

libras; el cociente $15 : 44$ es 0,34. Se trata de una máquina de cuádruple expansión.

En una máquina de triple expansión, se obtienen 39 libras para la presión media efectiva total, y 17 para presión media del vapor en el último cilindro; el cociente es 0,436.

Para una máquina Compound, se tendría $21,5 : 35 = 0,6$.

Los consumos relativos de vapor por unidad de potencia obtenidos de esta manera son:

Cuádruple expansión.	Triple expansión.	Doble expansión.
0,34	0,436	0,60

Estas cifras están en la relación de: 1, 1,28 y 1,76.

Examinemos el caso de la máquina Compound de dos cilindros con condensación. Supongamos que esta máquina funciona a media carga y que la presión media efectiva referida al cilindro mayor es de 18 libras, por ejemplo; si la lectura del manómetro A, da 12, el consumo relativo de vapor será de $12 : 18 = 0,67$. Si se hace marchar la máquina a carga completa, y la presión media efectiva sube a 35 libras, se tiene según el cuadro anterior un consumo relativo de 0,60; el aumento de consumo al pasar la carga completa a la media carga es de $67 : 60$, ó sea de 11,16 por 100.

Bastan estos ejemplos para apreciar el interés que ofrece un instrumento que permite darse cuenta, en cada instante, de las condiciones en que funciona un motor de vapor.

Evidentemente sería necesario, para obtener resultados precisos, comparar las indicaciones del instrumento con las de buenos indicadores, de modo que se hallaran los coeficientes de corrección aplicables a los diversos tipos de máquinas para diferentes condiciones de marcha.

En las máquinas de las fábricas, no es necesaria corrección alguna para los cilindros de baja presión, pero en los cilindros de alta presión con admisión pequeña y algo de compresión, el instrumento da un error en más de 5 á 0 por 100 para admisiones de 0,2 á 0,5, y un error en menos de 2,5 por 100 para la admisión de 0,7 de la carrera.

Las máquinas en que parece más difícil de aplicar este aparato, son las locomotoras y las máquinas Compound sin condensación.

Estas máquinas tienen compresiones elevadas. Cuando trabajan con mucha carga, las diferencias son pequeñas, pero cuando las introducciones son pequeñas y las compresiones grandes, las presiones indicadas en el manómetro A están aumentadas, y las indicadas en el B disminuidas, de suerte que la potencia desarrollada está exagerada indebidamente; pero, aun en este caso, si el instrumento está corregido para las diversas condiciones ordinarias de funcionamiento de las máquinas, no será difícil obtener indicaciones exactas de las presiones medias.

Con los tipos de motores empleados en las grandes instalaciones de fuerza motriz, se obtienen resultados muy comparables á los que dan los buenos indicadores.

En estas grandes instalaciones, es donde mayores servicios pueden prestar los aparatos, que permitan al personal darse cuenta en cualquier instante del funcionamiento de los motores; es el primer paso indispensable para la reducción del costo de la unidad de potencia.

Experimentos de tracción con trole automotor en Roma.

El 29 de Octubre se verificaron en Roma, en las vías próximas al Policlínico, experimentos de tracción de automóviles mediante trole automotor. El objeto de la disposición, es animar eléctricamente con una línea aérea (que puede colocarse en el centro ó en uno de los lados de la calle), coches automóviles para servicio público.

La energía necesaria para mover el coche, es suministrada á éste por un pequeño aparato automóvil que corre sobre dos alambres sostenidos por ménsulas colocadas en el extremo de postes hincados en el suelo.

Este aparato comunica con el motor del coche mediante un cordón flexible de longitud conveniente por dentro del cual van los conductores. El coche queda completamente libre en sus movimientos, y no está obligado á correr sobre carriles ó debajo precisamente de la línea aérea, sino que puede acercarse á la línea ó separarse de ella, avanzar ó retroceder, para evitar peligros ó obstáculos cualesquiera. Quedan de este modo abolidos los carriles, cuya instalación es tan costosa, realizándose con este sistema una gran economía en los gastos de instalación y de conservación.

La parte ingeniosa y original de este sistema, está en haberse obtenido con mecanismos muy sencillos, y con gran facilidad y sencillez en la maniobra, que los coches y el aparato de toma de corriente caminen siempre con igual velocidad, yendo siempre delante el trole pero sin remolcar el coche, y no estando nunca tenso el cordón entre el aparato y el coche.

