerida, para volverlo a izar a los pocos instantes, si una nueva *Spyrogira*, fina como un cabello, ha vuelto a abrazarse a él.

En esta forma el trabajo se hace largo i molesto, sobre todo, si se toma en cuenta que las algas a causa de su pequeña densidad atacan al molinete preferentemente en la parte alta del perfil, rejion donde debe tomarse las velocidades con mayor exactitud i profusion.

Aunque nosotros no conocemos sino a medias i solo por los libros las condiciones hidrométricas de los rios europeos, estamos ciertos de que los esperimentadores alemanes no han tenido que luchar con estas molestas viajeras. No de otra manera se esplica que un instrumento tan bien concebido como el molinete Ott esté perfectamente dispuesto para ser paralizado por el alga mas insignificante.

Es indispensable arbitrar un medio de anular el inconveniente de la vejetacion.

Nosotros hemos pensado en la resolucion de este problema, i creemos que la adopcion del molinete *Price* evitaría quizás en parte este inconveniente. Dada la forma de capachos cónicos de sus álabes, que se van como embutiendo unos en otros, las algas chocan con los álabes sin alcanzar a llegar al eje, se enredan en ellos en la semi-revolucion anterior i son arrojados en la semi-revolucion posterior.

Los americanos, despues de largos años de esperiencias, adoptaron el molinete tipo *Price* de eje vertical. Hoi dia es el instrumento usado por el U. S. G. S.

(1) En realidad el nombre es impropio. El luche es una alga marina (*Ulva lactuca*), que en forma de láminas se encuentra adherida a las rocas sumerjidas de las playas. Las algas de los rios i canales son mui distintas. Filiformes casi todas, viven en grandes masas flotantes. Las mas comunes son la *Spyrogira nitida* i la *Oscilvania princeps*.

Algunos puntos teóricos.—VARIACION DE LA VELOCIDAD EN UNA VERTICAL.—

Esta cuestion es de un carácter puramente especulativo.

Cualquiera que sea la forma de la curva de velocidad, una parábola, una hipérbola o una línea logarítmica, el gasto deducido de observaciones experimentales será siempre el mismo.

Sin embargo, esto tiene para nosotros cierto interés por haber llegado a resultados algo diferentes de los encontrados no hace mucho por algunos experimentadores europeos.

Lo que sigue está, en su mayor parte, extractado del libro: *Die Gewässerkunde (Handbuch der Ingenieurwissenschaften)* de Jasmund.

OPINIONES ANTIGUAS.—Los hidráulicos antiguos tenían sobre esta materia ideas bastantes orijinales.

Toricelli creía que la velocidad aumentaba de la superficie hacia el fondo segun una lei parabólica.

Mariotte i Pitot descubrieron que las cosas pasaban exactamente al revés: la velocidad disminuía de la superficie hacia abajo.

Woltmann dedujo que la curva de velocidad era una parábola de eje vertical cuyo vértice estaba en el fondo.

Eytelwein propuso una línea recta.

LA PARÁBOLA.—Dupuit, Boileau, Humphreys i Abbot, analítica i experimentalmente llegaron a la conclusion de que la curva de velocidad era una parábola de eje horizontal.

Los ingenieros americanos determinaron en sus esperiencias del Mississipi la distancia de este eje a la superficie: 0,297 de la profundidad.

A la misma parábola de eje horizontal llegaron mas tarde Darcy, Bazin i Grashof.

Hagen, que vaciló algun tiempo entre una línea logarítmica i una parábola, se decidió al fin por una parábola de eje vertical con su vértice en el fondo. La mayor velocidad estaría, pues, en la superficie i la disminucion de velocidad que notó en las capas superiores se esplicaría por la accion estancadora de las lanchas sobre las cuales trabajaba.

Von Wagner, basándose en esperiencias cuidadosas practicadas con un tubo de Darcy en el Rhin superior, llegó a la conclusion de que la velocidad de fondo era cero.

Esto mismo se aceptó en los trabajos hidrométricos de Sajonia.

LA LÍNEA LOGARÍTMICA.—Las prolijas i numerosas esperiencias llevadas a cabo por la administracion de obras del Elba, en Magdeburgo, han servido de base a Jasmund para un estudio analítico detallado de esta cuestion.

Nosotros queremos solo indicar las conclusiones a que ha llegado Jasmund en su estudio.

1.º—De las esperiencias resulta que a un aumento aritmético de la diferencia de velocidad corresponde un aumento jeométrico de la diferencia de altura. El término

jeneral de la serie aritmética es: $v_n = v_1 + (n-1)b$; el de la serie geométrica: $x_n = x_1 \cdot e^{n-1}$

Aquí significan: v_n la velocidad correspondiente a la altura x_n ; v_1 la que corresponde a x_1 ; b una constante esperimental, i e la base de los logaritmos neperianos.

Combinando ambas ecuaciones resulta:

$$v_n = (v_1 + b \log. \text{ nep. } x_1) + b \log. \text{ nep. } x_n$$

O, como para la misma parábola, lo que está encerrado entre paréntesis no cambia, podemos poner:

$$(1) \quad v_n = a + b \log. \text{ nep. } x_n$$

La curva de velocidades es, por consiguiente, una línea logarítmica de eje vertical.

2.º—La segunda derivada de v con relacion a x , da:

$$\frac{d^2 v}{d x^2} = -\frac{b}{x^2}$$

O sea, *la resistencia del fondo, a la cual corresponde esa derivada, disminuye con el cuadrado de la altura.*

A las mismas conclusiones 1.ª i 2.ª llegaron los trabajos realizados de 1895 a 1898 por la Administracion del Rhin.

3.º—*La velocidad de fondo es cero. La velocidad máxima está en la superficie.*

Lo cual se desprende claramente de la ecuacion

$$\frac{d^2 v}{d x^2} = -\frac{b}{x^2}$$

No se ha demostrado que el viento ejerza una influencia apreciable en la velocidad superficial. Sin embargo, Humphreys i Abbot en el Mississipi atribuyeron al viento la disminucion de velocidad que notaron en la superficie.

