



Rosa Fidel Nuevo Estudio de la Ley sobre Aguas Corrientes, expedida por el Congreso de 1.886

11 Continuation del "Nuevo Estudio de la Ley sobre Aguas Corrientes expedida por el Congreso de 1.886

Velasco Alejandro Ley de Aguas - Su verdad: no y Lino Maria su necesidad - 1.890
Flor

Rafael Paz y Mi. Aguas Municipales - 1.898
no

Estas obras fueron empastadas en la encuadernación Nacional -
Regente, Francisco Paer
Quito Julio 1.912

Biblioteca Nacional

NUEVO ESTUDIO

DE LA

"LEY SOBRE AGUAS CORRIENTES"

EXPEDIDA

POR EL CONGRESO DE 1886



QUITO

IMPRENTA DEL CLERO

388

No pueden ser más terminantes los pareceres manifestados por eminentísimos Profesores europeos; pareceres que, á no dudarlo, convencerán al H. Congreso de 1888 de que es necesario y urgente derogar aquella ley, expidiendo otra, fundada en los principios de la verdadera ciencia, y en armonía con los progresos de la civilización.

A este propósito publico á continuación la nota que dirigí al Honorable Señor Ministro de Instrucción Pública, así como los predichos pareceres que comprueban los errores en que se incurrió al expedirse la ley sobre medida de "Aguas corrientes."

Quito, mayo 7 de 1888.

Honorable Señor Ministro de Estado en el Despacho de Instrucción Pública.

Honorable Señor Ministro:

Previo informe de la comisión científica, el Congreso de 1886 expidió la ley que determina la medida de aguas corrientes. Como la ley es consecuencia de los graves errores de que tal informe adolece, lo impugné fundándome en las matemáticas, y empleando las fórmulas más precisas. Los autores del informe científico impugnaron entonces mis operaciones; pero no con argumentos razonables, sino con vanas palabras, sofismas y cálculos inoportunos.

En 5 de enero del año próximo anterior, les demostré de una manera irrefragable que, corregidos los errores en que, según se dijo, yo habia incurrido, no resultaba de mis operaciones, sino la diferencia de 99,5 litros; que observándose la fórmula legal, faltaban 1896 para completar los 20,000 litros; y que, aun suponiéndose el día igual á 25 horas, esto es, 90,000 segundos, faltaban 1195,105 litros. Sin embargo de esas demostraciones claras y evidentes, que no admitían réplica, insistieron los Señores ingenieros nacionales en los mismos supuestos errores, dando á entender que, corregidos, habría exactamente los 20 metros cúbicos.

3

Desconfiando, yo, como es natural, de mis conocimientos, consulté á los ingenieros más notables de Europa; y las contestaciones que se han dignado darme, evidencian que la fórmula legal adolece de graves cuanto muy trascendentales errores.

Acerca de los segundos del tiempo medio y el tiempo verdadero, el insigne matemático Sr. D. Eduardo Habich dice: "En mecánica teórica y práctica, se considera solamente el *día solar medio* de 86,400 segundos. En la *agricultura especialmente*, lo único que evidentemente interesa es EL DÍA SOLAR VERDADERO, que difiere, como es sabido, del día solar medio, en una cantidad muy pequeña diariamente variable."

Siendo, pues, el agua el primer elemento para la agricultura, he procedido acertadamente al tomar como base del cálculo, los 86,164 segundos del día solar verdadero. Luego no soy yo quien ha cometido el *error monstruoso*, sino los Señores ingenieros nacionales.

Respecto á la fórmula $Q = m \omega \sqrt{2gh}$, que llaman inadecuada, verá US. H. en las referidas contestaciones, que es la misma empleada en los cálculos por los Señores ingenieros europeos. Si se sostiene que á esta fórmula no debe agregarse la serie convergente, tengo ya demostrado que en las 24 horas, la diferencia consiste sólo en 35,5 litros, y que he procedido bien en apreciarla, porque el orificio es construido en pared vertical.

