

ALGUNAS NOVEDADES EN LOS PROYECTOS DE TRAMOS METALICOS

Por DOMINGO MENDIZABAL,
Ingeniero de Caminos.

Las novedades a que se aluden en el epígrafe las recoge el autor de la documentación de un concurso convocado por una importante entidad de Estados Unidos para estimular el estudio de aplicación de la soldadura a las estructuras metálicas. Algunas de las soluciones adoptadas por los proyectistas premiados se reseñan en el presente artículo y pueden ser de interés para nuestros lectores.

En el año 1936 se constituyó la entidad "The James F. Lincoln Arc Welding Foundation" con la finalidad, entre otras, de estimular los estudios sobre la aplicación de la soldadura a las uniones y enlaces de las estructuras metálicas.

Periódicamente celebra concursos, adjudicando premios de cierta consideración para la redacción de proyectos de tramos y estructuras, ajustándose a ciertas bases.

En 1950 publicó, con carácter internacional, las bases de un concurso de proyectos de tramos metálicos para carretera con uniones soldadas, indicándose a continuación las principales bases de dicho concurso.

Se trataba de un tramo para carretera de 76,25 m. de luz teórica entre ejes de apoyos, con 7,95 m. de ancho en la calzada, con vigas principales trianguladas en arco, atirantadas o no.

El trabajo máximo admitido para el metal era el de 12,65 Kg. por mm.².

Las sobrecargas habrían de ajustarse a las siguientes prescripciones:

1.^a Serie indefinida de camiones con longitud de 6,70 m., con dos ejes, pesando 3 629 y 14 516 Kg., o sea un peso total de 18 145 Kg., estando separados dichos ejes 4,267 m., y un ancho de aquél de 2,44 m.

2.^a Sobrecargas uniformemente repartidas en toda la longitud de 390 Kg. por m.², considerándose, además, una sobrecarga concentrada de 8 172 Kg. para el cálculo de los momentos y 12 712 Kg. para los esfuerzos cortantes.

Se utilizó para el impacto la fórmula:

$$I = \frac{50}{1 + 125};$$

siendo 1 la luz en pies, estando comprendidos los valores de estos coeficientes entre el 32 y 12 por 100 para las luces de 10 y 100 m., respectivamente.

Para el viento consideraba una presión horizontal de 146,5 Kg. por m.², y para los esfuerzos laterales, 298 Kg. por m. l., situada esta fuerza a 1,83 metros sobre el pavimento.

Al expresado concurso concurrieron veintiséis Ingenieros con otros tantos proyectos, habiéndose ad-

judicado los tres primeros premios, consistentes en 5 000, 2 500 y 1 250 dólares y diez accésits de 200 dólares, cada uno.

A continuación y de un modo extraordinariamente resumido, se señalan algunas características y disposiciones de los proyectos distinguidos con los tres primeros premios, y seis a los que se han adjudicado accésits, llamando la atención, y esto corresponde al encabezamiento de este artículo, sobre las disposiciones que, por lo menos para mí, presentan más interés y novedad, habiéndose cumplido en todos ellos, como es natural, la condición de que las uniones fuesen soldadas.

Todos los datos que a continuación se insertan están recopilados en la obra que he consultado de J. Lincoln, que lleva el título *Welded Highway Bridge Design*.

1.^o Autor: J. Jennison (norteamericano). *Primer premio.*

Arco atirantado con flecha de 13,75 m. Los montantes y elementos de los arriostramientos superior e inferior son tubos estirados de 20 cm. de diámetro aquéllos y 15 cm. estos últimos.

En la figura 1.^a se aprecia la disposición de un nudo o enlace de dos elementos del arriostramiento inferior con la cabeza correspondiente.

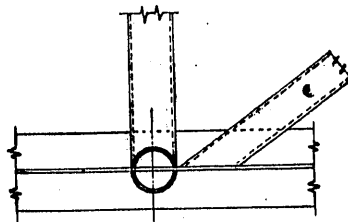


Figura 1.^a

Entre otras ventajas que con esta disposición se señalan, existe la de reducir la superficie que ha de pintarse, consiguiéndose alguna economía. Además, perfecta simetría e identidad del radio de giro en cualquier dirección, presentando un aspecto de mayor ligereza.

