

En virtud de esta propiedad física, parece que el aire de un túnel, que siempre se halla en relación con la atmósfera, á lo menos por un orificio, no debería diferir por su composición del atmosférico ordinario. Sin embargo, por poco que se reflexione, se comprende que esto no puede ser, y que únicamente podría acontecer en un túnel en que no se trabajara y en el que, por consiguiente, no subsistirían las causas de alteración del aire, y en que si alguna de ellas, por circunstancias especiales, persistía, concluiría también por desaparecer bajo la acción, más ó menos lenta, de la difusión, y el túnel quedaría finalmente lleno de aire atmosférico ordinario.

En los túneles en construcción, las causas de alteración del aire, no sólo no son momentáneas, sino que son, por el contrario, esencialmente permanentes, y en las más importantes de estas causas, la potencia de ejecución está en relación directa con la actividad con que se ejecuta la construcción del túnel.

Si suponemos que el aire de un túnel se halla estacionado, los efectos de la difusión se hallarán en relación con su sección y longitud, y con la de los pozos ó galerías inclinadas que les pongan en comunicación con el aire exterior. Podrá, por consiguiente, suceder que en diversos puntos del túnel ó en todo él, la difusión produzca menos efecto que las causas de alteración del aire, y en este caso éste se irá viciando más y más, y concluirá finalmente por ser impropio para la respiración de los operarios y la combustión de las lámparas.

Este es el fenómeno que siempre se produciría en un túnel si el aire permaneciese estacionado, como hemos supuesto, y no hubiese medios de obtener una ventilación natural ó artificial.

Necesidad de suplir por medio de una corriente de aire la insuficiencia de la difusión ó de los agentes químicos.—Acabamos de ver la insuficiencia de la difusión para purificar el aire de los túneles; es preciso, por consiguiente, añadir, á la acción de la difusión, alguna otra complementaria para que con las dos reunidas se consiga el objeto deseado de que el aire de los túneles sea respirable.

Algunos han creído que esta acción complementaria, puede y debe buscarse en fenómenos químicos, fundándose en que, por ejemplo, una lechada de cal absorbe el ácido carbónico del aire, ó que el cloro empleado directamente en estado gaseoso ó en forma de cloruro de cal, destruye el hidrógeno sulfurado y los miasmas. De la misma manera se ha propuesto por algunos recoger el grisou en su punto de aparición y quemarlo en el mismo sitio ó conducirlo al exterior para que se vertiera en la atmósfera ó se le utilizara para el alumbrado.

Por poco que se medite, se comprende que estas ideas y procedimientos no pueden tener ningún valor práctico tratando de aplicarlos á la purificación del aire de los túneles.

La lechada de cal, por ejemplo, ejerce sólo una acción temporal y local, y no podría renovarse constantemente en todos los puntos en que fuese necesario. Asimismo, el exceso de cloro en el aire produciría un inconveniente del mismo género que el que se trataba de evitar. Del mismo modo, el aislamiento del grisou, practicable en los puntos en que se desprende en masas distintas, es inaplicable en la mayor parte de los casos, porque aparece, por decirlo así, en pequeños filetes elementales por todos los poros de la superficie de los puntos donde se trabaja, de la misma manera que acontece con las aguas de filtración.

Se ve, pues, que la acción complementaria de la difusión no puede encontrarse en la aplicación de medios químicos, debiendo racionalmente buscarse en la *introducción en el túnel de una nueva masa de aire* que diluya los gases perjudiciales en una masa total suficiente para que éstos resulten inofensivos y pase inadvertida su existencia; y en la *renovación sucesiva de esta masa total* con una rapidez tal que la cantidad de un gas perjudicial cualquiera, evacuado en un tiempo dado, sea por lo menos igual á la cantidad que del mismo puede desarrollarse en el interior del túnel en igual período de tiempo.

En una palabra, es preciso aplicar á un túnel, para suplir la insuficiencia de la difusión ó de los agentes químicos, los proce-

dimientos que la práctica universal ha adoptado para todos los casos que se trata de mantener habitable un espacio cerrado cualquiera en el que actúan, de una manera permanente, ciertas causas de alteración del aire.

