

máximo de temperatura se ha observado en la galería Sur y que se ha elevado á 34,2° en el punto 5.800. Este máximo de temperatura no corresponde, por otra parte, al grado geotérmico resultante del recubrimiento máximo por las rocas. La mayor altura de la montaña (1.550 metros próximamente) se encuentra en el punto kilométrico 6.300 de la boca Sur; la temperatura de la roca en la galería en este punto ha sido claramente inferior á 34°, lo que puede explicarse por las variaciones inesperadas de constitución de los macizos montañosos.

Para el trabajo de los obreros en las galerías á esta temperatura se han tomado disposiciones especiales, principalmente pulverizaciones, sobre las rocas calentadas, de agua fría mezclada con el aire comprimido á 7 kilogramos; la dilatación de esta mezcla producía un descenso notable de temperatura.

Estado general de las obras del túnel.—En el momento del encuentro de las galerías de avance, la situación de las obras que han quedado atrás es la siguiente:

La excavación completa del túnel á plena sección está concluida en una longitud de 10.083 metros, lo que representa un 70 por 100 de la longitud total; la mampostería de revestimiento está terminada en una longitud de 9.070 metros, ó sea un 63 por 100 de la longitud total. El conjunto de las obras va por buen camino, y á fines del año 1911 quedará bien poco que hacer para la terminación completa de esta importante obra.

Los talleres de las rampas de acceso que comprenden pendientes de 27 por 1.000 y curvas de 300 metros de radio como máximo, están, por otra parte, en plena actividad; pero, á causa de las modificaciones numerosas que ha sufrido el trazado primitivo, la conclusión de estas rampas se verificará, al revés de lo que pasa en general, posteriormente á la del túnel á que deberán dar acceso.

La línea entera de Frutigen á Brigue, de una longitud total de 60,366 kilómetros, estará terminada con tiempo sobrado para ser abierta á la explotación el 1.º de Mayo de 1913, fecha fijada en los nuevos contratos concertados entre la Compañía de los Alpes Berneses y la Empresa general. Ésta debe también proveer á la Compañía del material completo necesario para la electrificación de la línea, que se explotará desde Spiez por tracción de corriente monofásica á 15.000 voltios, 15 períodos.

TRACCIÓN ELÉCTRICA

con corriente continua de alta tensión (1).

La corriente continua se aplicó á la tracción eléctrica tan pronto como se inventó el motor eléctrico, empleando como generador de energía las baterías de pilas. Davenport, de Brandon (Estados Unidos), fué el primero que construyó vehículos eléctricos con motores alimentados con baterías de pilas, el año 1835, pero ya anteriormente, Davidson, de Aberdeen, había hechos experimentos con un modelo de locomotora eléctrica. Desde 1835 hasta 1873 se progresó algo en tracción eléctrica, aunque siempre con baterías de pilas; con la invención de la dinamo en 1864, los progresos fueron mucho más importantes. En el

año 1875 instaló Green por primera vez en Kalamazoo (Estados Unidos) el sistema de tracción con conductor aéreo para la toma de corriente y con retorno de ésta por los carriles, empleando como generador de energía una dinamo.

En la Exposición de Berlín de 1879 presentó la Sociedad Siemens & Halske el primer ferrocarril eléctrico alimentado con corriente continua, con carácter experimental exclusivamente.

Poco tiempo después se instalaron líneas con tracción eléctrica en Lichterfel (Alemania) y en Portrush (Irlanda), y durante el año 1888 se inauguraron gran número de tranvías eléctricos con fines industriales.

La aplicación de la energía eléctrica á la tracción de los ferrocarriles data desde 1890, que fué cuando se estableció en Londres el primer ferrocarril subterráneo «tubular» por la Compañía The City & South London Railway; la línea eléctrica trabajaba con un voltaje de 500 voltios, muy suficiente para el gasto de energía que exigían en aquella época los ferrocarriles y tranvías.

Muchas dificultades se presentaron al principio en el funcionamiento regular de unos motores que habían de trabajar á voltaje tan elevado y en condiciones tan duras como son las que lleva consigo la tracción. Las chispas en las escobillas y entre éstas sobre el colector producían entorpecimientos muy frecuentes, pero la gran demanda por motores de esta clase hizo que se estudiara su constitución y se perfeccionara su construcción en términos tales, que hoy día son muchos los fabricantes que suministran motores, tanto para tranvías como para ferrocarriles, que funcionan con perfecta regularidad á 500 voltios.

