

Por. Don D. Pió Berán.

CONTINUACION DEL NUEVO ESTUDIO

DE LA

“LEY SOBRE AGUAS CORRIENTES”


EXPEDIDA

POR EL CONGRESO DE 1886



—
IMPRENTA CATOLICA

—
1890



BIBLIOTECA NACIONAL
SECCION ECUATORIANA

CONTINUACION DEL NUEVO ESTUDIO

DE LA

"LEY SOBRE AGUAS CORRIENTES"

EXPEDIDA

POR EL CONGRESO DE 1886.

Como el Congreso de 1888 resolvió que se estudiase detenidamente la ley sobre aguas, vuelvo á llamar la atención de los hombres ilustrados hácia este importantísimo cuanto trascendental asunto.

Los nuevos dictámenes de físicos eminentes, evidencian que los legisladores de 1886 se fundaron en datos de todo en todo erróneos, y que, áun supuesta la exactitud, la ley no sería conveniente; porque la medición de aguas, operación sujeta á las leyes físicas, de suyo inalterables, como todas las dictadas por el Supremo Hacedor; no puede depender de reglas que fije el Poder Legislativo. Este debe limitarse á señalar la medida: el litro por segundo, el metro cúbico por hora; y el perito, en virtud de sus conocimientos especiales, excogitará, en cada caso, los medios más adecuados al intento.

Permítaseme un ejemplo. Prescribe el art. 844 del Código civil que si uno de los vecinos edifi-

fica sobre la pared medianera, pague al otro, *por el aumento de peso*, la indemnización que por peritos se regule. ¿No hubiera sido hasta ridículo que el legislador diese á los peritos las reglas según las cuales deben determinar la indemnización? El arquitecto, el matemático ¿no conocerán un procedimiento que con toda seguridad la determine? Las leyes serían en verdad *carga de muchos camellos*, si cuando quiera que se trate de medir la superficie de un terreno, de calcular intereses, &c. &c., el legislador dictase las respectivas reglas, y hasta puntualizase la fórmula. Y si eso es manifiestamente absurdo, ¿por qué razón se convertiría el legislador en físico y matemático sólomente cuando expide leyes que determinan la medida de aguas corrientes?

No me propongo, lo repito, sino que se estudie tan grave asunto; el cual influye en la agricultura y la industria, dos ramas principales de la riqueza pública. Delicadísima es la operación de medir aguas; influye en ella, á no dudarlo, la gravedad, variable según la altura y la latitud de los lugares. Prescídase de la gravedad, y toda fórmula será absolutamente inexacta, errónea.

Si mis adversarios combaten los principios científicos, sin entrar al estéril é inhumano campo de la injuria y la calumnia; si por su parte también se proponen no más que una discusión conducente al descubrimiento de la verdad; pronto estoy á tomar las armas que ésta y la ciencia suministran. De otra manera, guardando profundísimo silencio, esperaré, tranquilo, el fallo de los hombres ilustrados.

Antes de dar á la estampa los sobredichos informes, indispensable es hacer algunas observaciones á varios puntos importantes que pueden pasar como doctrinas inconcusas aun respecto de perso-

nas que, en la materia, no tengan conocimientos especiales.

En el artículo intitulado "*Nueva comprobación de la Ley sobre aforo de aguas,*" publicado en el núm. 163 de "El Nacional," pág. 670, correspondiente al 4 de Febrero de 1887, se lee: "Advertimos (dicen los Sres. ingenieros nacionales) á todas las personas que quieran hacer operaciones prácticas, en confirmación de la ley sobre el aforo de aguas, que procuren salga el agua del tubo sin contracción: *ésta se verifica sólo al entrar al tubo de salida mas no al salir del depósito receptor, por el tubo de 17 milímetros de longitud; los que duden de este hecho* pueden verlo en los experimentos que continuaremos haciendo en la Universidad: todo tubo que contraiga el agua al salir es malo, debe componerse ó desecharse; si se descuida la circunstancia indicada, se cometerán errores de significación."

Se ha indicado que se hagan operaciones prácticas procurando que salga el agua del tubo sin contracción; pero no se ha dicho qué medios deben emplearse para conseguir tal resultado. Y ya que se ha omitido esto, permítasenos revelar tal secreto. 1.º Los *experimentadores* introducen en el vaso receptor una cantidad de agua mucho mayor que la necesaria; y 2.º El vertedero por donde sale el exceso del líquido, despues de llenar el orificio de medida, está colocado en un lugar inferior al que ocupa el mismo orificio, siendo la superficie más extensa. Con estas dos condiciones se consigue que el agua contenida en el depósito no esté en quietud, sino en completa agitación, circunstancia que hace desaparecer la contracción de la vena fluida, y que salga el líquido, como se dice, á *boca llena*. Pero este modo de operar no es conforme á la razón ni á los principios de la ciencia

ni se consiguen resultados satisfactorios. Basta una breve mirada á los cuadros de observaciones publicados en los números 132 y 163 de "El Nacional," para ver cuan enormes diferencias hay entre esos experimentos. En las observaciones hechas en 31 de Enero de 1887, se ve que en la primera faltan 876'800 litros para el completo de los 20000 que la ley exige; en el segundo faltan asimismo 761'600; y en el 3º hay el exceso de 80'800; siendo la diferencia entre estos dos últimos de 842'400; y entre el primero y el tercero de 957'600. Que no hubiesen estas enormes diferencias, que fuese nada más que la de 10 litros, ya no pueden reputarse esos experimentos como exactos, ni mucho menos arreglados á la ciencia.

No hay físico ni hidráulico que aconseje que el vertedero se coloque en un lugar inferior al del orificio; antes al contrario enseñan que sea en el borde del vaso; porque así se consigue que el líquido se halle en completa quietud.

Sin embargo de hallarse publicada la carta del Sr. Llauradó, nuevamente repetiremos las palabras de este inteligente ingeniero: "Ya sabe U. que la velocidad de salida de los filetes líquidos por el orificio no debe hallarse influida más que por la carga *h*, contada ó referida siempre al centro de gravedad del orificio; de modo que es preciso disponer las experiencias de manera que el líquido en el depósito SE HALLE PERFECTAMENTE TRANQUILO, supuesto que si éste se hallare AGITADO POR CUALQUIERA CAUSA, la velocidad de salida se hallaría MODIFICADA por causas perturbadoras que no se toman en cuenta en la FÓRMULA. Es indispensable por lo tanto que la carga se MANTENGA CONSTANTE, lo cual se consigue por medio de un *vertedero de superficie*, y que el líquido se halle TRANQUILO en el depósito,"

El P. Canudas al tratar sobre estos experimentos también recomienda que el sobrante del líquido se derrame por un tubo colocado en el borde del mismo depósito. (Tratado elemental de Física, pág. 93.)

Desprezt, en el Tratado elemental de Física, tomo 1º, pág. 90, dice: "Para que los experimentos sean EXACTOS, es indispensable la constancia del nivel, condición fácil de llenar por una infinidad de métodos; que todos consisten en hacer entrar en el vaso una cantidad igual á la que sale. Cada uno puede emplear el que más le acomode; sólo les recomendamos que eviten en lo posible agitar la superficie del líquido."

Además de las prescripciones que acabamos de insertar, tenemos fundamento para insistir en que el vertedero debe estar precisamente en la línea que señala la altura del agua sobre el centro de gravedad del orificio, sin que baje ni un milímetro. En asocio del Sr. Juan Pablo Sanz, y con un aparato de este Señor, habíamos practicado numerosos experimentos, en todos los cuales, sin exceptuarse ni uno solo, contrayéndose la vena fluida, resultaron á lo más 18 M³ en 24 horas. Pero el 24 de Julio de 1887 se verificó un experimento en la Universidad central con ese mismo, mismísimo aparato; y *no contrayéndose la vena fluida*, en vez de los 18000 litros, se obtuvieron 20200. Entonces no me fué posible hallar la causa de tal fenómeno; pero como ésta debía investigarse con el examen de dicho aparato, tan luego como lo conseguí (á los ocho días del experimento) noté que el vertedero estaba ensanchado hácia abajo en la extensión de 6 milímetros. Hecho el examen, practiqué un experimento con el mismo vaso, y volvió á salir el líquido sin contraerse la vena fluida, esto es, á boca llena. Repetí varios experimentos

con otros vasos que tenían el vertedero en la línea que señala la carga, y, como es natural, hubo la respectiva contracción; lo cual prueba de dicho ensanche influye poderosamente en que el líquido no se contraiga al salir del orificio.

A fin de que se vea la anomalía con que se han hecho los experimentos en la Universidad y lo inadecuado del aparato, ponemos las figuras siguientes que representan dos vasos.

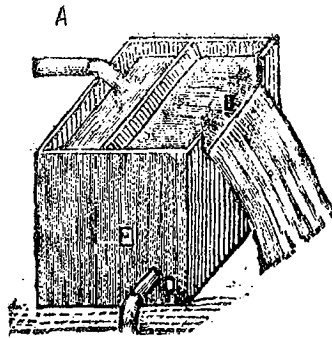


Fig. 1ª

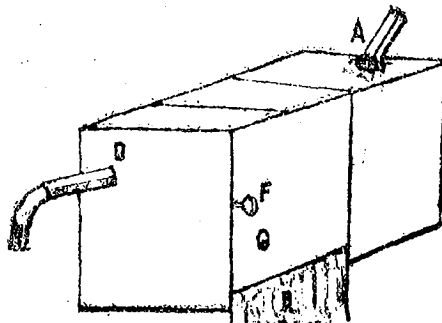


Fig. 2ª

La primera es la 903 de la Mecánica Teórica de Weisbach (tomo 1º pág. 1135). En esta figura, que es un aparato perfecto, el líquido entra por el tubo A, puesto en un costado; el vertedero B está en el borde del vaso, y el tubo ú orificio D, que es el de medida, se halla en la parte inferior.

En la segunda, que representa el aparato de los ingenieros nacionales, sucede todo lo contrario: el líquido entra por el tubo A colocado en el lado opuesto al del orificio; el vertedero B está en el fondo; el orificio D en la parte superior; y la compuerta G es movable por medio del manubrio F. Con este aparato y con este modo de operar, ¿podrá hallarse el líquido en completa quietud, y conservar la carga en constante nivel, como lo previenen Llauradó, Desprezt?

