

de Charleville; algunos del Instituto Central Meteorológico de España y á las estaciones meteorológicas de varias Ordenes religiosas, situadas en Montserrat, en Mataró, en San Julián de Vilatorca y en Villanueva. También debo dar las gracias á muchos señores alcaldes que me han proporcionado datos sobre tormentas, y por fin, á varios amigos que me han ayudado.

Alumbrado de boyas y balizas por el acetileno en América.—El capitán Sebree, de la Administración de Faros de los Estados Unidos, ha dado una descripción de los aparatos de acetileno que deben emplearse para el alumbrado de las boyas y balizas; este trabajo ha merecido la aprobación del Gobierno americano.

Para las balizas los aparatos deberán contener 200, 400 y 600 libras (1 libra = 453 gramos) que aseguran durante sesenta, ciento veinte y ciento ochenta días el gasto de un mechero de 15 litros por hora, ó durante treinta, sesenta y noventa días el gasto de dos mecheros de 15 litros; los aparatos de 400 y 600 libras de carburo deberán contener dos generadores, un pequeño gasómetro para regularizar el gasto y dos filtros. El aparato y los accesorios deberán suministrarse por el constructor del aparato.

Los aparatos serán de caída ó descenso de carburo, y los trozos de carburo serán de dimensiones adecuadas para el buen funcionamiento de dichos aparatos.

Un mecanismo deberá regular la caída del carburo en el agua é impedir el acceso del agua en el depósito que contiene el carburo; una válvula regulará el consumo de carburo con relación al de los mecheros.

Los generadores estarán provistos de filtros y de depuradores dispuestos de manera que puedan quitarse con facilidad, en caso necesario, sin detener el funcionamiento del aparato.

Se dispondrán aparatos de seguridad que permitan el escape á la atmósfera de todo exceso de gas y que impedirán que la presión pueda pasar de la de 15 centímetros de agua. Para la carga y limpieza del aparato se dispondrán aberturas convenientemente dispuestas. Todas las piezas deben ser intercambiables y compuestas de metales poco atacables.

M. Sebree pasa en seguida á la descripción de los aparatos; enumera las diversas condiciones de solidez á que deben satisfacer (espesor de los palastros, soldaduras, roblones, dimensiones de los tubos, etc., etc.); enumera también los accesorios que deberán suministrar los constructores (mecheros, globos, filtros, embudos para el carburo, etc., etc.).—H.

APARATO PARA MEDIR EL GASTO DE LOS CONDUCTORES DE GAS

Las grandes fábricas metalúrgicas utilizan hoy el gas de los altos hornos y de los hornillos de cok en cantidades considerables, y el registro del gasto de los conductos que distribuyen este gas debe efectuarse con cuidado, sin necesitar, sin embargo, la instalación de grandes contadores, onerosos y difíciles de quitar.

El aparato que describimos permite, al contrario, hacer fácilmente medidas temporales sobre tal ó cual conducto, uniéndolo á un registrador especial (fig. A) por dos pequeños tubos de longitud cualquiera.

Este aparato, estudiado por M. de Bruyn en Düsseldorf y utilizado en varias fábricas alemanas, está basado sobre el principio tan conocido del tubo de Pitot.

Los extremos de los dos tubos están introducidos en el conducto, uno con la embocadura en el sentido de la corriente gaseosa y dando frente a esta corriente, el otro con la embocadura perpendicular al sentido de la corriente, uniéndose cada uno, á

uno de los depósitos *P* y *Q* con interposición de llaves *r* y *r'*. El depósito *P* comunica con el interior de la campana *C* sostenida por el flotador *D* sumergido en el agua del cilindro *A*, herméticamente cerrado. El depósito *Q* comunica, al contrario, directamente con lo alto de este cilindro.

La campana *C* está sometida, por consecuencia, á la diferencia de las presiones ejercidas sobre sus caras exterior é interior por el gas de *P* y de *Q* en relación con el conducto. El equilibrio se establece á cada instante por lo más ó menos hondo del flotador, del que la varilla *H* acciona el balancín *B* y el estilete

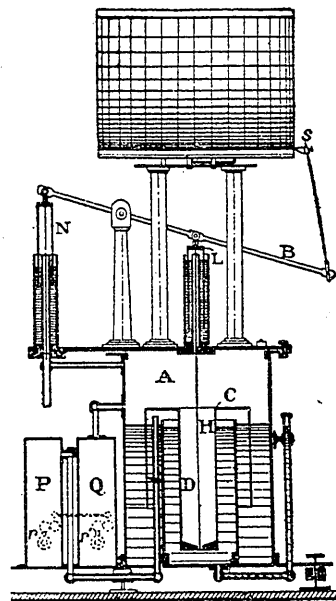


Fig. A.

registrator *s*. El estancamiento del cilindro *A* está asegurado por la junta hidráulica *L*, y otra junta semejante *N* comunicando con el interior de *A*, impide que las condiciones del equilibrio se perturben por las variaciones de altura del balancín *B*.

Las velocidades del gas en el conducto son señaladas en todo momento por el estilete registrador, en una banda de papel que lleva escalas especiales, establecidas determinando la constante del instrumento relativa á un gas de una cierta densidad. Naturalmente, es necesario hacer las correcciones convenientes, si el gas que circula en el conducto tiene una densidad diferente. Estas escalas no tienen graduaciones equidistantes, la determinación de la velocidad media del gas durante una medición, no puede hacerse por determinación directa de la ordenada media; es necesario desde luego transportar la curva sobre un diagrama con graduaciones equidistantes. Basta en seguida multiplicar esta ordenada media por la sección del conducto para tener el gasto pedido.—A.

