

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Ilmo. Sr. D. Federico Rivero O'Neale, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Toribio Cáceres, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

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

REVISTA EXTRANJERA

La superestructura en los caminos de hierro de los Estados Unidos.

M. G. Bauchal, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas, Subjefe del servicio de vía y obras de los caminos de hierro del Oeste de Francia, ha escrito una nota que publica la *Revue Générale des Chemins de Fer*, relativa al asunto que se indica en el epigrafe de estas líneas y de la que extractamos lo siguiente, que juzgamos interesante:

Si es cierto que las vías americanas han sido notablemente mejoradas desde hace algunos años, hay que reconocer que hasta ahora siguen siendo, en general, medianas. Esta situación, que extraña a primera vista en un país tan rico y tan apto para toda empresa industrial, se explica fácilmente.

El pueblo americano, cuyos territorios son vastísimos y cuya población crece cada día más por la inmigración constante, padece pudiéramos decir, la fiebre del progreso. Su espíritu está profundamente penetrado de una idea: la conveniencia de no gastar más que lo sumamente indispensable en cada empresa. Se preocupa ciertamente de la seguridad de los individuos, pero no sacrifica por esto la prosperidad y el bienestar colectivo; y si nuestro pensamiento constante es «ante todo, que no haya accidentes», el suyo es «ante todo, que la Nación se engrandezca». Por eso se comprende que al construir sus vías férreas haya atendido en su origen, más bien que a darles una forma definitiva y perfecta, a extender y desarrollar sus redes por todo el territorio.

Cuando un camino de hierro se crea en una región, su tráfico no se desarrolla sino progresivamente, salvo el caso en que haya próxima una explotación minera, de donde resulta un gasto desproporcionado con el tráfico en lo que afecta al material fijo, pero no así respecto al móvil, el cual puede adquirirse en la cantidad precisa. Se obtiene, pues, el máximo efecto útil realizando economías sobre los elementos fijos del camino de hierro y construyendo a la vez un excelente material móvil; la vía, aunque mediana, presenta una resistencia suficiente, puesto que sólo sufre esfuerzos dinámicos moderados y los viajeros apenas notan los defectos de aquélla.

Esto es lo que han hecho los americanos, habiendo adoptado atinadas disposiciones para el material móvil, tales como las bogias, y constituir trenes homogéneos de viajeros con vehículos pesados.

A medida que el país se ha poblado y enriquecido y que el tráfico ha ido en aumento, se ha mejorado la infraestructura y la superestructura; se ha renovado el balasto y se han reemplazado los carriles por otros de mayor peso y longitud. En cuanto a las traviesas, dada la abundancia de madera en el país, se establecieron desde luego en gran número y de excelente calidad, pudiendo decirse que la resistencia de la vía al principio fué confiada a ellas. Actualmente sólo falta sustituir las escarpas por tirafondos y mejorar el asiento y distribución de las traviesas para tener vías buenas.

En conclusión: en los Estados Unidos se ha tratado de obtener grandes economías en los gastos de primera instalación. Quizás siguiendo en la industria de los caminos de hierro, como en otras la tendencia de montarlas desde el principio con toda perfección, hubieranse evitado lamentables accidentes; pero, en cambio, no habría alcanza-

do el país tan prodigioso desarrollo y no podría enorgullecerse de tener 80 millones de habitantes y 350.000 kilómetros de vías férreas.

Accidente ocurrido en un puente de fábrica sobre el río Alento (Italia).

Un singular accidente ha ocurrido hace poco en un puente de piedra, construido sobre el río Alento, en la carretera de Bucchiamico a Chieti, en Italia.

Se construyó este puente en 1896 y es de un solo arco, rebajado, con una flecha de 4m,50 y una luz de 18m,00. La bóveda es de ladrillo, con un espesor en la clave de 0m,95 y 1m,40 en los estribos, habiéndose ganado el espesor en éstos dividiendo cada semibóveda en tres secciones de espesor distinto. Los estribos son de sillería, de una longitud de 4m,44 y sus cimientos descienden hasta una profundidad de 4m,25. La obra se enlaza al terreno natural por muros de acompañamiento de 13m,20 de longitud.

Dos años escasos después de la construcción de la obra, se observó en la clave una elevación muy sensible, que fué acentuándose cada vez más, concluyendo por abrirse dos grietas en el intradós, a uno y otro lado de la clave, y no lejos del medio de cada semibóveda. Estas grietas, cuya dirección era la de las generatrices del intradós, presentaban en el mes de Febrero de 1903 una anchura de 5 centímetros. Los ladrillos del intradós, en las proximidades de la clave, no tardaron, por razón de la presión excesiva a que estaban sometidos, en destruirse, en una banda de 10 centímetros de ancho, produciéndose a la vez en la parte superior del trasdós una grieta de 5 centímetros de anchura.