Para que los experimentos sean precisos, exactos y no haya diferencias tan considerables, es necesario observar estrictamente las siguientes prescripciones: 1ª Que el aparato receptor sea bien contruido, y el vertedero esté en el borde, sin un sólo milímetro inferior á la línea que señala la altura del líquido sobre el centro de gravedad del orificio: 2ª Téngase mucho, muchísimo cuidado de que las paredes interiores del tubo no estén engrasadas: 3ª La basa sobre la que ha de descansar el aparato debe ser sólida é inmóvil: 4ª Asegurándose de que el nivel sea bueno, nivélese esa base perfectamente: 5ª Introdúzcase sólo la cantidad de agua que sea muy necesaria, cuidando que entre suavemente y con menor velocidad posible: y 6ª Recójase el líquido en una vasija de capacidad conocida y cuéntese en un buen cronómetro el tiempo que ha durado el experimento. Es también condición indispensable, que el líquido funcione automáticamente, y que no se introduzcan las manos ni se toque el vaso. Si durante el ex-

perimento se notare alguna variación en la altura de carga, suspéndase y dése por no hecho.

A más de estas reglas que son indispensables, debe tomarse en cuenta la mayor ó menor pureza del agua, la temperatura de ésta, el estado de la atmósfera, dirección de los vientos, &c. &c.

Observadas fielmente las precedentes reglas, se examinará la contracción de la vena fluida, contracción que es inevitable cuando la longitud del tubo del orificio ó el grueso de la pared en que está practicado no es siquiera igual á una y media veces el diámetro del orificio.

Algún tanto puede evitarse la contracción de la vena fluida, adaptando al orificio tubos que tengan de tres á seis radios del mismo orificio, y aun en este último caso el coeficiente no llega sino á 0,82. Si al tubo ó á la pared del orificio se le diese exactamente la forma que tiende á tomar la vena, entonces se lograría anular casi completamente la contracción.

Sostener que la vena fluida no se contrae en un tubo de 17 milímetros de longitud (dimensión menor que la del diámetro del orificio en cuestión); y decir que sólo se verifica la contracción al entrar el líquido en el orificio, es despreciar los numerosísimos experimentos hechos por centenares de sabios, desmentirles y destruir todo el edificio de la Hidráulica. Si del mismo modo se verificase el gasto por un tubo cuya longitud sea menor que el diámetro, que por otros que tengan dos ó tres diámetros ¿para qué nos servirían las tablas que contienen los coeficientes calculados por Navier, Vallejo, Poncelet, Lesbros, Eytelwein, y otros mil hidráulicos?

Es principio asentado por las autoridades que acabamos de citar: que en los tubos cuya longitud sea menor que el diámetro y aun en aquellos

que no lleguen á una y media veces el diámetro del orificio, se verifica la contracción de la vena fluida del mismo modo que en los orificios practicados en pared delgada.

Veamos lo que dicen á este respecto los físicos, mecánicos é hidráulicos.

Mr. J. Jariez en el tomo VI del "Curso completo de Ciencias matemáticas" (pág. 38, párrafo 414), dice :

"De dos suertes pueden ser los orificios. Si la pared es delgada con respecto á las dimensiones del orificio, la vena se despegará completamente de las paredes laterales ; el orificio se dirá entonces *practicado en pared delgada*. Este es el caso que se presenta con más frecuencia en las usinas. Para que se verifique, no es necesario que la pared sea muy delgada. *Basta que la dimensión menor del orificio no sea más pequeña que el espesor de la pared por donde tiene el agua su salida, y que ésta no exceda 0^m, 05 á 0^m, 06.*"

"Si la pared tiene un espesor al menos igual á una vez y media la dimensión menor del orificio, las hebras fluidas se aproximan á las paredes y las siguen, de modo que al exterior parecen moverse paralelamente á estas paredes. Esto es lo que notablemente se efectúa cuando el orificio es prolongado por un tubo adicional. Pareciendo que el fluido sale llenando completamente el tubo, se dice entonces que sale á *boca llena*."

El mismo Autor, á la pág. 49, añade : "el lugar en que se efectúa la *mayor contracción está situado á una distancia del orificio poco más ó menos IGUAL AL DIÁMETRO de este orificio*, cuando éste último es muy pequeño. En los orificios de *dos centímetros de diámetro para arriba*, el punto en que la vena cesa de contraerse se acerca al orificio, y no se

halla más lejos de ella que un semi-diámetro por lo más ó menos."

En el "Manual de Ingeniero" por el Sr. Valdés, á la pág. 291 leemos: "Cuándo la longitud del tubo está comprendida entre dos y tres veces su diámetro, se ha experimentado que el gasto se hace 1,32 veces mayor: de modo que para los casos ordinarios en que $m=0,62$, se tiene

$$v=1,32 m \sqrt{2gh} = 0,82 \sqrt{2gh}, \text{ y } Q=0,82 \omega \sqrt{2gh}.$$

"Si el tubo es menor que la longitud $c d$ (fig. 198) de la vena contraída, el gasto sería el mismo que si no existiese tubo adicional. Cuando es mayor que el triple de su diámetro, aumentando el rozamiento del fluido disminuye considerablemente el gasto. Las experiencias de M. Eytelwein dan para m los valores siguientes:

RELACION entre la longitud del tubo y su diámetro.	COEFICIENTE.
1	0,62
2 á 3	0,82
12	0,77
24	0,73
36	0,68
48	0,63
60	0,60

Tanto por la tabla precedente como por los cálculos del Sr. Valdés se ve, que aun en el caso que el tubo tenga la longitud de 2 á 3 veces el diámetro, el gasto efectivo es sólo 0,82 del teórico, y que en consecuencia se contrae la vena fluida.

El Sr. Vallejo en el Tratado de Aguas (tomo. 1^o pág. 174), dice: "Hasta ahora hemos supuesto que la pared en las inmediaciones del orificio, tenía una forma embudada, parecida en cierto modo á la de

una campana, con el objeto de que todos los filetes de moléculas fluidas, que se dirigen á él desde todas las partes del vaso, estanque ó depósito, conservasen, al atravesarlas, direcciones paralelas entre sí. En este caso, asegura Mr. Navier, apoyado en la experiencia, que no hay que hacer ninguna reducción sensible sobre el gasto calculado en virtud de las fórmulas anteriores, que dan lo que se denomina *gasto teórico*; pues que Mr. Michielotti, con orificios en que el embudamiento no era completo, sólo ha encontrado diferencias de $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ y aun más pequeñas entre las velocidades efectivas y las teóricas, y por consiguiente entre los gastos efectivos y los teóricos.

“Supongamos ahora que el fondo del vaso á través del cual se halla practicado el orificio, sea un plano horizontal, de poco espesor. La observación ha enseñado que en esta posición, las moléculas de fluido que descienden al principio desde la superficie con direcciones sobre poco más ó menos verticales, habiendo llegado cerca del fondo, se dirigen por todos lados hácia el orificio, como lo indican las líneas de puntos de la (fig. 16), que hemos tomado de la Hidrodinámica de Daniel Bernoulli por ser la primera que hemos visto representar el fenómeno con precisión y exactitud.

“Sólo el filete fluido correspondiente al centro del orificio es el que conserva al atravesarle, una dirección vertical: todos los otros tienen direcciones tanto más inclinadas, cuanto están más cerca de las paredes del orificio. Mas como todos los filetes del fluido propenden á guardar, después de salir del vaso, sus direcciones respectivas, se sigue que la vena ó chorro no puede conservar un diámetro igual al del orificio, y disminuye de grueso desde que parte de la sección *a c*, hasta que los filetes, por el efecto de su reacción mutua, hayan ve-



hído á ser tódos verticales y paralelos; por inane-
ra, que el efecto de la convergencia de las direc-
ciones de los filetes de moléculas, en el instante
que ellas pasan por el orificio *a c*, es el de hacer an-
gostar, estrechar ó contraer la vena ó chorro á cierta
distancia del orificio; y este fenómeno se llama
CONTRACCIÓN DE LA VENA FLUIDA. El paraje *e d*,
en que esto sucede, dista de la pared según Newton
una cantidad sobre poco más ó menos igual al diá-
metro del orificio cuando este último es muy pequeño.
Cuando el orificio es mayor pasando de unas 10 líneas
españolas, el paraje donde la vena cesa de contraerse,
está más próximo de la pared y sólo dista de ella co-
mo un semi-diámetro del orificio.

“Si concebimos que se haya añadido á la pa-
red del vaso, un tubo que tenga la misma forma
que la vena contraída *a d e c* (fig. 16), de modo
que la sección *e d* haya venido á ser el orificio, en-
tonces el movimiento del fluido no padecerá al-
teración; y resultará un vaso en que el orificio *e d*,
tendrá su entrada embudada; y por consiguiente,
para determinar su gasto, deberemos usar de la
fórmula (7) si el orificio es muy pequeño en com-
paración de la superficie del depósito; y si tiene
ya tal magnitud, que su superficie sea la vigésima
parte de la superficie del depósito, se deberá hacer
uso de la fórmula (28). Esta conclusión se halla
rigorosamente confirmada, y de muchas maneras, por
la experiencia.”

A la pág. 179 continúan, y dice así: “Mr. Na-
vier presenta después los resultados que Mr.
Michelotti ha hecho con la mira de fijar la influen-
cia de la longitud del tubo sobre el gasto; y co-
mo los expresados resultados son de la mayor im-
portancia, los insertaremos en la siguiente

Tabla segunda de los efectos de la contracción de la vena fluida. Contiene la relación del gasto efectivo al gasto teórico, ó el coeficiente de contracción que corresponde según la relación de la longitud del tubo, ó grueso de la pared con el diámetro del orificio.

Cuando la longitud del tubo es:	La relación del gasto efectivo al gasto teórico ó el coeficiente de contracción se ha encontrado ser:
Nula, esto es, cuando la abertura termina en un punto como de la fig. (16.)	0, 6096
$\frac{1}{4}$ = 0,5 del diámetro.	0, 6169
1 diámetro.	0, 7671
2 diámetros.	0, 8157
$2\frac{1}{4}$ = 2,5 diámetros.	0, 8221
3 diámetros.	0, 8201
4 “	0, 8179
5 “	0, 8095
6 “	0, 8070
7 “	0, 8032
8 “	0, 7997

El Sr. Vallejo ha prolongado esta tabla hasta el caso en que la longitud del tubo equivale á 140 veces el diámetro del mismo orificio. Y á la página 182, deduce las consecuencias siguientes:

“Los resultados que contiene la tabla precedente, manifiestan que es necesario que el tubo tenga una longitud, AL MENOS IGUAL Á SU DIÁMETRO, PARA QUE HAGA AUMENTAR EL GASTO. Cuando su longitud es más pequeña, el agua NO CORRE Á CAÑO LLENO; la

vena se aparta de las paredes del tubo, y el desagüe se hace absolutamente del mismo modo que por un orificio hecho en una pared delgada: lo que va también conforme con los experimentos de Bossut.

