

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

## El viaducto del Hoangho.

Esta importante obra se halla cerca de Loku, y está destinada al paso de la línea férrea china de Tientsin á Tsinanfon, sobre el Hoanghó ó Río Amarillo, cuyas irregularidades formidables de régimen son bien conocidas. Para una longitud total de 4.500 kilómetros y una cuenca de un millón de kilómetros, cuya pendiente media es de 0,00011, este río puede llegar á tener un caudal de 8.000 metros cúbicos por segundo.

Los sondeos efectuados durante los estudios preliminares han encontrado potentes capas de arcillas arenosas ó libres, comprensibles en toda la altura. Solamente en los bordes del estribo iz-

portantes modificaciones á petición, principalmente, de la administración china.

El proyecto de Gustausburgo llevaba el estribo meridional detrás del dique, orilla izquierda, del río para evitar un corte de esta obra (fig. 1.<sup>a</sup>).

El tramo central de una longitud de 128 metros estaba formado por vigas Gerber, con articulación central. Los tramos laterales tenían simétricamente longitudes sucesivas de 96, 72, 72 metros con tramos de descarga de 30 metros.

Los cimientos sobre pilotes de 14 metros de longitud debían soportar cajones neumáticos que descendían hasta más abajo que las excavaciones probables.

En la práctica, las condiciones de ejecución han sido mucho más difíciles que las previsiones del anteproyecto: en primer

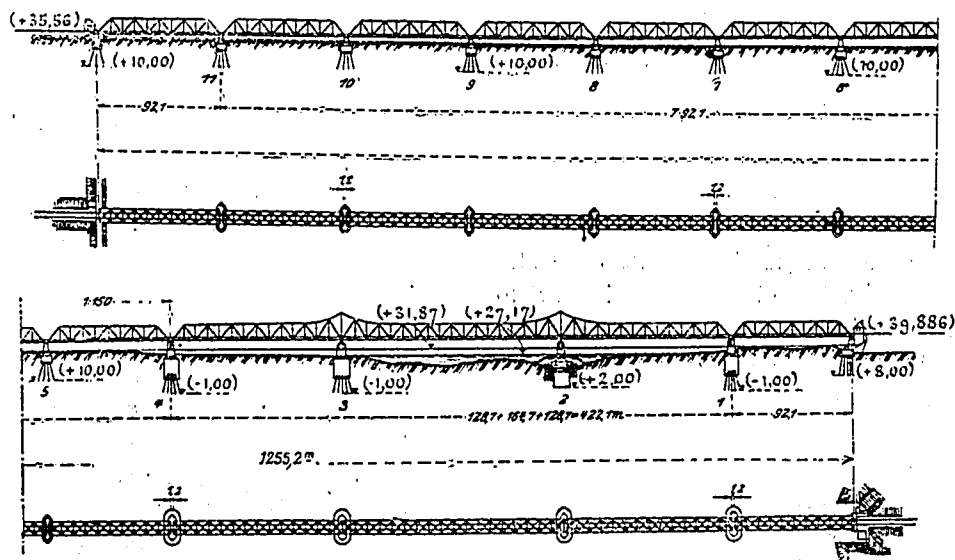


Fig. 1.<sup>a</sup>

quiendo es donde se llegó á la roca á una profundidad de 25 metros.

La Sociedad germano-china de los ferrocarriles abrió, para la construcción general del viaducto, un concurso al cual acudieron cinco grandes casas alemanas.

Sus proyectos presentados en 1904 variaban de 4.518.791 marcos para 1.258 metros de longitud (Har Kort) á 5.162.464 marcos para 1.255 (Gute Hoffnungshütte). Entre estos proyectos se concedió la preferencia al de Augsburg Nurember, fábrica de Gustausburgo, cuyo presupuesto era de 4.700.000 marcos para una longitud de 1.271 metros, pero se introdujeron en él im-

portantes modificaciones que entablaron largas negociaciones con las Autoridades chinas, y después de la conclusión del empréstito para la construcción de la línea de Tientsin á Poukow, se empezaron los terraplenes de la plataforma en Junio de 1908, pero las poblaciones impusieron una mejora en la construcción del viaducto sobre el Hoangho; después de varios estudios comparativos se adoptaron, definitivamente, un tramo central de 164,7 metros de luz, dos laterales de 128,70 metros cada uno y nueve tramos de descarga de 91,50, de éstos ocho en la orilla septentrional y uno en la meridional (fig. 2.<sup>a</sup>). Entretanto, el examen del régimen del río conducía á los constructores á modificar las cimen-

taciones previstas, principalmente para las pilas situadas en el lecho del río, de manera de aumentar las garantías contra las excavaciones bajo el agua. La crecida de 1910 dejó al descubierto varios pilotes de las armaduras provisionales y se adquirió la convicción de que el lecho podía excavarse en una altura de

Conviene observar que esta parte de la China está por completo desprovista de bosques y que la madera necesaria tenía que traerse de América (pinos del Oregón).