PRESA DE SAN ROQUE ⁽¹⁾

POR

DON DANIEL E. GAVIER

Ingeniero civil.

Sus condiciones de estabilidad.

Habiendo sido llevada al seno de la Cámara de Diputados de Córdoba la importante cuestión de las condiciones de estabili-

(1) Copiamos este interesante artículo de la Revista *La Ingeniería*, de Buenos Aires.

dad del dique de San Roque, el Ingeniero Daniel E. Gavier, como miembro de dicha Cámara, ha tratado este interesante asunto en las sesiones del 25 y 29 de Septiembre de 1906, en la forma que á continuación transcribimos del *Diario de Sesiones* de la Cámara, debiendo tenerse presente que en sesión anterior el Ingeniero Sr. Gavier había ya manifestado que el dique de San Roque trabajaba á la extensión.

Antes de tratar el Ingeniero Gavier la cuestión en la Cámara de Diputados en la forma que á continuación se expresa, el Poder ejecutivo de la provincia había pedido informes respecto al dique de San Roque, que son á los que se refiere el Ingeniero Gavier en su estudio.

Estos informes fueron producidos, el primero por los Ingenieros Sres. Ferrer, Senestrari, Pagliari, François, Capdevila y Conil Paz, y los otros dos, respectivamente, por los Ingenieros Caraffa y García.

El Ingeniero García, en obsequio á la brevedad, designa con el nombre de *Informe de la Comisión* el suscrito por los Ingenieros Ferrer, Senestrari, Pagliari, François, Capdevila y Conil Paz, y con el nombre de su autor respectivo el de los Ingenieros Caraffa y García.

He aquí la exposición del Ingeniero Gavier en su parte más fundamental:

I

Los tres informes están de acuerdo; los tres dicen, como yo lo afirmé, que el dique de San Roque trabaja á la extensión. Según la Comisión, desde el embalse de cota 34,60 m., y según los Sres. Caraffa y García desde el de cota 35 metros.

En efecto, en la nota de remisión de su informe, el Ingeniero Caraffa dice: «el dique de San Roque no trabaja á extensión»; pero arrepentido de esta afirmación absoluta, en la pág. 14 del mismo, al concepto anterior le agrega: «con su carga máxima de agua de 35 metros».

El informe del Sr. García en este punto es más explícito, pues dice: «el dique de San Roque, hasta el embalse máximo de 35 metros de altura para que fué proyectado y construido, no trabaja á la extensión.»

La Comisión de Obras públicas, en vista de los términos en que aparecen redactadas las conclusiones de los informes de los Ingenieros Caraffa y García, resolvió pasar una nota al Sr. Ministro, para que recabara del último de aquéllos, como firmante que fué de uno de esos informes, la contestación de la siguiente pregunta: si con densidad de mampostería de 2.400 kilogramos y embalse de 35,28 m. el dique de San Roque trabaja ó no á la extensión. Hago notar que esta densidad es la adoptada en sus cálculos por los Sres. García y Caraffa.

En la nota contestación, el Sr. García expresa que «la curva de las presiones en dique lleno sale 2 centímetros del tercio medio del macizo»; y más abajo agrega: «esa ligera presión negativa en la arista anterior...» expresiones que en el lenguaje común significan que el dique trabaja á la extensión con el embalse de 35,28 m., desautorizando dicho señor con esta nota lo que afirmó en su informe.

Lamento sinceramente que no se haya podido pasar análoga nota al Director de la oficina de Riego, autor del otro informe, por haber este señor renunciado dicho puesto poco después de expedido aquél, pues estimo que en igual caso se habría visto obligado á contradecir su dictámen como lo ha hecho el Sr. García. Pero ya que no he tenido esta oportunidad, me contentaré con demostrar, basándome en los mismos resultados consignados en el informe del Sr. Caraffa, que, con la densidad de 2.400 kilogramos adoptada por él, el dique trabaja á la extensión.

En efecto, en el informe del Ingeniero Caraffa hay un croquis y cuadros numéricos de resultados en que se ve que la curva de las presiones, con dique lleno, es tangente á la curva de los tercios medios, despreciando la insignificante diferencia de 2

centímetros. Esto, para un profesional, revela que, en concepto del Sr. Caraffa, el dique con 35 metros de embalse está en el límite máximo que puede soportar sin que sus mamposterías trabajen á la extensión; es el caso del fiel de una balanza, cuyos platillos están igualmente cargados: cualquier exceso de peso que se agregue á uno de ellos determina necesariamente que el fiel abandone su posición de equilibrio, inclinándose hacia el lado que lo solicita el peso agregado; análogamente: cualquier aumento de altura en el embalse sobre los 35 metros dichos hace que la curva de las presiones abandone su posición anterior (tangente), saliendo del tercio medio, cuyo hecho exterioriza el trabajo á la extensión.

Me bastaría entonces constatar que ha habido embalses mayores de 35 metros, para dejar demostrado que aun aceptando la cifra errada de 2.400 kilogramos que los Sr. Caraffa y García adoptan como densidad de la mampostería, el dique trabaja á la extensión. Bien, pues, en una nota del mismo Sr. Caraffa, como Director de la oficina de Riego, al Sr. Ministro de Hacienda y Obras públicas (Compilación de leyes y decretos del año 1903, pág. 19), aquél manifiesta: que el día 11 de Abril de 1903, á las siete y treinta p. m., el dique de San Roque alcanzó un embalse máximo de 35,28 m. Queja así demostrado que el dique ha trabajado á la extensión según el mismo informe del Ingeniero Caraffa, en que afirma lo contrario, completado con los datos de la anterior comunicación oficial.