Cuando se encuentran dos vehículos que marchan en opuesto sentido, se cambian los cordones con los relativos aparatos motores con suma facilidad y prontitud.

Este sistema de tracción, para cuya explotación se ha constituido en París la «Compagnie de traction par trolley automateur», fué ideado por el Sr. Lombard-Gerin, de Lyon; pero el estudio de las disposiciones mecánicas para llevar á la práctica la idea, es debido al Ingeniero A. Bonfiglietti de Tívoli, que actualmente es el Ingeniero jefe de la Compañía.

En la Exposición de París, en el parque de Vincennes, funcionaba este sistema para servicio del público en una línea de kilómetro y medio de longitud.

La velocidad á que puede llegarse es de 45 kilómetros por hora, y se pueden subir rampas hasta del 10 por 100.

El experimento resultó perfectamente, y dejó entre los numerosos técnicos que á él asistieron la impresión de que es cosa destinada á tener útiles é importantes aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

DETALLES DE EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS DE HELAMIENTO DE LAS PIEDRAS

Memoria presentada al Congreso internacional de los métodos de ensayo de los materiales de construcción (París, Julio de 1900), por D. J. MARVA MAYER, Coronel de Ingenieros del Ejército español (1).

Preliminares.

En las conferencias celebradas en Munich, Dresde y Berlín, con objeto de uniformar los métodos de ensayo de materiales, se fijaron reglas que habían de seguirse para determinar el grado de resistencia de las piedras á los efectos de las heladas: según estas reglas, el ensayo dicho comprende:

1.º Comparación de la resistencia al aplastamiento de probetas de piedra, desecadas unas, otras saturadas de agua, y otras que después de saturadas de agua primero y sometidas después veinticinco veces consecutivas á los efectos de la helada y del deshielo.

2.º Determinación de la pérdida de peso á consecuencia de esfoliaciones y de las materias disueltas en el agua después de las veinticinco veces que alternativamente sufrieron las piedras los efectos del hielo y deshielo.

3.º Examen á la lupa de la piedra helada, á fin de determinar si se han producido grietas ó escamaciones.

Las probetas deberán tener la forma de un cubo, cuyas aristas midan 7 centímetros de longitud, y serán desecadas antes de proceder á saturarlas de agua. Esta saturación se obtendrá por inmersión de la piedra en el líquido en dos centímetros de altura, á la que seguirá más tarde sumersión completa.

Las probetas, una vez saturadas de agua, se someterán durante cuatro horas á una temperatura de -10° c. á -15° c.

(1) En lugar de dar de ella un extracto, preferimos copiarla íntegra.

El deshielo tendrá lugar en una constante y determinada cantidad de agua destilada á la temperatura de 15°C á 20°C .

L'Instruction pour les épreuves de gélivité des pierres en Russie, prescribe (1):

Desecación á 30°C .

Inmersión parcial de los cubos hasta 2 centímetros de su altura durante veinticuatro horas; después inmersión total hasta saturación suficiente, que es de esperar se obtenga en el transcurso de cinco á siete días.

Veinticinco helamientos y deshielos. Para la congelación se emplea un armario frigorífico, y la mezcla de tres partes de hielo machacado y una parte de cloruro calcio.

En el Laboratorio federal para el ensayo de materiales en Zurich, se desecan los dados hasta obtener un peso constante; se saturan de agua destilada bajo la campana de una máquina neumática de mercurio, se sumergen inmediatamente en agua, en la que permanecen por espacio de veintiocho días, y se introducen después en el armario de una máquina frigorífica, en donde se les tiene durante siete horas del día y trece ó catorce de la noche, sometidos á la temperatura de -15°C á -20°C .

Finalmente, se deshuelan los cubos en agua á la temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$, repitiendo veinticinco veces consecutivas las operaciones de congelación y deshielo.

En el Laboratorio de Puentes y Caminos de París, para conseguir rápidamente la completa saturación de agua, colocan cada dado en un recipiente lleno de agua, y éste bajo la campana de una máquina neumática. En el momento en que el vacío parcial ha llegado á media atmósfera, se hace caer en el interior de la campana un chorro de agua, la cual penetra inmediatamente en los poros de la piedra, obteniendo de este modo un resultado más satisfactorio, que por el procedimiento de la inmersión al aire libre prolongada durante cierto número de días.