2.º Autor: E. Amstutz (suizo). *Segundo premio.*

Arco atirantado con flecha de 7,65 m. Cabeza de sección tubular de 2 cm. de espesor y diámetro de 0,915 m., con excepción de sus zonas extremas, en que se reduce el diámetro a 0,61 m.

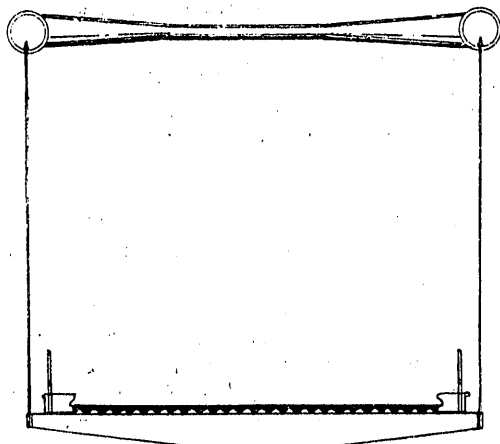


Figura 2.ª

La unión de la cabeza superior con el arriostramiento se realiza por medio de tubos espaciados 15,25 metros, en forma abocinada, desde el diámetro de las cabezas superiores a 0,30 m. en el centro (figuras 2.ª y 3.ª).

Los montantes están formados por dos redondos de 38 mm. y su unión con la cabeza puede apreciarse en la figura 4.ª.

Es interesante la articulación en el extremo de los arcos, formada por biela y elemento fijo (figura 5.ª).