“Por la tabla precedente aparece que el mayor aumento de gasto, que el tubo aditicio puede causar, se verifica cuando su longitud es *dos veces y media ó tres veces su diámetro*. Alargando más el tubo, el gasto disminuye; lo que no puede menos de provenir del rozamiento del fluido sobre sus paredes. Por lo demás resulta de lo que precede, que *para estimar en las aplicaciones el gasto de un orificio prolongado por un tubo aditicio cilindrico que tenga una longitud de dos ó tres veces el diámetro de este orificio, es necesario tomar los 0,82 del gasto teórico calculado*. También es necesario advertir que todos los resultados precedentes sobre el modo de valuar el efecto de la contracción, y la comparación del gasto efectivo con el teórico se verifican del mismo modo, cualquiera que sea la situación del plano del orificio y la dirección del chorro del fluido, ya sea que el desagüe se verifique en el aire ó en un vaso lleno de fluido ó en un paraje donde haya diferente presión que en la superficie del depósito.

“Como el objeto de todas las investigaciones científicas es el de deducir reglas fáciles para la práctica, que disminuyan las penalidades del género humano, debemos llamar la atención acerca de una *consecuencia* importante, que nos suministra la doctrina que acabamos de exponer. Si estuviese bien determinada cual debe ser la curva que debe afectar á la parte embudada de un orificio para que, saliendo los filetes de agua con direcciones paralelas, no sufriese contracción la vena fluida ó chorro, yo opinaría que por punto general debíamos adoptar la forma embudada en toda

clase de orificios ; pues de este modo teníamos un elemento menos que tomar en consideración y se conseguía el objeto con mayor sencillez ; pero como todo lo que existe acerca de la forma de este embudo se viene á reducir á tantos, y por otra parte, *yo dudo mucho que, á pesar de todos los esfuerzos imaginables, se llegue á extinguir de todo punto el citado fenómeno de la contracción*, soy de dictamen, para conciliar la mayor sencillez con el resultado conocido por más exacto ; que se debe adoptar por punto general, para la salida de agua de los depósitos ó vasos en que se halla contenida, el poner en los orificios un tubo cilíndrico cuya longitud fuese igual á dos veces y media su diámetro ; pues esta longitud es por la tabla anterior, la que origina *menor contracción* ; y por consiguiente, la que á igualdad de diámetro del orificio de salida, suministra mayor cantidad de líquido,

“También se podría adoptar, que el tubo adicional terminase en un trozo de cono, cuyo diámetro inferior ó de la pequeña base fuese 1, el de la base mayor 1,24 y la distancia entre las dos bases del cono truncado fuese 0,75 ; pues en este caso se puede obtener un gasto efectivo, que sea los $\frac{1}{10}$ ó 0,90 del teórico.

M. C. Courtois en el tratado de Motores Hidráulicos, pág. 470 y 471 dice “Lorsque l'eau sort d'un vase par un orifice percé dans une mince paroi, et que la hauteur ou la charge, sur le centre de cet orifice, est considérable, relativement à son diamètre ; l'expérience apprend que les molécules, á partir de la surface, descendent d'abord suivant des lignes à peu près verticales ; mais, étant arrivées à une distance de l'orifice égale á environ deux fois son diamètre, elles se dirigent de tous côtés vers cet orifice, et, lorsqu'il est horizontal il n'y a que le flet qui correspond au centre qui conserve en le fran-

chissant, une direction verticale, tous les autres ont des directions d'autant plus inclinées qu'ils sont plus près des bords. Après leur sortie, ces filets tendent à conserver leurs directions respectives, d'où il suit qu'ils forment une veine qui diminue de grosseur jusqu'à ce que, par l'effet de leurs réactions mutuelles, leurs directions soient devenues sensiblement parallèles : c'est ce phénomène que l'on appelle la *contraction de la veine fluide*.

“Lorsque l'on fait usage d'un vase transparent et d'une eau chargée de matières tenues en suspension, on rend sensible à la vue la convergence des filets avant leur passage par l'orifice ; on voit alors les molécules se diriger de toutes parts vers l'orifice, et s'y précipiter d'un mouvement accéléré ; on les voit encore conserver, après leur sortie et sur une petite distance, les convergences qu'elles avaient dans l'intérieur du vase.

“Lorsque l'orifice est circulaire, la veine forme une espèce de tronc de cône ou plutôt d'hyperboloïde, dont la grande base est l'orifice, et dont la petite est la section où la veine éprouve la plus grande contraction. La distance, entre ces deux bases, varie avec la grandeur de l'orifice ; quand cet orifice est très-petit, la distance, dont il s'agit, est égale à son diamètre ; quand cet orifice est moins petit, lorsqu'il est, par exemple, de deux centimètres, et au-dessous, la section de plus grande contraction se rapproche de la paroi, et la distance, entre les deux bases de la veine, est alors égale au demi-diamètre de l'orifice.

Pág. 472 “Tous les effets de la contraction sont une suite de la convergence des filets, laquelle ne dépend, lorsque la charge est considérable et l'orifice petit, que de la forme de la paroi ; voici d'ailleurs, dans la circonstance qui nous occupe, les résultats des principales observations sur les effets de la contraction.

“On a d’abord reconnu que la vitesse qui correspond à la section contractée est à très-peu près due à la hauteur de la charge, en sorte que l’écoulement a lieu comme si, à l’orifice réel, on eût substitué un orifice d’un diamètre égal à celui de la section contractée, et que les filets sortissent dans des directions parallèles et perpendiculaires au plan du nouvel orifice, ou qu’il n’y eût point de contraction. On a ensuite cherché à déterminer, par des mesures directes et pour des orifices percés dans une paroi *plane et mince*, le rapport entre le diamètre de l’orifice et celui de la section contractée. Michelotti fils, opérant sur de gros jets obtenus sous de fortes charges, a trouvé que ce rapport était constant et égal à 0^m. 787. Le rapport entre les diamètres étant de 0, 787, celui entre les aires des sections en sera le carré, il sera donc égal 0. 618; c’est ce rapport entre les aires des sections que l’on désigne ordinairement par *m*.”

P. M. N. Benoit, en el tomo 1^o, chapitre second, *Hydraulique*, pag. 190, § 447 de la obra intitulada “*Guide du Meunier et du constructeur de Moulins*”, dice: “*lorsque la longueur de l’ajutage est moindre que le diamètre de l’orifice, il n’a aucune influence sur l’écoulement de l’eau, de sorte que la dépense de l’orifice avec ou sans cet ajutage est la même. Mais si la longueur de l’ajutage dépasse le triple de celle du diamètre de l’orifice, le multiplicateur $1 : \sqrt{1 + (1 : n - 1)^2}$ de la dépense théorique de cet ajutage, qui atteint son maximum vers cette dernière proportion, diminue de plus en plus à mesure que sa longueur augmente. M. Eytelwein a trouvé par expérience, que pour des longueurs de tuyau égales à 1 fois et au-dessous; à $\frac{1}{2}$ ou 3 fois; à 12, 24, 36, 48 et 60 fois le diamètre de l’orifice ce multiplicateur est respectivement*

égal à 0,62; 0,82; 0,77; 0,73; 0,68; 0,63; et 0,60

El Sr. Berghs, en el informe que se ha dignado darnie, dice: "La contraction parfaite a lieu si l'épaisseur de la paroi n'est pas supérieure à une fois et demie le diamètre de l'orifice.

"Le coefficient de contraction est en moyen = 0.64 et le coefficient de vitesse 0,97; le coefficient de dépense est en conséquence $0,97 \times 0,64 = 0,62$.

"Le diamètre de la surface contractée est égal à environ 0,80 du diamètre de l'orifice et sa distance à l'orifice 0,5 D.

"LA PAROI PLUS MINCE QUE LE DIAMÈTRE DE L'ORIFICE NE SUPPRIME PAS LA CONTRACTION NI UNE PARTIE D'ELLE".

M. de Prony, al hablar sobre este punto, se expresó así: "Tout ce que nous venons de dire sur les dépenses par les tuyaux additionnels suppose que l'eau en sort à plein tuyau ou à gueule bée: mais si le tuyau est trop petit pour que l'eau puisse, avant de sortir, couler le long de sa paroi; alors les circonstances de l'écoulement seront les mêmes que si il n'y avoit pas de tuyau, et il faudra évaluer la dépense d'après la formule de l'art. (837).

"Il paroît, d'après les expériences de M. l'abbé Bossut, que, pour que l'eau puisse suivre la paroi du tuyau, il faut que la longueur de ce tuyau soit au moins double de son diamètre". (Nouvelle Architecture Hydraulique, première partie, pag. 372, art. 845 y 846).

Podría citar todavía muchos otros autores, pero es más que suficiente lo expuesto para probar hasta la evidencia que, en los tubos de menor longitud que el diámetro del orificio, se contrae la vena fluida de igual modo que en los orificios practicados en pared delgada.

XV.

En cuanto al informe de 27 de Junio de 1888 dado por las HH. Comisiones primeras de Legislación y Hacienda, compuestas de los HH. SS. Ribadeneira, Carrasco, Castillo, Rivera, Sánchez y Villagómez, no podemos menos de decir que estos señores procedieron á desempeñar su cometido con la madurez y profundo estudio que exige un asunto tan grave y trascendental. Declararon que hay poderosas razones que manifiestan la inconveniencia del artículo 29 de la ley sobre "Aguas", y que siendo el asunto delicado, se lo estudie para que sea discutido en la próxima Legislatura.

No sucedió lo mismo con los Sres. Arízaga, Coronel, Freile y A. Velasco que computieron una Comisión ocasional en el Congreso de 1887. Estos señores practicaron dos experimentos en la Universidad central, y dieron informe el 27 de Julio del propio año en los términos siguientes: "Excelentísimo Señor: Vuestra Comisión ocasional, designada para informar acerca de la solicitud del Sr. Lino M. Flor, que pide se determine con exactitud la medida de una paja de agua, *ha procedido á practicar los experimentos necesarios, valiéndose de los medios más adecuados; y ha observado que es exacta la medida señalada en el artículo 29 de la ley de 24 de Agosto de 1886, la cual en consecuencia no necesita modificación alguna.*"

En primer lugar observaremos, que no toca á los HH. Diputados practicar experimentos, análisis químicos, ni ninguna otra operación semejante, aun cuando sean expertos en la materia; y en se-

gundo que incurrieron en error al asegurar que es exacta la medida señalada en el artículo 2º de la ley de 24 de Agosto de 1886. Y digo que incurrieron en error porque el primer experimento dió 20800 litros y el 2º 20200. ¿Será exacto el experimento si según él se obtuvieron 800 litros más en 24 horas; y será cosa baladí la diferencia de 600 litros entre los dos resultados? Que no fuese el exceso de 800 litros, sino de 10; ni entonces habrían podido aseverar que la medida era exacta. Y aún suponiéndose que ambos experimentos hubieran dado los mismos 20 M³, tampoco podían calificarlos de exactos; porque los 20 M³ se obtienen en París, mas no en Quito donde necesariamente el gasto es mucho menor.