La mayor parte de los tranvías eléctricos toman la corriente de un conductor aéreo, denominado «conductor de trabajo», mientras que los ferrocarriles la tomaban de un carril especial, disposición que, entre otras ventajas, tiene la de ser más económica que la anterior, pero que en el caso de los tranvías exige que el conductor de trabajo se coloque en una pequeña galería con abertura continua en el pavimento de la calle, como se ha hecho en Londres con resultados satisfactorios.

Con el desarrollo de las Empresas y el aumento de la energía necesaria para la buena explotación de las líneas, vino inmediatamente la elevación del voltaje á 550 y 650 voltios, modificándose simultáneamente la construcción de los motores en forma tal, que puedan trabajar satisfactoriamente con tensiones tan elevadas.

Por lo que se refiere á Inglaterra, los cuatro ferrocarriles eléctricos con corriente continua inaugurados antes de 1901, tenían motores para 500 voltios, y en nueve de los diez que se han establecido después, el voltaje de la línea es de 600 voltios.

Numerosas instalaciones de tracción eléctricas había ya en explotación cuando el motor monofásico se encontró en disposición de ser aplicado á los tranvías y ferrocarriles.

Las condiciones de sencillez, funcionamiento y economía atribuidas á los transformadores estáticos, fueron la causa de que muchos Ingenieros se pronunciaran inmediatamente en favor de la corriente alterna para el transporte de la energía, existiendo algunos, sin embargo, que no lo hicieron así, entre los cuales se puede citar ó Lord Kelins, el cual, al discutirse la memoria de Mr. Highfields «El transporte de la energía eléctrica con corriente conti-

(1) *The Electrician*, Marzo, 1911.—Autor: H. K. Whitehorn.

nua en el sistema Serie», dijo: «Siempre he mantenido la opinión de que el mejor procedimiento para transportar la energía eléctrica á gran distancia, es el que utiliza la corriente continua... Creo, por otra parte, que se debe á las condiciones especiales del transformador estático, el gran desarrollo que han adquirido las instalaciones con corrientes alternas.» Sin embargo, la opinión general es marcadamente favorable al transporte de energía con corriente alterna, y puesto que la monofásica es la que requiere la instalación más sencilla, un solo conductor aéreo en las líneas para tracción, no es de extrañar que el motor monofásico haya sido objeto de numerosos estudios, tanto de carácter teórico como experimental: su construcción ha alcanzado tal grado de perfeccionamiento, que sin vacilación alguna se puede aplicar á la tracción de ferrocarriles y de tranvías en la seguridad de que sus resultados serán altamente satisfactorios. Estos motores toman la corriente del secundario de un transformador instalado en locomotora; el voltaje de la línea está comprendido, generalmente, entre 6.000 y 11.000 voltios. Para regular la marcha de los motores monofásicos, basta variar el número de espiras del secundario comprendidas entre sus terminales, sistema al que se atribuyen grandes ventajas; pero que, en realidad, no es superior en cuanto á rendimiento al serie-paralelo que se emplea con los motores de corriente continua, puesto que cuando se tenían pocas espiras del secundario, tanto el rendimiento del transformador como el del motor son pequeños, lo mismo que el factor de potencia del segundo, circunstancias que reducen la importancia de las ventajas de aquel sistema de regulación; y que hay que tener muy presentes en la instalación de ferrocarriles eléctricos con paradas muy frecuentes.

El ferrocarril monofásico con un conductor aéreo de alta tensión es el ideal del transporte de energía eléctrica aplicada á la tracción, pero tiene el inconveniente de que los motores son muy pesados y caros. En algunos casos se han empleado locomotoras dispuestas para trabajar con corriente continua ó alterna indistintamente, sistema que lleva consigo no pocas dificultades por la gran variedad de máquinas y de aparatos que exige. El sistema de tracción con corriente alterna monofásica es el generalmente adoptado cuando se trata de ferrocarriles.

Los partidarios del sistema de corriente continua para los motores y para la línea pronto comprendieron que era necesario elevar los voltajes para poder competir con el sistema monofásico, solución que se aplicó á varias instalaciones que trabajaban con 500 voltios. La Compañía City & South London Railway sustituyó su primera línea de 500 voltios con otra de tres conductores, dos aéreos, siendo el tercero la vía: las diferencias de potencial entre aquéllos y ésta eran respectivamente $+500$ y -500 voltios, 1.000 entre los dos primeros. La línea que enlaza la Central con las subestaciones tiene 2.000 voltios.