Restando la fuerza centrífuga de la de gravedad, tenemos la diferencia de 1°,4656; la cual da en el cálculo 14,7 litros menos. ¡Qué monstruoso error! ¡Faltan catorce litros siete decilitros! Compárense éstos con los 1995,5 litros que, según la fórmula legal, faltan para los 20,000; ¿y qué calificativo daremos al error en que incurre quien toma la gravedad de París como dato para cálculos en el Ecuador? La gravedad total de París es de 9,808657 metros, y la del Ecuador 9;7811 metros; la diferencia entre las dos es de 2°,7557, diferencia casi doble de la fuerza centrífuga que se ha restado:

Veamos lo que me dice á este respecto, el ingeniero de Montes, Sr. D. Andrés Llauradó, en su apreciable carta de 20 del próximo febrero: "Desde luego puede asegurarse que con la misma sección del orificio, igual espesor de pared, y la misma carga, el gasto no puede ser el mismo en París que en Quito, porque g tiene valor distinto en los dos puntos." Y como Mr. Prony calculó su módulo con la gravedad de París, y los Señores ingenieros nacionales dieron el mismo gasto de 20 metros cúbicos en 24 horas; se sigue que ó copia-

ron de algunos libros, ó calcularon con la gravedad de París ú otra mayor; pues habiendo dado, en vez de 5, sólo 4 centímetros de carga sobre el centro del orificio, la gravedad tenía que ser mucho mayor.

Ahora bien, la diferencia entre la gravedad del Ecuay la de París, da en el cálculo, la diferencia de 35 litros, es decir, más del doble de 14,7 litros.

Adjunta hallará US. II. copia de las mencionadas contestaciones. Entre ellas, la de más mérito es, á no dudarlo, la del eminente ingeniero Polaco, Sr. Habich. Este Señor, sobre expresar sus conceptos con suma claridad, fundándose en la más exacta de las ciencias, las matemáticas; cita la obra misma en que Prony consignó su módulo. Hé aquí la importantísima doctrina del Sr. Habich: “Esta cantidad de agua, según las experiencias de Prony, debía salir por un orificio circular de 0,02 met. de diámetro prolongado por un tubo adicional cilíndrico de 0,017 met. de largo, y bajo la carga de agua de 0,05 met. sobre el centro, por el cual conducto el agua debe correr llenándolo completamente.—Prony dió cuenta de sus ideas en las *Memorias de la Academia de Ciencias de París*. (Año de 1817.—pág. 428.)”

Permitame US. II. indicarle que conveindría se insertasen tan notables contestaciones (como documentos) en el Informe que presentará US. II. á las Cámaras Legislativas. No dudó que el dictamen de matemáticos tan competentes será acatado por ellas, y se corregirán los errores de que adolece la “Ley sobre medidas de aguas corrientes.”

Parece que debe adoptarse como unidad de medida, el metro cúbico por segundo y sus submúltiplos. Conocidas son, Honorable Señor, las ventajas de esta unidad; y, por otra parte, es la única empleada, medio siglo hace, en las naciones de origen latino. El Sr. D. Nicolás Valdés, Teniente Coronel de ingenieros, después de hacer una relación de las varias unidades de aguas, que se usaban en tiempos remotos en diversas naciones, dice: “En el día no hay más unidad que el metro cúbico por 1^o y sus submúltiplos. (pág. 300 del “Manual del Ingeniero”—año de 1859.)” El Señor Llauradó afirma, en la citada carta, que más comunmente los volúmenes se ajustan á unidades métricas, y que la pulgada de Prony no es de uso común en Francia.

Si se toma como unidad el metro cúbico y sus submúltiplos, la ley debe expresarlo así lisa y llanamente, sin agregar nada de bueyes, varas, surcos, naranjas, reales, pajas, ingenios, batanes, riegos de tierra, etc., etc.; porque esto presentaría dificultades, y aun fuera deshonoroso á nuestra

En uso poco tiempo después de la conquista.

Las dimensiones de los orificios y la carga de agua sobre el centro, no hay necesidad, Honorable Señor Ministro, de que en la ley se determinen. Sostuvo esta aseerción en mi primera solicitud; la cual está publicada en el número 84 de "El Comercio" y en el 124 de "El Nacional." Parece evidente, dije, que el Legislador fija como unidad de medida para las aguas, un orificio por donde pasan, en veinticuatro horas, veinte metros cúbicos del mismo líquido; y si esto es así, corresponde al perito determinar, conforme á los principios de la ciencia, la capacidad del propio orificio, la longitud del tubo y la caída ó carga; pues si la fórmula que da la ley es exacta, no surte ningún efecto; y á no serlo, no puede el Legislador alterar la naturaleza misma de las cosas; en la cual se fundan los principios de todas las ciencias.