Los pretilos tomaron hacia la mitad del puente y en un plano vertical la forma de un arco, y la luz del puente que primitivamente era de 18 metros, se redujo a 17m,74 en el frente de agua arriba y 17m,77 en el de agua abajo.

El estribo de la margen izquierda sufrió una rotación, deslizando hacia el río e introduciéndose en el terreno 7 centímetros por el lado de agua arriba y 9 centímetros por el de agua abajo; y algo por el estribo, aunque no de un modo tan sensible, se observó también en el estribo de la margen derecha.

La causa de todos los fenómenos observados reside en la naturaleza del terreno en el sitio de implantación del puente. El valle en este sitio presenta una pendiente bastante rápida en la orilla derecha, y menos proporcionada en la orilla izquierda, cuyo terreno está constituido por una serie de capas alternadas de arcilla y arena con cruzamiento hacia el río y hacia agua abajo. En tales condiciones, las aguas al penetrar al través de las capas de arena, crean en la parte superior de los bancos de arcilla superficies de deslizamiento que determinan fácilmente arrastres, según la línea de máxima pendiente.

El estribo de la margen derecha que se apoya sobre la pared de inclinación relativamente rápida del valle, opone una resistencia grande a los esfuerzos que vienen de la otra margen, los cuales no tienen acción eficaz más que sobre el estribo de esta margen, y de aquí la deformación del puente, la elevación de la clave, las grietas en la bóveda, el deslizamiento del estribo izquierdo hacia el derecho, y la disminución, finalmente, de la luz de la bóveda. Además, como la resultante de las presiones que actúan en el sentido de las superficies de deslizamiento, es oblicua al eje del puente, esto explica perfectamen-

te las deformaciones más pronunciadas en el lado de agua arriba y la rotación del estribo izquierdo.

Es de notar, como dato importante, que un puente de fábrica de tres arcos de 6 metros de luz fué construido en el mismo sitio en 1850, y fué cerrado á la circulación por consecuencia de grietas y deformaciones que se observaron. Á este puente siguió otro de madera, que hubo de sufrir bastante á consecuencia de los corrimientos del terreno, siendo finalmente reemplazado por el que se acaba de describir.

Las causas de destrucción de los tres puentes están perfectamente definidas, y en su vista se trata de encontrar los medios de evitarlas. Veamos cómo.

Tres soluciones se han presentado: a) aislar completamente el puente del macizo de tierras sometidas á deslizamiento; b) reemplazar el puente de fábrica por una construcción metálica; c) escoger como perfil de intradós de la bóveda una elipse completamente cerrada.

Después de numerosos estudios, las dos primeras soluciones han sido desechadas. Según la solución a), la presión de las tierras sobre los estribos hubiérase podido anular intercalando cuerpos elásticos; pero era difícil suprimir completamente los corrimientos que pudieran producirse en la base del cimiento.

La solución b), es decir, la sustitución del puente actual por uno metálico que no hubiera ejercido sobre los estribos más que presiones verticales, presentaba la ventaja de poder establecer los estribos de manera que un movimiento de éstos no tuviera influencia sobre la parte metálica; pero esta solución no podía considerarse como tal más que durante algunos años, visto el rápido progreso del deslizamiento de las tierras, que sólo en estos dos últimos años ha alcanzado la cifra de 24 centímetros. Además, los estribos hubieran siempre estado expuestos á ser volcados por consecuencia de la falta de uniformidad en el corrimiento de las tierras.

La solución más racional parece, por tanto, ser la solución c), es decir, la construcción de un intradós de forma elíptica cerrada, y ésta es en la que se han fijado los Ingenieros italianos. Habiendo sido reconocida la estabilidad casi completa del estribo derecho, el perfil en elipse cerrada presenta la ventaja de ofrecer una gran resistencia á todo movimiento del estribo izquierdo. Á fin de aumentar aún más la estabilidad del estribo de la margen izquierda, se enlazarán los pies de los dos estribos por un macizo de mampostería establecido en el lecho del río por bajo de la parte cóncava de la bóveda.

Por último, los trabajos de consolidación podrán ser ejecutados sin necesidad de domoler el puente. Se construirá desde luego el macizo de mampostería intercalado entre los pies de los estribos, después la parte cóncava, y, finalmente, la parte convexa de la nueva bóveda.

Determinación del peralte en las curvas, por Mr. Reimann, Ingeniero civil.