Los cubos, una vez saturados de agua y pesados nuevamente, se hielan en una máquina frigorífica á la temperatura de -10°C á -15°C durante cuatro ó cinco horas; después se exponen media hora al aire en el mismo Laboratorio, y en seguida se sumergen en agua á la temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$ á $+20^{\circ}\text{C}$ hasta el completo deshielo. Se examina á la lupa cada ejemplar para reconocer si se han producido grietas ó escamaciones; y se reiteran veinticinco veces sucesiva y alternativamente estas operaciones de congelación y deshielo.

Las citadas reglas no son todo lo precisas que fuera de desear, pues ni se determina cuál es la temperatura más propia para la rápida y completa desecación de las piedras, ni al resolver que las piedras han de ser sometidas á la congelación cuando estén saturadas de agua se especifica cuál sea este grado de saturación, ni aun se hace mención de los procedimientos que deben emplearse para obtenerla, así como de las causas que pueden ejercer influencia respecto á la cantidad total de agua absorbida.

Finalmente, tampoco se concretan los medios para producir la congelación, la influencia que tienen los distintos procedimientos de saturar de agua las piedras, la duración de los períodos de congelación, el número de éstas y algunos otros detalles de ejecución.

Son estos importantísimos problemas de detalle, que debieran resolverse si se quiere dar á los ensayos de resistencia á los efectos de las heladas toda la precisión necesaria para conseguir uniformidad en los resultados y la mayor rapidez posible en la ejecución de las pruebas.

De seguir indiferentemente uno ú otro de los procedimientos ya expuestos, sin dar valor á la importancia de algunos detalles de ejecución de estos ensayos, se corre el peligro de llegar á conclusiones completamente contradictorias respecto al grado de resistencia de las piedras al helamiento.

Con objeto de determinar la influencia que ejercen en los resultados finales algunos detalles de ejecución en los experimen-

tos citados, hemos realizado una serie de ensayos, de los que daremos cuenta en las siguientes líneas.

Séanos permitido hacer previamente una observación de verdadero interés: la falta de homogeneidad de las piedras de la misma procedencia y los defectos inherentes á esta clase de material, dificultan en extremo el fijar conclusiones rigurosamente exactas respecto á los ensayos de resistencia á las heladas; pero de los hechos más generales se podrán deducir ciertas reglas que quizás sean de alguna utilidad para la unificación de los métodos de ensayo.

A fin de comprobar la influencia de todas las circunstancias que concurren en la ejecución de los experimentos, se eligieron piedras muy heladizas, otras que lo son menos, y otras, en fin, reputadas como inalterables aun durante los fríos mas intensos de nuestro clima.

Al primer grupo pertenecen las piedras calizo-areniscas de Sax (Alicante) y de Archena (Murcia); las de Monóvar, Limorqui y Petrel (Alicante) y las calizas de Redueña y Guadalix (Madrid) figuran en la segunda clase; y se incluyen en el tercer grupo, como inalterables á las heladas, las calizas de Colmenar y el granito duro de la sierra de Guadarrama (Madrid).

Todas estas piedras se emplean en Madrid.

El granito del Guadarrama, muy cuarzoso, de muy difícil labra por su gran dureza, se aplica principalmente á zócalos y basamentos.

La piedra caliza de Colmenar es muy estimada por su inalterabilidad y resistencia, no obstante las coqueras rellenas de materias terrosas que con frecuencia se observan en ella. Con esta caliza de Colmenar está construido en Madrid una gran parte del suntuoso Palacio Real.

Las calizas de Redueña y de Guadalix, y la piedra de Monóvar, Petrel y Limorqui, se emplean generalmente en los plintos, cornisas y jambas.

También hemos ensayado piedras calizas-heladizas de Huerones, Hontoria y Carcedo (Burgos), así como el granito de Monte-Faro (Coruña); pero de los experimentos realizados con éstas, sólo daremos algunas ligeras indicaciones, á fin de acortar, en lo posible, la extensión de esta Memoria.

La caliza de Huerones es algo heladiza, pero se puede emplear en obras al abrigo de la intemperie, como se utilizó en la hermosa catedral de Burgos. La de Hontoria es más resistente á los efectos de las heladas.