Copiaré ahora lo que á este respecto dice el Señor Habich: "En adoptar una unidad para la medida 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 **inútil é irracional**. . . . Por tanto, (añade) no obstante que hubiera sido *más racional* avaluar el caudal de agua puramente en litros ó metros cúbicos, no hay inconveniente alguno en adoptar como unidad, 20 m³ por día; pero no debe *fijarse ni el orificio ni la carga*; cuyas dimensiones deberán ser conformes al caudal total del agua concedida, al tiempo del uso y de las condiciones peculiares de las aguas disponibles, para lo cual en *nada sirve la definición de Prony ni otra semejante.*"

Quédame, pues, la honrosa satisfacción de que mi pobre concepto hubiese sido de todo en todo conforme al del distinguido ingeniero Señor Habich.

Lo importante del asunto me servirá de excusa para distraer á US. H. de sus graves cuanto importantísimas ocupaciones.

De US. H. respetuoso y obsecante servidor.

Fidel Sosa.

Quito, mayo 7 de 1888.

Señor Don Fidel Sosa.

Si bien por la premura del tiempo, no será posible insertar en la Memoria para el próximo Congreso, la muy estimada nota de U. fechada hoy y los importantes documentos anexos; con todo, me propongo presentarlos al Congreso referido, á fin de que los tome en cuenta para los efectos concernientes á la ley de medida de aguas.

Dios guarde á U.

J. M. Espinosa.

Según lo expresé en la comunicación del H. Sr. Ministro, calculada la carga de 4 centímetros sobre el centro del orificio, en vez de 5, la gravedad en el mismo cálculo, debía ser mucho mayor que la correspondiente á París. Véamoslo.

La fórmula que da el distinguido hidráulico Señor Llauradó, tanto en la carta con que se ha dignado honrarme, como en su importante obra (pág. 71), es la siguiente :

$$Q = m s \sqrt{2gh}$$

$$\text{Despejada } g, \quad g = \frac{Q^2}{m^2 s^2 2h}$$

y puesto el valor de $Q = 231,48$ c. cúb. por 1'', [*] $m = 0,7529$, $s = \pi 1^2$ y $h = 4$; se tiene

$$g = \frac{231,48^2}{0,7529^2 \times 3,141592654^2 \times 1^2 \times 2 \times 4} = \frac{53582,9904}{44,757326106688} = 1197,185 \text{ centímetros.}$$

Para que no quede duda de este resultado, daré á la fórmula otro desarrollo;

[*] A fin de que á los Señores ingenieros no les quede el subterfugio de las unidades, he hecho el cálculo en metros.

$$g = \frac{\left(\frac{Q}{m s}\right)^2}{2h}$$

Haciendo las sustituciones tenemos

$$g = \frac{\left(\frac{231,48}{0,7529 \times 3,141592654 \times 1^2}\right)^2}{2 \times 4} = 1197,185 \text{ cent.}$$

= 11,97185 metros, ó aproximadamente, 11 metros 972 milímetros. Son *once metros novecientos setenta y dos milímetros* los que representan la fuerza de la gravedad que los Señores ingenieros civiles nacionales emplean en el cálculo de los 20 metros cúbicos en 24 horas.

Ahora bien, el *máximum* de la fuerza de la gravedad se halla en los polos, donde es igual á 9,83199 metros. Comparando con esta cifra la precedente, hay el exceso de 2,13986 metros.

De esta comparación se deduce: que la fuerza de gravedad que han tomado en el cálculo los Señores ingenieros, no corresponde á ningún punto del globo terrestre.

Este no es *error*, es *acierto*; error es el de 1,4656, diferencia entre la fuerza de la gravedad y la centrífuga. Más de dos metros de exceso entre la gravedad del Ecuador y la que han tomado, nada significa: 1,5 centímetros es error monstruoso; 1,5 > 219,1, según creen los Señores ingenieros.

Si yo hubiese cometido el gravísimo error de calcular con una gravedad imaginaria = $\sqrt[2n]{-a}$, ¿adónde hubieran levantado el grito los Señores ingenieros?