Darcy i Bazin, basándose en sus esperiencias, niegan rotundamente la accion retardatriz del viento, Las esperiencias del Elba, aun en caso de fuerte viento i oleaje, no dejan traducir accion apreciable sobre la velocidad.

4.º—Derivando la ecuacion (1), resulta:

$$\frac{d v}{d x} = \frac{b}{x}$$

$\frac{d v}{d x}$ es el coeficiente angular de la tanjente.

b depende casi esclusivamente de la pendiente longitudinal de la superficie.

Por consiguiente: *La velocidad disminuye desde la superficie hácia el fondo con tanta mayor rapidez cuanto mayor es la pendiente superficial.*

5.º—*La resistencia de fricción de filete contra filete, cuya medida es $\frac{d^2 v}{dx^2}$, es proporcional a la pendiente, i disminuye a medida que aumenta la profundidad.*

Esa resistencia será 0 para $b=0$ o sea para agua tranquila, i para $X=\infty$, o sea para profundidades considerables.

6.º—De la ecuación: $\frac{dv}{dx} = \frac{b}{x}$ se desprende que la curva arranca tanjencialmente al fondo, i que crece rápidamente a partir de él.

Así se explica que en las primeras experiencias se haya admitido una velocidad de fondo.

Hasta aquí Jasmund.

Las curvas de velocidad que aparecen en los perfiles, (Figura III.) han sido trazadas por entre los puntos que corresponden a observaciones netamente experimentales.

No nos hemos preocupado de averiguar qué forma teórica tienen. Pero cualquiera que sea ésta hai un hecho incontrarrestable i que está en pugna con los resultados de Jasmund: la velocidad máxima no está en la superficie, sino a una distancia de ella perfectamente apreciable.

Este hecho aparece en la casi totalidad de los perfiles; i debemos advertir que tuvimos un cuidado especial en la determinación de las velocidades superficiales i máximas. En el curso de nuestras experiencias notamos casi invariablemente que la velocidad aumentaba desde la superficie hácia el fondo, adquiría un valor máximo (que llegaba a ser apreciable al oído por la mayor frecuencia del campanilleo) i en seguida disminuía a medida que aumentaba la profundidad, sin llegar nunca a cero. La velocidad mas cercana a la superficie la tomábamos a unos 10 cm. de ella i la mas cercana al fondo a unos 15 cm. de éste.

Hemos encontrado, pues, una disminución de la velocidad en la superficie.

Hemos dicho que Darcy i Bazin niegan la acción retardatriz del viento, lo que parece estar confirmado por los resultados de los recientes aforos del Rhin en Obermörnter i Leubsdorf (1896-1898).

En nuestro caso nosotros lo único que podemos decir es que, en los dos días que demoraron las experiencias, sopló casi invariablemente una ligera travesía, cuya dirección era precisamente contraria a la del río. Si esa disminución de velocidad no es debida al viento o a la resistencia del aire, nosotros no sabemos a qué atribuirla.

En cuanto a la velocidad de fondo, a la altura de 15 cm. sobre el lecho, observamos siempre cierta velocidad, tanto mas pequeña naturalmente, cuanto mayor era la profundidad del perfil. ¿Disminuye rápidamente esta velocidad hasta llegar a ser cero en el fondo? Es bien difícil contestar categóricamente esta pregunta.

Nosotros creemos que no hai inconveniente en admitir con Jasmund que la ve-

locidad de fondo es prácticamente nula, en rios de mui pequeña pendiente i de gran profundidad, como es el caso del Elba, Rhin, etc. (pendiente mas o menos 1 en 10.000, profundidades 5,6 i 9 metros). Pero tratándose de corrientes de pendiente relativamente fuerte i pequeña profundidad como es el caso del Mataquito (pendiente 2 a 4 por 1000, profundidad de 1 a 3 metros), nosotros creemos que existe velocidad de fondo, i que puede alcanzar un valor considerable.

Creemos tambien que a una velocidad máxima dada corresponderá una profundidad de agua determinada, mas allá de la cual la velocidad de los filetes líquidos será nula, debido al equilibrio producido por el frotamiento mútuo de los filetes líquidos situados en un mismo plano vertical entre dos secciones trasversales mui próximas.

Velocidad media en una seccion vertical.—La velocidad media en una seccion vertical se encuentra dividiendo la superficie total del perfil por su profundidad.

Hemos hecho la determinacion de la superficie planimétricamente. La precision del planímetro de compensacion usado está dentro de la medida hidrométrica.

La curva de velocidad no resulta completa de las medidas espermentales, porque en los 10 cm. superiores i en los 15 inferiores el molinete no permite tomar las velocidades.

Nosotros la hemos completado siguiendo el sentimiento de la curva.

En el Elba se tuvo otro criterio: se admitió que la velocidad obtenida con el molinete cerca de la superficie valia tambien para la velocidad superficial; i que la velocidad medida a 15 cm. del fondo era válida para los 30 cm. inferiores del perfil. Nuestro criterio es lijaramente mas desfavorable que éste en el sentido de dar un gasto algo menor.

¿A qué profundidad se encuentra la velocidad media?—Jasmund, basándose siempre en sus consideraciones sobre la curva logarítmica, encontró:

$$h = 0,632 t$$

Siendo: h, profundidad de la velocidad media
 t, profundidad del perfil.

Para el Elba encontró este guarismo su confirmacion mas completa en un ensayo especial practicado en Torgau.

Lo mismo se encontró en el Rhin en 1896.

Nosotros hemos obtenido en el Mataquito una cifra algo menor, en promedio: 0.59.

