

Nueva Instrucción suiza para el cálculo de construcciones metálicas

I

Con fecha 14 de mayo de 1935 ha sido aprobada y promulgada por el Consejo Federal Suizo, una nueva Instrucción para el cálculo, construcción y conservación de las construcciones metálicas, de hormigón y de hormigón armado, de la cual a continuación,

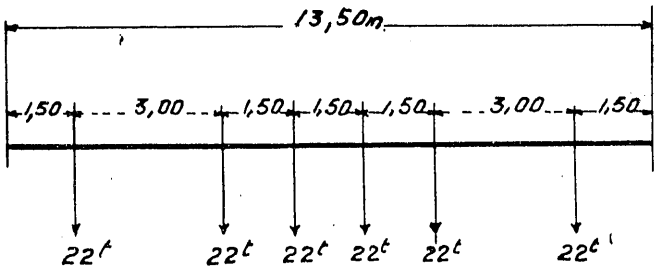


Figura 1.^a

y solamente por cuanto se refiere a las construcciones metálicas — pues para las otras clases de construcciones otros comentadores más autorizados lo harán —, se insertan algunos comentarios y estudios comparativos entre aquella y las vigentes Instrucciones españolas que tuve el honor de estudiar y proponer, aprobadas con fechas de 24 de septiembre de 1925 para los tramos metálicos y de 17 de marzo de 1930 para las estructuras metálicas en general.

A) SOBRECARGAS. — Para los ferrocarriles de vía ancha, establece con acierto la nueva Instrucción

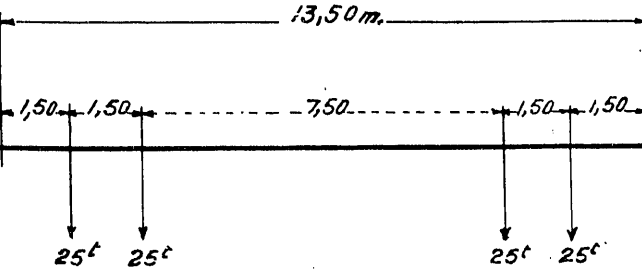


Figura 2.^a

suiza dos tipos de trenes de sobrecarga, según la importancia de las líneas en las que haya de establecerse el nuevo tramo metálico de que se trate.

En las figuras números 1 y 2 aparecen los esque-

mas de las locomotoras y vagones que constituyen el tren tipo para tramos más resistentes, y en la figura número 3 la locomotora que corresponde a los tramos para líneas menos importantes; para ambos trenes se emplea el mismo tipo de vagón.

Las dos locomotoras previstas para ambos trenes son de tipo eléctrico de seis ejes con sobrecargas uniformes por eje de 22 y 18 toneladas, respectivamente, hipótesis pocas veces realizable en la realidad, por ser los ejes acoplados corrientemente más pesados que los extremos, pero que facilitan notablemente el cálculo y las comprobaciones.

Debe llamarse la atención sobre la circunstancia de que los diagramas de locomotoras y vagones para los dos trenes tipo para vía ancha, así como veremos más adelante también los que se prevén para vía estrecha, corresponden a vehículos o unidades todos

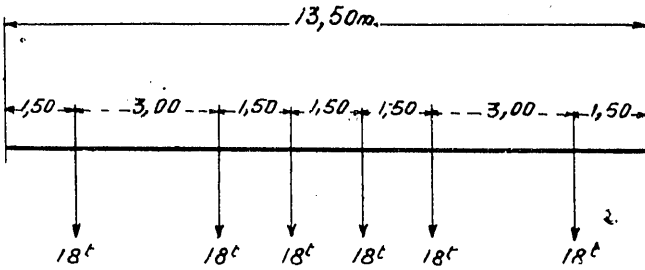


Figura 3.^a

supuestos con la misma longitud y número de ejes, según sean locomotoras o vagones, variando únicamente, según los casos, los pesos supuestos de los ejes, siguiendo con ello para facilitar los cálculos, el criterio observado en la última Instrucción francesa, que en realidad se aleja bastante de los tipos que prácticamente se encuentran.