Prescindiendo de la carga de 4 centímetros sobre el centro del orificio y de haberse calculado, no con la gravedad del Ecuador, sino con la de París; la fórmula, aunque fuese exacta, no sería adecuada.

da para nuestra República. ¿Emplearíase indistintamente esa fórmula, ya á orillas del mar, ya en las elevadísimas altiplanicies de los Andes?

Acerca de esta doctrina, veamos lo expuesto por el matemático Sr. Vallejo en el Tratado de Aguas: (tom. 1º pág. 122.) “Mr. Prony dice en la página 9 de su expresada obra *Colección de cinco tablas* etc. “Yo observo que *g* aunque susceptible de pequeñas variaciones, en diferentes puntos del esferoide terrestre y en diferentes alturas sobre el mar, debe ser considerada como una constante absoluta en el género de investigación que aquí se trata.” Aunque yo respeto muchísimo la bien merecida reputación de Mr. Prony, y le estoy muy agradecido por los favores que me ha dispensado mientras he permanecido en París, me parece que su proposición sólo se podrá considerar como verdadera en aquella parte de la Francia, que no es montuosa; la cual viene á tener por centro á París; y en élla, las variaciones de la fuerza de la gravedad no son demasiado grandes; pero de ninguna manera se pueden considerar sus tablas aplicables á todos los países y con especialidad á España.”

Esta aserción la comprueba con veintiún ejemplos relativos á varias localidades, de los cuales citaré uno, el de Manila. Hecho el cálculo con la gravedad de ese lugar, halla por resultado 2279330 piés cúbicos de agua en un día; saliendo el líquido por un orificio cuadrado de un pié de superficie y 10 de carga sobre el fondo. Y resolviendo por el supuesto de los demás autores, de no influir la variación de la fuerza de la gravedad, encuentra 6963 piés cúbicos de diferencia, que equivalen á 150628 litros. Véase pues, cuán grandes errores resultan por no tomarse la gravedad propia de cada lugar.

probada por estos ejemplos, deduce (á la pág 153) lo siguiente: *“Queda, pues, demostrada con la mayor evidencia que por ningún título se puede considerar la fuerza de la gravedad como una constante absoluta, sino para localidades que disten poco en latitud y en que la diferencia de altura sobre el nivel del mar no sea de mucha consideración; y que por lo mismo, las fórmulas que se vean en los autores, cualquiera que sea la celebridad y reputación de éstos, que no contengan indeterminada la gravedad, no pueden ser aplicables á países distantes de aquellos en que se han formado los cálculos; y que para dichas localidades, es indispensable hacer uso de las fórmulas que yo presento, en las cuales la fuerza de la gravedad se halla indeterminada: siendo indispensable, al hacer las aplicaciones, determinar ante todas cosas, la fuerza de la gravedad, por el método expuesto, para sustituirla en nuestras fórmulas generales.”*

La precedente doctrina del Sr. Vallejo está confirmada por todos los autores que han escrito posteriormente; pues, no hay una sola obra en que se trate de esta materia, en la que no esté indeterminada la fuerza de la gravedad. En el “Manual del Ingeniero,” párrafo 495, leo esta nota: “En las fórmulas siguientes pondremos los coeficientes numéricos M, N en función de la gravedad $g=9,8$ para el centro de España, ó $M=\frac{A}{9,8}$, $N=\frac{B}{9,8}$; pero en las aplicaciones, deberá tomarse la particular del lugar para la EXACTITUD del resultado.”

A sostenerse que no han empleado en el cálculo una gravedad mayor que la de París, de hecho resulta que han tomado un coeficiente mucho mayor que el que corresponde á tubos adicionales, cuya longitud sea igual á dos ó tres veces el diámetro del orificio. Esto quedará probado con só-

lo despejar el coeficiente m en la misma fórmula, y verificar los cálculos. Hé aquí :

$$m = \frac{Q}{s \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{231,48}{3,141592654 \times 1^2 \times 2 \times 980,8657 \times 4} = 0,8318$$

Este coeficiente 0,8318, es mucho mayor que el 0,8221 correspondiente á tubos que estén comprendidos entre dos y tres veces el diámetro del orificio, que es cuando se verifica el máximum de gasto. Y aun para tomar el coeficiente 0,8221, sería indispensable que la longitud del tubo en vez de ser de 17 mm.; fuese de 40 á 60. En consecuencia, este error es tan monstruoso, como el de tomarse una gravedad mayor que la del polo.