El arte de producir esta corriente de aire y mantenerla en dirección é intensidad determinada, y el conocimiento de los medios que hay que emplear para distribuir dicha corriente en las proporciones debidas entre las diversas partes de un túnel, es lo que constituye el arte de la ventilación, de la que extensamente nos ocuparemos en los siguientes artículos de este capítulo:

Volumen de aire necesario para la ventilación.—Hemos visto ya en párrafos anteriores, cuántas son las causas que vician el aire de un túnel en construcción; se comprende, pues, que uno de los puntos más importantes que debe considerarse en la ventilación de los túneles, es fijar la cantidad de aire que ha de introducirse en éstos, para que los trabajos se hagan del modo debido. Reina gran desacuerdo entre las diversas indicaciones hechas por distinguidos Ingenieros respecto á este particular, lo que no es extraño dada la multiplicidad de influencias de que depende aquella cantidad.

El aire atmosférico contiene ordinariamente 0,04 por 100 de ácido carbónico; si por cualquier causa llega á contener 0,30 por 100 de dicho gas ó de otros igualmente nocivos, se le puede considerar ya como descompuesto, y si dicha proporción alcanza 0,5 por 100 debe reputarse pernicioso para una larga estancia en él. Este estado del aire viciado que se revela por la hoscía llama de las lámparas, ocasiona molestias en los pulmones y dolores en los ojos; así es que los obreros, después de una larga permanencia en un aire en estas condiciones, sienten desaplicación al trabajo.

Para prevenir la descomposición y emponzoñamiento del aire interior, es preciso introducir en un túnel aire puro bastante para suministrar el oxígeno necesario para la respiración de los organismos animales y para expulsar el viciado. Esta cantidad será variable, según las causas locales que influyan en la alteración del aire, según el número de operarios y el de motores que se encuentran en el subterráneo y según el número de lámparas y la calidad y cantidad de explosivo empleado.

En un ambiente de condiciones ordinarias, no muy húmedo, y con una temperatura de 30° á lo sumo, se puede considerar que basta para alcanzar un buen resultado:

Por cada operario con lámpara, 240 m.³ de aire cada veinticuatro horas.

Por cada caballo, 720 m.³.

Por cada kilogramo de pólvora, 200 m.³.

Por cada kilogramo de dinamita, 300 m.³.

Cuando en un túnel se encuentre grisou, el volumen de aire que habrá que introducir será mayor del que se acaba de indicar. Según una instrucción dada por el Gobierno francés en 1872, relativa á la ventilación de minas, debe introducirse un número de metros cúbicos de aire por segundo que varíe entre $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{10}$ del número de toneladas extraídas cada veinticuatro horas. Según Haton, esta cifra será conveniente aumentarla para minas que tengan mucho grisou, así como será también insuficiente para minas poco productivas y de una red de galerías muy desarrollada. Inversamente dicha proporción será muy elevada para una mina de producción fuerte y concentrada. En Bélgica, en vez de la proporción antes indicada, se admite la de $\frac{1}{30}$.

EDUARDO MARISTANY.

(Se continuará.)

REVISTA EXTRANJERA

Adoquines de piedra y hormigón.

A Mr. Otto Pötch se le ha concedido privilegio de invención por un nuevo sistema para la fabricación de adoquines. Utiliza para la

cara superior del adoquin piedras naturales, mientras que el resto se construye de hormigón.

Las piedras naturales se labran para darles la forma rectangular, y se colocan en el fondo de unos moldes de palastro ó de madera que acaban de rellenarse con hormigón compuesto de cemento Portland y gravilla de 5 á 10 mm.

Los gastos de fabricación ascienden á 2,50 francos próximamente por metro cuadrado; como pueden utilizarse piedras de poco valor, estos adoquines resultan bastante más baratos que los ordinarios de piedra natural.

Acción del agua salada sobre el cemento.

Hay costumbre, en los países fríos, de poner sal en el agua que se emplea para amasar el mortero, para impedir los efectos de las heladas. En las costas se emplea el agua del mar para economizar el gasto de traída del agua dulce.