El granito de Monte-Faro es de aspecto terroso, muy abundante en feldespato y mica, y se descompone fácilmente por las influencias atmosféricas.

Todas las probetas ensayadas se sacaron de sillares arrancados de la cantera en las fechas que se indican en el siguiente cuadro, y se labraron después con todo esmero en forma cúbica de siete centímetros de arista, con una tolerancia máxima de $\pm 0,05$ milímetros. La escrupulosa regularidad en la labra y la uniformidad en las dimensiones de los cubos nos relevan el hacer mención en lo sucesivo de su peso específico, limitándonos á hacer constar el peso absoluto de cada ejemplar, determinado inmediatamente después de haber sido desecado.

PROCEDENCIA		Fecha de la extracción del sillar.	Marcas.
Murcia	Archena	1880	A.—a.
	Sax	1890	S.—s.
Alicante	Petrel	1892	P.—p.
	Limorqui	1897	L.—l.
	Monóvar	1899	M.—m.
	Redueña	1899	R.—r.
Madrid	Guadalix	1899	G.—g.
	Colmenar	1875	C.—c.
	Guadarrama	1898	B.—b.
	Huerones	1899	H.—h.
Burgos	Hontoria	1899	HO.—ho.
	Carcedo	1899	C'.—c'.
Coruña	Monte-Faro	1899	F.—f.

(1) Circular de 25 de Junio de 1891.

Desecación en la estufa.

Según se determina en las instrucciones para los experimentos de resistencia de las piedras á las heladas, es condición indispensable que los cubos ensayados hayan alcanzado, bajo la temperatura constante de 30°C, un estado de desecación tal que su peso sea constante. En este momento es en el que se determina el peso específico de las piedras.

El tiempo que se tarda en desecar los cubos depende, como es natural, de su densidad, de la época en que se extrajo la piedra de la cantera, del estado higrométrico de la atmósfera y de otras varias causas. En nuestra opinión la temperatura de 30°C, hasta ahora adoptada, es demasiado baja, pues de las observaciones hechas se deduce, que no rebasando esta temperatura, la desecación se verifica con desesperante lentitud, aun cuando la aplicación del calor no se interrumpa ni de día ni de noche; y hasta se corre el peligro de no llegar nunca al estado de sequedad apetecido si la graduación higrométrica del aire se mantiene algo elevada.

En los ensayos á que se refiere esta Memoria se empleó para la desecación una estufa Frémy dispuesta de modo conveniente para alojar en ella tres hiladas de cubos y calentada noche y día por mechero de gas.

Durante estos experimentos se observó repetidas veces que siendo de 30°C la temperatura de la estufa, los dados de piedra absorbían la humedad de la atmósfera en vez de perder por evaporación el agua contenida en sus poros, cuando se le abrían los registros de entrada de aire con objeto de activar el tiro y la desecación.

Esta observación nos decidió á desecar los cubos de piedra á una temperatura media de 60°C mantenida sin interrupción alguna. Los pocos ensayos hechos sin rebasar la temperatura de 30°C, cuyos resultados aparecen en el cuadro núm. 1, hacen ver cuán ventajoso es el empleo de la temperatura de 60°C.

Los cubos *a* 13 y *a* 14 perdieron respectivamente 3,92 gr. y 2,89 gr. á las cuarenta y ocho horas de desecación á la temperatura de 60°C. Durante las ciento cincuenta horas subsiguientes y con temperatura de 30°C hubo un aumento de peso de 0,92 gr. y 0,80 gr., lo cual indican que las piedras absorbieron agua en vez de evaporarla; finalmente, después de doscientas treinta y cinco horas á la temperatura de 30°C, el aumento de peso fué de 1,02 gr. para la probeta *a* 13 y de 0,62 gr. para el *a* 14.

Por el contrario, los ejemplares *a* 11 y *a* 12, del mismo peso que los *a* 13 y *a* 14 y sacados del mismo sillar, perdieron respectivamente 6,5 gr. y 5,9 gr. al cabo de noventa horas que permanecieron sometidos á la temperatura de 60°C.

La desecación de los cubos *A* 13 y *A* 16 se hizo al principio á la temperatura de 30°C; pero viendo que aquélla era muy lenta en las noventa y siete horas que se mantuvieron los 30°C, se elevó á 60°C, obteniendo al cabo de sólo trece horas una mayor pérdida de peso.