Pero hay más; es mucho mayor la verdadera altura que ha debido adoptarse para los cálculos, pues supuestas colocadas las compuertas automáticas de los vertedores, que no hay razón alguna para no poder suponerlo así desde que ninguna resolución administrativa ha ordenado quitarlas, antes por el contrario, el hecho de que al hacer las reparaciones de los puentes de os vertedores, efectuadas el año pasado, se haya restablecido los pilares de madera que existían, cuyas dimensiones y número sólo pueden justificarse con aquel destino, lo mismo que el restablecimiento de los ejes de hierro y mecanismos de las compuertas mismas demuestran que hay el propósito de colocarlas; colocadas las compuertas de los vertedores, como decía, el nivel del agua puede llegar á cotas mucho más elevadas; demostraré más adelante que aun sin estar aquéllas, el embalse puede subir hasta 37 ó más metros. Téngase en cuenta que sin las compuertas, el dique comienza á verter á los 33,12 m., y que colocadas las compuertas lo hace recién á los 35 m.

Con estos antecedentes, es realmente de admirarse que profesionales como los Sres. Caraffa y García hayan podido cometer el error de adoptar como base para sus cálculos la altura arbitraria de 35 metros en una obra existente en que se ha observado ya alturas mayores y cuya explotación continuada por muchos años ha suministrado elementos suficientes para poder determinar, con caso precisión, la verdadera altura que puede alcanzar su embalse, error de que es responsable aun el que proyecta una obra nueva fundado en datos sólo probables.

Pero sostengo, con el informe de la Comisión, que el dique de San Roque trabaja á la extensión, no solamente con el embalse á 35 metros, sino desde los 34,60 m., y demostraré oportunamente que para no llegar á este resultado, los Sres. Caraffa y García han tenido que basarse en otro error: el haber tomado para los cálculos de dique lleno un peso de 2.400 kilogramos para el metro cúbico de la mampostería.

Por ahora voy á continuar con el análisis de los informes de los Sres. Caraffa y García.

Desde la pág. 1 á la 5, el Sr. Caraffa hace la historia del dique, mencionando los nombres de diversas personas que por distintos motivos se han ocupado del mismo, y al concluir esa reseña, recuerda la destrucción del dique de Regatas de esta ciudad, en que se empleó varios días, basándose en cuyo hecho, que nada demuestra, quiere hacer ver la bondad de los morteros empleados en el dique de San Roque.

En la pag. 6, y el Sr. García en la pág. 2, y muchas otras personas legas en la materia, creen que demuestran la perfecta

estabilidad de la obra, diciendo que la prueba la experiencia de diez y siete años á que está en servicio.

¿Es este un argumento que pueda admitirse? No; porque con él se prueba demasiado: ¿cómo se explicaría, por ejemplo, que el secular Campanille de San Marco se haya caído hace tres ó cuatro años? Este argumento tiene el inconveniente de dejar de ser tal el día que la obra deja de existir. En tal caso, todos los diques que se han caído deberían estar en pie.

Esto tendría algún valor si se demostrara que una obra, á medida que pasa el tiempo, se va consolidando.

Pero es á la inversa; no hay obra que no sufra por la acción del tiempo, y muy especialmente los diques. Los diques están sometidos constantemente á rezumos y filtraciones, que al disolver la cal acaban por convertir en arena los morteros.

Las variaciones de intensidad de los esfuerzos que reciben las mamposterías de estas obras (agravadas con el cambio de sentido de dichos esfuerzos en el caso particular del dique de San Roque, puesto que trabaja á la extensión) son causas que conspiran constantemente contra la estabilidad de la obra, siendo un error el pensar que ésta se consolida más y más con el tiempo, pues sus morteros alcanzan el máximo de endurecimiento á los dos años cuando más tarde (Candlot, *Ciments y Chaux Hydrauliques*, 1906, páginas 35 y 38).

Que un dique haya sufrido alguna vez el embalse máximo para el cual fué construido, nada demuestra tampoco, pues ésta no es para él una carga de prueba, á la que desgraciadamente no se le puede someter, como á un puente. Por otra parte, cuando se habla de experiencia, se supone que es un hecho que ha sucedido siquiera *más de una vez*; pero el dique de San Roque *felizmente en sola una ocasión* ha sufrido la carga de agua para que ha sido construido. De manera que ¿qué valor tiene la experiencia que se invoca respecto á éste?

Habría experiencia si hubiera estado diez y siete años con la carga máxima; pero de ordinario el embalse del dique se mantiene á mucha menor altura.

Continúa el informe en la página citada, diciendo: «que en Febrero de 1891 el embalse llegó á 33,60 metros, y que las mamposterías, aún *frescas*, resistieron perfectamente!» Repito que los morteros alcanzan el máximo endurecimiento se puede decir al año; todo lo que se diga en contrario es rutina.

En la pág. 7 sigue la reseña histórica, y en la 8 habla de que «en el año 1892, con motivo de la destrucción de ambos desarenadores ocurrida en Diciembre de 1891, en la sección de entrada, bóveda, pies derechos y piso ó solera, se produce el proceso conocido debido al informe del Sr. Stavelius, por el que se aconseja no dejar la represa á más de 22 metros». Pero este señor Stavelius aconsejó también algo, de que complacido quiero dejar constancia, algo que el pueblo de Córdoba debe agradecerle eternamente: que se sacaran las compuertas de los vertederos.

Recuerda en seguida el Sr. Caraffa el informe pericial de 1903 y el nombre de varias otras personas que de un modo ú otro se han ocupado del asunto, manifestando en seguida su extrañeza de que tantas autoridades técnicas hayan tenido que intervenir en esta cuestión. Esto justifica, á mi modo de ver, las dudas y temores actuales, pues si la obra no adoleciera de graves defectos, no habría sido tan insistentemente discutida.

