

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD EN LOS MUROS DE LAS CONSTRUCCIONES

La determinación de la humedad en los muros de las habitaciones presenta grandes dificultades y da lugar á incertidumbres; se puede decir que no poseemos todavía métodos que conduzcan á resultados completamente ciertos.

El doctor Pasquale Maione, del Instituto de Higiene de la Universidad de Roma, ha publicado en el *Giornale della R. Società italiana di Igiene* un artículo en el cual discute los métodos empleados hasta ahora y expone un procedimiento nuevo que nos parece oportuno dar á conocer.

Los métodos propuestos pueden todos clasificarse en dos grupos: métodos empíricos y métodos científicos; los primeros son, por decirlo así, cualitativos, y permiten únicamente conocer la presencia de la humedad; los segundos, que llamaremos cuantitativos, permiten medir su importancia.

Se pueden incluir en el primer grupo la observación de desperfectos y manchas en la superficie de los muros, el mal olor del aire confinado en las habitaciones cerradas, la presencia de musgos, el sonido que se percibe cuando se golpea un muro con un objeto metálico, etc.

Á la segunda categoría pertenecen los métodos por los cuales se evalúa la proporción de humedad del aire confinado en la habitación, ó la del aire que atraviesa los muros, ó bien la cantidad de agua contenida en una muestra de la fábrica que forma estos muros.

La determinación de la humedad del aire contenido en una habitación por los procedimientos del higrómetro, del psicómetro ó vaporímetro, no da resultados bien precisos, puesto que el estado higrométrico del aire continuado no depende solamente de la cantidad de agua que procede de los muros, sino también muy principalmente de la humedad del aire exterior, de la temperatura, de la ventilación, etc.

Se obtienen mejores resultados midiendo el grado de humedad del aire aspirado á través de los muros, haciendo uso del aparato de Beer ó del de Fortunato, en el cual la proporción de agua se determina con papel al cloruro de cobalto. Pero el mejor procedimiento consiste en determinar la humedad directamente en los muros, y esto puede hacerse de muchas maneras.

Jursini utiliza á este fin la elevación de temperatura que se produce cuando se mezcla una muestra de la fábrica del muro con ácido sulfúrico de densidad conocida; pero no tiene en cuenta el error que motiva la transformación del carbonato de cal en sulfato, error que hace que los resultados obtenidos sean sólo aproximados.

Mark y Rossi se basan en la acción deshidratante del alcohol absoluto y miden con un areómetro la densidad del alcohol des-

pués de la inmersión de la muestra de la fábrica, lo que permite conocer la proporción de agua contenida en esta muestra.

Pero el más preciso de todos los procedimientos parece ser el de Glässgen, que puede servir de comprobación de los anteriores y debe reemplazarlos. Este método consiste en quitar el agua contenida en la muestra á una temperatura determinada y medir la disminución de peso de esta muestra. Lehmann y Nussbaum y después Casagrandi han modificado el aparato primitivo de Glässgen.

Á pesar del empleo de tan diversos métodos, y por consecuencia, sin duda, de la precisión tan variable que dan, no se ha podido hasta ahora llegar á un acuerdo respecto á los límites que deben fijarse para el grado de humedad, tanto del aire confinado, como de los mismos muros. Sin embargo, no se debe atribuir á los procedimientos de ensayo únicamente las diferencias de que venimos hablando; algo contribuye también las condiciones en las cuales se han hecho aquellos ensayos y el estado en el cual se encuentra el agua en los muros y en los materiales de construcción. En efecto, se puede admitir con alguna razón que el agua en ellos contenida puede existir en dos estados diferentes; sea como agua higroscópica ó de embibición, sea como agua en combinación. Se comprende entonces que el agua higroscópica contenida en un muro, aumente ó disminuya según la humedad del aire; y que el agua en combinación, por el contrario, permanezca constante y no se desprenda más que á una temperatura más elevada que la del aire, y á la cual la combinación se destruye, y esto aun en los climas más calientes.

La desecación de muestras de fábrica á la temperatura de 100 á 110°, como se practica actualmente en los ensayos, quita no solamente el agua higroscópica, sino también el agua de combinación, y los resultados se encuentran desvirtuados por un error de importancia variable, que motiva la presencia de esta agua, la cual no hay que tener en cuenta cuando se trata de saber si un alojamiento, por ejemplo, ofrece condiciones de salubridad suficientes.