Parece, por lo tanto, que hay motivo bastante para proponer que se adopte la temperatura de 60°C, mantenida sin interrupción día y noche, á fin de conseguir una desecación rápida y completa; tanto más cuanto que esta temperatura no produce en las piedras alteración alguna, ni química ni mecánica.

La desecación debe prolongarse hasta que el peso de la probeta sea constante; pero debe hacerse observar que es sumamente difícil conseguir en absoluto este resultado, pues llega un momento en el que las piedras pierden ó absorben humedad, según sea la temperatura y el estado higrométrico del aire, hasta en el corto tiempo que se emplea en hacer la pesada. En su consecuencia, debe considerarse como conseguida la desecación completa cuando las diferencias de peso no exceden de 0,1 gramos.

Saturación de agua.

DISTINTOS PROCEDIMIENTOS PARA SATURAR DE AGUA LAS PIEDRAS

Dejando á un lado las varias causas que complican el fenómeno de la congelación de las piedras, es preciso admitir que la

desorganización de las piedras de su estructura por efecto de las heladas, grietas y esfoliaciones, se debe á la fuerza expansiva del agua contenida en sus poros en el momento de su transformación en hielo. Los experimentos que hemos hecho, cuyos resultados se darán á conocer en esta misma Memoria, confirman la verdad de esta conclusión.

Es, pues, indiscutible que en los ensayos de que nos ocupamos, desempeña un papel importantísimo la cantidad de agua absorbida por cada dado de piedra; y es también evidente, que si cada centímetro cúbico de agua produce, al congelarse, un cierto esfuerzo de desagregación, ésta será mayor, y los efectos de la helada se harán más sensibles, cuanto mayor sea el grado de saturación.

Los dados de piedra deben someterse al helamiento en estado de saturación de agua; pero al poner en práctica esta regla, es preciso saber qué ha de entenderse por saturación, y no echar en olvido las distintas causas que ejercen influencia en los fenómenos de la absorción del agua.

Está admitido que la saturación es suficiente cuando en pesadas sucesivas se obtengan pesos poco diferentes entre sí; pero esto puede conducir á resultados completamente contradictorios.

Los dos procedimientos en uso para conseguir la saturación de las piedras son los siguientes:

A.—*Inmersión al aire libre*, prolongada durante el tiempo necesario.

B.—*Inmersión en el vacío*.—Se coloca la piedra bajo la campana de una máquina neumática en un recipiente lleno de agua ó sencillamente en un vaso. Después de haber llegado á un cierto vacío parcial, se introduce agua en el vaso en que está la piedra dentro de la campana hasta que el dado esté completamente sumergido, se mantiene la depresión un cierto tiempo y al cabo de éste se sumerge el cubo totalmente en agua destilada al aire libre.

A.—*Saturación por simple inmersión*.—Para facilitar el desprendimiento del aire contenido en los vasos capilares de la piedra, y de este modo abreviar la absorción del agua, está preconizado que las probetas se sumerjan gradualmente en el líquido.

Es decir, que ha de empezarse por introducir en agua los cubos hasta una altura de 2 centímetros, y al cabo de cierto tiempo se les sumerge totalmente.

En algunos laboratorios la duración de la inmersión parcial es de veinticuatro horas: otras instrucciones no fijan el tiempo cuando se trata de piedras porosas.

Las veinticuatro horas de inmersión parcial parecen suficientes para conseguir que por la acción capilar aparezcan humedecidas todas las caras del cubo, y así lo hemos observado en las piedras A—*a*., H—*h*., HO—*ho*., C.—*c*.'

Las piedras S.—*s*., P.—*p*, y L.—*l*., exigieron de cincuenta á setenta horas; las M.—*m*., á pesar de una inmersión parcial prolongada más de doce días, no aparecieron humedecidas más allá de 2 centímetros sobre el nivel del agua, y fué preciso elevar sucesivamente este nivel para obtener que llegara á humedecerse su cara superior.

Las piedras porosas absorben la misma cantidad de agua, ya se emplee la inmersión parcial, pero continuada, de sólo 2 centímetros, ya se las sumerja totalmente después de haberlo hecho parcialmente.