CUADRO III

Perfil	h_{v_m}	h_t	$\frac{h_{v_m}}{h_t}$
I	0.35	0.55	0.63
II	1.58	2.75	0.57
III	1.53	2.70	0.57
IV	1.47	2.55	0.58
V	1.33	2.35	0.56
VI	1.20	2.15	0.56
VII	1.16	1.95	0.59
VIII	1.02	1.75	0.58
IX	0.97	1.65	0.59
X	0.87	1.50	0.58
XI	0.87	1.45	0.60

Perfil	h_{v_m}	h_t	$\frac{h_{v_m}}{h_t}$
XII	0.83	1.40	0.59
XIII	0.79	1.35	0.58
XIV	0.76	1.35	0.56
XV	0.77	1.30	0.59
XVI	0.75	1.30	0.58
XVII	0.76	1.25	0.61
XVIII	0.70	1.15	0.61
XIX	0.58	0.95	0.61
XX	0.33	0.55	0.60
XXI	0.17	0.30	0.57
Promedio	0.59

h_{v_m} = profundidad de la velocidad media
 h_t = » total.

Esta diferencia se explica por la diversa forma de las curvas de velocidad (Jas-mund. Conclusion 4.º: en corrientes de fuerte pendiente la velocidad disminuye rápidamente de la superficie al fondo).

Por lo demas, von Wagner encontró un promedio: $h = 0,597 t$ (Weser, Elba, Rhin, 1881).

Hagen encontró : $h = 0,555 t$ (1883)

Schlichting : $h = 0,577 t$ (1877)

Humphreys i Abbot: $h = 0,666 t$ (Mississipi, 1861)

Relacion entre la velocidad media i la superficial. $v_m : v_s$.

Datos mui diferentes.

Von Wagner encontró $\frac{v_m}{v_s} = 0,838$, oscilando los valores entre 0,64 i 0,97.

Brüning encontró en el Rhin inferior $\frac{v_m}{v_s} = 0,915$.

Hagen: $\frac{v_m}{v_s} = 0,86$

Prony: $v_m = \frac{v_s + 2.372}{v_s + 3.153} \cdot v_s$

La fórmula de Prony da para v_m/v_s , estando v_s comprendida entre 0,20 i 1 metro, un promedio de:

$$\frac{v_m}{v_s} = 0.79$$

Humphreys i Abbot en el Mississipi no encontraron ninguna relacion determinada. Jasmund dice que no hai ni puede haber una relacion constante.

«La magnitud de la diferencia entre v_m i v_s , dice, depende únicamente de la pendiente longitudinal de la superficie.

«Siendo igual la pendiente, la diferencia para todas las profundidades, será tambien constante; i en una misma seccion trasversal del rio las curvas de la velocidad media i de la velocidad superficial, deben ser paralelas, siempre que reine en todas partes la misma pendiente».

En el aforo del Rhin en Coblenza que tenemos a la vista, debemos confesar que solo con buena voluntad podemos aceptar el paralelismo entre ámbas curvas.

En el aforo del Mataquito ámbas curvas, como puede verse en la fig. II no son paralelas sino en cierto trayecto. Mayor paralelismo se observa entre la curva de la velocidad media i de la velocidad máxima. La diverjencia entre la curva superficial i la curva media, podria explicarse, si se admitiera la accion retardatriz del viento; porque entónces es evidente que la velocidad superficial variaria irregularmente segun la intensidad de éste.

En el Cuadro IV se han tabulado las diferencias entre v_m i v_s i los cuocientes entre las mismas.

El promedio de las diferencias es: 0.07 m.

El promedio de los cuocientes es: 0.90.

CUADRO IV

Perfil	v_s	v_m	$v_s - v_m$	$\frac{v_m}{v_s}$
I	0.40	0.34	0.06	0.85
II	0.64	0.50	0.14	0.78
III	0.66	0.62	0.04	0.94
IV	0.70	0.66	0.04	0.94
V	0.80	0.73	0.07	0.91
VI	0.85	0.73	0.08	0.86
VII	0.79	0.74	0.05	0.94
VIII	0.84	0.80	0.04	0.95
IX	0.86	0.78	0.08	0.91
X	0.78	0.74	0.04	0.95
XI	0.77	0.74	0.03	0.96

Perfil	v_s	v_m	$v_s - v_m$	$\frac{v_m}{v_s}$
XII	0.80	0.72	0.08	0.90
XIII	0.79	0.72	0.07	0.91
XIV	0.76	0.64	0.12	0.84
XV	0.73	0.64	0.09	0.88
XVI	0.74	0.62	0.12	0.84
XVII	0.69	0.61	0.08	0.88
XVIII	0.66	0.59	0.07	0.89
XIX	0.65	0.57	0.08	0.88
XX	0.44	0.38	0.06	0.86
XXI	0.16	0.15	0.01	0.93
Promedio:	0.07	0.90

Velocidad media total.—La velocidad media total es igual al gasto total partido por la seccion total.

$$v_m = \frac{21.05 \text{ m}^3}{32,170} = 0.66 \text{ m. p. s.}$$

En cuanto a la relacion entre la velocidad media total i la velocidad superficial máxima, es la siguiente:

$$\frac{v_m}{v_s \text{ máx}} = \frac{0.66}{0.86} = 0.77.$$

ANEXO 1.

Esperiencias comparativas con diferentes métodos de aforo.—Hemos dicho que en la actualidad el método de aforo universalmente usado, se basa en el empleo del molinete.

No es cosa completamente clara, considerada desde un punto de vista teórico, que el molinete indique la velocidad real que corresponde a la media de la seccion de corriente que lo ataca i hace jirar; porque el instrumento, como se ha dicho, se calibra animándolo de ciertas velocidades en un líquido tranquilo i contando el número de revoluciones que corresponde a esas velocidades.

Esto, por de contado, a falta de un medio seguro de realizar lo operacion inversa, es decir, dejar el instrumento tranquilo en un conjunto de filetes líquidos de velocidades iguales i exactamente conocidas; punto débil del método, ya que las acciones recíprocas de una corriente líquida sobre una pared fija o de esta pared móvil sobre el mismo líquido en reposo no son absolutamente iguales.

Friedrich ha hecho algunas esperiencias comparativas para determinar el grado de exactitud de las medidas practicadas con diferentes instrumentos.