Después de dos años de ensayos hechos por las brigadas de los Caminos de hierro de Schöneberg, cerca de Berlín, un nuevo procedimiento para la determinación del peralte en las curvas acaba de ser incluido en las «instrucciones para el asiento de la vía».

Según declaración hecha por la inspección del servicio de explotación en Berlín, dada en Octubre de 1902: «los ensayos practicados por el regimiento de caminos de hierro han puesto de manifiesto la utilidad de este procedimiento, sobre todo para la construcción de caminos de hierro de campaña». Por otra parte, en Noviembre de 1904, las brigadas de los caminos de hierro han declarado que los continuos ensayos realizados durante el verano de 1904 han evidenciado además «que el procedimiento puede ser ventajosamente empleado para las curvas de las vías existentes, con separación normal, y cuyo radio sea desconocido». Parece, por tanto, de utilidad dar aquí á conocer el procedimiento en cuestión.

Si en la fórmula conocida:

$$h = \frac{sv^2}{gR}$$

se expresa R en función de la flecha e y de la cuerda l de un segmento de curva cualquiera, se obtendrá la ecuación

$$h = \frac{2e \frac{sv^2}{g}}{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + e^2}$$

en la cual se puede despreciar el término e^2 del denominador sin perjudicar grandemente á la exactitud del cálculo del peralte h . Si además se fija la condición de que e sea igual á h , despejando el valor de l , se encontrará la longitud de cuerda que cumple con aquella condición y que será:

$$l = \sqrt{\frac{8s}{g}} \times v = 6,9 \sqrt{s} \times v$$

en números redondos.

El procedimiento que se seguirá en la práctica, será, pues, el siguiente:

Si s es la separación y v la velocidad para la cual se establece el peralte, se determina de una vez para siempre la longitud l de un cordón con ayuda de la fórmula

$$l \text{ metros} = 6,9 \sqrt{s} \text{ metros} \times v \text{ metros por segundo,}$$

y tendiendo este cordón siempre contra el mismo carril, exterior ó interior, de una curva, la flecha medida entre el carril y el punto medio del cordón representa, con suficiente exactitud, el peralte.

Influencia de la pérdida de carga debida á la contracción de las venas líquidas, en el gasto de las conducciones forzadas.

Los principios de hidráulica mejor establecidos, son á veces desconocidos aun en publicaciones técnicas de valor. Los *Annales des Chemins Vicinaux* ha publicado recientemente un artículo sobre las reglas que deben tenerse presente en el establecimiento de canalización de agua, y, entre otras cosas muy atinadamente aconsejadas, hay una indudablemente errónea.

Dice el autor que para evitar la pérdida de carga por consecuencia de la contracción de la vena líquida, debe ensancharse el orificio del tubo en el punto de arranque de la conducción, y esto es cierto á todas luces; pero no lo es tanto, ni mucho menos, que el gasto de la conducción en el caso de no existir aquel ensanche se convierta, según asegura, en el 57 por 100 del valor normal, cualquiera que sea la longitud de la conducción (!). Esto es evidentemente erróneo, y un ejemplo lo pondrá de manifiesto. Tomemos los datos que al hablar de este asunto presentan los *Annales des Travaux Publics*, que son: un sifón de 0m,40 de diámetro y una longitud de 10 m. La fórmula del movimiento permanente, es:

$$H = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{c} - 1 \right)^2 + \frac{X}{w} b v^2 l,$$

en la cual

H = desnivel.

v = velocidad en el tubo.

l = longitud de la conducción.

X = perímetro mojado.

w = sección.

c = coeficiente de sustracción.

y

Si en esta fórmula sustituimos los datos numéricos del sifón que consideramos, teniendo en cuenta que $b = 0,000539$ y despejamos el valor de v para el caso de $c = 1$ (contracción nula) y para el caso de $c = 0,625$ (contracción media), encontramos los dos valores siguientes:

$$\text{Contracción nula..... } v = \frac{\sqrt{H}}{0,232}$$

$$\text{Contracción media.... } v = \frac{\sqrt{H}}{0,269}$$

la contracción reduce, por tanto, la velocidad y, por consecuencia, los gastos, para una longitud de sifón de 10 m., en la relación de $\frac{0,232}{0,269}$.

La velocidad, pues, á la entrada, cuando hay contracción, es el 86 por 100 de la velocidad en el caso de contracción nula, cifra que está muy lejos de ser la señalada anteriormente, 0,57. La influencia de la contracción, además, lejos de ser constante, cualquiera que sea la longitud del tubo, varía con ésta.