En el *Journal of the Franklin Institute*, del mes de Octubre, M. Cooper describe los experimentos que ha llevado á cabo para ver si este empleo del agua salada es conveniente. Todos ellos han demostrado el mal efecto que el empleo del agua salada produce en los morteros.

Comienza el autor describiendo el sistema empleado para la construcción de las probetas que han servido para los experimentos. Estas probetas, hechas con cemento natural ó cemento Portland, con proporciones variables de arena, se conservaron durante veinticuatro horas al aire húmedo y fueron después sumergidas en los depósitos, en los cuales permanecieron hasta el momento del ensayo. Contenían los depósitos agua dulce unos, y agua del mar otros, y las probetas estaban amasadas con agua de la misma clase que la de los depósitos en que después se sumergían. Las pruebas de rotura y de aplastamiento se realizaron á los siete días, á los veintiocho, á los tres meses, á los seis y al año.

Los resultados de los ensayos los consigna el autor en cuadros y en curvas. Las probetas de cemento Portland amasado con agua salada, han demostrado superioridad sobre las amasadas con agua dulce, en los primeros ensayos; pero las probetas viejas han dado resultados contrarios, y las amasadas con agua dulce han resultado más resistentes á la tensión y al aplastamiento que las amasadas con agua salada. Es de notar que el efecto del agua salada es tanto peor cuanto más rico en cemento es el mortero. Cuanto á las probetas sumergidas en agua salada, se ha demostrado que eran menos resistentes que las sumergidas en agua dulce. En general, se han obtenido los mismos resultados con el cemento natural.

M. Cooper describe también los experimentos que ha hecho para determinar la influencia de las dimensiones de los granos de arena sobre la resistencia de los morteros de cemento. Hace notar que debe tenerse en cuenta la acción del apisonamiento; y llega á la conclusión de que el estado liso ó rugoso de la superficie de los granos de arena tiene, para la resistencia, más importancia que el tamaño de los granos.

Finalmente, el autor estudia la cuestión de si el mortero de Portland pierde resistencia si no se emplea inmediatamente después de fabricado. Su opinión es, que si hay necesidad de abandonar el mortero después de fabricado, aun durante medio día, no habrá inconveniente en emplearlo después si se ha tenido cuidado de mantenerlo húmedo.

Ventilación de los coches en los caminos de hierro.

El doctor A. Kinterberger ha presentado en el núm. 32 de 1889, de la *Zeitschrift des öster. Ing. unrd. Ard. Vereines*, algunas consideraciones interesantes sobre la ventilación de los coches de los trenes durante su marcha.

El viaje en estos vehículos es muy desagradable, y á veces perjudicial, por la rapidez con que se vicia la atmósfera de los compartimientos cuando las ventanillas están cerradas, y por la introducción del humo y del polvo cuando están abiertas. Durante el invierno las ventanillas están casi contantemente cerradas, y á las emanaciones de los viajeros, al humo del tabaco, etc., se suman los productos de la torrefacción del polvo y de las basuras que se depositan sobre los tubos de calefacción. Resulta de esto que muchos viajeros sienten malestar, dolores de cabeza, vértigos, irritación de los bronquios, etc., es decir, verdaderos efectos de intoxicación después de una larga permanencia en los departamentos.

En rigor, ni el abrir las portezuelas y ventanillas, ni el funcionamiento de los ventiladores que actualmente se emplean, son medios suficientes para introducir aire puro en los coches, aun cuando la locomotora esté provista de excelentes fumivoros y no haya polvo en la

via. En efecto; según Leissner, el aire que rodea á un tren en marcha contiene de 1,8 á 2,28 por 1.000 de ácido carbónico á consecuencia de su mezcla con los productos de la combustión. Según Kunkel, está demostrado que, después de una hora de marcha, los coches de viajeros, aun sin ir completamente llenos, contienen 23 por 1.000 de ácido carbónico. Pero, según Pettenkofer es sólo de una milésima el máximo de este ácido admisible para los órganos respiratorios humanos. Si se quiere, pues, que los viajes por camino de hierro sean lo más inofensivos posibles para los órganos respiratorios de los viajeros, es indispensable introducir en los coches aire puro y abundante, pero evitando las corrientes. Y como el volumen de aire de que cada viajero dispone en los coches de ferrocarril es muy pequeño, la renovación ha de ser forzosamente muy enérgica, lo cual no es posible sino con los instrumentos llamados de pulsación. Como fuerza motriz se puede emplear el movimiento del tren, como se emplea el de los vapores para la ventilación interior.