Cuando los voltajes son elevados, se puede disminuir el número de subestaciones y se simplifica la línea de transporte; pero es preciso que el conductor de trabajo sea aéreo para seguridad de los empleados de la vía; es más caro con relación al tercer carril, por lo que se refiere á la instalación, pero más barato en cuanto á la conservación. Uno y otro sistema de toma de corriente tiene sus ventajas é inconvenientes por lo que hace á su instalación, conservación, visibilidad de señales, aspecto, cruces é influencia del hielo y de la nieve. Hasta 600 voltios se puede

emplear el tercer carril sin grandes dificultades; pero con 1.000 y 3.000 voltios conviene que el conductor de trabajo sea aéreo. En las primeras líneas que utilizaron la corriente alterna no se adoptó el conductor de trabajo aéreo, tanto por ser muy altas las diferencias de potencial como por ser muy grande la caída de voltaje en la línea, sobre todo si el conductor aéreo y el carril que cierra el circuito tenían propiedades magnéticas.

CUADRO PRIMERO

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE TRACCIÓN ELÉCTRICA CON CORRIENTE CONTINUA

	600	1.200	2.400
Diferencia de potencial en voltios	600	1.200	2.400
Línea	2 conds.	2 conds.	3 conds.
Conductos de trabajo: Posición	3er carril.	Aérea.	Aérea.
Idem id. Material	Carril Vignole	Alambre de co- bre No. 000.	Alambre de co- bre No. 0.
Idem id. Resistencia por km. ohmios	0,03	0,071	0,081
Conductos de vuelta: Material	Carril de 48 kgm.	»	»
Idem id. Resistencia por km.	0,009	»	»
Resistencia de los dos conductores	0,039	0,080	0,162
Potencia necesaria en los arranques	1.000 kv.	1.000 kv.	1.000 kv.
Corriente idem id.	1.670 a.	885 a.	417 a.
Caída de voltaje por km. (ida y vuelta)	58 v.	67 v.	134 v.
Idem id. por 100 admitida	9	9	9
Caída total del voltaje	54 v.	108 v.	216 v.
Distancia entre las sub-estaciones en la hipótesis de un tren por sección, km.	1,866	3,218	6,372

Al mismo tiempo que se perfeccionaba el motor monofásico de baja tensión para tracción, sucedía lo propio con los de corriente continua de alta tensión, construyéndose tipos para 700, 800, 1.000, 1.200 y hasta 1.500 voltios, que trabajan con resultados muy satisfactorios, á pesar de la facilidad con que en estas máquinas se producen descargas entre las escobillas sobre la superficie del colector. Sin embargo, como para la misma potencia la intensidad de la corriente disminuye al aumentar el voltaje, la conmutación se hará en mejores condiciones en los motores de 100 voltios que en los de 500. La mayoría de los de 600 se construyen con pilas suplementarias para mejorar la conmutación y reducir todo lo posible la tendencia á las descargas entre escobillas, disposición que también se adopta en las de alta tensión.

Tales descargas se inician con una pequeña chispa que salte entre las escobillas y el colector, que recorre éste por virtud de la diferencia de potencial que existe entre sus delgas, lo cual es tanto mayor cuanto mayor es también la que hay entre escobillas. Este fenómeno es completamente distinto del que constituye las chispas entre las escobillas y el colector producido por la reactancia de las espiras del inducido, que ponen en corto circuito las escobillas, y en el que tienen mucha influencia tanto la intensidad de la corriente como la velocidad del motor.

CUADRO II

LÍNEA DE GANZ CON MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA DE 1.000 VOLTIOS

TIPO	Potencia. — Caballos.	Velocidad. — Vueltas por mi- nuto.	Peso sin transmisión. — Kilogramos.	Peso por caballo. — Kilogramos.
TS. 70	52	650	1.160	22,3
TS. 100	75	650	1.410	18,8
TS. 120	92	600	1.720	18,7
TS. 135	120	590	2.140	17,8
TS. 150	150	550	2.320	15,5

El peso por caballo de los motores monofásicos es el doble del correspondientes á los trifásicos, y más del doble del que tienen las de corriente continua cuando las velocidades son las mismas. Hay muchos casos en los que ni siquiera se toma en consideración el sistema trifásico, tanto por que exige, por lo menos, dos conductores aéreos, como por las dificultades que lleva consigo la regulación de la velocidad de los motores, las cuales, sin embargo, se han vencido en estos últimos tiempos en grado suficiente para permitir la aplicación de tal sistema de tracción donde las instalaciones trifásicas son muy frecuentes.