La tabla núm. 2 contiene repetidos ejemplos que comprueban este aserto. La comparación se ha hecho entre piedras de la misma naturaleza y de peso aproximadamente igual; unas estuvieron sumergidas en agua hasta 2 centímetros de su altura durante cinco días; otras lo fueron parcialmente hasta la misma altura durante los dos primeros días, y totalmente después.

En general, parece ventajoso prolongar la inmersión parcial antes de que el agua cubra por completo los dados. Bajo este supuesto, lo más conveniente sería empezar colocando las piedras en 2 centímetros de altura de agua durante dos, tres ó cuatro días, elevar después el nivel á 4 centímetros y más tarde á 6 centímetros, á intervalos iguales de tiempo, y cuando por la

acción capilar se hayan humedecido las caras laterales hasta dichas alturas.

Como la absorción de agua se verifica más fácilmente cuando se procede á la inmersión en el momento mismo en que se concluye de desecar las piedras, convendrá introducirlas en agua tan pronto como se saquen de la estufa.

De todos modos, la absorción de agua por inmersión gradual al aire libre, sin que antes se haya hecho en ellas un relativo vacío, es sumamente lenta. Ciertamente es que la mayor cantidad de agua está absorbida durante los primeros días; pero no lo es menos que durante varias semanas continúa la absorción con crecimiento que no es posible despreciar después de observar el efecto que produce en el momento de la congelación un pequeño aumento en el agua contenida en las piedras.

Ejemplares hay, tales como el s 9 (cuadro núm. 2), que absorben más de 3 gramos en el intervalo de los treinta á los cincuenta días.

Influencia de la densidad.—Cubos sacados del mismo sillar tienen densidades muy distintas; como ejemplo de ello puede citarse entre las piedras M.—m (tabla núm. 10) el cubo M. 13 de 672 gr, 72 y el m 8 de 835 gr, 50, es decir, densidades que están en la relación de 1:1,23. Los ejemplares l. 1 y L. 8 (tabla núm. 9) pesan respectivamente 727 gr, 50 y 858 gr, 90; también se notan grandes diferencias entre las piedras P.—p, S.—s y en otras varias cuyos datos figuran en las tablas 7 al 13.

Bajo el punto de vista de la absorción de agua puede establecerse la regla de que en dados de piedra sacados del mismo banco y saturados por el mismo procedimiento, el poder de absorción está en razón inversa de las densidades.

Los cuadros 7 á 13 ofrecen repetidos ejemplos de que cuanto mayor es la densidad de un dado tanto menor es la cantidad de agua absorbida. Es verdad que estudiando detenidamente los cuadros se pueden encontrar algunas anomalías, debidas sin duda á falta de homogeneidad; pero el hecho general está bien marcado, muy en especial en aquellos ejemplares cuyos pesos difieren más.

Los cubos l 1 (727 gr, 5) y l 2 (760 gr, 9) absorbieron durante cincuenta días 49,90 y 49 gr, 80 de agua, en tanto que los l 9 (834 gr, 0) y l 10 (858 gr, 7) sólo tomaron en el mismo espacio de tiempo 24 gr, 8 y 21 gramos respectivamente. (Cuadro núm. 9).

El r 1 (756 gr, 10) absorbió 70 gramos en cuarenta días, y el r 9 (801 gr, 02) sólo 52 gr, 56 en el mismo espacio de tiempo. Lo mismo puede observarse en las piedras m., p., c., etc. (Cuadros 10, 11, etc.)

La influencia de la densidad es también innegable en los cubos saturados en el vacío. Por esta razón, siempre que en adelante comparemos resultados en los ensayos de saturación y de congelación hechos con piedras de la misma cantera, haremos la comparación entre dados de 7 centímetros de arista, con pesos de desecación iguales ó muy poco diferentes.

El punto de partida para determinar el agua absorbida, será siempre el peso del ejemplar desecado.

B. Saturación en el vacío.—Después de desecadas en la estufa, se colocaron las probetas bajo la campana de una máquina neumática de Bianchi: se hizo el vacío á 60 milímetros, mantenido durante quince minutos, y entonces se dejó entrar en la campana agua destilada hasta inmersión completa del cubo. Se mantenía aún durante quince minutos la misma depresión de 60 milímetros á fin de facilitar la introducción de agua en los poros del dado, lo cual se reconocía fácilmente por las numerosas burbujas de aire desalojadas de los vasos capilares de la piedra que estallaban en la superficie del líquido, produciendo el efecto de una efervescencia: al cabo de este tiempo se sacaba el ejemplar de la campana de la máquina de Bianchi, y se llevaba á una cubeta llena de agua destilada, en la que el dado permanecía totalmente sumergido durante un cierto número de días.