Por otra parte, siempre este asunto se ha discutido en un medio tal, que las pasiones, justas ó injustas, sacaban la cuestión de su verdadero terreno; prueba de ello la discusión actual. ¿Qué objeto se tiene ahora, por ejemplo, al hacer esa larga cita de las personas que se han ocupado del dique de San Roque?

Les consta á los Sres. Caraffa y García que ninguno de los citados ha tratado la cuestión bajo la faz que la he propuesto, y esto por la razón de que, cuando ellos han estudiado este asunto, los inconvenientes del trabajo á la extensión en estas construcciones les debía ser poco menos que desconocido, como lo demostraré después.

Por otra parte, me será fácil demostrar que todas las opinio-

nes citadas, con quien están en completa contradicción no es conmigo, sino con los informes de los Sres. Caraffa y García, que como veremos en seguida cometen el nuevo error de calcular la estabilidad del dique lleno con la cifra de 2.400 kilogramos que asignan á su mampostería, anulando así completamente los resultados á que llegaron aquellos señores, que hicieron sus cálculos con una cifra mucho menor. Dumesnil, Casaffousth y Giagnoni con 3.200 kilogramos; Stavelius, Aranda, Doynel y Girardet con 2.300.

Adjuntas al informe se encuentran dos fotografías que parecen destinadas á demostrar el procedimiento empleado para determinar el perfil del *paramento seco*, pero que carecen de valor como documentos por no venir acompañadas de los resultados numéricos correspondientes. En la pág. 10 del informe del señor Caraffa se lee lo siguiente: «El dique de San Roque afecta la forma y dimensiones que se indican á continuación, deducidas de la obra misma, tomando los taludes inferiores de 2,50 metros en 2,50 metros con el procedimiento material señalado por la fotografía adjunta; el talud de aguas arriba, apoyándose hasta el nivel de agua, 25 metros en el pilar norte donde se asienta la maquinaria de la compuerta de metro en metro». Hago notar aquí que el perfil del paramento de aguas arriba ha sido tomado sólo en la parte del dique que se encontraba fuera del agua aquel día, es decir, entre las cotas 25 y 37 metros.

El Sr. García, por su parte, refiriéndose á este asunto, en la página 4.ª y última de su informe, al que acompaña un *croquis* de la sección del dique, dice: PERFIL TRANSVERSAL.—«Relevamiento directo mientras lo permiten las circunstancias actuales.» Ya he indicado cuáles eran *las circunstancias actuales*,—significa que estando el embalse á 25 metros, no determinó el perfil de la parte sumergida del dique. Observando éste y los dos perfiles que el Sr. Caraffa acompaña á su informe, se encuentra que sus dimensiones son mixtas entre las del perfil del Ingeniero Krantz y las dadas por la Comisión, á la cual se le *ordenó*, por nota, que entregara á los Sres. Caraffa y García el perfil que ella había determinado.

Resulta entonces que ninguno de estos dos señores ha relevado el perfil del dique, contrariando lo expresamente ordenado por el Ministerio de Obras públicas.

En cambio la Comisión presenta un perfil que reúne todas las condiciones de exactitud y corrección que es posible exigir.

Continuando este análisis, llegamos á la determinación de la densidad de la mampostería que los Sres. Caraffa y García han adoptado como base de sus cálculos, y que obtienen de la manera siguiente:

Toman 0,67 de piedra que pesa 2.750 kilogramos el m³; son 1.842 kilogramos.

Toman 0,33 de mortero, que pesa 1.800 kilogramos; son 594 kilogramos.

De manera que el peso del metro cúbico de mampostería resulta de 2 436.

Para justificar esta cifra, dice el Sr. Caraffa:

	Kilogramos.
Krantz adopta para el peso del m ³ de mampostería.	2.300
Bouvier en el dique de Ternay.....	2.360
En Chartrain (dique considerado como tipo).....	2.400
Cadillal (en Tucuman).....	2.400
Otros autores.....	2.367

Manifiestan también los Sres. García y Caraffa que han hecho experiencias directas, sin conceptuarlo necesario, á cuyo objeto practicaron dos cavidades que les dieron para el m³ de mampostería en corona 2.509.

Y para el m³ de mampostería en paramento inferior 2.457.

Sin embargo, adoptaron 2.400 kilogramos (?).

Demostraré que han cometido un grave error al adoptar esta cifra para el cálculo de estabilidad del dique en carga.

Principio observando que la densidad de 2.400 kilogramos es igual á las mayores que el mismo Sr. Caraffa cita; en cuanto á las experiencias directas, se ve también el poco valor de ellas, como lo reconocen implícitamente dichos señores al no haber tomado su promedio para los cálculos, convencidos de que las dimensiones de las excavaciones hechas por ellos para determinarlas son tan pequeñas (una de $0,54 \times 0,59 \times 0,29$, y la otra de $0,40 \times 0,41 \times 0,90$) que bien pueden corresponder al tamaño de una ó dos piedras á lo más.

Estos volúmenes son tan reducidos que de los pesos deducidos de ellos no podía obtenerse nada que valga, y bien han hecho en no tener en cuenta las densidades así obtenidas.

Se necesitaría extraer volúmenes mucho mayores del interior del macizo para obtener resultados aceptables, y no del paramento; como se ha hecho, pues éstos, á más de estar rejuntados con cementos, han sido construídos con obra de mano muy superior al resto de las mamposterías.