Esta doctrina no es mía, es de los autores de mayor nota; puedo citar muchísimas obras; pero por ahora, me basta copiar lo que dice el Sr. D. Andrés Llauradó á la página 72 de la citada obra: "Cuando la longitud del tubo está comprendida entres *dos* y *tres* veces el diámetro del orificio, ó bien estando el orificio practicado en una pared cuyo grueso sea dos ó tres veces el mismo diámetro, el coeficiente difiere poco de $m=0,82$. La fórmula del gasto será $Q=0,82 s\sqrt{2gh}$ "

En consecuencia de todo lo dicho hasta aquí, la *pulgada de agua* de Mr. Prony no puede servir sino para un solo caso particular y único. Si el cálculo se ha hecho, por ejemplo, tomándose la gravedad en la plaza mayor de Quito, no servirá la fórmula sino para ese punto, mas no para las colinas del Pichincha; y á su vez, la fórmula sacada para éstas, no servirá para nuestros profundos valles.

Al impugnar la ley, no he tenido otro móvil que el amor á la verdad. Si mis adversarios emplean ésta en la discusión, volveré á tomar parte

rias y calumnias, no contestaré ni una sola palabra; pues, á Dios gracias, cuando se trató de mi reputación, me basta apelar al fallo de los hombres de bien.

Cumpliré, al concluir, el grato deber de tributar las más cordiales gracias al ilustrado Excmo. Sr. D. Emilio Bonifaz, Agente diplomático del Perú, por cuya intervención he obtenido los pareceres de los ingenieros Señores Habich y Malinowski. Muy conocidos son entre nosotros, los importantes servicios que continuamente ha prestado á la República el Excmo. Sr. Bonifaz, importando á élla una preciosa colección de pastos absolutamente desconocidos por nuestros agricultores, manifestando la manera de cultivarlos, y cooperando eficazmente á terminar, por un pacífico arbitraje, lo concerniente á los límites que separan al Ecuador de la República del Perú.

DOCUMENTOS

QUE COMPRUEBAN LOS ERRORES EN QUE SE INCURRIÓ
AL EXPEDIRSE LA LEY SOBRE MEDIDA DE AGUAS
CORRIENTES.

Guayaquil, 11 de abril de 1887.

Señor General Secundino Darquea.

Pto.

Muy estimado Señor:

Después de tomar conocimiento de lo pedido por su recomendado, y no hallando precisión suficiente en su pedido por no hallarse planteado con detalles el problema que se propone resolver y no queriendo por otra parte dejar de suministrarle los datos conducentes á su resolución, paso á contestarle:

Orificio.—Este se llama en *mince-paroi* cuando se ha-

Ha practicado en una pared cuyo espesor es *menor que la mitad de la más pequeña dimensión*; algunas veces se halla provisto de un *ajutage* ó pedazo de tubo unas veces cilindrico, á menudo cónico y convergente, rara vez divergente.—La distancia vertical del fluido, en el depósito, al centro de gravedad del orificio, es *la carga de agua* sobre el orificio:

Sea H la carga de agua

V la velocidad media del agua

Y $g=9,8088$, la velocidad adquirida por los cuerpos graves sometidos á la acción de la gravedad, al fin del *primer segundo* de su caída.

En el caso de un orificio en *mince-paroi* se obtiene

$V=\sqrt{2gH}$, siendo la velocidad proporcional á la raíz cuadrada de la carga—;

Sea Q el gasto de agua por segundo

m coeficiente constante

S la superficie del orificio; se obtiene:

$$Q=m V S=m S \sqrt{2gH}$$

m siendo igual á 0,62 en los orificios de *mince-paroi*.

Se obtiene:

$$Q=2,75 S \sqrt{H}$$

En los orificios provistos de un *ajutage cilindrico*, de un tamaño ó largo igual á *tres ó cuatro veces á la menor dimensión del orificio* y en donde el gasto se hace á *guente bée* es decir con tubo lleno, la velocidad del escape es $V=0,82 \sqrt{2gh}$ y el gasto

$$Q=0,82 S \sqrt{2gH}=3,62 S \sqrt{H}$$

Los *ajutages cónicos y convergentes* empleados en las oficinas y cuyo ángulo es de 10° á 12° disminuyen muy poco el gasto y la velocidad efectivas los que son m^2 ó m^3 los 0,98 del gasto y velocidad teóricas.