La superestructura metálica se estudió para conseguir inmediatamente la explotación de una sola vía, pero de manera de

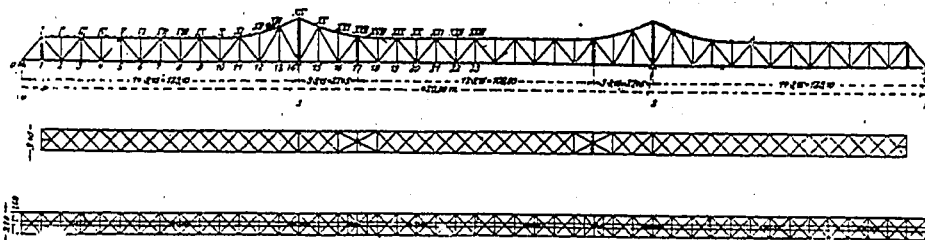


Fig. 2.ª

5 metros. Para la pila núm. 2, que cae de lleno en el cauce, se decidió introducir un cajón neumático hasta 22 metros más abajo del lecho, ó sea á 25,40 metros por debajo de las bajas aguas; al ejecutar las obras se reconoció que el fondo encontrado era suficientemente denso para soportar una carga de 16 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que dió una seguridad suficiente para la carga máxima efectiva de la pila que no exigía más que 6 kilogramos por centímetro cuadrado.

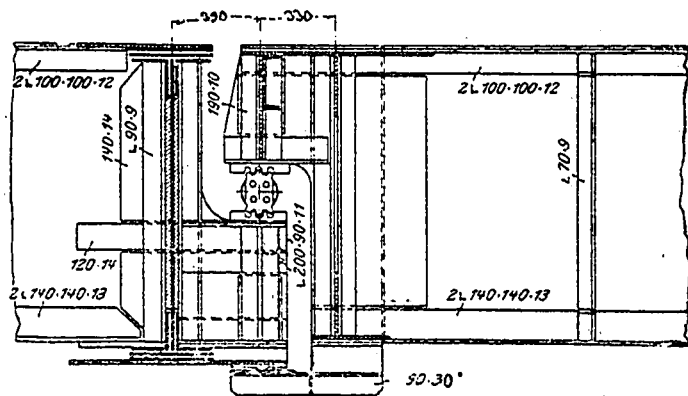


Fig. 3.ª

Para las otras pilas en el río el fondo consistente se ha encontrado mucho más arriba, pero se juzgó prudente descender los cajones de cimentación más abajo de lo que se había previsto en el anteproyecto, recurriendo también al aire comprimido, habiéndose consolidado preliminarmente el suelo en el interior por el empleo de numerosos pilotes.

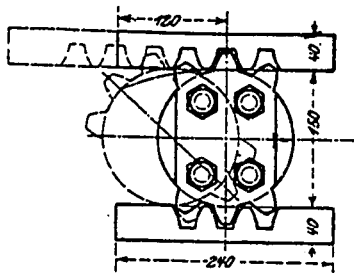


Fig. 4.ª

prestarse lo más económicamente posible á la colocación ulterior de la segunda vía. La vía actual está en el eje longitudinal del tablero, estando las aceras establecidas á uno y á otro lado con planchas de cemento armado (fig. 5.ª); exteriormente á las cabezas inferiores de las grandes vigas hay una fila de hierros I que forman una vía para el carretón de visita que se mueve por medio de un torno.

Respecto á las articulaciones móviles, el desplazamiento de los largueros puede llegar en ciertos puntos á  $\pm 120$  milímetros, la movilidad necesaria se obtiene haciendo que el apoyo del larguero se soporte por una disposición de rodillo con cremallera (figuras 3.ª y 4.ª).