En la ventilación de un vehículo de ferrocarril, como en la de una escuela, de un hospital, etc., importa ante todo que el aire se tome en un lugar donde sea lo más puro posible. En el caso de los trenes deberá tomarse en la parte anterior, cerca de los topes de la locomotora.

Altwood y Waterbury ventilan los trenes enlazando todos los vehículos por medio de tubos de caucho; el aire, tomado á los costados del tender, entra por el primer coche y sale por el último. Pero no es este aire todo lo puro que debiera ser; en ciertos casos y para ciertos vientos entran en los tubos humo, polvo de carbón, gases que han estado en contacto con el aceite de engrase recalentado, etc. Por otra parte, el aire se carga de miasmas al ir atravesando sucesivamente los diversos departamentos, de suerte que el último coche se encontrará mucho peor ventilado que el primero.

No se puede obtener una ventilación realmente buena, sino tomando el aire delante de la locomotora y conduciéndolo á los diversos coches por tubos independientes. Se podría quizá llegar á realizar esto, instalando delante de la chimenea y al nivel de su base, unos grandes embudos que se prolongaran en forma de tubos gruesos hasta la parte posterior del tender; en este punto se subdividirían en el número necesario para llevar el aire independientemente á todos los coches. Estos tubos podrían enlazarse como se enlazan los de los frenos continuos. Resultaría de esto seguramente una complicación más; pero como la composición de los trenes de lujo y de los expresos rara vez varía en el trayecto, los enlaces se harían en las estaciones de origen, donde se dispone del personal y del tiempo necesarios para esta maniobra. Claro es que el maquinista debería cerrar los tubos de toma de aire en los túneles, al cruzarse con otro tren, y en general en todos los casos en que delante del tren no hubiera una atmósfera pura.

La ventilación debe ser enérgica, pero al mismo tiempo debe ser regulable, y debe poder ser suprimida, en caso necesario, desde el interior de los vehículos; no debe conducir aire frío, ni provocar corrientes de aire.

La primera de estas condiciones puede satisfacerse poniendo una llave, por ejemplo, á disposición de los viajeros.

La segunda también parece fácil de realizar. Bastaría, si se emplease la calefacción por vapor, hacer pasar los tubos de aire por el interior de los tubos de calefacción. O bien, si los tubos de aire habían de ser de gran diámetro, se podría dar á estos tubos y á los de vapor una sección semicircular y unirlos por sus caras planas.

Las corrientes de aire pueden fácilmente evitarse; basta que el aire entre en los compartimientos por un gran número de pequeños orificios colocados lo más lejos posible de los viajeros. Para la difusión del aire en todo el compartimiento, es indiferente que entre por la parte inferior ó por la superior. Pero como el calor suministrado por los aparatos de calefacción se propaga de abajo á arriba, y el movimiento ascensional sería acelerado por la acción de una corriente de aire que llegara por la parte inferior, la eficacia de los caloríferos disminuiría. Además, de este modo, se pondrían en suspensión el polvo y los miasmas. Parece lo mejor colocar cerca del techo del coche, una corona formada por un tubo con numerosos agujeros de pequeño diámetro, por donde entrará el aire fresco, que previamente calentado, se mezclará íntimamente con el aire del coche, y la corriente será apenas perceptible.

De este modo se podría suministrar á un compartimiento cerrado una masa suficiente de aire puro, sin molestar á los viajeros con corrientes de aire, sin desperdicio grande de calor y sin poner en suspensión el polvo.

El autor no hace más que exponer las anteriores consideraciones, dejando á los Ingenieros la tarea de encontrar los medios prácticos de realizarlas.