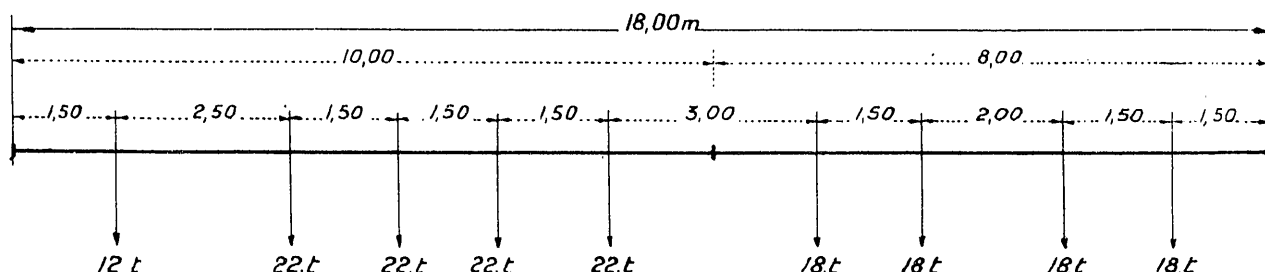
Comparemos estos dos esquemas con el único tren prescrito para vía ancha en la Instrucción española, figuras números 4 y 5, en los que aparecen las locomotoras tipo de vapor y los vagones; para ello y en el cuadro siguiente, se señalan las principales características de unos y otros, debiendo además tenerse en cuenta que en la nueva Instrucción suiza el tren tipo más pesado se considera remolcado por tres locomotoras, en tanto que el más ligero, ambos como ya se ha dicho para vía normal, sólo con dos, como en la Instrucción española:

CARACTERÍSTICAS	INSTRUCCIÓN SUIZA								INSTRUCCIÓN ESPAÑOLA			
	TREN PESADO				TREN LIGERO							
	Locomotoras.	Ténder.	Locomotoras y ténder.	Vagón.	Locomotoras.	Ténder.	Locomotoras y ténder.	Vagón.	Locomotoras.	Ténder.	Locomotoras y ténder.	Vagón.
Número de ejes.	6	»	6	4	6	»	6	4	5	4	9	4
Separación máxima. . . .	3,00 m.	»	3,00 m.	7,50 m.	3,00 m.	»	3,00 m.	7,50 m.	2,50 m.	2,00 m.	3,00 m.	5,00 m.
Separación mínima. . . .	1,50 m.	»	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	»	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.
Peso del eje más cargado.	22 ton.	»	22 ton.	25 ton.	18 ton.	»	18 ton.	25 ton.	22 ton.	18 ton.	22 ton.	16 ton.
Longitud total.	13,50 m.	»	13,50 m.	13,50 m.	13,50 m.	»	13,50 m.	13,50 m.	10,00 m.	8,00 m.	18,00 m.	10,00 m.
Peso por m. l.	9 797 kg.	»	9 797 kg.	7 474 kg.	8 037 kg.	»	8 037 kg.	7 474 kg.	10 000 kg.	9 000 kg.	9 555 kg.	6 400 kg.

Analizando los datos anotados, puede comprobarse que el tren español es de efectos superiores a los dos trenes suizos para los tramos de luces menores de 36,00 metros, longitud cubierta por las dos locomotoras de aquél con sobrecargas uniformemente

superior a la de los vagones del tren español, la diferencia que existe entre las locomotoras de ambos trenes es grande, por metro lineal 1 963 kilogramos más para pesos axiales y separaciones análogas.

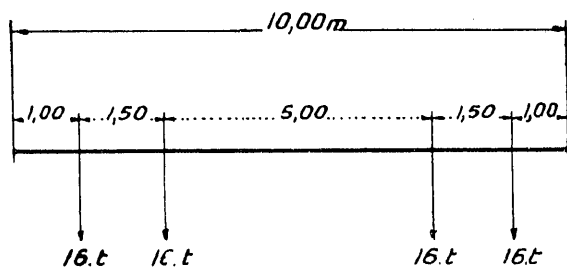
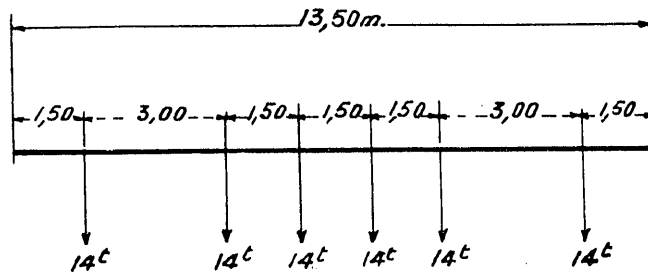
Pasemos ahora al examen y comparación de los