Al llevarlas á la máquina neumática, pueden colocarse las piedras en un recipiente lleno de agua ó en el interior de un vaso metálico seco, hasta el momento de la aspersión.

De lo observado en nuestros experimentos se deduce que es indiferente según uno ú otro procedimiento, pues la saturación obtenida después de la aspersión ó inversión ulterior es sencillamente igual en los dos casos.

En armonía con lo observado al saturar las piedras por simple inmersión al aire libre, la cantidad de agua absorbida por ejemplares de la misma cantera y de igual volumen, es también más grande para los de densidad menor (cuadro 7 á 13), cuando se hace la saturación por medio del vacío.

En algunos casos la diferencia es de gran importancia, por ejemplo: M. 1 (691 gr, 12) absorbió 91 gramos de agua, y M. 12 (846 gr, 30) sólo 35 gr, 20; es decir, una tercera parte, sobre poco más ó menos (cuadro 10).

Estas observaciones nos obligan á insistir sobre la necesidad ya expuesta, de que sólo se comparen los resultados de saturación y de congelación entre piedras de la misma procedencia y de igual densidad.

Si en el momento de sacar los cubos de la estufa de desecación se introducen inmediatamente bajo la campana de la máquina neumática y se les sumerge en agua por aspersión, se produce una gran efervescencia que tiene todas las apariencias de una verdadera ebullición cuando se trata de piedras porosas con gran poder absorbente. En los ejemplares que, después de desecados en la estufa han sido expuestos al aire libre durante algunos días antes de su saturación bajo la campana, se nota que la efervescencia es menor, lo cual podría indicar una menor absorción de agua.

En las piedras de mayor densidad el desprendimiento de burbujas de aire, de que venimos hablando, se prolonga durante largo tiempo: esta observación prueba bien á las claras que para obtener una saturación mayor conviene aumentar la duración del vacío y el tiempo de inmersión bajo la campana. También parece lógico suponer que el número de milímetros de vacío ha de tener influencia en el grado de saturación, y que éste será mayor cuanto mayor sea la depresión obtenida bajo la campana de la máquina neumática.

La duración del vacío tiene, por regla general, grande influencia en la cantidad total de agua absorbida por las piedras: así parece deducirse de los pocos casos en que hicimos este experimento, y de cuyos resultados da clara idea el cuadro núm. 5.

Para este objeto se ensayaron parejas de cubos de peso igual ó muy aproximado: se escogió una de cada grupo y se tuvo durante diez minutos en el vacío saturándolo después bajo la misma campana; y con el otro se siguió el mismo procedimiento, pero prolongando hasta sesenta minutos la duración del vacío; ambos ejemplares fueron inmediatamente sumergidos en agua destilada y pesados á los dos, seis, doce y treinta días siguientes.

El vacío prolongado hasta sesenta minutos produjo una mayor absorción de agua: L. 15 saturado con sólo diez minutos tomó 44 gr, 68 de agua después de doce días de inmersión, y L. 16 absorbió 57 gr, 20 en el mismo espacio de tiempo; es decir, 12 gr, 52 más. L. 2, (782 gr, 7) (cuadro núm. 9) con treinta minutos de vacío y 30 de inmersión absorbió 53 gr, 20; y l. 4 (782 gr, 0) saturado por simple inmersión sólo tomó 47 gr, 10.

El cuadro núm. 3 presenta una sola excepción á esta regla. La piedra P. 17 absorbió una cantidad de agua menor que la P. 15, no obstante haber sido mayor la duración del vacío.

La aplicación del vacío á la saturación, procedimiento ya seguido por M. Vaudoyer, y hoy día en uso en los Laboratorios de Puentes y Caminos de París, de Zurich, del Cuerpo de Ingenieros del ejército en Madrid, etc., es, por todo lo expuesto, sumamente ventajoso para abreviar la operación.

No será ocioso advertir, que si bien en las piedras porosas la saturación es casi inmediata, en otras, cuyo poder de absorción es mayor, se hace indispensable una inmersión complementaria prolongada durante varios días.

(Se continuará.)