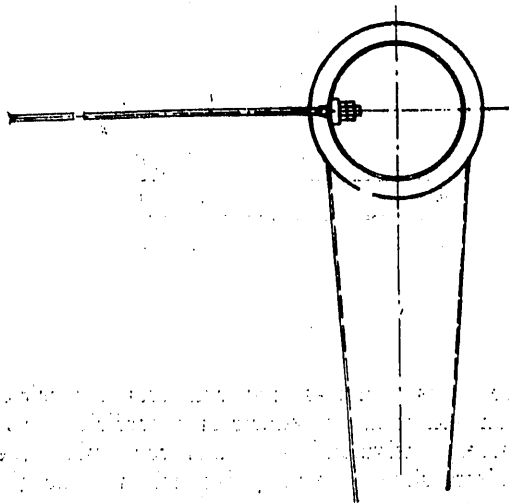


Figura 3.ª

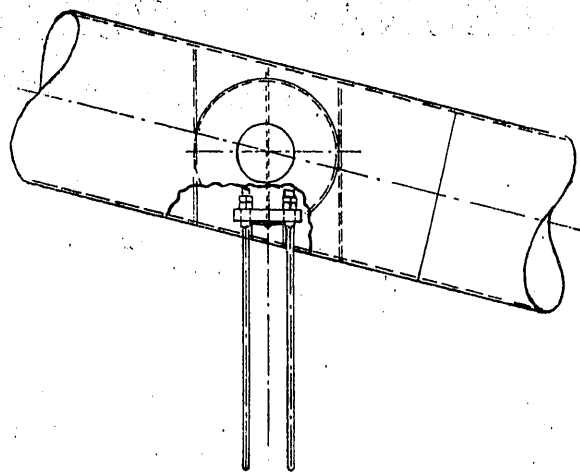


Figura 4.ª

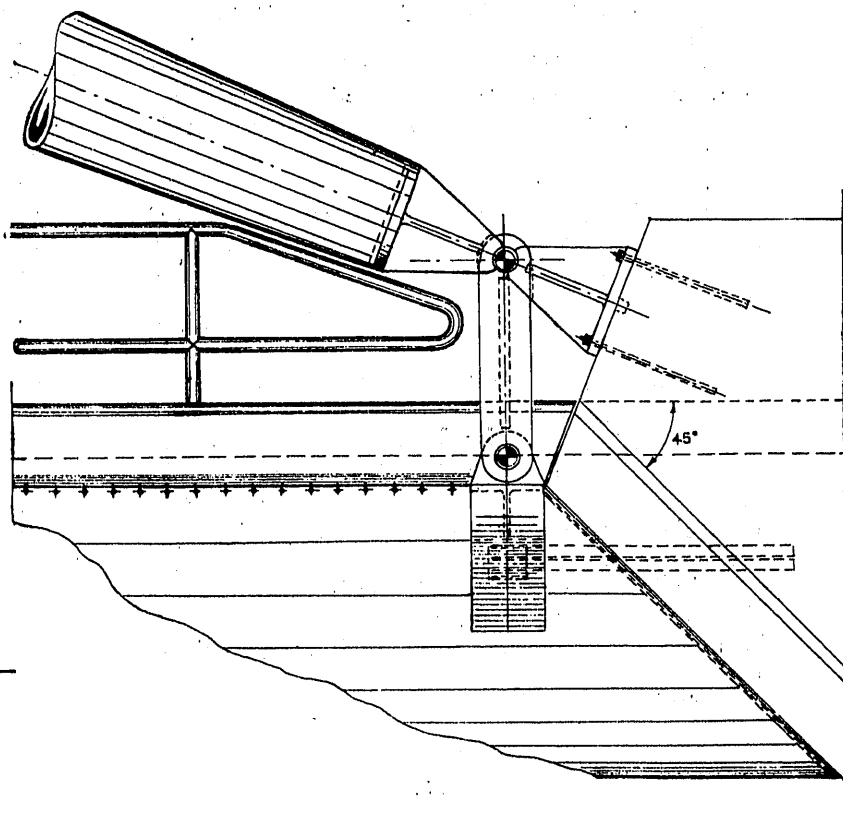


Figura 5.ª

3.º Autor: T. Kavanagh (norteamericano). *Tercer premio.*

Dos arcos situados en planos inclinados, unidos en sus claves (figura 6.ª), presentando en planta la forma de dos triángulos curvilíneos.

Esta disposición, muy poco usada, presenta, según el autor, entre otras, las siguientes ventajas:

Desde el punto de vista económico, puede llegar a una reducción en el peso de los elementos del arriostamiento superior hasta en un 80 por 100 del correspondiente al tipo de vigas paralelas, y al coinci-

gular, aparece en la figura 7.^a, con el inconveniente de que las viguetas han de ser de mayor dimensión para poder alojar el gálibo de las sobrecargas circulares.

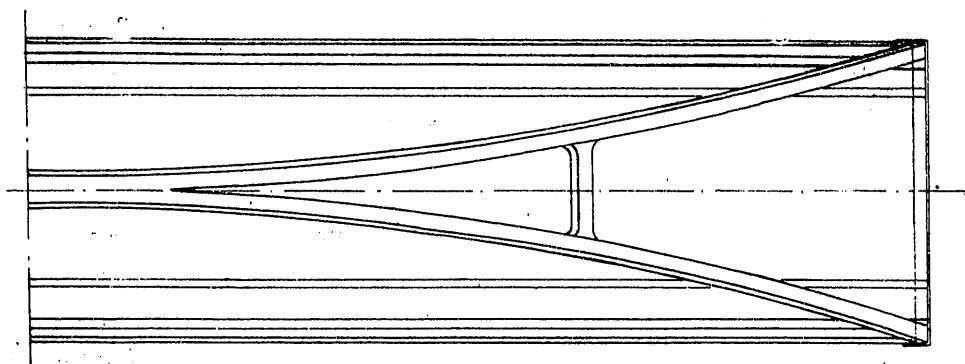


Figura 6.ª

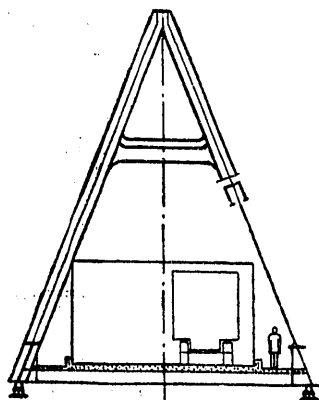


Figura 7.ª



Figura 9.ª

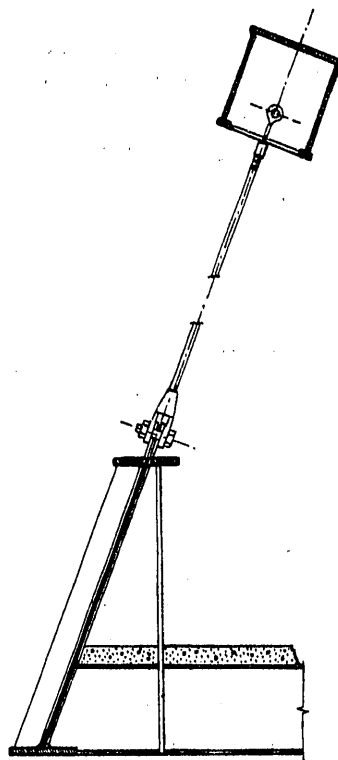


Figura 8.ª

dir en las claves también se produce disminución en su peso.