Aunque no se pronuncia categóricamente sobre sus resultados, creemos de interes darlos a conocer, para que se vea cuánto puede variar el valor de un aforo segun el instrumento i método usado.

Todas estas esperiencias se han verificado en canales artificiales de ancho no mui considerable, i de secciones regulares.

En este caso las ventajas del molinete no saltan tanto a la vista como en el aforo de corrientes naturales. Un flotador, por ejemplo, puede ser ventajoso en un canal, su manejo mui sencillo i sus resultados satisfactorios. Estas condiciones pueden cambiar radicalmente en el aforo de un rio.

1). *Canal de tierra.* Ancho, 7,5 m. Profundidad, 0.63 a 0.85 m. Seccion, 5.328 m². Pendiente, 0.88 por mil.

a). Molinete de Kraft.....	Q = 4,156 m ³
b). » » Usteri.....	Q = 4,139 »
c). Tubo hidrométrico de Frank.....	Q = 4,713 »

Como se vé, mientras los resultados de los molinetes son mas o ménos concordantes, el tubo hidrométrico de Frank arroja un valor 13 a 14% superior.

2). *Cañal trapecial de tierra i ripio*, con vejetacion. Ancho, 7,5 m. en la superficie. Profundidad, 1,12 a 1,25 m. Seccion, 6.875 m². Pendiente superficial, 0.8 por mil.

a). Flotador. Aceptando que la velocidad media sea 0.85 de la superficial.....	Q = 5,046 m ³
b). Tubo de Frank.....	Q = 4,937 »
c). Hidrómetro de Meinecke.....	Q = 3,197 »
d). Molinete de Kraft.....	Q = 4,684 »
e). Fórmula Ganguillet-Kutter.....	
Tomando para tierra, n = 0,025.....	Q = 6,971 »
Tomando para vejetacion, guijarros etc. n = 0,03.....	Q = 5,720 »
f). Fórmula de Bazin.....	
Tomando para tierra n = 1,30.....	Q = 6,435 »
Tomando para vejetacion, ripio, etc. n = 1,75.....	Q = 5,362 »

Dejando a un lado el hidrómetro de Meinecke (porque la esperiencia no fué ejecutada con el aparato mas moderno), observamos que:

El tubo de Frank da un.....	5% mas que el molinete.
El flotador.....	7,7% mas que éste
Ganguillet-Kutter, con n = 0.03.....	22% mas que el molinete.
Bazin con n = 1,75.....	14% » » » »

3). *Cañal con muros laterales*. Fondo: ripio fino. Ancho superficial, 6.80 m. Profundidad, 0.45 a 0.80 m. Seccion, 5,376 m².

a). Molinete de Kraft.....	Q 3,181
b). Tubo de Frank.....	Q 4,043

o sea: el tubo Frank da un 27% de exceso sobre el molinete.

ANEXO 2.

Estaciones de calibracion de molinetes.—La futura Direccion del Riego, que deberá conocer en todo lo relativo al aprovechamiento i reparticion de las aguas de riego, deberá disponer, anexa a su laboratorio tecnológico, de una estacion de calibracion de molinetes.

A título ilustrativo damos una lijera descripcion de algunas estaciones de otros paises.

Estacion de ensayo de la Oficina Hidrográfica Central de Viena.—En un canal de albañileria de seccion rectangular, bastante largo i ancho, se bombea agua del Da-

nubio, i se obtiene así un depósito de agua tranquila en la cual se hacen mover los instrumentos con velocidades variables.

Un carro con plataforma puede moverse sobre rieles colocados sobre los muros longitudinales, por medio de un electro motor que le imprime velocidades desde 1 cm. hasta 4 m. p. s. En la delantera del carro se coloca el instrumento por calibrar, unido a una batería que se encuentra sobre una mesa. En ésta se hallan tambien diversos aparatos rejistradores, cronómetros, etc. que anotan sobre cintas de papel, tanto el tiempo como el camino recorrido.

Se usan 30 a 40 velocidades diferentes para calibrar cada molinete.

Estacion de Taraje de Grenoble.—(Génie Civil. 25 de Enero de 1908).

La única existente en Francia.

Es una especie de carrousel eléctrico, colocado sobre una plataforma de madera. Puesto en rotacion por un motor de 5 caballos, puede recibir diferentes velocidades angulares determinadas por un juego de engranajes, de manera a realizar sobre la circunferencia de un círculo de 5 m. de diámetro todo la série de velocidades tanjen- ciales desde 0,05 a 5 m. p. s.

La plataforma circular va sobre 4 pilotes unidos entre si. El arbol vertical del carrousel, que reposa sobre el centro de la plataforma, lleva una serie de contactos eléctricos, destinados a rejistrar sobre un mismo gráfico el número de vueltas del carrousel, del molinete i el tiempo en segundos. El brazo móvil pasa por encima de la plataforma dejando libres a los operadores; i lleva manguitos de tornillo para recibir la barra del instrumento.

Ha dado mui buenos resultados.

Estacion de calibracion de los Angeles (California).—Es una especie de canal de albañilería contruido a lo largo del coronamiento de un reservorio. Encima de él se halla tendido un cable de fierro convenientemente soportado, que lleva un trolley de dos ruedas, por medio del cual se sostiene el molinete.

Tal dispositivo permite mover el instrumento en una estension exactamente medida, de unos 100 pies (30 m.) con velocidades que varian entre 0,15 m. i 2,40 m. p. s. Tórnase nota del número de revoluciones i del tiempo correspondiente. Usanse 20 diferentes velocidades.