Figura 4.^a

repartidas de 10 000 kilogramos por metro lineal, en tanto que las 3 locomotoras del tren pesado suizo que cubren hasta 40,50 metros, sólo lo son con 9 797 kilogramos con cargas iguales por eje y con la misma separación; para luces mayores ya es de superiores

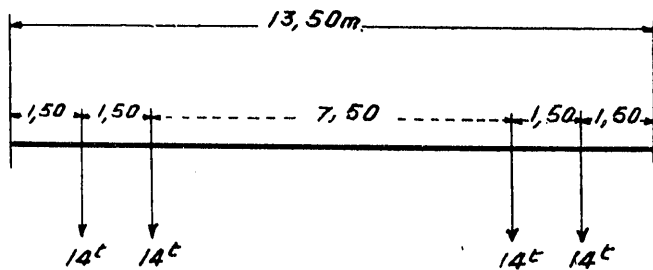
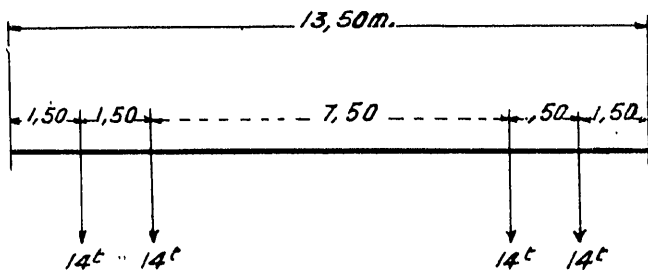
trenes tipo correspondientes a tramos metálicos sustentadores de vía estrecha.

En la figura número 6 aparece el croquis de la locomotora que en doble tracción también de tipo eléctrico y en la Instrucción suiza ha de remolcar un

Figura 5.^aFigura 6.^a

efectos el tren suizo, por ser la sobrecarga uniformemente repartida equivalente al peso de los vagones de 7 474 kilogramos por metro lineal, en vez de 6 400 kilogramos, que corresponde al tren español, además de que las sobrecargas aisladas por ejes para estos

número indefinido de vagones, cuyo croquis se representa en la figura número 7, admitiéndose la posibilidad de que en las líneas en las que circulan automotores se constituya un tren ilimitado formado por unidades de esta clase, cuyo croquis individual apa-

Figura 7.^aFigura 8.^a

vagones son de 25 toneladas en aquel tren tipo y de 16 toneladas en éste, para separaciones mínimas análogas de 1,50 metros.

El tren ligero suizo es de menores efectos, cualquiera que sea la luz del tramo, pues aunque los vagones son los mismos que se prevén para el tren pesado y por ello la sobrecarga virtual por metro lineal

rece en la figura número 8, de características semejantes al del vagón objeto de la figura número 7.

En el cuadro que a continuación se inserta aparece la comparación de estas unidades con las que constituyen el tren tipo de la Instrucción española, según croquis que también se copia en las figuras números 9 y 10.

CARACTERÍSTICAS	INSTRUCCIÓN SUIZA				INSTRUCCIÓN ESPAÑOLA			
	Locomotora.	Ténder.	Locomotora y ténder.	Vagón.	Locomotora.	Ténder.	Locomotora y ténder.	Vagón.
Número de ejes. . .	6	»	6	4	5	4	9	4
Separación máxima. .	3,00 m.	»	3,00 m.	7,50 m.	2,50 m.	2,50 m.	2,50 m.	5,40 m.
Separación mínima. .	1,50 m.	»	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,50 m.	1,40 m.
Peso del eje más cargado	14 ton.	»	14 ton.	14 ton.	16 ton.	14 ton.	16 ton.	14 ton.
Longitud total	13'50 m.	»	13,50 m.	13,50 m.	11,50 m.	8,00 m.	19,50 m.	10,40 m.
Peso por m. l.	6 222 kg.	»	6 222 kg.	4 148 kg.	6 260 kg.	7 000 kg.	6 564 kg.	5 384 kg.