Es indiscutible, tomando por base lo que enseña la experiencia, que el sistema de tracción con corriente continua á 600 voltios y con tercer carril, es el preferible para las líneas urbanas de pequeña longitud, pero desde que ésta pasa de 25 ó 30 kilómetros, y la distancia entre las estaciones es grande, el servicio es análogo al de un ferrocarril y el transporte económico de la energía exige que el voltaje sea elevado. Los motores monofásicos trabajan en mucho mejores condiciones cuando las paradas son escasas que cuando son frecuentes, siendo su rendimiento proporcional al voltaje de la línea. La superioridad económica de estos motores es tanto mayor cuanto más alto es el voltaje de la línea, circunstancia que no se hace sensible hasta que la longitud de la línea, fuera del casco de la ciudad, pasa de 25 ó 30 kilómetros. Para armonizar condiciones tan opuestas se ha propuesto el empleo de motores Serie que trabajan con corriente continua á 600 voltios en el interior de la población, y con corriente alterna cuando la longitud fuera de ésta pasa de 20 kilómetros. El uso de dos clases de corriente no deja de tener sus inconvenientes, pero está plenamente justificado cuando el tráfico es muy activo y las paradas en el interior de la población han de ser muy frecuentes.

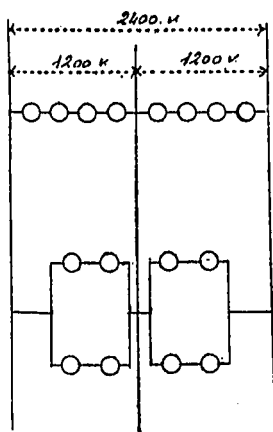


Fig. 1.

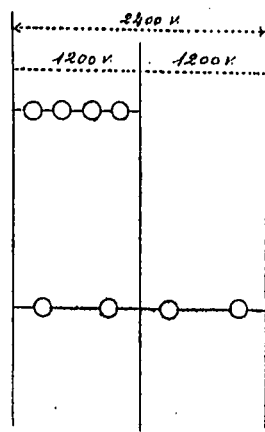


Fig. 2.

El sistema de corriente continua con voltaje elevado permite una explotación económica, por muy variadas que sean las condiciones del tráfico, puesto que se puede adoptar la tensión de 600 voltios en el interior de la población con motores independientes, mientras que en el exterior se eleva á 1.200 y se agrupan los motores de dos en dos, y mejor aún á 2.400 con dos conductores aéreos, constituyendo el carril el neutro.

Con motores de 600 voltios hay que establecer dos en serie entre cada conductor y el carril, es decir, cuatro entre los conductores de trabajo. Los dos motores de cada grupo han de funcionar con la misma velocidad, resultado que se consigue haciendo que los dos piñones de cada uno

de ellos engranen con la misma rueda, disposición adoptada en varias instalaciones, entre otras, en el ferrocarril Viena-Stadtbahn, construido por la Compañía Kririk con dos conductores de trabajo aéreos á 3.000 voltios entre sí fuera de las poblaciones; los motores están dispuestos para trabajar con 750 voltios en el interior de aquéllas y se conectan en serie, por grupos de dos, cuando la tensión de la línea entre cada conductor de trabajo y el carril es 1.500 voltios.

Cuando la línea tiene dos conductores de trabajo se pueden seguir dos procedimientos para regular la marcha de los motores en los arranques: uno, con ocho motores en cuatro grupos de dos en serie, se considera que no hay más conductores que los de trabajo y se colocan primero cuatro motores en serie y después dos grupos en paralelo entre cada uno de aquellos y el carril (fig. 1.); el otro procedimiento es el representado en la figura 2.

CUADRO III

FERROCARRILES ELÉCTRICOS ALIMENTADOS CON CORRIENTE CONTINUA DE ALTA TENSIÓN

LÍNEAS	LONGITUD de la línea. — Kilómetros	VOLTAJE de la línea. — Voltios	VOLTAJE de los motores. — Voltios.
América.			
Indianapolis and Louisville.....	63	1.200	600
Pittsburg, Harmony, Butler and Newcastle.....	103	1.200	600
Louthern Cambrian Railway.....	38	1.200	600-1.200
Sapulpa Interurban Railway....	14	1.200	600-1.200
Aroostook Valley Railway.....	19	1.200	600-1.200
Central California Trac. Co.....	25	1.200	1.200
Washington, Baltimore and An- napolis.....	96	1.200	600-1.200
Southern Pacific R. R. C.....	19	1.200	600-1.200
Milwaukee Electric Railway....	145	1.200	600-1.200
Shore Line Elec. Ry. New Haven.	84	1.200	600-1.200
Indianapolis, Columbus, & Lou- thern Trac.....	66	1.200	600
Alemania.			
Cologne-Bonn-Rhine Shore Ry..	23	1.000 550	1.000
Berchtesgaden-Landesgrenze..	13	1.000	1.000
Moselle-Maizieres Ry.....	14	2.000	1.000
Wendelstein Ry.....	—	1.500	—
Líneas locales de Francfort....	—	—	—
Berlin.....	—	800	1.000
Colonia.....	—	700-800	700-800
Suiza.			
Bellinzona-Mesocco.....	32	1.500	750-1.500
Bernina.....	61	1.000	1.000
Wengernalp.....	19	1.500-2.000	750-1.000
Bissigthal.....	13	1.000	1.000
Berner Oberland.....	63	800-1.000	800-1.000
Ferrocarriles eléctricos de La Gruyère.....	43	750-1.000	750-1.000
Langenthal-Jura.....	16	—	—
Arth-Rigi.....	3	750-1.000	750-1.000
Italia.			
Brescia-Toscana.....	—	1.200	—
Monza-Meda-Cantu.....	—	1.200	—
Castellamare de Stabia Sorrento.	19	825	825
Austria.			
Innsbruck-Hall.....	13	1.000	1.000
Salzburg-Landesgreuse.....	13	1.000	1.000
Trien-Malé.....	61	800	800
Dermallo Mendel.....	—	800	800
Tabor-Bechyně.....	23	1.500	750
Viena-Stadtbahn.....	28	1.500-3.000	750-1.500