Erraron también asegurando que se habían empleado los medios más adecuados al practicar los respectivos experimentos. Desde el principio hasta el fin del primer experimento, el ingeniero Sr. Gualberto Pérez movía de rato en rato una compuerta del vertedero. Durante el segundo experimento, no vieron que el vertedero del aparato del Sr. Juan Pablo Sanz estaba ensanchado hacía abajo, ó inferior á la línea que señala la altura de carga. Estas maniobras no pueden llamarse medios adecuados para hallar la verdad en un asunto tan delicado, sino artificios propios sólo para las pruebas de prestidigitación.

A fin de manifestar el acierto de los III. Diputados que dieron el informe en 27 de Junio de 1888, y de la ligereza con que procedieron los señores de la Comisión experimentadora, copiamos, á continuación, lo que dicen los científicos respecto de lo difícil que es practicar con exactitud las medidas de aguas, cuando los orificios son pequeños.

Don Mariano Calvo y Pereira en la obra in-

titulada "De las Aguas," á la pág. 414, dice así:

"CAUSAS DE QUE CON FRECUENCIA PROVIENEN LOS LITIGIOS SOBRE USO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS, Y MODO DE EVITARLOS.

"Una gran parte de las cuestiones contenciosas sobre el uso de las aguas proviene de no haberse fijado terminantemente y con relación á una unidad bien conocida y que no ofrezca ambigüedad, la cantidad de agua que á cada propietario ó usufructuario corresponde. En la cantidad de agua que sale por un orificio practicado en un depósito influyen á la vez varias circunstancias físicas, cuales son: *la fuerza debida á la gravedad, la superficie del orificio, la altura del nivel del agua sobre el mismo orificio, el grueso de la pared donde esté se halla practicado, el estado de reposo ó agitación del líquido en el mismo depósito, la presión que se ejerza sobre su superficie y en el orificio de salida*; si ésta se verifica por tubo adicional, influyen también considerablemente en el gasto *la forma, la longitud y el estado de la superficie interior del tubo*; tampoco carece de influencia en el gasto *la posición del orificio relativamente á las paredes del depósito*, y cuando se hallan abiertos varios orificios próximos entre sí, esta circunstancia influye igualmente en el gasto. Se deduce, pues, *que en desatendiendo alguna ó algunas de estas circunstancias, aunque las demás se observen y expresen con precisión, no queda bien determinado el caudal de agua que produce un orificio*; esta es la razón porque son VAGAS Y DE VALOR INCIERTO las denominaciones con que hasta ahora se han designado las unidades de medida de aguas en Madrid y en varias de nuestras provincias, en que las aguas forman un ramo especial de su riqueza, como sucede en Valencia,



Cataluña, Murcia y otras.

“Para evitar en lo sucesivo el tener que atender simultáneamente á todas las circunstancias *delicadas y difíciles de observar* que influyen en la medida de las aguas, debe adoptarse por *única medida de aguas el volumen que producen corriendo durante una unidad de tiempo determinado, expresando así en las leyes y contratos.* De este modo se evitarán también muchos litigios.

“Usando de nuestras medidas castellanas, pueden adoptarse por unidad de volumen para pequeños surtidores la pulgada cúbica, para los ríos ó grandes manantiales el pie cúbico, *y siempre por unidad de tiempo el SEGUNDO SEXAGESIMAL.* Haciéndolo así tomaremos en adelante con los ingenieros Piélago, Rafo y Rivera (Introducción á la Arquitectura hidráulica del primero publicada en 1841, y Memoria de estos últimos sobre la conducción de aguas á Madrid en 1849), por unidad en la medida de las aguas *el volumen de tres pulgadas cúbicas por segundo, á que denominaremos real fontanero.*”

Mr. Brisson se expresa así: “Es muy difícil hacer con exactitud los experimentos sobre el curso de estas aberturas; pues es *fácil engañarse en la magnitud de las aberturas, en la altura del agua del depósito, y en el tiempo del curso:* luego para determinar una *Pulgada de agua*, y facilitar los diferentes cálculos, según las diferentes cantidades de agua que suministran, por ejemplo, diferentes fuentes, puede suponerse que una *Pulgada de agua* da 628 *Pulgadas cúbicas de agua* en un minuto. Luego para saber sin medida qué agua da una mediana fuente, se ha de recibir el agua en alguna vasija; y si en un minuto da 628 *Pulgadas cúbicas*, se dirá que da una *Pulgada de agua*; si da 1884 *Pulgadas*, se dirá que da tres *Pulgadas &c.*” (Dic-

cionario universal de física, traducido por D. C. C., tomo VIII, pág. 153).

Estas doctrinas que son claras y terminantes se hallan aun corroboradas con el siguiente informe del Superintendente é Ingeniero en Jefe Sr. don Ignacio M. de Varona.

I. M. DE VARONA, SUPT. & ENG.

City of Albany,

—Special—

Water Commission.

Office of Superintendent & Engineer.

Room 18. Núm. 25 North pearl st.

Brooklyn, Junio 30 de 1888.

Sr. D. Domingo Ruiz.

Cónsul General del Ecuador &.

51 Liberty St.

New York.

Muy estimado Señor y amigo mío :

Prescindiendo de consideraciones técnicas que trascenderían los límites trazados por U. resolveré brevemente la consulta que por encargo del Sr. F. Sosa me hace.

1º La unidad para la medida de agua en este

país es el Galón (U. S. Gallon). El galón contiene 231 pulgadas cúbicas, ó sean 0.13368 piés cúbicos, de modo que el metro cúbico equivale á 264.179 galones. Por último el galón de agua pesa 8.33888 libras (avoirdupois) á la temperatura de unos 39°. 2 grados (Fahrenheit) y bajo una presión barométrica de 30 pulgadas inglesas. (*)

2º No he comprendido bien cual es la unidad que dice el Sr. Sosa se ha adoptado en el Ecuador. Puede entenderse esto de tres modos; á saber :

(a)—Veinte metros cúbicos en 24 horas.

(b)—La cantidad que dé un orificio de 2 centímetros de diámetro en pared delgada bajo una carga de 4 centímetros sobre el centro.

(c)—Una ú otra cosa (a ó b) á elección del interesado, por considerarlas la ley equivalentes.

Esto último sería lo peor por ser **inexacto, indefinido é inconveniente en la práctica.**

Lo segundo sería también **embarazoso** en la aplicación é **indefinido**, pues habría que fijar aun muchas otras condiciones—de no fácil apreciación—para que el orificio citado diese *siempre* (aun dentro de ciertos límites) *la misma* cantidad de agua, y sería necesario contar con *observadores hábiles* para medir ésta debidamente. (*)

(*) Según esta determinación barométrica ¿será *sofisma de solo conjetura* el influjo de la fuerza de la gravedad, como erróneamente cree y está convencido de ello el Sr. J. Alejandro Velasco?

(*) Esta doctrina es de todo en todo conforme con el dictamen del sabio ingeniero Polaco don Eduardo Habich, Director de la Escuela de Minas y construcciones civiles de Lima. Dice, pues: "En adoptar una unidad para las medidas de las aguas concedidas, nada hay de irracional, cualquiera que sea la definición de esa unidad; pero *determinar el orificio y la presión á que corresponde tal dotación es irracional é irracional.*..." El gran ingeniero Sr. Malinowski, constructor del famoso ferrocarril de la Oroya, en contestación á la consulta que se le hizo, dijo tam-

Lo primero—20 metros cúbicos en 24 horas— es desde luego preferible; pero *más simple y natural es “UN METRO CÚBICO en 24 horas”*; y esto es lo usual en los países que han adoptado el sistema métrico (cuando no se emplea el litro).

Un metro cúbico de agua (ó veinte de ellos) en 24 horas es una cantidad definida y esto basta para fijar la unidad. No me parece, sin embargo ventajoso ni conveniente el prescribir cual método haya de seguirse para medir el consumo. Ni debe ni puede adoptarse el mismo método para medir cien metros que para medir cien mil; ni es probable que dentro de diez, quince ó veinte años no hayamos adquirido más experiencia y adelantado en esta materia cual en todas las otras. Déjese pues el modo de medir el consumo al tiempo y á las circunstancias en que haya de hacerse.

3º En la mayor ó menor descarga de un orificio de carga y diámetro dados influyen *la rigidez de la pared ó plancha en que se halla el orificio, el material de dicha pared ó plancha, inclinación de ésta, condición de los bordes del orificio, caracter ó pureza del agua, temperatura de ésta, velocidad en el depósito, mayor ó menor uniformidad en el nivel del agua en éste, contracción más ó menos perfecta, descarga al aire libre ó bajo del agua & . & . & .* (*) lo que comprueba lo ya expuesto acerca de la necesidad de fijar otras

bién: “Han ido en el Ecuador, para dar una ley sobre irrigación á **desenterrar** una medida que á principios de este siglo propuso Mr. de Prony con datos y experimentos insuficientes y que hoy no pertenecen sino á la **historia de la hidráulica.**”

(*) Ninguno de estos indispensables requisitos tomó en cuenta la Comisión *ocasional experimentadora*; ni tuvo los instrumentos necesarios para estas observaciones: apenas contó con un pequeñísimo ó imperfecto aparato de medida; que, comparado con aquel en que hizo sus experimentos M.

condiciones, además de las dadas, para obtener resultados RAZONABLEMENTE UNIFORMES, y las de contar con *observadores hábiles para el aforo*. Esto que es cierto como tesis general adquiere aun mayor importancia en el caso de orificios pequeños y *bajo cargas tan débiles cual el de que se trata*, y la dificultad acrece con los errores posibles y aun probables en las medidas, y que, insignificantes en sí, tienen sin embargo gran valor relativo. Unos cuantos milímetros más ó menos que poco ó nada importarían al medir, por ejemplo, medio metro de diámetro y dos ó tres de carga, significan *mucho* en la medida de solos DOS CENTÍMETROS DE DIÁMETRO Y CUATRO Ó CINCO CENTÍMETROS DE CARGA. Y el evitar en la práctica esos pequeños errores y medir *justo* es harto difícil, resultando de todo aquello que, *tratándose de tubos ú orificios de pequeño diámetro y bajo cargas tan débiles* se requieren, más que en ningún otro caso, el cuidado más exquisito en las observaciones y *un gran número de éstas antes de poder establecer reglas ó deducciones que merezcan confianza*.