El método de Raliner para determinar la proporción de agua contenida en los muros, basado en la desecación por el ácido fosfórico anhidro, ha sido considerado como poco exacto y acogido con desconfianza. Ningún cuerpo es quizás más propio que esta substancia para absorber, á la temperatura ordinaria, el agua de embibición sin tocar en nada al agua en combinación; pero ofrece el inconveniente este método de exigir muchos días para determinar la humedad.

Vista la situación actual, era preciso buscar un procedimiento que, sin tener la lentitud del de Raliner, no presentase los defectos del método Glässgen. Era preciso buscar un medio de determinar la proporción de agua higroscópica independientemente de la del agua en combinación.

El autor del artículo que extractamos, ha llegado á ello empleando el aparato de calefacción de Glassgen, modificado por Casagrandi, y efectuando la desecación de las muestras á una temperatura baja al principio, y elevándola después poco á poco. Ha experimentado sobre muestras de mortero, de toba, de ladrillos, de piedras, de mármoles, que son los materiales más empleados en las construcciones de las casas.

La substancia es desde luego molida en un mortero y colocada en un frasco de vidrio tapado con un tapón esmerilado. Se toman á continuación dos muestras de 3 á 4 gr. cada una, pesadas con toda la precisión posible, y se colocan en dos cápsulas de porcelana, calentadas en el tubo de Glassgen, con una circulación de agua á 50 grados. El aire que atraviesa el tubo es aspirado por una bomba y pasa desde luego á tres frascos lavadores que contienen una solución de sosa cáustica, los dos primeros, y ácido sulfúrico concentrado el tercero; este lavado tiene por objeto absorber el ácido carbónico y la humedad. Se pesan las cápsulas cada tres horas, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas no pase de medio miligramo.

Operando de este modo, se evapora toda el agua higroscópica, para lo cual es suficiente una temperatura de 50 grados, sin tener acción sobre el agua de combinación. Se demuestra por la experiencia siguiente: la materia puesta á cero, se añade una proporción de agua determinada, y se la deseca en las condiciones que se acaba de indicar, se repite la experiencia tres veces con cantidades de agua diferentes y se ve que la pérdida corresponde siempre exactamente á la cantidad de agua añadida.

Este experimento demuestra al mismo tiempo que el agua de combinación de la materia no se desprende á la temperatura de 50 grados. La proporción del agua que requiere una temperatura más elevada para ser evaporada, es variable según los materiales. La toba es el material que más contiene, 1,78 por 100; viene después el mortero con 1,38; el mármol es el material que menos agua de combinación contiene, puede decirse que es nula.—O.

PRINCIPIO DE UNA NUEVA MÁQUINA SOLAR

Todas las máquinas térmicas utilizan la energía del sol almacenada en las masas combustibles sólidas ó líquidas que existen en el interior de la tierra, ó, en menor cantidad, empleada en la producción actual de los vegetales; en cuanto á la utilización del calor solar en la producción de la fuerza motriz, no obstante las proposiciones y aun los ensayos intentados, no se ha obtenido hasta aquí resultados prácticos.

Los motores térmicos utilizan una diferencia de temperatura que provoca una emisión de calor, como, en los motores hidráulicos, la diferencia de nivel en los dos tramos produce una caída. Para producir esta diferencia de temperatura, se eleva la temperatura del cuerpo que sirve de intermediario, por encima de la temperatura normal, por medio de un manantial de calor tomado generalmente de un combustible. Se podría teóricamente proceder de modo inverso, es decir, bajar la temperatura del cuerpo actuante por debajo de la normal. Si se toma por ejemplo un cuerpo intermediario líquido ó gaseoso, que esté á una temperatura normal de 20 grados, se tendrá igualmente una diferencia de 25 grados, por ejemplo, sea bajando á — 5 grados, sea subiéndolo á 45. Dentro de estos límites, claro es que no se alcanzarán resultados prácticos; pero el principio no es menos claro y admisible teóricamente.