Los *ajutages cónicos divergentes*, poco usados, pueden dar un gasto doble de los orificios en *mince-paroi*.

Cuando la carga sobre el orificio es pequeña en relación con la altura de este orificio la velocidad media del escape es más pequeña que la que indican las fórmulas indicadas más arriba.

No dudo, Señor General, que su recomendado podrá, con la ayuda de los datos adjuntos resolver el problema que se propone, el que yo hubiera hecho personalmente, si co-

Tendré infinito placer en servirle cuantas veces tenga á bien ocuparme, y aprovecho de esta oportunidad para repetirme

De U. afectísimo servidor y amigo.

C. von Ysschot.

El Señor Isschot dió esta contestación á virtud de la pregunta siguiente: "Cuál es la fórmula para hallar la carga ó cualesquiera de los otros elementos que constituyen la *pulgada de agua* de Mr. Prony;" y según esa misma fórmula sírvase calcular la altura del agua ó carga sobre el centro del orificio.

Paris, setiembre 22 de 1887.

Señor Don Fidel Sosa.

Quito.

Muy Señor mío:

Tengo la satisfacción de comunicar á U. que el Excmo. Sr. Flores, ausente de Paris en este momento, me ha transmitido la atenta carta de U. fechada en 30 de julio, con el encargo de hacer la consulta que se sirve U. pedir acerca de un problema de aguas corrientes.

Me he dirigido á Mr. Solignac, ingeniero hidráulico, constructor de la famosa piscina mecánica del "Nuevo Circo" de Paris, por parecerme dicho Señor la persona más competente en la materia. Su contestación ha sido, que la altura del agua debe ser de 3 centímetros sobre el centro del orificio. Añadió Mr. Solignac que, en la industria se prefería, generalmente, emplear una llave, para los casos análogos.

Deseando que estos datos puedan ser, para U., de alguna utilidad, ruego á U. se sirva aceptar la seguridad de mi alta consideración.

De U. muy atento seguro servidor.

Enrique Dorn y de Alsúa.

Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes.—Distrito Forestal de Madrid.—(Montera—46) 20 de Febrero 1888. Particular.

Señor D. Fidel Sosa.

Quito.

Muy señor mío y de toda mi consideración: acabo de recibir su favorecida de fecha 9 de Enero próximo pasado, y me apresuro á contestar manifestándole que no ha llegado á mis manos la anterior á que hace U. referencia, sin duda porque desde el Escorial debió remitirse á Madrid y desde aquí al extranjero en donde por esa época á que U. se refiere, me encontraba.

Tengo el mayor gusto en darle mi opinión sobre los diferentes extremos que abraza la carta, y si mis explicaciones no fueran suficientes, puede U. reiterar su pregunta y darlas el desarrollo que quiera, en la seguridad de que encontraré la mayor complacencia en serle útil.

Para que no pueda haber mala inteligencia en las explicaciones que le voy á dar, haremos primero el sentido de la palabra *gasto teórico* y *gasto práctico*. Suponiendo el caso de la determinación del volumen suministrado por la pulgada de Prony, y reducidos los términos de la cuestión á un orificio de 2 centímetros de diámetro, con tubo adicional cilíndrico de 17 mm. de longitud, ó bien siendo de 17 mm. el espesor de la pared vertical del depósito, con una carga de 2 centímetros sobre el borde superior del orificio ó de 3 sobre el centro de gravedad del mismo, el gasto teórico vendrá dado por la fórmula.

$$Q = s. \sqrt{2g.h} = \pi \times 0,01^2 \sqrt{2 \times 9,781 \times 0,03}$$

La intensidad de la gravedad es en Quito

$$g = 9,781 \text{ metros,}$$

La fórmula del gasto práctico es

$$Q = m. s \sqrt{2gh}$$

el factor $m =$ es el que corresponde á los tubos adicionales cilíndricos. Pero puesto que U. ha hecho por sí mismo el experimento, es preferible que deduzca U. de la práctica, ese

contracción. 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 hallara 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 TRANQUILLO en el depósito, lo cual se consigue por los procedimientos que U. ya sabe, y en mi libro también se indican.