De la comparación puede deducirse que el tren español es más fuerte que el suizo, pues aunque existe prácticamente igualdad en las dos sobrecargas uniformes, equivalentes por metro lineal para ambas locomotoras, si se consideran sus efectos para ambos elementos del piso, muy especialmente, son más fuertes en la locomotora española al ser los pesos de sus ejes de 16 toneladas contra 14 toneladas en la suiza para análogas separaciones; si se considera aquella

Resumiendo lo expuesto, se aprecia que para vía ancha, a partir de 36,00 metros de luz, se precomizan sobrecargas superiores en la Instrucción suiza, pero para los demás trenes estudiados son de efectos inferiores a los españoles.
Es conveniente comparar las prescripciones de las dos Instrucciones, suiza y española, con los tipos reales de locomotoras eléctricas empleados en la Compañía del Norte, que es la entidad nacional que ha elec-

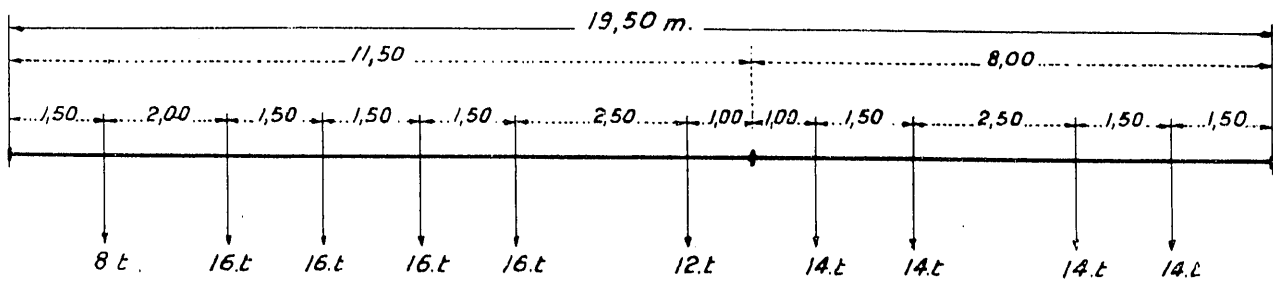


Figura 9.a

unida al ténder en el tipo español, aumentan sus efectos al ser las sobrecargas uniformes de 7 000 kilogramos por metro lineal, es decir, experimentan sensible aumento.
Si se consideran los vagones también para pesos iguales de sus ejes aislados, hay un exceso de peso por metro lineal en la Instrucción española de 1 236 kilogramos, o sea, del 23 por 100 en más.

trificado mayor longitud de sus líneas, resultando un gran margen tanto en una como en otra sobre esta realidad.
Los ejes más pesados de estas locomotoras que posee la Compañía del Norte corresponden a los tipos de la serie 1 001 a 1 007; son de 18,7 toneladas con separación mínima de 2,80 metros y sobrecargas uniformes por metro lineal de 6 678 kilogramos.

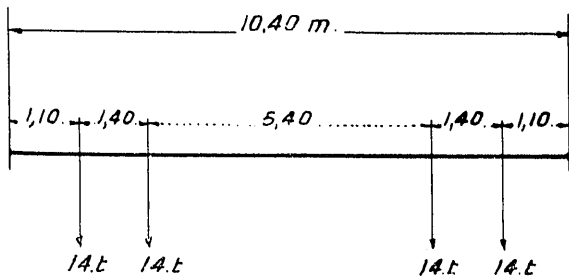


Figura 10.