Desechando así, de conformidad con los Sres. Caraffa y García, la densidad determinada experimentalmente, voy á demostrar que el resultado obtenido por ellos con el método inductivo también es evidentemente erróneo. Según experiencias directas—sobre piedras extraídas del dique de San Roque por la Comisión—hechas por mí, en presencia de los Ingenieros señores Baltasar Ferrer y Conil Paz, resultan los siguientes:

	Pesos específicos.
1) Gneis (en que predomina la mica), material completamente inadecuado para estas clases de construcciones.....	2.800
2) Granito gris (transformado en parte en gneis) ..	2.770
3) Granito compacto.....	2.680
4) Granito rosado (una pegmatita).....	2.660

Á estar á los contratos y á la Memoria presentada por Dumesnil y Casaffoult y á los principios elementales de la buena construcción hidráulica (Huguenin, pág. 956), y haciendo honor á los inspectores y constructores del dique, quiero pensar que la piedra designada con el núm. 1) ha sido empleada sólo accidentalmente en el coronamiento del muro.

Por otra parte, es de advertir que la piedra más empleada, según aparece en los paramentos del dique, es la pegmatita, de peso específico 2,66. Resulta entonces que el máximo que se puede tomar para el peso específico de las piedras empleadas en el San Roque es de 2.700, que ya es en sí un número muy alto. En cambio, encuentro baja la densidad del mortero indicado por los Ingenieros Caraffa y García (1.800 kilogramos), y a pesar de estar convencido de que las mezclas son muy porosas, tomo para los cálculos un número mayor que ellos, ó sea 1.850 kilogramos á falta de experiencias directas.

Cuando se trata de mamposterías de morrillos, con juntas inciertas, como es la de San Roque, la proporción no es de 0,53 para el mortero y 0,67 para la piedra, como equivocadamente han tomado esos señores, debiendo adoptarse en cambio 0,40 y 0,60 respectivamente. En los diques de carena de Marsella, el mortero entrado por m³ de mampostería ha sido 0,45 m³ (*Procédés et Matériaux de Construction*, Debauve, tomo III, pág. 399). Según esta misma obra (pág. 423) la proporción del mortero, en general, debe ser 0,40 para el metro cúbico de mampostería.

Me fundo igualmente para sostener que es un error la proporción adoptada por el Sr. Caraffa, en las mismas citas hechas por él al referirse á los diques de Ternay y Chartrain (este último concepuado como tipo y recomendado por el V Congreso de Navegación interior, 1892); los dos proyectados y construídos por el Ingeniero Mr. Bouvier, cuya autoridad es universalmente reconocida, como lo manifiesta el mismo Sr. Caraffa, y que al proyectar dichas obras toma la proporción de 0,40 y 0,60 para el mortero y la piedra respectivamente (Dumas, *Les Barrages Reservoirs*, páginas 91 y 105).

Aplicando estas cifras, tenemos:

	Kilogramos
Piedra $0m^3,60 \times 2\ 700$ kilogramos, son.....	1.620
Mortero $0,40 \times 1.850$ kilogramos, son.....	740
Es decir.....	2.360

como peso máximo para el m³ de mampostería seca del dique de San Roque.

La Comisión, procediendo por experiencia directa, ha encontrado 2.350 kilogramos para peso del m³, deducido de una excavación de 0,254 m³, hecha en la calzada del dique previa deducción de la parte superior de las mamposterías, siendo de notar la semejanza de estas dos densidades encontradas por procedimientos y operadores distintos.

Pero aún hay más: procediéndose al estudio del dique de Oued-Athmenia, construído recientemente en Argelia, los Ingenieros hicieron una serie de experiencias con dos primas de mamposterías de 0,50 metros $\times$ 0,60 $\times$ 2,60 encontrando que podía admitirse como mínimo el peso de 2.427 kilogramos por m³. Mas la Administración superior observó que esta cifra era muy alta, haciendo notar que Mr. Bouvier, en Ternay, no había encontrado sino 2.360 kilogramos, y que en el dique de Gros-Bois se había obtenido 2.300 kilogramos; prescribió así, que no obstante la densidad encontrada experimentalmente de 2.427 (idéntica á la de los Sres. Caraffa y García) se adoptase para el cálculo del Oued-Athmenia 2.300 kilogramos para dique vacío y 2.200 considerándolo lleno (Lévy-Salvador, II, páginas 347-348).

Por la importancia que tienen en el estudio que vengo haciendo, voy á citar la circular francesa del Ministerio de Obras públicas de fecha 10 de Mayo de 1896 y la del Ministerio de Agricultura de 15 de Junio de 1897 (*La Huille Blanche*, pág. 21, Enero de 1903) dadas á raíz de la catástrofe del dique de Bonzey, conteniendo las instrucciones según las cuales debía procederse á la revisión de las condiciones de estabilidad de los diques de Francia, para evitar en todos ellos el trabajo á la extensión.

El art. 5.º, pertinente á este asunto, dice: «Se determinará con el mayor cuidado y por los procedimientos que se juzguen más convenientes, el peso del m³ de mampostería seca. Se podrá, por ejemplo, pesar separadamente piedras y mortero semejantes á los empleados en la obra, y de aquí deducir el peso del m³ de mampostería, adoptando á falta de datos precisos, una proporción de mortero de 40 por 100.»

Queda evidenciado el error cometido por los Sres. Caraffa y García al determinar el peso de la mampostería tomando 0,33 m³ para el mortero y 0,67 m³ para la piedra.

Pero todavía estos señores cometan otro error aún más grave que los apuntados.