Los montantes o elementos sustentadores del piso son redondos, de 32 mm. de diámetro y están galvanizados.

La flecha de las vigas principales alcanza a 15 m. La sección transversal del tramo, de contorno trian-

Las figuras 8.^a y 9.^a representan, respectivamente, la unión de los montantes con la cabeza superior y su enlace con las viguetas en la primera y en la segunda sección transversal de la cabeza común en la clave de los dos arcos.

Los proyectos que a continuación se citan fueron objeto de accésits:

4.º Autor: W. Gorgolewsky (polaco).

Flecha, 9,80 m.

La sección de su cabeza es rectangular, completamente cerrada, constituida por cuatro palastros. Los

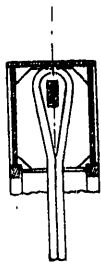


Figura 10.



Figura 11.

montantes sustentadores de los elementos del piso están formados por dos barras redondas de 51 m. de diámetro, las que, en doble forma de lazo, establecen la unión con la cabeza y elementos de aquél, según puede apreciarse en las figuras 10 y 11.

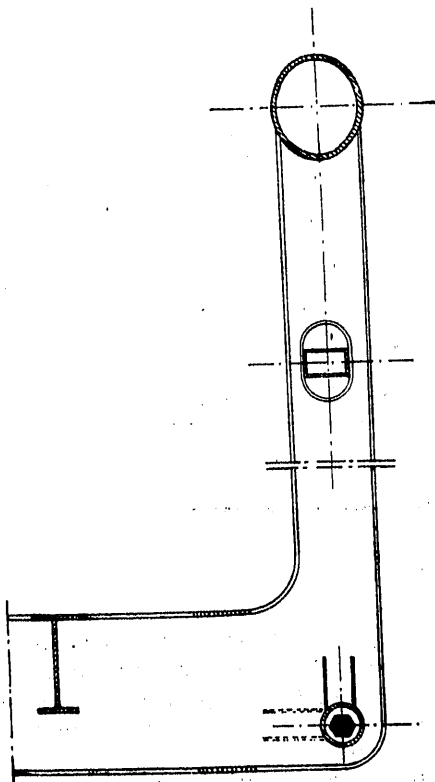


Figura 12.

5.º Autor: A. Arild (noruego).

Flecha, 11,50 m.

La sección de su cabeza es tubular, de 21 cm. de diámetro. Su espesor, 26 mm.

En la figura 12 se aprecian las disposiciones y sección de la cabeza y la unión con las tres primeras viguetas de cada extremo, en tanto que para las demás es distinta la disposición, con dos redondos de 25 mm. de diámetro, apreciándose su unión en la figura 13.

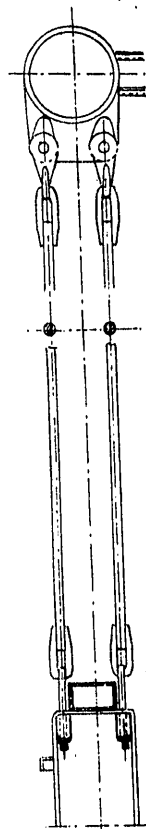


Figura 13.

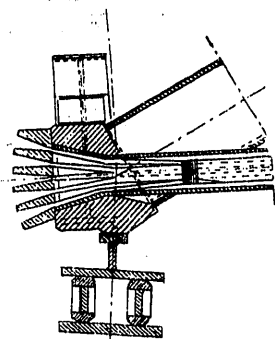


Figura 14.

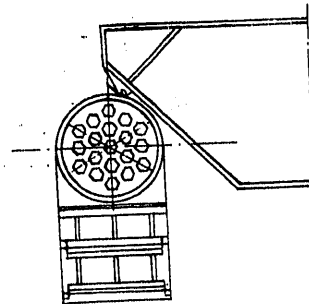


Figura 15.

El atirantado de los extremos de los arcos se logra por medio de un cable formado por 19 cables secundarios retorcidos, formados cada uno de éstos por siete alambres de 10 mm.