Medido directamente el gasto efectivo ó práctico por medio de vasijas de capacidad conocida, y durante un lapso de tiempo bastante largo, para que el error cometido para el volumen correspondiente al segundo de tiempo, por ejemplo, sea el menor posible, y llamando á ese gasto por segundo encontrado directamente Q' , tendremos

$$Q' = m \cdot Q \text{ ó bien } m = \frac{Q}{Q'}$$

de modo que ese coeficiente es igual al cociente de los dos gastos, el teórico y el hallado por la práctica, y con ello comprueba U. además, el valor que para m dan los autores. Hay que advertir que esos valores numéricos varían bastante de un caso á otro, porque raras veces las condiciones de experimentación son idénticas. Desde luego puede asegurarse que con la misma sección de orificio, igual espesor de pared y la misma carga, el gasto no puede ser el mismo en París que en Quito, porque g tiene valor distinto en los dos puntos. Puesto que U. es aficionado á estas experiencias, puede U. resolver el siguiente problema: "Qué carga debe haber sobre el centro de gravedad del orificio para que con los datos del orificio que da la pulgada de Prony se obtengan en Quito 20 metros cúbicos en las 24 horas." Este problema puede resolverlo teórica ó prácticamente. Teóricamente

$$Q = m s \sqrt{2gh} \text{ , } Q^2 = m^2 S^2 \times 2gh \text{ , } h = \frac{Q^2}{m^2 S^2 2g}$$

y ya no quedará más que poner en vez de Q el gasto por 1'' que corresponde al volumen de 20 metros cúbicos en las 24 horas = 86400'' en vez de m el valor que ha deducido U. antes por la experiencia de que he hablado, y por los demás los

que correspondan. Es preferible á esto procedimiento recurrir al tanteo de ir modificando la carga hasta que por la experiencia se obtenga el gasto por 1" correspondiente al volumen de los 20 metros cúbicos en las 24 horas.

La pulgada de Prony, no sé si es de uso común en Francia, CREO QUE NO, y que en la actualidad, lo mismo en Francia que en todas las naciones de Europa, los volúmenes se ajustarán ó bien á tipos locales, ó más comunmente á unidades métricas, donde éstas estén en uso, principalmente en las naciones latinas.

Creo que he contestado á todas sus preguntas; de todos modos, si me hubiere explicado mal ó tuviera U. alguna otra duda, tendré el mayor gusto en procurar resolverla.

Aprovecho entre tanto con gusto esta ocasión para ofrecerle mi amistad, y agradeciéndole el testimonio de la suya, quedo de U. atento y seguro servidor q. s. m. b.

Andrés Llanradó. (1)

Quito, 3 de Mayo de 1888.

Sr. D. Fidel Sosa.

Estimado Señor y amigo.

La contestación al problema sobre medida de aguas propuesto por U. ha sido dada por el muy distinguido ingeniero Polaco, D. Eduardo Habich, que, desde hace muchos años, dirige con brillante éxito la Escuela de Minas y construcciones civiles de Lima.

El Sr. Malinowski, al transmitirme esa contestación me dice: "*Han ido en el Ecuador, para dar una ley sobre irrigación á ~~desenterrar~~ una medida que á princi-*

(1) El Sr. Llanradó, por equivocación, al tiempo de escribir, ha puesto la expresión $\frac{Q}{Q'}$ debiendo ser $\frac{Q'}{Q}$; pero á fin de no alterar

pios de este siglo propuso Mr. de Prony con datos y experimentos insuficientes y que hoy no pertenece sino á la HISTORIA DE LA HIDRÁULICA.

De U. muy atento amigo y S. S.

Emilio Bonifaz.

Escuela especial de ingenieros de C. Civiles y de Minas.

PREGUNTA.

En el Ecuador se dió en el año de 1886 la ley de medida de aguas corrientes, tomando por unidad la *pulgada de agua* de Mr. Prony, que es un orificio de 2 centímetros de diámetro construido en pared vertical, cuyo espesor ó longitud del tubo es de 17 milímetros, con la carga de 4 centímetros sobre el centro del orificio, siendo el producto de 20 met. cúbicos en 24 horas.