Aun admitiendo la densidad de 2.400 kilogramos para el cálculo del dique sin carga, ella debió rebajarse, por lo menos, 100 kilogramos para verificar la estabilidad del dique con embalse lleno, pues hoy es elemental que el peso del m³ de mampostería debe rebajarse por lo menos esta cantidad para contrarrestar la acción perjudicial de las subpresiones debidas al agua que penetra las mamposterías (L. Salvador, II, páginas 307, 348). De modo que ellos debieron tomar para este caso los 2.500 kilogramos á lo sumo.

Por esta causa fué que el Consejo de Puentes y Calzadas, en el caso del dique del Oued-Athmenia, ya citado, ordenó tomar para el cálculo del dique en carga una densidad de 2.200 kilogramos y 2.500 para dique vacío y aun cuando la densidad real encontrada experimentalmente fué de 2.437 kilogramos.

Este procedimiento lo encontramos confirmado también en las circulares francesas citadas antes, pues el art. 5.º mencionado dice:

«Art. 5.º Se determinará con el mayor cuidado y por los procedimientos que se juzguen más convenientes, el peso del m³ de la mampostería en seco..... Este peso servirá para calcular el trabajo de las mamposterías con embalse vacío.

Se le disminuirá 100 kilogramos para el cálculo del trabajo de la mampostería con el muro en carga, á fin de tener en cuenta el efecto perjudicial que pueden producir las aguas que se infiltran en las mamposterías y vienen á recalar el paramento de aguas abajo.»

De modo que, en virtud de estas disposiciones, la revisión de las condiciones de estabilidad de los diques de Ternay y Chartrain ha sido hecha con densidad de 2.260 kilogramos y 2.300 kilogramos respectivamente, y en tal caso, ya no tienen ningún valor las cifras consignadas por el Ingeniero Caraffa como densidad de las mamposterías de estos diques: 2.360 y 2.400 kilogramos, que han sido así notabilmente modificadas.

Á este respecto, conviene observar que el Ingeniero Caraffa, al citar la densidad del dique del Cadillal (Tucumán), de 2.400 kilogramos, debió añadir que la densidad realmente encontrada fué de 2.535, y que el autor del proyecto, Ingeniero Wautters precisamente por atenerse á las instrucciones de las circulares, citadas, la había rebajado de 135 kilogramos para hacer los cálculos del dique lleno con la cantidad de 2.400 (V., Memoria, página 95).

En consecuencia, invocando la autoridad del autor del proyecto del dique del Cadillal, citado por el mismo Ingeniero Caraffa, la autoridad de Lévy Salvador, la del Consejo de Puentes y Calzadas y la de los Ministerios de Obras públicas y de Agricultura de Francia, sostengo que hay un grave error en el procedimiento de cálculo al no rebajar la densidad 100 kilogramos para el caso de embalse lleno, y, por lo tanto, que en vez de 2.400 kilogramos se ha debido tomar 2.300 kilogramos á lo sumo.

Si rebajamos esta cantidad de 100 kilogramos á la cifra encontrada por mí, tendremos $2.560 - 100 = 2.260$ kilogramos, ó sea la densidad con que debe calcularse, en carga, el dique San Roque. Este número es sensiblemente igual al adoptado por la Comisión en sus cálculos.

Ya dije antes que Dumesnil, Casaffousth y Giagnoni calcularon el dique de San Roque con 2 200 kilogramos; Stavelius, Aranda Doynel y Girardel con 2.300.

Y ya que el Sr. Caraffa nos ha citado la densidad con que han sido calculados algunos diques, nosotros completaremos la lista recordando que los diques de Furens, de Ternay (cálculo primitivo), del Ban, del Bouzey, del Habra, de la Gileppe, de Híjar, de Almanza, de Alicante, de Níjar, de Puentes, de Grois-Bois, etc., etc., han sido calculados con densidades comprendidas entre 2.000 y 2.200 kilogramos (Bois, pág. 108). Números que por sí solos muestran la prudencia con que procedieron los autores de estas obras.

Los cálculos de la Comisión están entonces bien hechos con 2.250 kilogramos, y el dique, como ellos lo afirman, principia á trabajar á la extensión con el embalse de 34,60 metros.

El Ingeniero Caraffa termina su informe con estas palabras.

«El trabajo de compresión se encuentra dentro de límites inferiores á lo que ocurre á otros diques, y permitido por todas las teorías modernas, 12 kilogramos por centímetro cuadrado.

No obstante, la presión máxima maximorum resultante de los cálculos del Sr. Caraffa, es de 8,56 kilogramos (encontrada según el método de Bouvier), correspondiente á la arista de aguas abajo de coto 11 metros (Cuadro pág. 18).

Sobre esto debo rectificar también al Sr. Caraffa.

En efecto, no ha debido limitarse á buscar la presión máxima maximorum por el método de Mr. Bouvier solamente, sino también por el método de Mr. Mauricio Lévy (communication du 5 Août 1895 á l'Académie des Sciences), que es como debe procederse, según lo indica Lévy Salvador, II, pág. 309, y la circular francesa anteriormente citada, que dice en su art. 10: «La presión máxima maximorum en carga sobre el paramento seco á la extremidad de las juntas horizontales, será calculada por el método de Mr. Bouvier y por el método de Mr. Mauricio Lévy.»

Si suponemos el dique tal cual lo calculan los Sres. García y Caraffa, es decir, con densidad de 2.400 kilogramos y 35 metros de embalse y aplicamos el método de Mr. Lévy, encontraremos

que en la junta de cota (5 metros) la presión máxima maximorum es ya de 12,4 kilogramos, y en la junta de cota (0 metros 0) ó de base, la presión llega á la elevadísima cifra de 15,16 kilogramos, ó sea casi el doble de lo encontrado por el Ingeniero Caraffa.