En las figuras 14 y 15 se aprecia la disposición del amarre de este cable y el apoyo de una vigueta sobre el mismo.

6.º Autor: E. Bratsche (norteamericano).

Flecha: 12,52 m.

La disposición que ofrece alguna novedad en este proyecto corresponde a su cabeza, de sección rectan-

gular (figura 16), constituida por cuatro palastros: los horizontales de 30 y 51 cm. y 76 cm. los verticales, con espesor general de 18 mm., soldándose en sus cuatro vértices tubos de 15 cm. de diámetro.

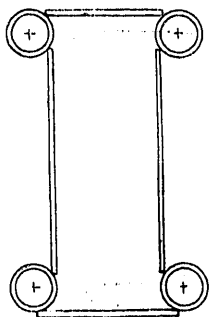


Figura 16.

próximas están fuertemente enlazadas (figura 17), constituyéndose robustos pórticos de entrada.

Las viguetas en sus extremos están curvadas, figuras 18 y 19.

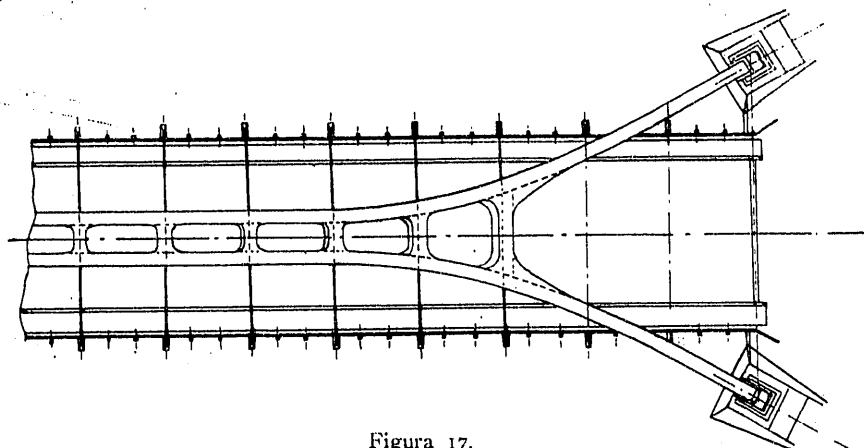


Figura 17.

7.º Autor: W. Dobert (norteamericano).

Arco empotrado con flecha de 12,80 m.

Las vigas principales, dispuestas en plano inclinado, en sus partes superiores, aunque no unidas, muy

8.º Autor: A. Foster (norteamericano).

Con vigas Bowstring, con flecha de 13,75 m.

La novedad que presenta este proyecto corresponde a la disposición en alzado de sus vigas principales (figura 20), con diagonales radiales no paralelas, sin constituir una verdadera triangulación.

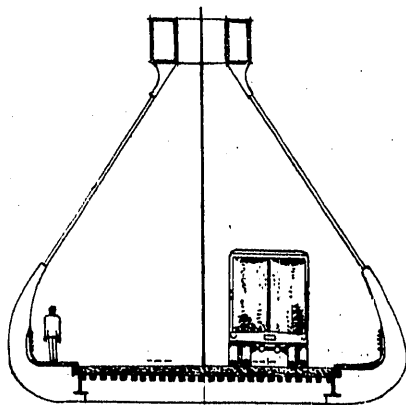


Figura 18.

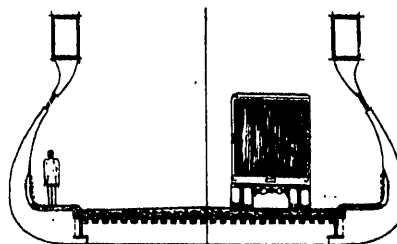


Figura 19.