Con las salvedades que las condiciones no dadas y á que he aludido me imponen y considerando en *términos generales y prácticamente* el caso que propone el Sr. Sosa, asumiendo *contracción perfecta, descarga al aire libre, NIVEL CONSTANTE* en el depósito, y *ninguna* velocidad en el agua de dicho depósito, convengo desde luego con el Sr. Sosa en que la carga *teórica* debe ser de unos 3 centímetros, y opino que la carga *necesaria* en la práctica para el

de Prony, es un juguete de niños, un grano de mostaza. Y sin embargo de todo esto tuvo esa comisión la lijereza de decir que se había valido de los medios más adecuados.

gasto efectivo debe ser de unos 6 centímetros. (*)

Queda á sus órdenes atento y S. S. y amigo.

Q. S. M. B.

Ignacio M. de Varona.

Bien conocido es el nombre del Sr. de Varona en el mundo científico; sin embargo veamos lo que dice de este mentado Ingeniero nuestro Cónsul General Sr. D. Domingo L. Ruiz.

Consulado General del Ecuador.

Nueva York, Julio 20 de 1888.

Sr. D. Fidel Sosa.

Quito.

Muy señor mío y de mi más distinguida consideración:

En vista de los descos manifestados por U. en la grata carta con que se sirvió favorecerme, sometí su consulta al ilustrado ingeniero D. Ig-

(*) Esta misma carga, de 6 centímetros sobre el centro, da también un ingeniero muy competente, á quien consultó, en Guayaquil, mi distinguido amigo Sr. Dr. don José María Borja. Asimismo, despejando la carga h en la respectiva fórmula, y haciendo el cálculo con el coeficiente que da Mr. Bergs, resultan 6,3 centímetros sobre el centro. No queda, pues, duda alguna que esta presión, y no la de 4, corresponde al módulo en la localidad de la plaza de Quito, que está situada sólo á 13' 20" de la

nacio M. de Varona, quien ha tenido la bondad de resolverla en los términos que verá U. por la comunicaci6n adjunta.

Es el Sr. Varona persona altamente competente, que ocupa en este país elevados puestos facultativos de carácter oficial, ya al frente de las obras del gran acueducto que se construye para la ciudad de Brooklyn, ya también como Superintendente é ingeniero en jefe de la Junta para el aprovisionamiento de aguas de la ciudad de Albany, capital del Estado de Nueva York.

Esperando que la adjunta resoluci6n de la consulta satisfaga los deseos de U. y le sea de alguna utilidad, tengo el gusto de ponerme á sus órdenes muy atento y seguro servidor.

Domingo L. Ruiz.

Los luminosos dictámenes de los señores Habich y de Varona, juntamente con las doctrinas de Brisson, Calvo y Pereira no dejan la menor duda de que es nugatorio y embarazoso fijar la capacidad del orificio, la longitud del tubo y la altura ó carga cuando ya está determinado el volumen de aguas que debe obtenerse en cierta unidad de tiempo. Así, pues, el primero de estos sabios ingenieros dijo que es

titud y á la enorme altura de 2850 metros sobre el nivel del océano; Si M. de Prony obtuvo, tanto por el cálculo, cuanto por la experiencia los 20000 litros con los 5 centímetros de carga sobre el centro, fué porque sus experimentos los hizo en París que está sólamete á la altura de 59 metros sobre el nivel del mar (Altura determinada por M. Langier), y á la latitud de $48^{\circ} 50' 11''$. En consecuencia, los ingenieros en su científico informe, debían haber expresado la carga de 6 y no la de 4.

INÚTIL É IRRACIONAL determinar el orificio y la presión á que corresponde tal dotación. El segundo corrobora esta doctrina, porque dice que esto sería lo PEOR POR SER INEXACTO, INDEFINIDO É INCONVENIENTE EN LA PRÁCTICA.

Las dimensiones del orificio, la longitud del tubo y la altura ó carga no deben fijarse sino cuando las aguas se enajenen por secciones, como sucede en nuestras medidas antiguas de *paja, riego, molino.* En éstas sí que es esencial especificar el grueso de la pared, la carga y otros muchos requisitos. Pero si el *molino*, por ejemplo, fuese equivalente á un gasto de tres ó cuatro piés cúbicos, sería superfluo expresar las sobredichas condiciones.

Aclaremos este punto con un ejemplo. Si Pedro compra á Juan una fanega de trigo con el peso de doscientas libras, y á la vez exige que se le dé en una medida que tenga tantos centímetros ó pulgadas de longitud, latitud y profundidad, ¿no sería más allá de innecesario expresar esta última condición? Pues las 200 libras podrían ocupar más ó menos volumen; y vice versa, ésto podría pesar mayor ó menor cantidad de la estipulada. Lo mismo sucede con los volúmenes de agua, porque por un mismo orificio y con una misma carga se obtienen distintos resultados, según la mayor ó menor pureza del líquido, el grado de temperatura, la distancia á las paredes del depósito, la altura y la latitud del lugar en que se verifica el aforo; y finalmente según la mayor ó menor gravedad del paraje, que es lo que más influye en las corrientes.

Es también esencial é imprescindible expresar para qué clase de aguas es la unidad de medida; pues, no es indiferente darla en abs-

tracto para cualquier volumen. La presente ley se limita á fijar 20 *metros cúbicos en 24 horas*, sin determinar si es para grandes ó pequeñas corrientes; si para las aguas que han de distribuirse en los predios urbanos ó en los rurales; para las que corren por cauces naturales ó artificiales &c. Las unidades deben ser relativas y proporcionales á los objetos que han de medirse. Así, pues, sería embarazoso tomar por unidad el centímetro para medir una larga longitud, como por ejemplo, la de una carretera; el quilate ó el gramo para el peso de grandes mazas; ó al contrario, la legua para expresar en una fracción de ella el grueso de un muro; el quintal ó la tonelada métrica para el peso de un diamante. El Sr. Calvo y Pereira opina con buen juicio al hablar de las medidas castellanas; dice, pues, que debe adoptarse por unidad de volumen la pulgada cúbica para los pequeños surtidores y el pié cúbico para los ríos y grandes manantiales. Este mismo autor añade que los ingenieros encargados del Canal de Isabel II, adoptaron tres unidades para la medición de aguas, á saber: 1.^a el *metro cúbico por segundo* para las grandes corrientes; 2.^a el *metro cúbico por hora* para la distribución de las aguas de riego; y 3.^a el *metro cúbico por día* para las aguas potables. M. de Prony al proponer su módulo, ahora 74 años, advierte que es únicamente para las aguas potables que han de distribuirse en los menesteres domésticos, y que prescinde completamente de las demás.

Necesario es hacer una breve observación sobre este importantísimo principio. Como acabo de decir, habiendo M. de Prony calculado su módulo puramente para las aguas que se han de distribuir en los menesteres domésti-

cos, los autores del informe científico hicieron todo lo contrario de lo que se propuso este sabio físico; dan, pues, el módulo, no para pequeñas corrientes, sino para las aguas de riego. Y digo que es para éstas, porque es notorio que en ninguna de nuestras ciudades, inclusive la Capital, hay distribución de agua potable en los predios urbanos. De modo que, cuando forjaron su *científico* informe, y vieron en algún libro el módulo de M. de Prony, oyeron cantar el gallo, pero no supieron dónde.

Si bien el Sr. de Varona dice que 20 metros cúbicos en 24 horas es desde luego preferible; este mismo hidráulico opina también que es *más simple y natural el metro cúbico*, lo que está en armonía con los adelantos de la ciencia en el largo lapso de 74 años, á contarse desde el año XVI en que M. de Prony propuso su módulo. Y, en comprobación de esto, veamos lo que dice el hidráulico M. J. Dupuit.

(*) *“Del aforo de las aguas corrientes.”*—Hay casos en que el estudio de una distribución de agua puede conducir al empleo de las fórmulas que acabamos de recordar (las que el autor ha determinado), esto es cuando hay necesidad de hacer el aforo de fuentes ó de corrientes de agua destinadas á suministrarla. *Es muy difícil dar reglas generales y precisas sobre la manera cómo ha de practicarse esa operación*, porque depende ella en gran parte de las *circunstancias locales*, principalmente de la forma del cauce y del volumen *materia del aforo*. Nos limitaremos, pues, á

(*) DU JAUGEAGE DES COURS D'EAU.—Mais il est des cas où l'étude d'une distribution d'eau peut conduire à l'emploi des formules que nous venons de rappeler, c'est

indicar los procedimientos más usuales.

“Digamos ante todo cuatro palabras acerca de la unidad de medida que se empleaba en otro tiempo de las aguas corrientes. Juzgose más sencillo tomar por esa unidad el gasto con una carga constante y un orificio determinado, y se había elegido el de una pulgada cuadrada hecho en pared delgada y que tuviese su centro 7 líneas inferior al nivel del agua. En esas condiciones tal orificio produce

0^m., 000.^l 2216 por segundo,

0, 013.^l 3 por minuto.

19^m, 1953 por día.

La pulgada se dividía en 144 líneas.

Después se ha querido reemplazar la pulgada de agua por el *módulo de agua* que pro-

quand il est nécessaire de faire le jaugeage de sources, ou de cours d'eau destinés à l'alimenter. Il est fort difficile de donner des règles générales et précises sur la manière dont cette opération doit être faite, parce qu'elle dépend beaucoup des circonstances locales, notamment de la forme du lit et du volume à jauger. Nous nous bornerons donc à indiquer les procédés les plus usités.

Disons d'abord un mot de l'unité de mesure, dont on se servait autrefois pour évaluer le débit des eaux courantes. On avait cru plus simple de prendre pour cette unité le débit, sous une charge constante, d'un orifice déterminé et l'on avait choisi celui d'un pouce carré percé en mince paroi et ayant son centre à 7 lignes au-dessous du niveau de l'eau. Dans ces conditions cet orifice débite

0^m., 000.^l 2216 par seconde,

0, 013.^l 3 par minute,

19^m, 1953 par jour.

Le pouce se divisait en 144 lignes.