Por otra parte, estoy conforme con la cifra de 12 kilogramos como carga admisible de las mamposterías, pues ella ha sido aceptada por el V Congreso de Navegación Interior (París 1892); pero bajo la condición expresa de que la carga de ruptura de los morteros que entran en ellas ha de ser por lo menos de 140 b. (Lévy Salvador, II, pág. 339), ó sea cerca de doce veces la carga de seguridad.

Aun en el supuesto de la compresión máxima de 8,56 kilogramos indicada por el Sr. Caraffa, para que ella fuese aceptable, habría que demostrar primero que la carga de ruptura de los morteros del dique de San Roque era por lo menos de 85 kilogramos (diez veces mayor), y como veremos más adelante, no es ésta, ni mucho menos, la verdadera resistencia, según deduciré del estudio detenido de los distintos informes que se han producido sobre este asunto.

El Ingeniero Wautters, en su proyecto de dique del Cadillal, quese construye actualmente en Tucumán, adopta 10 kilogramos como carga de seguridad para las mamposterías. Y en el pliego de especificaciones, establece que la carga de ruptura de los morteros debe ser de 140 ñ por cm². (Memoria, pág. 94.)

He terminado, en cuanto se refiere á los informes de los señores Caraffa y García, dejando demostrado que por los errores técnicos de que ellos adolecen no se puede tomarlos en cuenta, y debe entonces, para tomar una resolución referente al asunto que se debate, guiarse pura y exclusivamente por el informe producido por la Comisión.

Veamos ahora brevemente el por qué ninguno de los informes que se han ocupado anteriormente del dique de San Roque han tratado del trabajo del mismo á la extensión.

Hasta el año 1885, el Ingeniero Mr. Hétier y otro, proyectan diques que trabajan á la extensión. Pero en el mismo año este Ingeniero en una Memoria inserta en los *Annales de Ponts et Chaussées*, insiste desde el principio de su estudio en la necesidad de tener en cuenta estas extensiones, y recuerda que la existencia de una rajadura en el paramento mojado de un dique basta para provocar con el tiempo la ruina de la obra (Lévy Salvador, pág. 295). Sin embargo, acepta que al paramento mojado se le puede hacer soportar esta clase de esfuerzos sin pasar 1 kilómetro por centímetro.

Pero un año después (1886.—A. de P. et C.) este mismo autor, en vista del peligro que ofrece la menor rajadura, se impone la condición de evitar todo esfuerzo de extensión en sus perfiles tipo.

Á partir desde esta época, los nuevos diques que se construyeron en Francia satisfacen cumplidamente esta condición. Los proyectistas del dique de la Mouche, construido en 1885-90 y del dique de Chartrain en 1888-92, proyectado por Bouvier, «se imponen como condición absoluta el satisfacerla» (Dumas, páginas 106 y 110). (El dique de San Roque fué construido de 1886 al 88.)

Á raíz de las observaciones de Mr. Hétier, Mr. Pelletrau estudió nuevamente la misma cuestión bajo nuevas bases, y en una nueva comunicación presentada al V Congreso de Navegación interior que tuvo lugar en París en 1892, propone su célebre *perfil triangular*, que satisface completamente todas las exigencias de la teoría.

Esta comunicación fué objeto de una interesante discusión en que tomaron parte Delocre, Bouvier, Carlier, etc., y en seguida de la cual el mencionado Congreso adoptó la resolución siguiente:

«El perfil del dique de Chartrain, ó todo otro perfil que se le aproxime combinado de manera de suprimir tanto como sea posible el trabajo á la extensión en la arista inferior, debe recomendarse.» (Dumas, pág. 105.) Con esta resolución del Congreso

queda consagrado, por decirlo así, este principio: que los diques no deben trabajar á la extensión.

Aceptado esto, viene recién á explicarse de una manera satisfactoria la causa de la ruptura del dique del Habra (1831), que hasta entonces había permanecido desconocida. En el año 1895 tuvo lugar la ruptura del dique de Bouzey, y entonces este principio viene á tomar toda la fuerza de una verdadera ley, como consecuencia del estudio que se hizo investigando las causas de la ruptura de dicho dique.

Ahora bien; si recorremos brevemente la historia de la construcción del dique de San Roque y de los informes técnicos sobre él producidos, vemos que el proyecto de los Sres. Dumesnil y Cassafoush es del año 1835, es decir, cuando aún se calculaban los diques sin tener en cuenta el trabajo á la extensión; el informe del Ingeniero Giagnoni es de 1884, y se produce sobre el primitivo proyecto del dique de San Roque, calculado para 30 metros de embalse máximo; el del Ingeniero Huergo es de 3 de Octubre de 1888; el del Sr. Stavelius es de 6 de Agosto de 1892; y el de los Sres. Aranda, Doyne y Girardel, es de fecha de 10 de Julio de 1895. Por la simple enunciación de las fechas en que los tres últimos informes se han producido, y reuniéndolos como elementos para el punto capital de este debate, se ve, juzrándolos con un criterio un tanto exigente tal vez, que en ellos sus autores podían ya haberse preocupado del trabajo á la extensión en los diques.

Ninguno de ellos lo ha hecho, sin duda, porque iniciados esos estudios en Europa no fueron conocidos aquí hasta después de algún tiempo. Esto explica el por qué las personas citadas por los Sres. Caraffa y García no se han ocupado del trabajo á la extensión. Por otra parte, es algo digno de llamar la atención de todo técnico el hecho de que en todos esos informes los Ingenieros que lo han producido sólo se han preocupado del dique en conjunto (esfuerzos en la base ó sobre la zapata), descuidando de una manera absoluta la parte que aparece sombreada en el plano, que es la verdadera zona débil de todos los diques que se ha calculado con los mismos métodos empleados en el dique de San Roque.