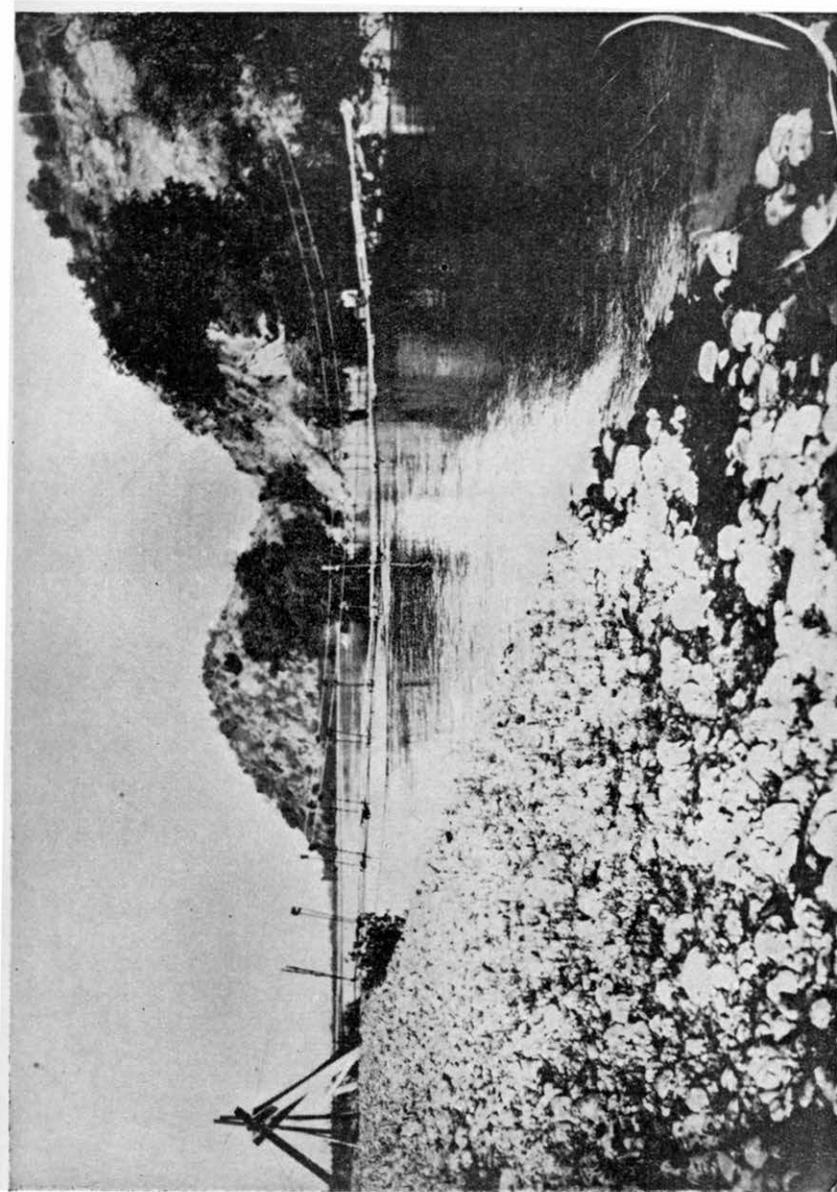
No hai aparatos rejistradores, ni medios mecánicos de poner en movimiento el dispositivo. Es, pues, una instalacion sencillísima.

Las diferencias de velocidad que pueden ocurrir en el curso de una esperiencia por el hecho del manejo a mano no tienen importancia. Los molinetes se recalibran, cuando han sufrido algun daño, o cuando el desgaste de las partes mas delicadas de los descansos produce un aumento considerable de friccion.

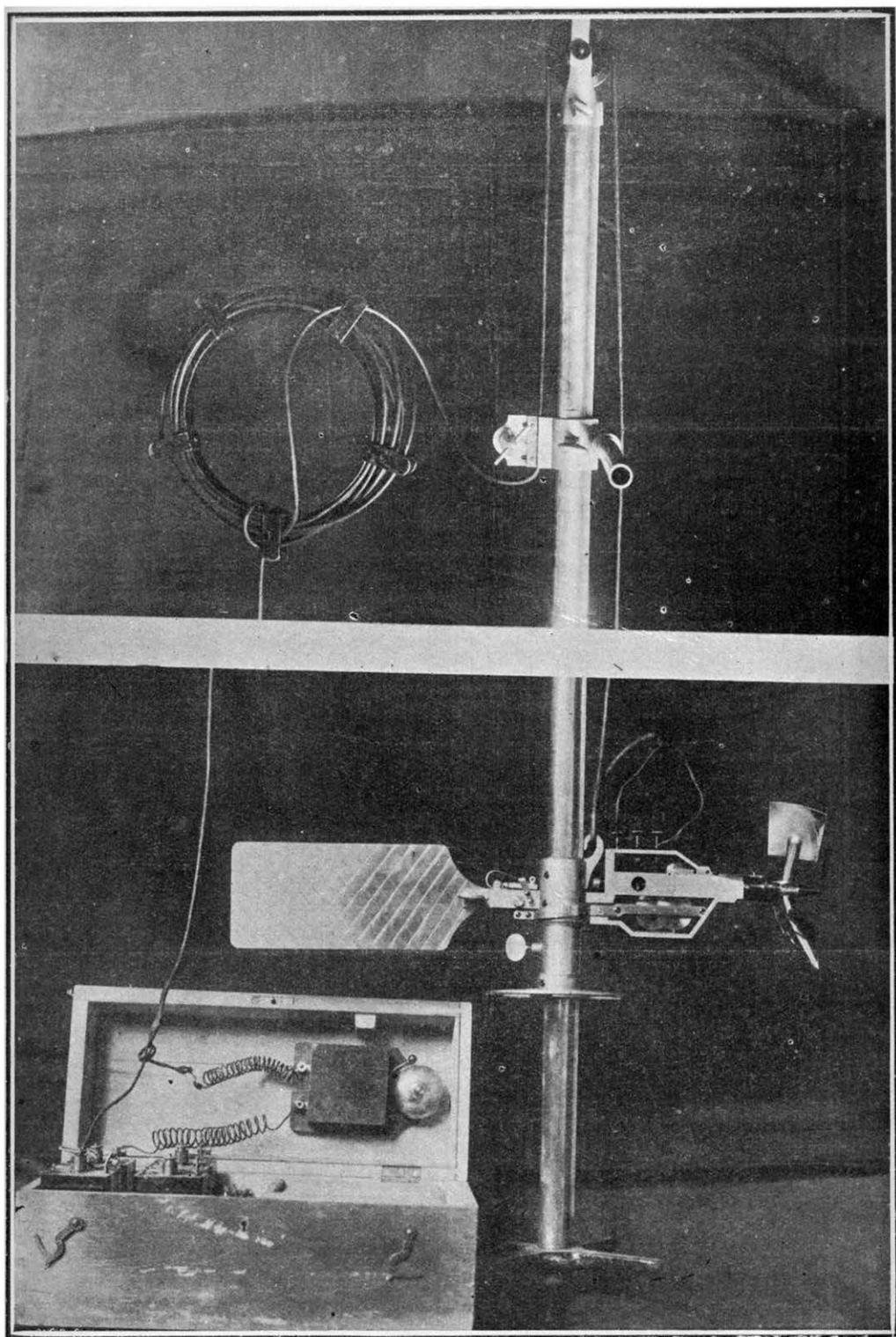
ANEXO 3
CUADRO II.