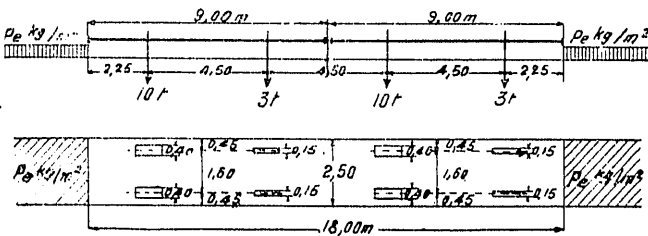


Figura 11.

Análoga superioridad existe si se admite para las secundarias la circulación de automotores formando un tren ilimitado de éstos, puesto que sus características coinciden con las de los vagones del tren eléctrico, muy inferiores a las componentes del tren español.

La sobrecarga uniforme mayor ofrecida por estas locomotoras eléctricas, es la de 7 717 kilogramos por metro lineal, pero en cambio los ejes pesan sólo 17,00 toneladas con separación mínima de 1,95 metros; y si por último se examina la serie 6 001 a 6 006

que tiene sus ejes acoplados con mínima separación de 1,752 metros, el peso de éstos se reduce a 13,25 toneladas, con peso por metro lineal de 7 562 kilogramos.

Vemos, pues, que aun considerando estas realidades de tipo eléctrico, existe margen amplísimo en las previsiones establecidas en las dos Instrucciones estudiadas.

Pasemos ahora a las sobrecargas previstas para los tramos para carretera:

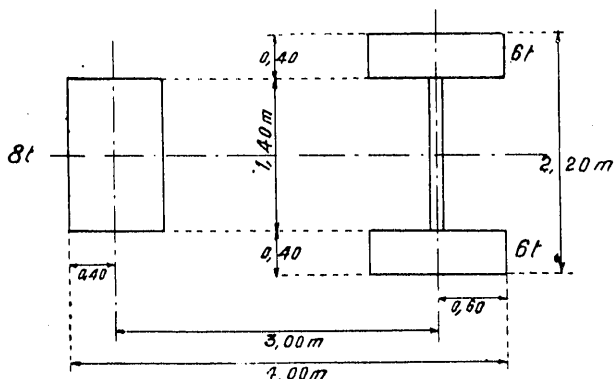


Figura 12.

Puede apreciarse, en primer término, una considerable diferencia de criterio fundamental en las dos Instrucciones: en la suiza se establecen trenes tipo para el cálculo con ancho de la zona ocupada por los mismos de 2,50 metros cada uno, y en la española sólo tiene un ancho de 2,00 metros, lo que permite cargar más la calzada; además, en aquella, como máximo, se admite la posibilidad de colocar dos trenes en dicha calzada, es decir, ocupando como máximo una zona de ancho de 5,00 metros, en tanto que en la Instrucción española se admite la posibilidad de la coexistencia de cuatro trenes en la calzada, cuando ésta tenga por lo menos 8,00 metros de anchura, con lo que, como es natural, la sobre-

tipo de dos camiones, uno a continuación del otro, figura número 11, de 13 toneladas cada uno, con la distribución representada en dicha figura, precedidos y seguidos por sobrecargas uniformemente repartidas, variables según la fórmula siguiente:

$$P^s = 500 - 2 l$$

siendo l la luz en metros del tramo; esto lleva a hipótesis, a mi juicio reducidas, que en la Instrucción

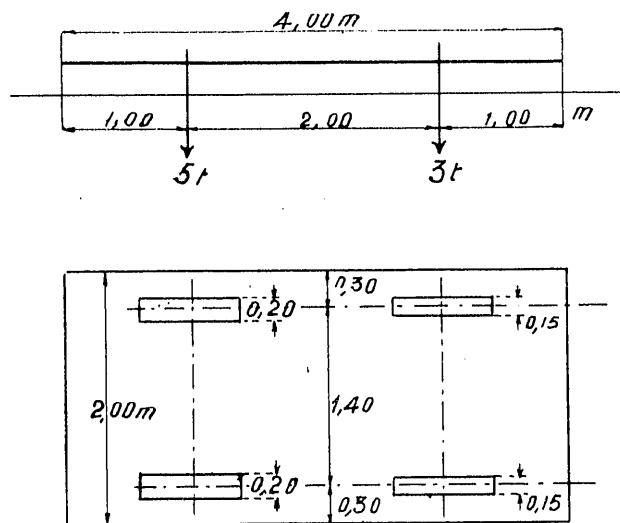


Figura 14.