Debo, para hacer conocer todo el valor del informe producido por la Comisión, transcribir, aunque sea en sus partes más esenciales, las opiniones por ella citadas, y al mismo tiempo entrar en consideraciones más amplias sobre varios otros puntos débiles que tiene el dique de San Roque.

Demostraré lo que es este dique, para decir, uno por uno cuantos defectos tiene, para que al mismo tiempo los sepa también el pueblo de Córdoba y así pueda vivir con el conocimiento exacto de sus condiciones de resistencia y de estabilidad. Puedo estar equivocado, pero empeño en prenda de mis afirmaciones la sinceridad con que he estudiado este asunto, de suyo tan grave y tan serio para la vida de esta ciudad.

El Ingeniero Guiltemain, autor de la obra *Rivières et Canaux*, profesor de la Escuela Nacional de Puentes y Calzadas, en el tomo II, pág. 344, hablando de la posible formación de una rajadura debida al esfuerzo de tracción sufrido por las mamposterías de un dique, dice:

«Pues bien; ¿qué se opone á esta rajadura? Una sola cosa, la cohesión de las mamposterías á lo largo de la misma sección, es decir, una fuerza desconocida, y en el mejor de los casos muy débil, sobre lo cual sería absolutamente imprudente contar.

»Las experiencias á la tracción hechas con los morteros dan la noción de la adherencia de éstos entre sí; pero no justifican la del mortero con las piedras, la que sería tres veces menor, como lo ha hecho ver el Ingeniero en Jefe Cendré (A. de P. y C., 1870). Aún más; el mismo Ingeniero declara que aun con los morteros superiores de que él se servía, ha constatado la imposibilidad práctica de obtener la adherencia á la piedra de una junta horizontal.

»El mismo Cendré afirma que no ha podido reunir uno al otro dos trozos tallados, sino poniendo la junta vertical y echando en ella el mortero.

»De modo que no se está autorizado á contar con la resistencia de la parte del muro que tiende á elevarse, y es prudente hacer de modo que la forma general del macizo conduzca siempre á una resultante que no salga del tercio medio.»

Este mismo Ingeniero, en la pág. 348, dice: «Hay que disponer el paramento seco de tal modo, que la resultante de todas las fuerzas no salga del tercio medio de la base.» Es decir, que el dique no trabaje á la extensión.

Y agrega más adelante: No hablamos del caso de una rajadura ó de asientos que introduzcan las tensiones de agua en la masa, pues en este caso el efecto destructor es evidente; queremos simplemente señalar los numerosos rezumos que engendran las grandes presiones y que se señalan por depósitos calcáreos en la superficie del muro. No es dudoso que esta acción lenta, pero persistente, tenga por efecto con el tiempo de cambiar la composición de los morteros, debilitándolos. Ella es debida á causas diversas, entre las que figuran la insuficiencia de hidraulicidad y de homogeneidad de las calles, la impureza de la arena la permeabilidad de los mortillos, etc.

»Nos será entonces permitido decir que las hipótesis en que nos hemos puesto, al indicar el modo de cálculo de estas obras, si se presentan como una medida tranquilizadora, dejan todavía lugar á desengaños numerosos que es menester no ocultarse.»

El eminente Ingeniero Resal en su obra *Puentes de mamposterías*, tomo I, páginas 20 y 28, resumiendo, concluye: «Acabamos de mostrar que no es posible contar sobre las resistencias de las mamposterías á un esfuerzo directo de tracción, y, por consiguiente, á un esfuerzo de flexión que haría trabajar ciertas partes á la extensión.

»Por estas citas se puede ver el valor que tiene la opinión del Ingeniero Sr. García, que no compararé con la mía, que es tan modesta; pero que bien puedo contradecir con el apoyo de tan eminentes opiniones ante las cuales bueno me será decir que por lo menos deben inspirarnos el respeto y la atención con que se imponen por su fama mundial.»

El Ingeniero Dumas, en la pág. 94 de su obra *Les Barrages Reservoirs*, cita las conclusiones del V Congreso Interior de Navegación respecto á la resistencia á la compresión, admitiendo que puede aceptarse hasta 12 kilogramos con buenos materiales (morteros de cal hidráulica).

En cuanto á la resistencia de las mamposterías á los esfuerzos de extensión, en los casos más favorables, no sería prudente evaluarlos en más de $\frac{1}{10}$ de la resistencia á la compresión. Pero en presencia de la incertidumbre en que uno se encuentra á este respecto, es prudente no contar del todo con esta resistencia y se la debe considerar como nula; y en la pág. 197 cita los trabajos de Mr. Pelletreau, que ha llegado á demostrar que la relación entre la resistencia de las mamposterías á la compresión y á la tracción está comprendida entre 100 y 200.

Refiriéndose á las partes de las mamposterías de un dique que trabaja á la extensión, este mismo autor dice: «En cuanto á la parte sometida á tracción, es fácil ver que no solamente es inútil (parte sombreada en el plano), sino perjudicial á la resistencia, pues en esta parte las juntas del paramento mojado, bajo la influencia de estos esfuerzos, tenderán á abrirse, y se podrá formar una rajadura que se extenderá á toda la parte no comprimida, dando así entrada al agua, que producirá una subpresión, cuyo efecto será levantar la parte del muro que queda arriba, poniéndolo en condiciones muy diferentes de la que ha sido calculada.

Esta rajadura se irá profundizando poco á poco y llegará á ser la causa cierta de la destrucción de la obra, etc...»

(Se continuará.)