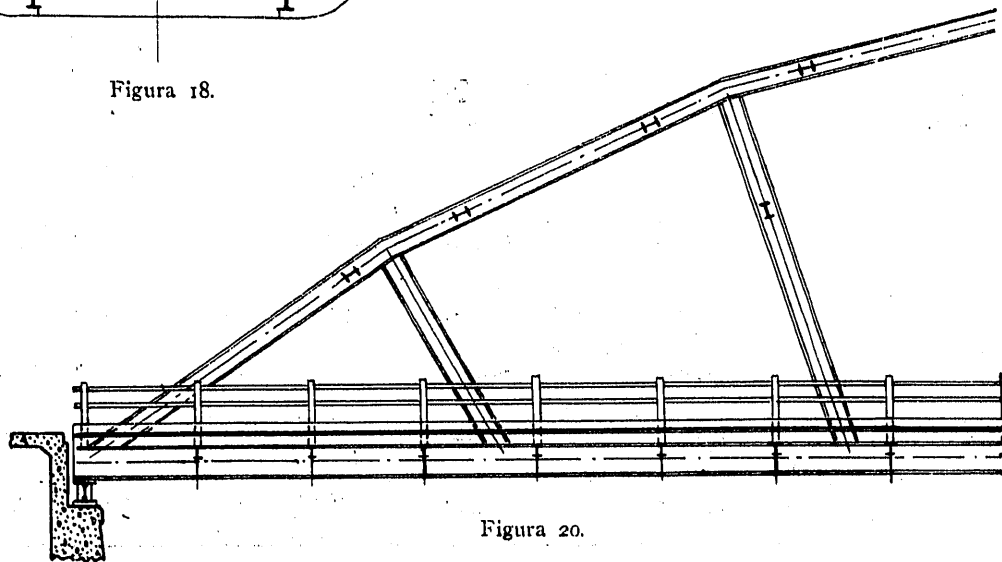


Figura 20.

9.º Autor: F. Hay Hayes (sudafricano).

Arco parabólico.

Con diagonales en las partes laterales de las vigas principales, no concurriendo en nudos de la cabeza superior y sí en la zona central y con coincidencia

esquemá, que puede considerarse general de los cuatro proyectos con enlaces soldados estudiados, más interesantes, por Jenison, Amstatz, Kavanagh y Gorgolewsky, variando entre 198,8 y 155,3 toneladas sus pesos respectivos.

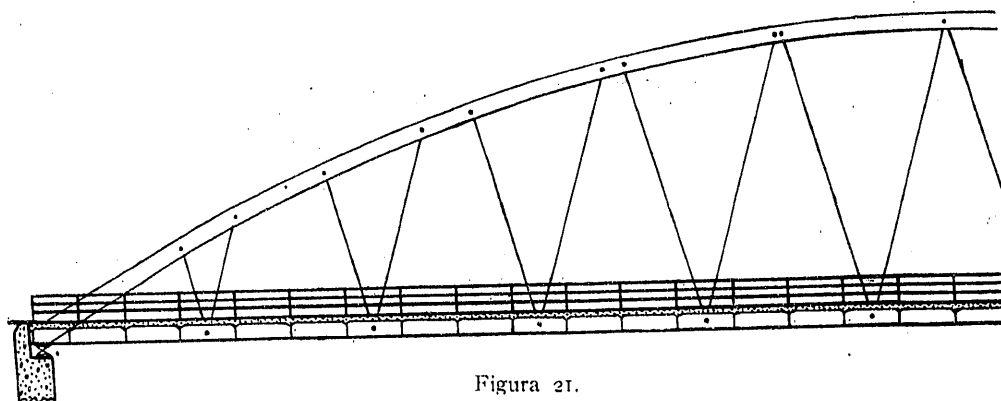


Figura 21.

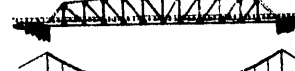
en la cabeza inferior, formando células triangulares y trapeciales, según su situación, concurriendo en una recta horizontal tangente a la clave de la cabeza superior (figura 21).

Utilizando los datos que se encuentran en la obra aludida, se puede establecer una comparación entre el peso de los más interesantes proyectos aludidos y otros con análogas luces y condiciones, con los enlaces roblonados y naturalmente para análogas sobrecargas.

En el cuadro inserto a continuación se incluye el

Se incluyen también análogos datos correspondientes a cinco proyectos con diferentes tipos de tramos con uniones roblonadas, variando sus pesos, asimismo, entre 255,5 y 218,2 toneladas.