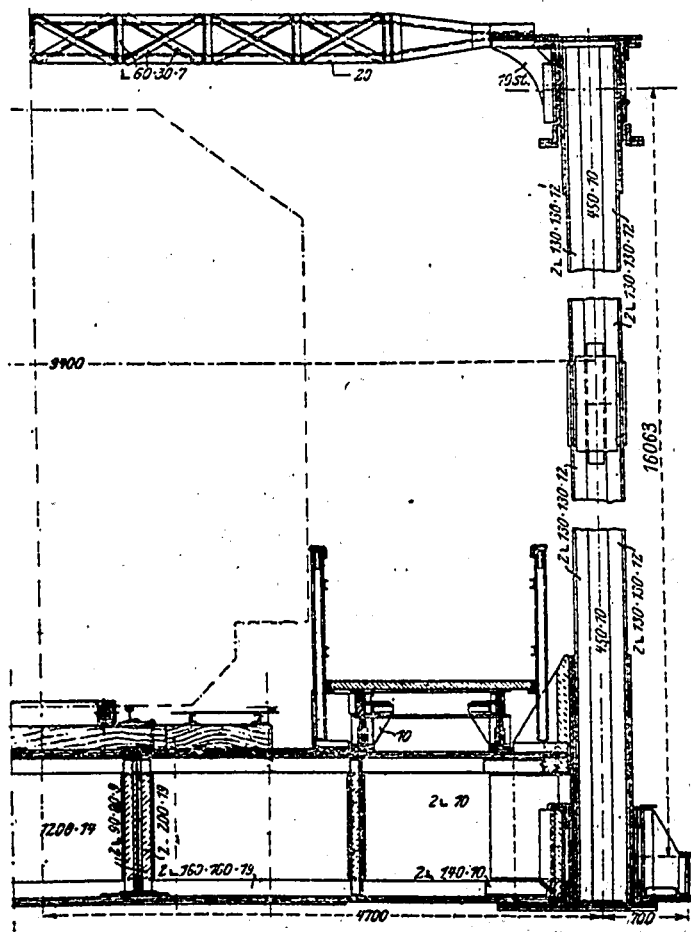


Fig. 5.ª

Las vigas principales se distinguen por el empleo de gruesos palastros y de hierros de gran sección; se han realizado disposiciones interesantes para las diversas articulaciones, ya en las vigas, ya en los contravientos.

El montaje del tablero no ha ofrecido particularidad nota-

En fin, para todas las pilas del río se han establecido grandes defensas contra las socavaciones formadas de pilotes de 15 á 17 metros hincados al tresbolillo con potentes capas de piedras.

Se emplearon pilotes de cemento armado de sección cuadrada de 0,300, mostrando su ensayo que podían soportar una carga de 150 toneladas; se hincaron con un martillete de 4 toneladas, cayendo de 0,60 á 1 metro de altura.

ble, se ha efectuado parte con andamiaje y parte sin él (tramo central) por medio de una grúa que podía levantar 12 toneladas al extremo de un brazo de 10 metros.

El importe total de esta importante obra se ha elevado á 12 millones de marcos.

Tomamos esta nota de un resumen que hacen los *Annales des Ponts et Chaussées*, del artículo publicado sobre este asunto por M. Bruno Schulz en la *Zeitschr. des Ver. deutsch Ingenieur*.

## La filtración húmeda del aire refrigerante de las máquinas eléctricas

POR

D. A. HACKETT

(*The Electrical Review*.)

El empleo del aire depurado, por lo que se llama generalmente en la actualidad la filtración húmeda, es una innovación relativamente reciente, y hasta ahora existen pocas instalaciones de esta clase. Por razón del rápido desarrollo del número de generadores accionados directamente por turbinas, que necesitan para su ventilación continua volúmenes considerables de aire, muchos Ingenieros de estaciones centrales se ocupan de este método y discuten actualmente las posibilidades de empleo. El autor se propone abarcar el problema desde ciertos puntos de vista técnicos con objeto de estimular la discusión práctica.

El método de filtración húmeda consiste en poner el aire á depurar en contacto íntimo con el agua en un estado de división extrema. Se puede, pues, decir, efectivamente, que el aire se lava; las partículas sólidas en suspensión constituyen núcleos, alrededor de los cuales se forman las gotitas que son separadas, á su vez, de las corrientes del aire, tanto por la gravedad como por choque. Además de las partículas de polvo, esta operación elimina del aire los ácidos y gases generadores de ácido mezclados á este aire y por lo menos tan perjudiciales como las partículas de polvo.