REGISTRO DEL AFORO DEL RIO MATAQUITO

Experiencia	Abcisa m	Profundidad del rio m	Profundidad del molinete m	t (segs) para 25 revoluc.	Velocidad en m. p. s.	Experiencia	Abcisa m	Profundidad del rio m	Profundidad del molinete m	t (segs) para 25 revoluc.	Velocidad en m. p. s.			
I	1	0,55	0,35	30	0,45	VI	6	2,15	2,02	33.7	0,39			
			0,20	33	0,39				1,62	22.5	0,60			
			0,08	33	0,39				1,22	17.8	0,76			
II	2	2,75	2,62	66.5	0,21				0,82	17.4	0,78			
			2,40	72	0,20				0,42	15.2	0,89			
			2,00	37	0,37				0,22	14.8	0,92			
			1,60	28.5	0,47				0,08	16.4	0,82			
			1,20	20.9	0,64				VII	7	1,95	1,82	27.9	0,48
			0,80	20.4	0,66							1,62	22.7	0,59
			0,40	20.4	0,66							1,42	17.5	0,77
			0,20	19.5	0,69							1,22	17.4	0,78
0,08	23	0,59	1,02	17.4	0,78									
2,57	60	0,23	0,82	17.5	0,77									
2,40	35.5	0,38	0,62	15.6	0,86									
2,20	30	0,45	0,42	15.5	0,87									
III	3	2,70	2,00	26	0,51	0,22	15.5	0,87						
			1,80	25	0,54	0,08	15.4	0,88						
			1,60	21.7	0,62	VIII	8	1,75	1,62	29.5	0,44			
			1,20	21.5	0,63				1,42	18.4	0,73			
			0,80	18.2	0,74				1,22	18.2	0,74			
			0,40	16.5	0,82				1,02	16.7	0,80			
			0,20	18.5	0,73				0,82	15.5	0,87			
			0,08	19	0,71				0,62	14.8	0,92			
2,42	40.5	0,34	0,42	14.2	0,95									
2,40	37.5	0,36	0,22	14.2	0,95									
IV	4	2,55	2,22	30.7	0,43	0,08	15.2	0,89						
			2,02	27.3	0,50	IX	9	1,65	1,52	27.7	0,48			
			2,00	27.3	0,50				1,32	20.4	0,66			
			1,82	27.2	0,50				1,12	17.5	0,77			
			1,60	19.9	0,68				0,92	16.5	0,82			
			1,20	19.7	0,68				0,72	15.6	0,86			
			0,80	16.6	0,81				0,52	15.3	0,88			
			0,40	16	0,84				0,32	14.4	0,94			
			0,20	16.4	0,82				0,17	15.2	0,89			
			0,08	18	0,75				0,14	14.7	0,92			
0,08			0,08	15.3	0,88									
V	5	2,35	2,22	33	0,39	X	10	1,50	1,37	28	0,48			
			2,00	22.6	0,60				1,17	21	0,64			
			1,60	18.7	0,72				0,97	18	0,75			
			1,20	17.3	0,78				0,77	17.2	0,78			
			0,80	17.1	0,79				0,57	16.5	0,82			
			0,40	15.1	0,89				0,37	16	0,84			
			0,20	15.4	0,88									