Hecho el cálculo por la fórmula $Q = \omega \sqrt{2gh}$ hay un exceso de cerca de 4000 litros en 24 horas. Mas teniendo en consideración el fenómeno de la contracción de la vena fluida y poniendo en la fórmula el coeficiente $m = 0,7529$, faltan 1995,5 litros para el gasto *práctico* de 20000 litros que previene la ley.

Por tanto se desea saber si la expresada fórmula es inadecuada ó debe ser otra la carga, en vez de los 4 centímetros.

Dígnese también decir si en los cálculos de agua se han de tomar los 86164 segundos que componen el día sideral, ó los 86400 del día solar.

CONTESTACIÓN.

En mecánica teórica y práctica se considera sólomente el *día medio solar* de 86400 segundos. En agricultura lo único que evidentemente interesa es el día solar verdadero, que difiere, como es sabido, del día solar medio en una cantidad muy pequeña, diariamente variable.

2º—Respecto al *doble módulo* de Prony, que se adoptó como unidad de medida del agua de riego en el Ecuador, se define diciendo que su valor es de 20 metros cúbicos en 24 horas, ó 0,23148 de litro por segundo.

Esta cantidad de agua según las experiencias de Prony, debía salir por un orificio circular de 0,02 met. de diámetro, prolongado por un tubo adicional cilíndrico de 0,017 met. de largo, y bajo la carga de agua de 0,05 met. sobre el centro, por el cual conducto el agua debe correr llenándolo completamente.

Prony dió cuenta de sus ideas en las *Memorias de la Academia de Ciencias de París*. (Año de 1817—pág. 428).

Al proponer este doble módulo Prony quiso reemplazar con una cantidad métrica la antigua *pulgada de fontanero* (*pouce de fontainier*), que se usaba en Francia particularmente para avaluar las Concesiones Urbanas.

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 **inútil e irracional**. La antigua pulgada de fontanero fué definida de un modo análogo y computándose su valor en 19, 1.9.5. metros cúbicos en 24 horas; pero el resultado fué que en la práctica Marriotte, Couplet, Bossut, encontraron cada uno según sus experiencias, que en las 24 horas dicho valor variaba de 19,744 á 17,939 metros cúbicos.

Lo mismo podrá suceder con el doble módulo de Prony, esto es que experiencias más exactas le dieran un valor distinto al que le asigna Prony.

Por otra parte, variando el diámetro del orificio y la carga, se puede obtener el mismo caudal de agua con una infinidad de disposiciones diferentes.

Por tanto, no obstante que hubiera sido *más racional* avaluar el caudal de agua puramente en litros ó metros cúbicos, no hay inconveniente alguno en adoptar como unidad 20 m³ por día, pero **no debe fijarse ni el orificio ni la carga**, cuyas dimensiones serán conformes al caudal total del agua concedida, al tiempo del uso y á las condiciones peculiares de las aguas disponibles, para lo cual en *nada sirve la definición de Prony, ni otra semejante*.

Contrayéndonos ahora á la definición legal adoptada en el Senado, se ve que en ella **se ha cometido el error de fijar la carga en 4 centímetros cuando deben ser 5**; es decir, que se ha tomado la carga sobre el borde superior para aplicarla al centro del orificio.

La inexactitud podría explicarse por el error que acabamos de indicar, ó también por haber COPIADO LAS CIFRAS de algunas de las muchas obras de mérito en que se encuentra reproducida la proposición de Prony, como sólo **pro memoria**, dando la carga equivocada. Así en el tan apre-

ciado *tratado de Aguas y Riegos* de Llauradó, se da como valor de la carga sobre el centro del orificio, solamente 3 centímetros, en lugar de 5. Esto proviene probablemente de que no siendo usado el doble módulo de Prony, lo citan sin fijarse en él con mucha atención, y sin comprobar los errores de apreciación.

Lima, Abril 10 de 1888

E. Habich.

La persona que quiera ver los originales de estas contestaciones, los encontrará en poder del infrascrito, quien los presentará en el acto.

Fidel Sosa.



ERRATA NOTABLE.

En la página 10, línea 3, dice

$$m = \frac{Q}{s \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{231,48}{3,141592654 \times 1^2 \times 2 \times 980,8657 \times 4} = 0,8318$$

Léase

$$m = \frac{Q}{s \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{231,48}{3,141592654 \times 1^2 \sqrt{2 \times 980,8657 \times 4}} = 0,8318$$