El primer problema que se presenta es el de averiguar si es posible que el aire arrastre fuera del filtro partículas líquidas. Este es un problema que se reduce á la instalación de un aparato susceptible de tratar el volumen de aire necesario y está fuera de duda que los constructores de estos aparatos puedan dar las garantías de carencia total de humedad en suspensión en el aire que salga del filtro. Sin embargo, este aire está cargado de vapor de agua; ahora bien, la resistencia de aislamiento de las máquinas se reduce con la presencia de humedad y hay lugar de examinar la influencia que pueda tener la cantidad de vapor de agua del aire filtrado.

Respecto á este particular el autor hace observar que en Inglaterra, por ejemplo, sucede frecuentemente que el grado higrométrico de la atmósfera se mantiene á 100 por 100 durante largos períodos. Este es el caso que se observa particularmente en las fábricas donde existen máquinas que exigen una ventilación forzosa, y, sin embargo, cuando la atmósfera está pura se hace pasar ordinariamente á través de las máquinas aire no filtrado sin que ocasione perjuicio alguno en el aislamiento. Aún más, con tiempo nublado, el aire está saturado y contiene en suspensión partículas líquidas, y, sin embargo, no se tiene conocimiento de que las máquinas se hayan quemado por la reducción

en estas circunstancias de la resistencia de aislamiento; tampoco se han tomado nunca disposiciones especiales para reducir la humedad del aire en tiempo nublado ó en condiciones atmosféricas excepcionalmente húmedas. En fin, las máquinas están aisladas para funcionar en las condiciones ordinarias de la atmósfera que las rodea, y los ensayos prácticos indican siempre los constructores que se hacen sin precauciones especiales; aun se especifica también en muchos casos que las máquinas, antes de ser ensayadas en las condiciones atmosféricas ordinarias, deben estar durante algunos días en los talleres. Parece, pues, demostrado que el factor de seguridad del aislamiento aplicado á las máquinas eléctricas en general está garantizado con el empleo del aire filtrado por el agua.

Es conveniente examinar la influencia del paso del aire á través de la máquina. El aire, al salir del filtro, encuentra primeramente en las tuberías y en especial en los recodos cierta resistencia; debe ser empujado hacia la máquina por un ventilador. Por estas distintas causas la temperatura se eleva y su humedad disminuye. Para aumentar en un grado la temperatura de un metro cúbico de aire es preciso, en efecto, una cantidad muy pequeña de energía (2 vatios, aproximadamente, por metro cúbico y por minuto) y para un grado higrométrico dado, la cantidad de humedad decrece rápidamente cuando aumenta la temperatura del aire.

Admitamos 100 por 100 de humedad en el aire á la presión atmosférica y á 19°,5; una elevación de temperatura de 1°,5 reduce al 90 por 100 el grado higrométrico; ahora bien, el cálculo demuestra que las pérdidas de energía, en las conducciones y en un ventilador que tenga un rendimiento del 65 por 100, elevan la temperatura del aire en 3°, aproximadamente, antes de que llegue á los enrollamientos de las máquinas. En este caso el grado higrométrico del aire saturado al salir del filtro se reduce al 79 por 100, cantidad inferior á la media de las condiciones atmosféricas de la estación de invierno en Inglaterra. Observemos, además, que la atmósfera de las fábricas está siempre más recargada de vapor que lo normal.

Por otra parte, es preciso tener en cuenta el calentamiento de los enrollamientos, que se manifiesta inmediatamente después de puesta en carga. En una estación central el aire se calienta igualmente por la radiación de las calderas, máquinas y conducciones: estos dos casos, tienden, por consiguiente, á rebajar la cantidad de humedad.

Se ha exagerado la importancia de la ventaja de este método de filtración que refresca el aire al mismo tiempo que lo depura, lo que baja la temperatura máxima de las máquinas. Lo que se gana con este método no parece ser de gran consideración; es fácil de demostrarlo por medio del cálculo.

Por ejemplo, el aire á 13°,9 y 81 por 100 de humedad correspondiente á la media de las condiciones atmosféricas de verano en Inglaterra, cuando sale del filtro saturado de humedad tiene una temperatura de 12°. Este enfriamiento se produce principalmente porque la evaporación del agua absorbe una cantidad de las calorías correspondientes á su calor latente. No parece posible, exceptuando en casos particulares, reducir más la temperatura del aire, á no ser con la instalación de aparatos refrigerantes, cuyo beneficio es dudoso.

En lo que se refiere á las cualidades refrigerantes del aire húmedo, el estudio de sus variaciones de calor específico y de densidad da, para estos dos factores, un aumento del 0,2 por 100 en las condiciones medias, por lo que desde este punto de vista se obtiene una pequeña ventaja.

H.