On a proposé depuis de remplacer le pouce d'eau par le module d'eau qui fournirait 10 mètres cubes en vingt-quatre heures. *Nous croyons qu'il faut renoncer à cette méthode d'évaluation.* Le système métrique actuel

veería 10 metros cúbicos en veinticuatro horas. **17** Opinamos que debe renunciarse á ese método de medición. **18** El sistema métrico actual provee perfectamente á todas las necesidades. En efecto en todos los cálculos mecánicos ó astronómicos, se admite como unidad de tiempo el segundo; y, por otra parte, los volúmenes se determinan perfectamente en metros ó en litros. Por consiguiente, cuando se dice que una fuente suministra 3^l,25 por segundo, se ha determinado perfectamente su gasto. **19** El establecer una unidad especial no hace otra cosa que complicar los cálculos. **20** En efecto, siendo todo gasto el resultado de la multiplicación de una superficie por una velocidad, cuando se expresan esas cantidades en unidades del sistema métrico, su producto inmediato consiste en un volumen determinado en el mismo sistema, y para convertirlo en pulgadas ó en módulos es menester un nuevo cálculo.

Dicen también los señores ingenieros nacionales en el mencionado informe que la pulgada de agua antigua, desde que se sancionó el sistema métrico, ha sido reemplazada por M.

suffit parfaitement à tous les besoins. En effet, dans tous les calculs mécaniques ou astronomiques, la seconde est admise comme unité de temps; d'un autre côté, les volumes sont parfaitement exprimés en mètres ou en litres. Donc lorsqu'on dit qu'une source fournit 3^l, 25 par seconde, on a parfaitement déterminé son débit. *L'introduction d'une unité spéciale ne peut que compliquer les calculs.* En effet, tout débit étant le résultat de la multiplication d'une surface par une vitesse, quand ces quantités son exprimées en unités du système métrique, leur produit immédiat se trouve être un volume exprimé dans le même système, et pour le convertir en pouces ou en modules il faut un nouveau calcul." (Traité théorique et pratique de la Conduite et de la distribution des eaux, deuxième édition, ann. 1865, pag. 140).

de Prony con otra del mismo nombre. Juzgamos que esto encierra un error de concepto. Para asegurar que el módulo de M. de Prony sirve de unidad de medida en Alemania, Francia, Norte América &c., no es suficiente que esté definido en tal ó cual obra, sino que se hubiese expedido sobre la materia una disposición obligatoria. Así, por ejemplo, la yarda medida inglesa se encuentra como tal en obras francesas, españolas, italianas; y ¿podríamos asegurar por eso que es la unidad de medida en las respectivas naciones? Claro que no. En Francia y en todas las naciones que han adoptado el sistema métrico es el *litro*. En Norte América, *el galón* que contiene 231 pulgadas cúbicas. En unas provincias de España, *el real de agua*, en otras la *muela*, *fila*, *teja*, *azada* &c.; y según la real orden expedida por el Ministerio de Fomento en 20 de Abril de 1855, los particulares en las empresas de interés privado, tienen que fijar *en metros cúbicos por hora*, ó *litros por segundo* la cantidad de agua necesaria. Respecto de la Alemania quedémosnos á lo que dice Weisbach: "El módulo de M. de Prony no fué generalmente aceptado."

Se ve, pues, que este módulo no es actualmente unidad de medida en las mencionadas naciones. Ahora pregunto ¿qué interés tuvieron los señores ingenieros nacionales en asegurar que dicho módulo era la medida universal, siendo así que jamás se lo ha usado?

De todo lo expuesto hasta aquí se deduce, que los señores ingenieros á quienes se les encomendó el estudio de una unidad que fuese *conforme con la razón y la ciencia*, miraron este asunto tan delicado, como una cosa baladí y transitoria, sin caer en la cuenta, ^{de} que ellos mis-

mos se metían en un caos y se embarazaban en sus cálculos con inminente peligro de cometer errores, como en efecto cometieron por las mil condiciones que se reunieron en este método de medida. Por otro lado, en lugar de aminorar la unidad de medida, como las demás del sistema moderno, han vuelto casi un siglo atrás. ¡Seguramente el futuro años es algo más que la vida probable del hombre!

XVI

Los Sres. Géhin, Wickmann y Schmidt debieron informar sobre los experimentos que se practicaron el 17 de Junio de 1888 á presencia de las HH. Comisiones de Legislación y Hacienda, [a] y además sobre varias preguntas que hice por escrito el mismo día; pero habiéndose excusado estos señores por razones que tuvieron, me fué indispensable someterlas al juicio de un ingeniero hidráulico, y por favor del Sr. Coronel D. Nicolás E. Orfila, nuestro Cónsul General en Panamá, conseguí que sean contestadas por el Sr. Bergs, Director del Canal Interoceánico.

Hé aquí las comunicaciones del Sr. Coronel Orfila, las sobredichas preguntas y el informe del Sr. Bergs.

Panamá, Julio 20 de 1888.

Sr. D. Fidel Sosa,

Señor de mi aprecio:

He tenido el gusto de recibir su carta de 6 de este mes.

(a) Ambos experimentos se hicieron en un gracioso territo de hoja de lata, cuyo verdadero se hallaba en la pa-

Me he enterado de los deseos de U. sobre una consulta científica, y haré cuanto esté de mi parte para complacer á U. y al Sr. Ministro Salazar.

Hemos consultado ya con varios ingenieros del Canal, con el joven Endara, quien tiene tanto empeño como yo en poder dar una contestación satisfactoria. Esperamos un ingeniero hidráulico que debe llegar en estos días de la línea, si él nos resuelve las preguntas irán por el próximo correo, sino podríamos mandar á Filadelfia al Club de ingeniatura, donde á vuelta de correo tendríamos contestación fija y segura.

Ruego á U. le enseñe esta contestación al Sr. Ministro á quien saludo cordialmente.

Con esta ocasión me congratulo ofrecerle mis servicios, esperando me honre con su amistad, pudiendo contar con la de quien le desea toda clase de felicidades y se suscribe su A. S. S.

N. E. Orfila.

Consulado General del Ecuador en Panamá.

Panamá, 24 de Agosto de 1888.

H. Sr. D. Vicente Lucio Salazar.

Señor de todo mi aprecio:

Tengo el gusto de remitirle todos los problemas resueltos por un Ingeniero de la Compañía del Canal, *persona muy competente.*

No se los mandé antes de ahora porque

red opuesta é inferior al tubo de salida. El primero dió 19245 litros en veinticuatro horas, y el segundo 20088: las diferencias de estos resultados son tan monstruosas, como las que se apuntaron anteriormente.

me confié de un joven Endara quiteño y empleado en el Canal, que me ofreció hacerlos resolver por medio de un señor amigo ingeniero. Al fin, y después de haber pasado muchos días sin haber hecho nada, me devolvió el pliego.

Vine con mi amigo el Sr. Director del Canal y él mismo resolvió todas las preguntas científicamente, como lo verá en el pliego que adjunto.

Le deseo felicidades y ya sea como Ministro ó fuera del Ministerio, siempre puede ocuparme en cuanto me crea útil, pues tendré el mayor gusto en servirle en cuanto pueda necesitar de S. S. S.

N. E. Orfila.

Compagnie Universelle du Canal Interoceanique.—Panamá, le 20 août 1888.

Mon cher Consul.

J'ai le plaisir de vous adresser les réponses aux questions que vous m'avez données.

Bien cordialement à vous.

Bergs.

A Monsieur Orfila Consul d'Equateur.

Panamá.

PEGUNTAS.

- 1º Si la fuerza de gravedad varía según la latitud de cada lugar:
- 2º Si también varía la fuerza de la gravedad según la altura de un paraje sobre el nivel del mar:
- 3º Si en consecuencia, dados un mismo orificio y una misma carga, el gasto de agua disminuye á medida que se aumenta la altura sobre el nivel del mar:
- 4º Si igualmente dados un mismo orificio y una misma carga, el gasto de agua es mayor á medida que se aumenta la latitud:
- 5º Si hay contracción de la vena flúida y el desagüe se hace absolutamente del mismo modo que por un orificio hecho en pared delgada cuando la longitud del tubo es menor que el diámetro del mismo orificio:
- 6º Cuál es la fórmula para calcular el gasto de agua en los orificios circulares y verticales, y cuál para los horizontales:
- 7º Mediante la fórmula correspondiente, dígame cuál será el gasto efectivo ó práctico pasando el agua por un orificio de 2 centímetros de diámetro practicado en pared vertical de 17 milímetros de espesor y con la carga de 4 centímetros sobre el centro del orificio, haciendo el cálculo ya con la gravedad de la ciudad de París, ya con la de la plaza mayor de QUITO:
- 8º Si siendo la longitud del tubo ó espesor de la pared menor que el diámetro, corresponderá tomar en el cálculo el coeficiente $m=0,82$:

9º Si dará el mismo resultado el orificio de los dos centímetros de diámetro con la carga de los 4 centímetros, si en vez de ser el tubo de 17 milímetros, fuese igual á dos diámetros, esto es, igual á 4 centímetros.

CONTESTACION.

(*) 1º L' accélération g due à la pesanteur, croît de l' équateur aux pôles, proportionnellement au carré du sinus de la latitude.

Si nous désignons la latitude d' un lieu par l , l' acélération de ce lieu sera :

$$g = 9^m 781031 + 0,050057 \sin^2 l,$$

dans quelle expression, $9^m 781031 =$ accélération à l' équateur.

Or, à la latitude de Quito $0^\circ 14' S$,

$$g = 9^m 781031 + 0,050057 \sin^2 0^\circ 14' = 9^m 781032.$$

2º La pesanteur suit les lois de la gravitation universelle et varie par conséquent en raison inverse du carré de la distance du corps au centre de la terre.

Si nous désignons par g l'accélération à la surface de la terre, par g' l' acélération à la hauteur h et R le rayon de la terre, nous avons,

(*) La aceleración g , proveniente de la gravedad, se aumenta del Ecuador hacia los polos en proporción al cuadrado del seno de la latitud.

Si l es la latitud de un lugar, la velocidad en ese lugar será:

$$g = 9^m 781031 + 0,050057 \sin^2 l$$

en cuya expresión, $9^m 781031$, la aceleración en el Ecuador.