(Fig. Núm. 1.)--Aforo del Rio Mataquito.
PUENTE COLCATE



(Fig. Núm. 2.)--Aforo del Mataquito
MOLINETE OTT N.º 912

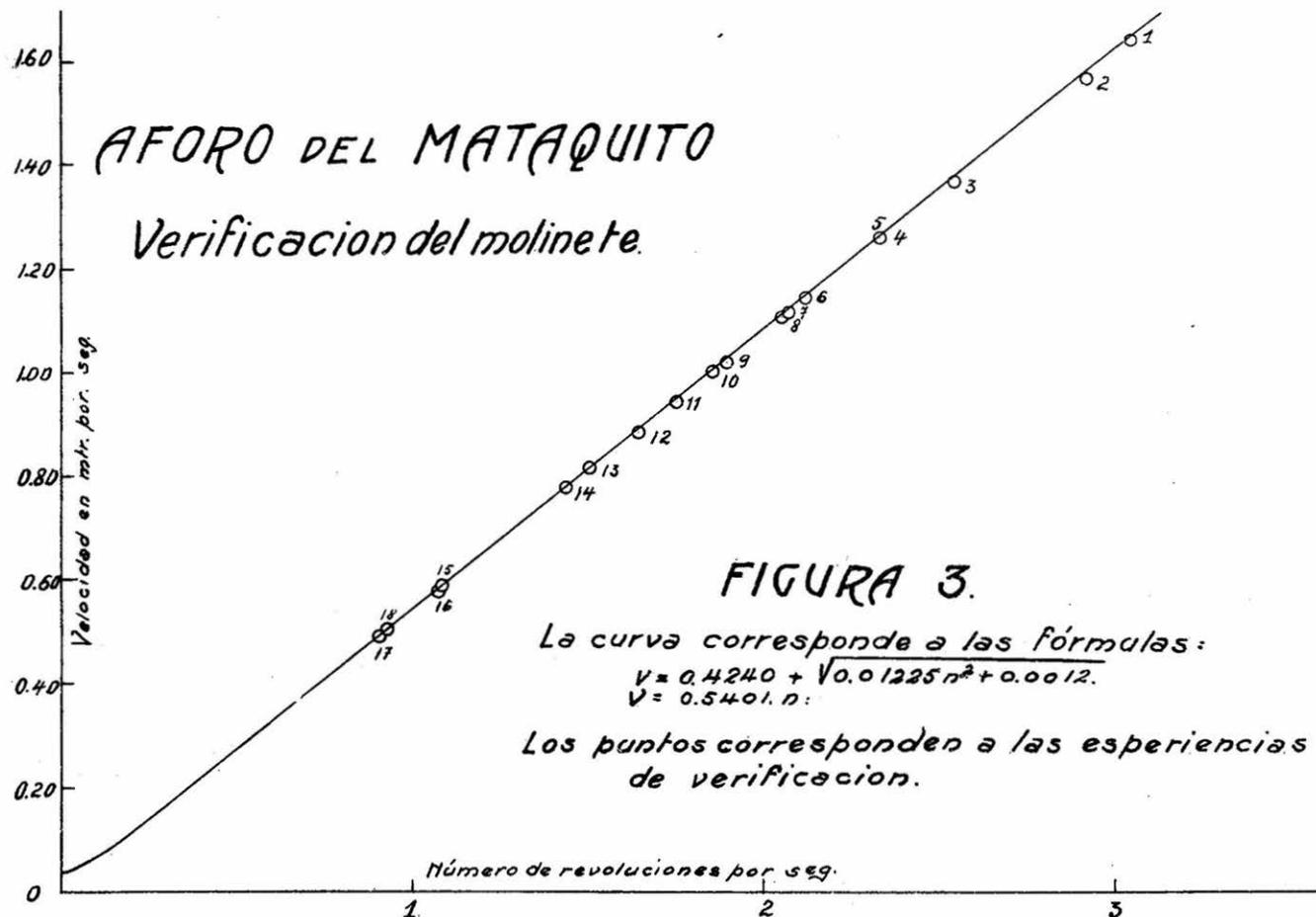
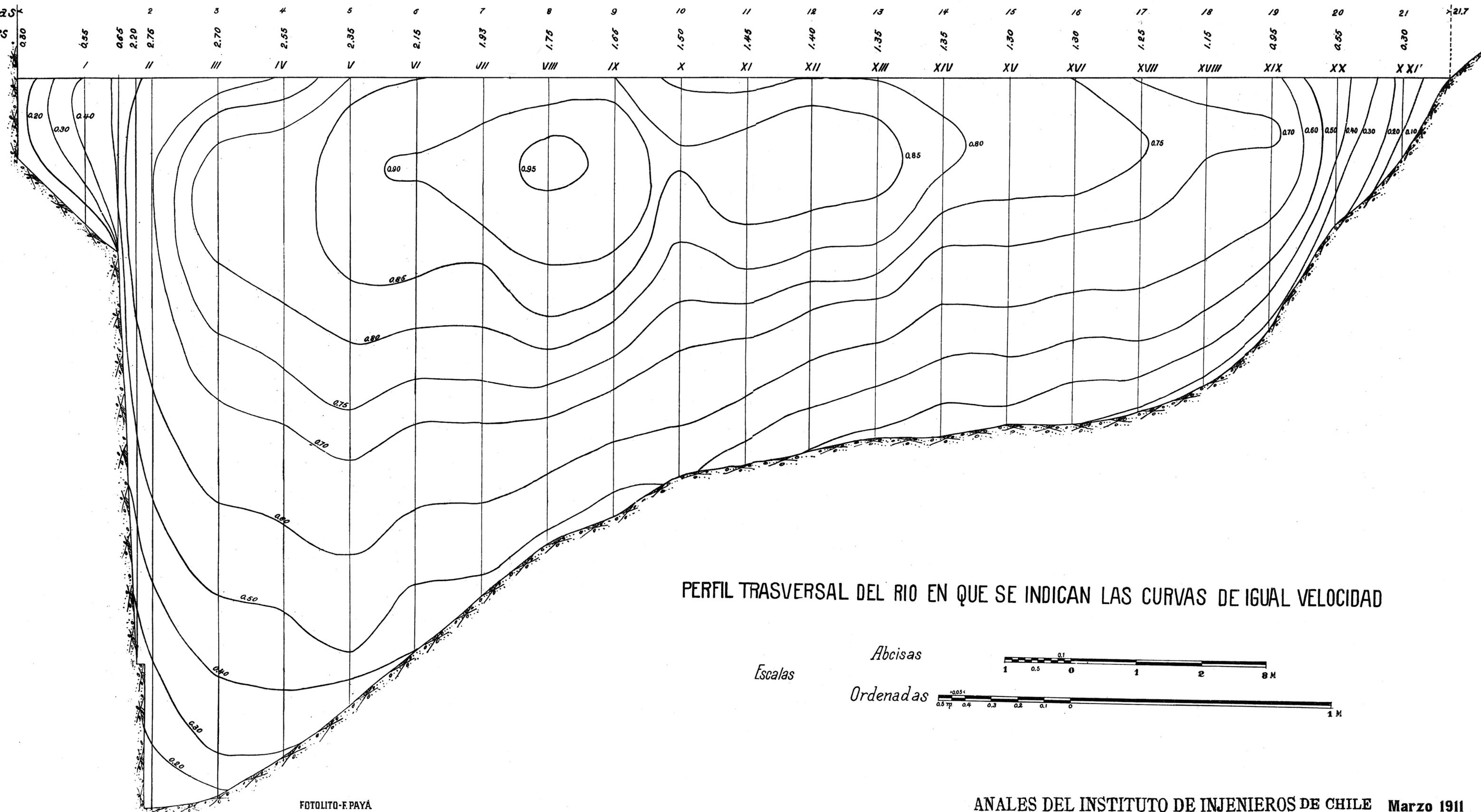


FIGURA I.