Comparando el peso del proyecto al que se ha adjudicado el primer premio, o sea el estudiado por Jennison, que no es el de menor peso de los soldados ni premiados, o sea 172 toneladas, y el más ligero de los roblonados, que es el tramo empotrado con cabeza en arco triangulado, o sea 218,2 toneladas, resulta una diferencia de 46,2 toneladas en favor de la estructura soldada, que representa, si la

		Vigas principales	Arriostros	Pisos	Varios	TOTAL
		Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas
Proyectos soldados del concurso	Jennison. . .	98,2	14,6	46,2	13,0	172,0
	Amstatz. . .	94,2	2,1	100,0	2,5	198,8
	Kavanagh. . .	115,6	2,3	45,5	2,0	165,3
	Gorgolewsky.	82,2	16,1	50,6	6,4	155,3
Proyectos roblonados . .		146,2	29,7	72,3	7,3	255,5
		157,3	9,1	67,3	9,1	242,8
		103,0	28,3	79,6	7,3	218,2
		148,0	18,2	79,6	7,3	253,1
		136,9	20,4	67,3	2,7	277,7

comparación se hace sobre el roblonado, una reducción del 21,2 por 100, y si se hace sobre el peso del tramo soldado, un aumento del 26,8 por 100.

Ello demuestra lo que ya es sabido; es decir, la economía alcanzada en los enlaces soldados en relación con los roblonados, aunque los coeficientes calculados en este caso no sean completamente exactos al compararse tipos distintos de tramos, aunque con bases de cálculo idénticas.

A continuación, y en forma extraordinariamente concisa, haré algunos comentarios acerca de las novedades reseñadas.

Aparece en algunos de los proyectos galardondados la utilización de tubos estirados en elementos de importancia hasta ahora sólo empleados en aplicaciones secundarias y provisionales, como son cimbras, andamios, tribunas, etc.

En el primero, o sea al que se ha adjudicado el primer premio, son las barras de arriostramiento las que adoptan esta disposición.

En los proyectos que ocupan el segundo y quinto lugar, se emplean asimismo tubos; pero en elementos mucho más importantes y de mayor categoría, como son sus cabezas superiores y sus arriostramientos, también superiores.

Igualmente, y en el proyecto reseñado en sexto lugar, aparecen elementos tubulares con el carácter de refuerzo de la sección de su cabeza superior, constituida por cuatro palastros en forma de caja rectangular, mediante la colocación de cuatro tubos en los vértices de dicho rectángulo y soldados al mismo.

La concordancia que existe en varios de los proyectos presentados y redactados por eminentes especialistas, llama la atención la tendencia que parece existe para el empleo de tubos como elementos resistentes, circunstancia sobre la cual me ocupé en un artículo publicado en el número extraordinario de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS para celebrar su Centenario, como posible novedad para el porvenir de la utilización de dichos tubos, bien estirados o soldados.

Así como el empleo del roblonado hace muy difícil la utilización de tubos, en cambio en las uniones

soldadas se solucionan fácilmente las dificultades que puedan presentarse.

Ventaja indiscutiblemente importante y que debe tomarse en consideración, es la uniformidad de la sección circular en los tubos con igualdad de su radio de giro en cualquier dirección.

Otra novedad que aparece en dos de los proyectos reseñados, consiste en la formación de cabezas de sección cerrada, que, en general, hasta ahora se evitaban, por la dificultad de establecer una buena vigilancia en la conservación del material, en su parte interna, y su pintura, si esta situación lo exigía, circunstancia que aparece en primer lugar en las piezas formadas con tubos, y también en las que se indican en los proyectos cuarto y sexto, formados por cuatro palastros soldados.

También parece señalarse la utilización de redondos, bien en sección doble o sencilla, para la formación de los montantes, o, mejor dicho, de los elementos sustentadores del piso, solución, a mi juicio, acertada.

Como resolución indiscutiblemente curiosa, la que aparece en el proyecto quinto al establecer como tirante un cable formado por 133 elementos de 10 mm. de diámetro, alojado dentro de un tubo que le protege.

Otra interesante novedad aparece en los proyectos tercero y séptimo, en los que se adopta la disposición de que sus vigas principales se establezcan en planos inclinados, coincidiendo en sus partes más elevadas, economizándose así importante cantidad de material en forma de arriostramiento superior y logrando una mayor estabilidad transversal al aumentar el ancho inferior del tramo para poder dar paso a las sobrecargas que han de circular, dada la inclinación de las vigas principales, aumentándose la luz de las viguetas y el número de sus largueros.

Con lo expuesto termina la exposición de lo que considero novedad en los proyectos de tramos metálicos, teniendo en cuenta que los autores que han sido premiados son especialistas muy bien conceptuados en esta especial técnica.