Leemos en el *Bulletin Scientifique de l'Association des Elèves des Ecoles spéciales de l'Université de Liège*, un estudio muy interesante debido á M. Huntziger, discípulo de una de estas escuelas, y que intitula «Exposición del principio de una máquina solar racional», en el que el autor, partiendo del principio de la

investigación de un manantial frío tan económico como sea posible, se propone encontrarle recurriendo al sol. No hay nada paradójico en esto; se sabe, en efecto, que para producir frío es necesaria energía y que es el calor desarrollado en el hogar del motor de un aparato frigorífico el que produce en definitiva el frío por una serie de transformaciones sucesivas de la energía.

Para utilizar el calor solar en la producción de un descenso de temperatura, M. Huntziger ha recurrido á una reacción termoquímica y escoge la que consiste en el empleo del agua y del nitrato de amonio, que mezclados á pesos iguales dan una solución cuya temperatura es muy inferior á la temperatura inicial de los elementos mezclados; si éstos están á +10 grados centígrados, la temperatura desciende á —16; se tendrá entonces una caída de 26 grados. La intervención del calor solar consiste en evaporar la disolución después que ha producido su efecto refrigerante; se obtienen cristales de nitrato de amonio que podrán servir de nuevo en refrigeración del condensador de la máquina, y así sucesivamente de un modo indefinido.

He aquí cómo el autor indica las bases de un motor que funcione según este principio.

Supongamos que la temperatura atmosférica sea de 20 grados centígrados, y que se emplea como fluido para la evolución el vapor de amoniaco; se podrá tener en el generador una tensión de 630 cm. de mercurio y en el condensador, sostenido á —5 grados, una presión de 262 cm., ó sea una diferencia correspondiente á una presión efectiva de 5,12 kg. por cm².

Con esta presión la máquina motora no tendrá dimensiones exageradas, pero lo que es más interesante determinar son las condiciones de la superficie de evaporación necesaria para alimentar una instalación de fuerza motriz.

Por una serie de consideraciones, que no reproduciremos, el autor, admitiendo que el sistema térmico realiza un ciclo de Carnot, llega á encontrar que para la producción de un caballo-hora es necesario sacar del condensador 6.835 calorías. Pero se ha visto que la mezcla de 1 kg. de nitrato de amonio y 1 kg. de agua permite obtener una caída de temperatura de 25 grados; si se admite para esta mezcla un calor específico próximo de la unidad, se encuentra que los 2 kg. de solución pueden absorber 50 calorías, y que un caballo-hora necesitará 137 kg. de nitrato amónico.

Supongamos ahora que la máquina haya de funcionar ocho horas al día y constantemente á plena carga; la evaporación de la solución del nitrato se cumplirá continuamente; pero si no se considera más que el tiempo durante el cual aquélla posee su intensidad normal, habrá que admitir una duración de dieciséis horas al día, doble de la correspondiente al funcionamiento de la máquina, y será necesario evaporar 68,5 kg. de nitrato por caballo-hora para alimentar indefinidamente la máquina.

Se sabe que 1 m² de superficie del suelo expuesta á los rayos solares, recibe normalmente 25 calorías por minuto, sean 1.500 por hora, y como el calor latente de vaporización del agua es próximamente de 600 calorías á 20 grados, es necesario evaporar $\frac{1.500}{600} = 2,5$ kg. de agua por metro cuadrado, y la superficie necesaria para un caballo será $\frac{68,5}{2,5} = 27,4$ m².

Este último resultado es demasiado pequeño, puesto que el ciclo de Carnot no es realizable. Suponiendo que las operaciones siguen sensiblemente la marcha de las transformaciones del ciclo de Rankine y con un rendimiento orgánico de 80 por 100, se han modificado los cálculos precedentes y se ha obtenido como resultado una superficie de evaporación de 39,17, ó sean 40 m² por caballo.

Para una instalación de 1.000 caballos es necesario disponer de un campo de operaciones de 40.000 m². No se ha tenido en cuenta en lo que precede, ni el viento, ni el calor que puede ceder por conductibilidad el suelo al agua que se vierte en su superficie, circunstancias que favorecen la evaporación.

El autor hace notar que las operaciones que se efectúen en