Distancias
acumuladas
Profundidades



PERFIL TRASVERSAL DEL RIO EN QUE SE INDICAN LAS CURVAS DE IGUAL VELOCIDAD

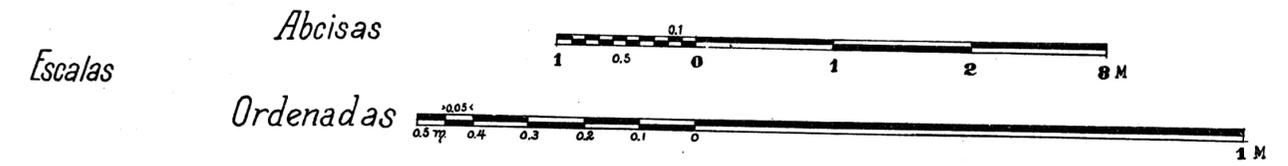
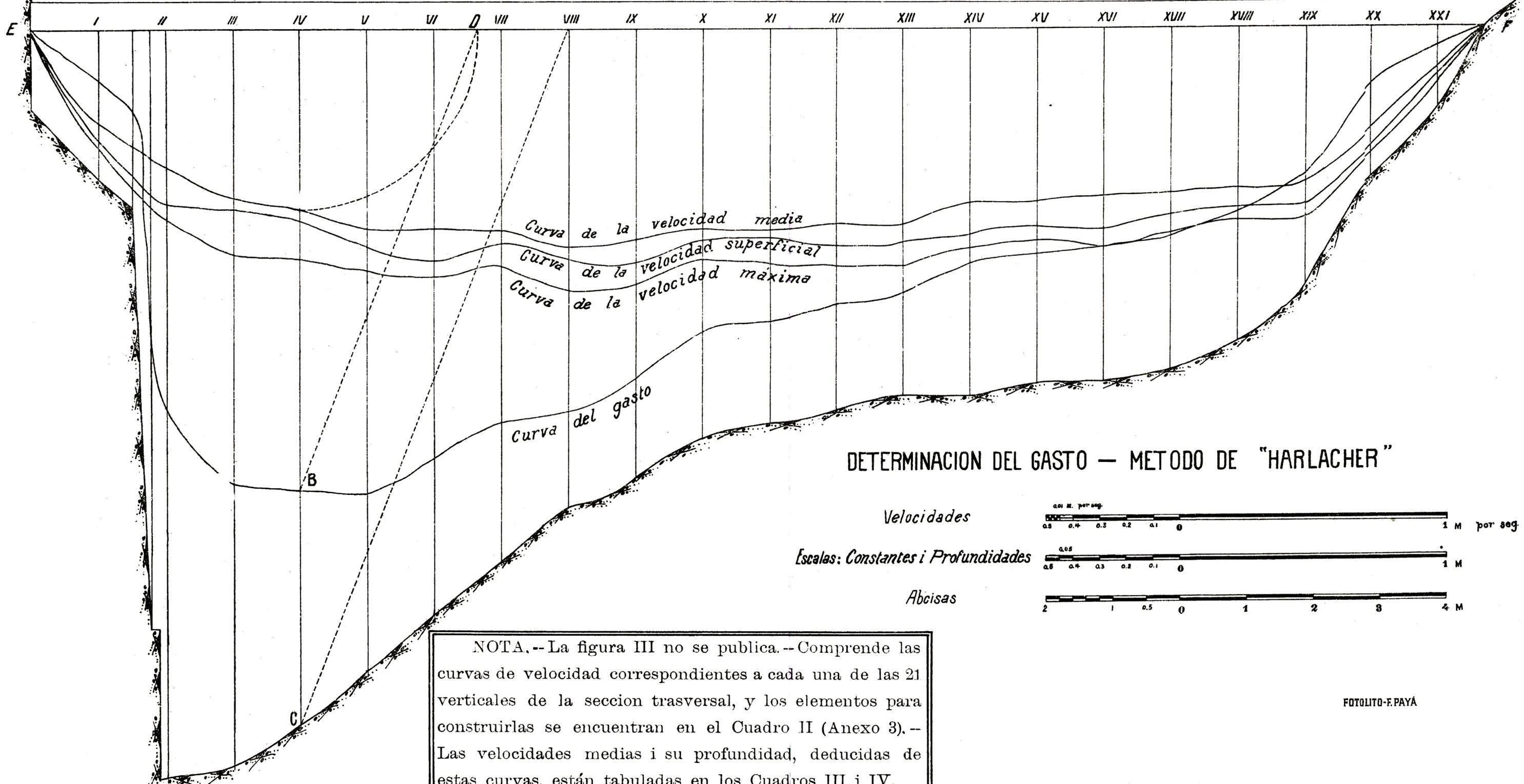


FIGURA II.

Velocidad media	0.34	0.50	0.68	0.86	0.73	0.73	0.74	0.80	0.78	0.74	0.74	0.72	0.72	0.64	0.64	0.62	0.61	0.59	0.57	0.58	0.15
" superficial	0.40	0.64	0.68	0.70	0.80	0.23	0.70	0.84	0.86	0.78	0.77	0.80	0.79	0.76	0.73	0.74	0.69	0.68	0.65	0.44	0.16
" máxima	0.44	0.60	0.82	0.84	0.80	0.00	0.88	0.96	0.84	0.85	0.87	0.87	0.88	0.81	0.78	0.80	0.75	0.71	0.70	0.40	0.17



NOTA.-- La figura III no se publica.-- Comprende las curvas de velocidad correspondientes a cada una de las 21 verticales de la seccion transversal, y los elementos para construir las se encuentran en el Cuadro II (Anexo 3).-- Las velocidades medias i su profundidad, deducidas de estas curvas, están tabuladas en los Cuadros III i IV.