Ahora bien, siendo la latitud de Quito $0^\circ 14' S$,

$$g = 9^m 781031 + 0,050057 \sin^2 0^\circ 14' = 9^m 781032.$$

puisque les accélérations sont proportionnelles aux forces lorsqu' il s'agit d' un même mobile:

$$g' : g = R^2 : (R+h)^2$$

$$\text{D' où } g' = g \left(1 + \frac{h}{R} \right)^{-2}$$

Or, à la ville de Quito située à 2908^m au-dessous de la mer,

$$g' = 9^m 781032 \left(1 + \frac{2908}{6^m 376.821} \right)^{-2} = \frac{9.781032}{1.00045602^2}$$

$$= 9.77212.$$

2^o La gravedad está sujeta á las leyes de la gravitación universal, y, por consecuencia, *varia en razón inversa del cuadrado de la distancia de un cuerpo al centro de la tierra.*

Como las aceleraciones son proporcionales á las fuerzas, tratándose de un mismo móvil; si llamamos g , la aceleración en la superficie de la tierra, g' la aceleración en la altura h y R el radio de la tierra; tendremos:

$$g' : g = R^2 : (R+h)^2$$

$$\text{De donde } g' = g \left(1 + \frac{h}{R} \right)^{-2}$$

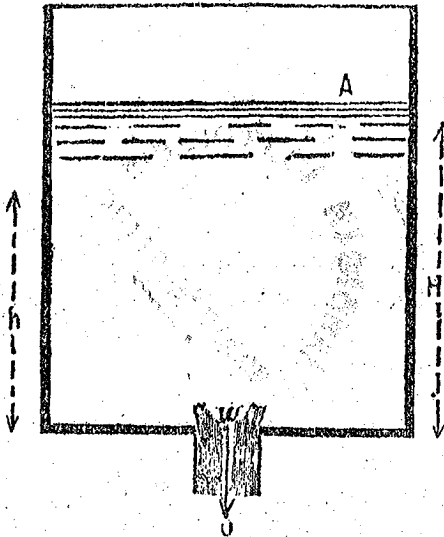
Y estando situada la ciudad de QUITO á 2908^m sobre el nivel del mar,

$$g' = 9^m 781032 \left(1 + \frac{2908}{6^m 376.821} \right)^{-2} = \frac{9.781032}{1.00045602^2}$$

$$= 9.77212. \quad (b)$$

(b) Comparada esta expresión con la gravedad de París, que es de 9.^m808657, la diferencia es de 3,6537 centímetros: diferencia muy notable y que influye poderosamente en el cálculo. Bastará, pues, un ejemplo para patentizar que incurre en un craso error quien niega la influencia de la fuerza de la gravedad.

Supongamos que se quiera saber cuál es el volumen de agua que suministra en 24 horas un orificio circular de 2 decímetros de diámetro practicado en pared delgada y con la carga de 10 decímetros sobre el centro.



4º, 5º et 6º a.
 Ecoulement
 par une paroi
 horizontale :
 ω = l'aire de
 l'orifice, A =
 la surface su-
 périeure et H
 = la hauteur
 du niveau su-
 périeur sur l'
 orifice.

Haciendo el cálculo con la gravedad de París se tiene

$$Q = m \cdot v^2 \cdot \pi t \sqrt{2gh}$$

$m = 0,61, v = 1, \pi = 3,1415926, t = 86400, g = 9806657, h = 10$
 log. 0,61 9,7853298
 log. 3,1415926 = 0,4971499
 log. 86400 4,9365137
 log. $\sqrt{1961,7314} = 1,6463198$

6,8653132 = log. 733532 litros en 24 horas.

Con la gravedad de Quito.

log. 0,61 9,7353298
 log. 3,1415926 = 0,4971499
 log. 86400 4,9365137
 log. $\sqrt{1954,424} = 1,6455094$

6,8645028 = log. 7319861 litros en 24 horas.

COMPARACIÓN.

Gasto con la gravedad de París = 733532
 „ de Quito = 7319861

Diferencia 13671

Son pues, trece mil seiscientos setenta y un litros de diferencia, los que resultan exclusivamente por la variación de la gravedad entre París y Quito. ¿Y esto será solo fíjima de solo conjetura?

La vitesse théorique $= v = \sqrt{1 - \frac{\omega}{A^2}} \sqrt{2gH}$

Si $A \gg 10 \omega$,

On peut mettre $v = \sqrt{2gh}$.

Le débit par seconde serait alors, en supposant une contraction de la veine fluide, parfaite et uniforme, et, en appelant m le coefficient de dépense qui est égal au coefficient de contraction \times coefficient de vitesse, égal à

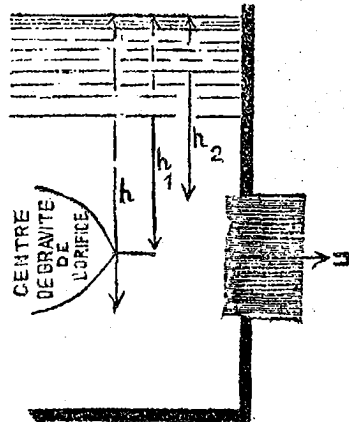
$$Q = m \omega \sqrt{2gH}.$$

Si la surface A laisse au fur et à mesure que l'eau s'écoule par l'orifice, le temps nécessaire pour écouler l'eau de la hauteur H à la hauteur h , sera pour un récipient prismatique :

$$t = \frac{A}{m \omega} \left(\sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}} \right)$$

b. Écoulement par une paroi verticale.

Pour un orifice rectangulaire, la vitesse théorique $= v$;



$$v = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left[\frac{h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}}{h_1 - h_2} \right]$$

et débit $Q = m v \omega$

Pour un orifice circulaire avec le rayon $= r$

$$v = \sqrt{2gh} \left[1 - \frac{1}{32} \left(\frac{r}{h} \right)^2 - \frac{5}{1024} \left(\frac{r}{h} \right)^4 \right]$$

et $Q = m v \omega$

Si $h \gg 2 \left(\frac{h - h_2}{1 - 2} \right)$ on $h \gg 4 r$,

$$\text{La velocidad teórica} = v = \sqrt{\frac{2gH}{1 - \frac{\omega^2}{A^2}}}$$

Si $A = 10 \omega$,

Puédese sustituir $v = \sqrt{2gh}$.

Suponiéndose perfecta y uniforme la contracción de la vena fluida, y llamando m el coeficiente de gasto, que es igual al coeficiente de contracción \times coeficiente de velocidad, el volumen por segundo será entonces igual á $Q = m \omega \sqrt{2gH}$.

Si la superficie A baja á medida que el agua corre por el orificio, el tiempo necesario para correr el agua de la altura H á la altura h será en un resijiente prismático :

$$t = \frac{A}{m \omega} \left(\sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}} \right)$$

on peut mettre approximativement pour un parallélogramme $Q = m b (h_1 - h_2) \sqrt{2gh}$ si $b =$ la longueur de l' orifice, et pour un orifice circulaire $Q = m v^2 \pi \sqrt{2gh}$ on en général $Q = m \omega \sqrt{2gh}$ comme pour écoulement par une paroi horizontale.

La contraction parfaite a lieu si l' épaisseur de la paroi n' est pas supérieure à une fois et demie le diamètre de l' orifice.

b. CORRIENTE POR UNA PARED VERTICAL.

En un orificio rectangular, la velocidad teórica = v

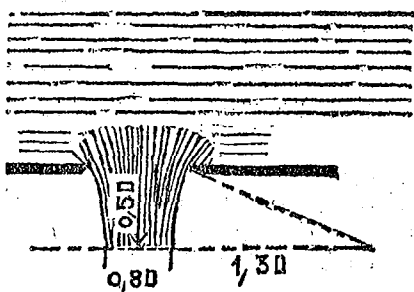
$$v = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left[\frac{h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}}{h_1 - h_2} \right]$$

y el gasto $Q = m v \omega$

EN UN ORIFICIO CIRCULAR CON EL RADIO = r

$$v = \sqrt{2gh} \left[1 - \frac{1}{32} \left(\frac{r}{h} \right)^2 - \frac{5}{1024} \left(\frac{r}{h} \right)^4 \right] \text{ (c)}$$

(c) Esta es la serie que, por no conocerla, la impugnó el Sor. J. Alejandrino Velasco, dándola impropriadamente el nombre de *coeficiente de contracción*. Los hidráulicos la llaman *coeficiente de velocidad*, y la emplean cuando el orificio es circular y vertical. (Véase M. de Prony. Nueva Arquitectura hidráulica, tomo 1º pág. 364.-VALLEJO. Tratado sobre el movimiento de las aguas, tomo 1º pág. 244. Weisbach-Mecánica, pág. 486. J. F. D'Arbuisson de Voisius-Tratado de hidráulica, pag. 78). En adelante distingase el *coeficiente de velocidad* del *de contracción*, y no se confunda el uno con el otro, porque son expresiones diversas.



Le coefficient de contraction est en moyen $=0,64$ et le coefficient de vitesse $0,97$; le coefficient de dépense est en conséquence $0,97 \times 0,64 = 0,62$.

Le diamètre de la surface contractée est égal à environ $0,80$ du diamètre de l'orifice et sa distance à l'orifice $0,5 D$.

Les expériences de M M. Poncelet et Lesbros donnent pour un orifice rectangulaire avec largeur uniforme de 0^m20 et hauteurs variables les coefficients de dépense compris dans le tableau ci après on h_2 représente la distance du bord supérieur de l'orifice au niveau supérieur de l'eau on le charge sur le sommet de l'orifice les coefficients peuvent également être considérés comme approximatifs pour des orifices circulaires.

AUTEUR DE L'ORIFICE.						
h_2	0,20m	0,10m	0,05m	0,03m	0,02m	0,01m
mm15	"	0,593	0,612	0,632	0,660	0,697
20	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
30	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
40	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
50	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
60	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676
70	0,588	0,609	0,628	0,639	0,656	0,673
80	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670
90	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0,668
0.m1	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0.2	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655
0.3	0,600	0,616	0,629	0,632	0,644	0,650
0.4	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647
0.5	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
0.6	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642
0.7	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0.8	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0.9	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1.0	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1.3	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1.5	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
2.0	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3.0	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

7° Orifici dans une paroi verticale de 0.^m02 de diamètre, de 0.^m017 d'épaisseur de paroi et avec une charge de 0.04 sur le centre de l'orifice.