española, donde los trenes tipos para tramos para carretera son precedidos y seguidos igualmente por sobrecargas uniformes e iguales para todas las luces de 450 kilogramos por metro cuadrado, que equivalen a la posible aglomeración de gente que en grandes concurrencias puede llegar, como ha demostrado la experiencia, hasta seis personas por metro cuadrado, considerando más lógico este criterio que el de hacer variar esta aproximación en función de la luz,

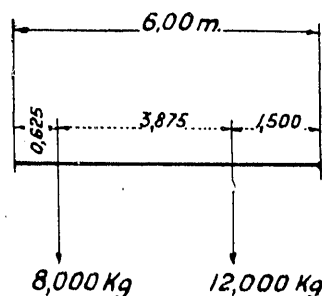


Figura 13.

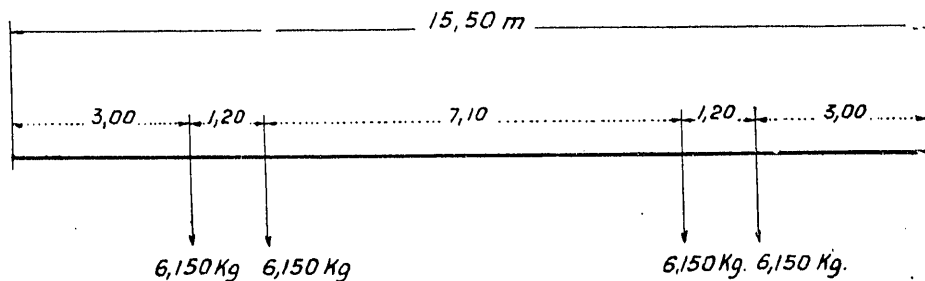


Figura 15.

carga hipotética de ésta es mucho mayor, caso muy posible especialmente en tramos próximos a poblaciones que son precisamente a los que se proporciona mayor anchura y en los que es preciso no establecer restricciones ni prohibiciones de paso que producen, por las circunstancias de dichos tramos, muy mal efecto.

Señalada esta importante diferencia, que a mi juicio hace más conveniente y apropiada la prescripción española, veamos ahora la comparación de las sobrecargas que una y otra prescriben:

En la Instrucción suiza se compone cada tren

lo que no se ve justificado por ninguna parte.

Para las luces inferiores a 25,00 metros, la sobrecarga superficial es mayor o igual a 450 kilogramos; para luces mayores, disminuye rápidamente, llegando, por ejemplo, a los 100 metros de luz, a 300 kilogramos por metro cuadrado, que estimo insuficiente.

Establece también, figura número 12, la necesidad de comprobar la resistencia de los tramos de luces inferiores a 25,00 metros por el paso de un rodillo compresor, cuyo croquis se representa en aquella.

Dicho rodillo, de 20 toneladas de peso total, proporciona una sobrecarga por metro cuadrado de 2 500 kilogramos, en tanto que el rodillo compresor, figura número 13, prescrito en la Instrucción española para análogo peso total, cubre mayor superficie, lo que reduce la sobrecarga unitaria a 1 666 kilogramos, no debiendo olvidarse que la Instrucción suiza no prescribe, por el contrario, una muy fuerte sobrecarga que en la española se establece, cual es el paso de una sobrecarga aislada de 13 toneladas, de efecto muy superior a todas las anteriormente expuestas, además de que en la suiza el rodillo compresor no está como en la española, precedido y seguido de sobrecargas uniformemente repartidas de 450 kilogramos por metro lineal y la posibilidad de que en un tramo, por ejemplo de 6,00 metros de anchura de calzada, sean tres los rodillos que han de entrar en cálculo, en tanto que en aquella es uno solamente el que ha de considerarse.

Puede comprobarse cuánto más rigurosa es nuestra Instrucción aproximándose más a la realidad, que la Instrucción suiza.

Esto, para los tramos correspondientes a caminos en los que no está permitido el paso de camiones muy pesados, prescribe la comprobación del paso de un vehículo de 8 toneladas de peso total, figura número 14, con peso por metro lineal de 2 000 kilogramos y de 1 000 kilogramos por metro cuadrado.

Para las pasaderas exclusivamente recorridas por peatones, exige el cálculo de la supuesta sobrecarga uniformemente aplicada en toda la extensión de 500 kilogramos por metro cuadrado, en tanto que en la Instrucción española solamente se exige, como ya se ha dicho, la de 450 kilogramos; aquella prescripción la estimo en contradicción con cuanto se ha hecho observar de que la sobrecarga uniforme que precede y sigue a los camiones detallados anteriormente varía con la luz, cuando en este caso se considera uniforme y única, cualquiera que sea ésta, o sea, se sigue el criterio de la Instrucción española.

En la figura número 15 se prevé en ésta para luces superiores a 32,00 metros un tren de tres vehículos de tranvías, cuyo croquis se representa, que proporciona una sobrecarga uniforme por metro cuadrado cubierto de 793 kilogramos, inferior por unidad superficial a las anotadas en la Instrucción suiza, pero en conjunto, al tratarse de tres coches con una sobrecarga total de 79 800 kilogramos, ésta es muy superior a las previstas en aquella.

Como resumen de cuanto se refiere a las sobrecargas para tramos metálicos para carretera, resulta muy superior y más aproximado a la realidad cuanto se prescribe en la Instrucción española.

En el próximo número terminaremos el estudio comparativo de ambas Instrucciones.

Domingo MENDIZABAL,
Profesor de la Escuela de Caminos.

Acerca de la dosificación de hormigones

En la inmensa mayoría de los pliegos de condiciones se define la dosificación del hormigón, expresando el cemento en kilogramos y la arena y grava en litros, de manera que un hormigón se dice que tiene 200 kilogramos de cemento, 400 litros de arena y 800 litros de grava. Luego se definen más o menos los tamaños y calidad de los áridos, pero casi nunca se hacen indicaciones acerca del agua que pueden contener ni de la proporción total de agua de la mezcla. Queda así el hormigón muy poco definido, pues estos *detalles*, a los que apenas se concede importancia por regla general, la tienen, y muy grande, en el resultado final que se persigue, que es la resistencia del hormigón en obra.

Pero aun hay más; en estas dosificaciones se expresa el cemento en peso, bien sea por m.³ de hormigón en obra o para una cierta cantidad de áridos, pero es muy frecuente el que se cambie por dosificación en volumen para facilitar las operaciones en las obras. Así ocurre cuando las hornigoneras de que se dispone, no permiten, para la dosificación prevista, el empleo de un número entero de sacos por amasada. Entonces, es muy corriente medir también el cemento en volumen, calculando la proporcionalidad correspondiente a base del número de litros que contiene cada saco de 50 kilogramos.

Esta manera de proceder, en apariencia equivalente a la otra, puede conducir a diferencias enormes en las dosificaciones, si se tiene en cuenta que es muy variable la densidad aparente del cemento, según

como se llenen las vasijas en que se mida, y que la humedad de los áridos produce entumecimiento que, para la arena sobre todo, puede llegar a falsear las proporciones de la mezcla. Esto, aparte de la influencia que tiene el agua contenida en los áridos en la variación de la relación agua : cemento. Por estas razones nos ha parecido interesante citar algún caso concreto que pueda servir para fijar las ideas respecto al orden de magnitud de estas variaciones.

Supongamos que, con unos determinados materiales, se hace una amasada compuesta por:

100	litros	de	cemento.
200	"	"	arena, $0 \div 7$ mm.
250	"	"	gravilla, $7 \div 30$ mm.

Según el apelmazamiento al llenar las medidas, sin apisonarlas, y la humedad, a esas cantidades pueden corresponder en peso:

Densidad aparente.

100 a 150,	en promedio 125 kg. de cemento	1 a 1,5 promedio 1,25.
250 a 370,	en promedio 310 kg. de arena	1,25 a 1,85 promedio 1,55.
320 a 340,	en promedio 330 kg. de gravilla	1,28 a 1,36 promedio 1,32,
o sea, que midiendo en volumen, los pesos pueden		