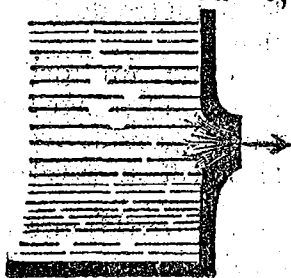
Dans ce cas, l'épaisseur de la paroi est inférieure à une et demie fois du diamètre de l'orifice et $h=4r$ et nous pouvons en conséquence, employer la formule:

$$Q = m r^2 \pi \sqrt{2gh}$$

on m d'après le tableau = 0.658; or, à

$$\text{Quitto } Q = 0,658 \times 0,01^2 \times 3,14159 \sqrt{2 \times 9,77212 \times 0,04} = 0,00018319,$$

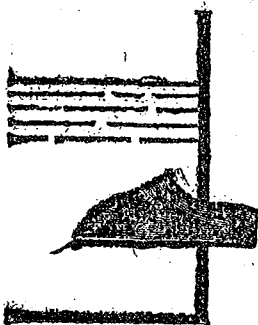
ou 0,1832 litres. (d)



8^o La paroi plus mince que le diamètre de l'orifice ne supprime pas la contraction ni une partie d'elle.

Pour arriver à ce but, il faudrait évaser l'orifice comme indique la figure ci-contre, c'est-

à-dire en laissant la paroi suivre à peu près la forme qu'affecte la veine contractée.



Dans ce cas la contraction est supprimée presque complètement.

On peut la supprimer en partie en établissant dans l'intérieur et sur une partie du périmètre de l'orifice, une plaque comme indique la figure ci-contre.

Au-delà de l'épaisseur de la paroi de 1,5 du diamètre de l'orifice, ces formules ne sont

plus applicables.

(d) Multiplicando esta cantidad de 0,1832 por 86400 segundos, se tiene solamente 15 828, 48 litros en 24 horas,

le débit $Q=0,85 \omega \sqrt{2gh}$.

L'expérience ne donne pourtant que

$$0,82 \omega \sqrt{2gh}.$$

La diminution est due aux frottements négligés dans le calcul.

Avec les mêmes données qu'au 7^e, c'est-à-dire

$$\omega = \pi \times 0,01^2$$

$$h = 0^m 04$$

et l'épaisseur de la paroi deux fois le diamètre de l'orifice, c'est-à-dire 0,04.

Le coefficient de 0,82 n'est pas tout à fait applicable et sera une valeur entre 0,62 et 0,82

con una carga de 0,^m04 sobre el CENTRO del orificio.

En tal caso el espesor de la pared es inferior á una vez y media el diámetro del orificio, y $h=4r$. Podemos, por consiguiente, emplear la fórmula

$$Q = m r^2 \pi \sqrt{2gh}$$

ó m según el cuadro = 0,658;

Ahora bien en Quito

$$\begin{aligned} Q &= 0,658 \times 0,01^2 \times 3,14159 \sqrt{2 \times 9,77212 \times 0,04} \\ &= 0^m 00018319 \text{ ó } 0,1832 \text{ litros. } \end{aligned}$$

8^o LA PARED MÁS DELGADA QUE EL DIÁMETRO DEL ORIFICIO NO IMPIDE TOTAL NI PARCIALMENTE LA CONTRACCIÓN.

Para conseguirlo sería necesario ensanchar el orificio como indica la figura del margen, esto es, dando á la pared casi la misma forma que toma la vena contraída.

En este caso la contracción se suprime casi completamente.

Se puede suprimirla algún tanto colocando en lo interior y sobre una parte del perímetro del orificio una placa como la determinada en la figura puesta al margen.

Si el espesor de la pared excede 1,5 del diámetro del orificio, esas fórmulas no son aplicables.

Y deberían aplicarse en ese caso las fórmulas para corriente por un orificio con un tubo que facilite la salida del agua.

Pero estas últimas fórmulas no son de todo punto exactas sino cuando dicho tubo tiene una longitud igual al triple del diámetro del orificio.

Si P_0 es la presión en la superficie A, P la presión exterior en C D, y S el peso por m^3 de fluido, tendremos, para un orificio con tubo cilíndrico.

$$\frac{P_0}{S} + h = \frac{P}{S} + \frac{v^2}{2gh} \left[1 + \left(\frac{1}{m} - 1 \right)^2 \right]$$

Sustituyendo en vez de m el valor de 0,62, que es el valor medio, y resolviendo la cuestión respecto á v , obtendremos:

$$v = 0,85 \sqrt{2g \left(h + \frac{P_0}{S} - \frac{P}{S} \right)}$$

y como de ordinario $P_0 = P$,

$$v = 0,85 \sqrt{2gh}$$

el gasto $Q = 0,85 \omega \sqrt{2gh}$

Pero los experimentos no dan sino $0,82 \omega \sqrt{2gh}$

La disminución se debe á la frotación, que en los cálculos se desprecia.

Con los mismos datos que en el 7º, esto es $\omega = \pi \times 0,01^2$

$$h = 0,04$$

y el espesor de la pared el duplo del diámetro del orificio, es decir 0,04

El coeficiente de 0,82 no siempre es aplicable, y sería un valor entre 0,62 y 0,82.



El Sr. Berghs, Director del Canal Interocéánico, en el precedente informe, demuestra científicamente las cuestiones controvertidas en esta discusión; y, mediante precisos cálculos matemáticos, manifiesta que por el orificio de unidad de medida, con la carga de *cuatro* centímetros sobre el centro y con la *gravedad de Quito*, se obtienen solamente 0,1832 de litro por segundo, ó, lo que es lo mismo, *quince mil ochocientos veintiocho litros cuarenta y ocho centilitros* (15,828, 48 litros) en 24 horas, y no los 20, 000 que determina la ley.

En vista de este resultado, no puede ser más absurda la suposición de que el orificio indicado dé 20 metros cúbicos de agua en 24 horas, tanto en Quito, como en París ó en cualquiera parte del Globo; así como la de que el influjo de la fuerza de la gravedad sea *sofisma de sólo conjetura*.

Nadie debe estar más convencido y satisfecho de que la presión sobre el centro del orificio es de 5 centímetros (en París, no en Quito) que el *ingeniero* Sr. Velasco que, además de *sus brillantes conocimientos propios*, posee copia auténtica de la *Memoria de Mr. Prony*, sacada en la Biblioteca de Ciencias de París, y remitida por nuestro Cónsul Sr. D. Clemente Ballén; y sin embargo, prefiriendo á su capricho é infundado amor propio, continúa sosteniendo sus errores con perjuicio de una de las más importantes leyes de la República, de su *honra como ingeniero civil*, y lo que es más, de los intereses de los propietarios.

Me abstendría de citar autores que están en todo conformes con la Memoria de Mr. Prony; pero como el Sr. Eudoro Anda, *ingeniero* también, cree sencillamente, que sólo hay

dos de ellos que dan la carga de 5 centímetros, citaré, siquiera, las que me ha sido posible consultar, y son:

1º *J. Jariez*.—Curso completo de Ciencias Matemáticas, tomo VI, página 84.

2º *P. M. N. Benoit* Guide du Meunier, premiere partie, página, 204.


3º *Ch. Armengaud Jeune* { *L'ingénieur de*
4º *Émile Barrault*. { *Poche*, página 129

5º *P. Boileau*. (*) *Mesure des Eaux courantes*, página 185.

6º *J. Weisbach* *Lehrbuch der Theoretischen Mechanik*, páginas 1133 y 1134.

7º *E. Habich*.—Informe de Abril 10 de 1888.

Contándose con la memoria de Mr. Prony y con los Anales de Química y de Física son nueve los que dan 5 centímetros de presión.

El mismo Sr. Anda cree que Weisbach da 4 centímetros de carga sobre el centro del orificio. Tal suposición no es exacta. He aquí lo que dice este autor del doble módulo de M. de Prony, en el § 512: "*Der Prony'sche doppelte Wassermödul, welcher einer Mündung von 2 Centimeter Durchmesser bei 5 Centimeter Druck entspricht und in 24 Stunden 20 Cubikmeter Wasser liefert, hat keine allgemeine Aufnahme gefunden.*" Traducido literalmente al castellano dice así: "El doble módulo de Prony, que corresponde á un orificio de 2 centímetros de diámetro con una presión de 5 centímetros y que da 20 metros cúbicos en 24 horas, no ha sido aceptado generalmente." 

Para asegurar que los 4 centímetros son sobre el centro, era indispenable que el autor hu-

(*) Este autor al expresar la carga escribe esta nota: "*Voir les Annales de Chimie et de Physique, 1816, tome III.*"

han de estar en armonía con la ciencia, bajo cuyos principios se la quiera dictar; y jamás han de ser el elemento de su creación las mal tomadas copias de libros que si los han leído ha sido inuy someramente, y por lo mismo sin entrar en su examen y perfecto conocimiento de sus doctrinas. Yo no sé, no puedo explicarme el objeto que se propusieron esos ingenieros al forjar citas que sólo existieron en su ideal, calumniando miserablemente á las autoridades de quienes fingieron valerse.

No concluiré esta breve exposición sin permitirme recomendar á los HH. Legisladores de 1890, los dictámenes de los eminentes hidráulicos *Llanradó, Makinowski, Habich, Varona, Bergs*; así como las doctrinas de *Brisson, Dupuit, Calvo y Pereira*, dictámenes y doctrinas que, no sólo están basados en la teoría, sino en la práctica más consumada; y que evidencian que es inútil, embarazoso y aún absurdo determinar á la vez las dimensiones del orificio, la carga y el volumen del líquido; y de que basta expresar esta última condición para que la unidad quede determinada y definida.

Los citados pareceres contribuirán, á no dudarlo, á que la presente Legislatura, formada de ciudadanos probos é ilustrados, modifique la errónea é inconsulta "Ley sobre aguas" expedida en el Congreso de 1886; conformándola con los incontrovertibles principios de la ciencia.

Fidel Sosa.

ERRATAS.

	DICE.		LÉASE.
Pág. 1,	línea 17	depenper	depender
„ 3,	„ 13:	no	de
„ 7,	„ última:	le	el
„ 17,	„ 23	Moulius	Moulins
„ 23,	„ 16:	Liberly	Liberty
„ 34	„ última:	cuenta que	cuenta de que
„ 41,	„ 14:	$m. \nu^2$	$m. r^2$
„ „	„ 15:	$\nu=1$	$r=1$
„ 43,	„ 3:	$=\nu$	$=r$
„ „	„ 4:	$\left(\frac{\nu}{h}\right)^2$	$\left(\frac{r}{h}\right)^2$
„ „	„ „	$\left(\frac{\nu}{h}\right)^4$	$\left(\frac{r}{h}\right)^4$
„ 44,	„ 4	$m. \nu^3$	$m. r^2$
„ „	„ 15:	$=\nu$	$=r$
„ „	„ 16:	$\left(\frac{\nu}{h}\right)^2$	$\left(\frac{r}{h}\right)^2$
„ „	„ „	$\left(\frac{\nu}{h}\right)^4$	$\left(\frac{r}{h}\right)^4$