LÍNEAS	LONGITUD de la línea, — Kilómetros.	VOLTAJE de la línea — Voltios.	VOLTAJE de los motores, — Voltios.
Hungría.			
Budapest-Soroksar-Haranti.....	16	1.000	1.000
Budapest-Extollo.....	28	1.000	1.000
Budapest-Srt.-Kndre.....	23	1.000	1.000

En el ferrocarril de Mozelle, á pesar de que se disponía de corriente alterna trifásica con 5.700 voltios, no se utilizó por el número de conductores de trabajo que exige; tampoco se aceptó la corriente continua con 800 voltios por la gran longitud de la línea; las dos soluciones que se estudiaron fueron el sistema de corriente continua con tensión elevada y el monofásico, el primero con 2.000 voltios, y el segundo con 6.000, el cual no se aceptó porque con el ancho que tenía la vía, un metro, los motores que se podían colocar en las locomotoras no podían pasar de 60 caballos, mientras que los de corriente continua podían llegar á 160.

En el ferrocarril Wáshington, Baltimore & Annapolis (96 kilómetros), la naturaleza del subsuelo de algunas calles de Wáshington limitó el peso de las locomotoras á 40 toneladas, razón por la cual se adoptó el sistema de corriente continua; el mismo servicio con corriente monofásica hubiera exigido locomotoras de 60 toneladas.

Los ferrocarriles de Milwaukee y de Rotterdam-Hague han sustituido el sistema de tracción con corriente monofásica por el de corriente continua de alta tensión.

a

NUEVO PROYECTO

de reconstrucción del puente de Quebec sobre el San Lorenzo.

Las obras de construcción del nuevo puente sobre el San Lorenzo, que debe reemplazar en Quebec al que se hundió el 29 de Agosto de 1907, según se publicó oportunamente en esta REVISTA, han sido adjudicadas el 4 de

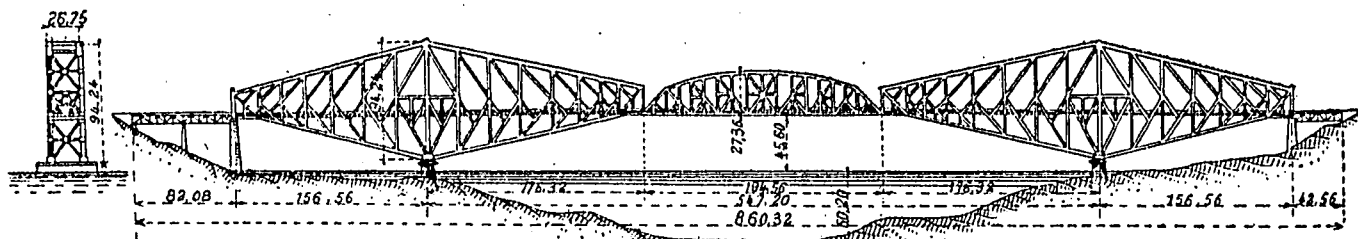
El contrato prevé un gasto de 8.650.000 dollars, habiéndose exigido á los contratistas una fianza de 1.279.500 dollars. Añadiendo á aquella cantidad lo que costará la mampostería de las pilas y de los estribos, el coste total de la obra vendrá á ascender á 12 millones de dollars próximamente. La fecha de conclusión del puente se ha fijado en el 31 de Diciembre de 1915.

La adopción de este nuevo proyecto ha dado ocasión á varias peripecias. La adjudicación preveía que los pliegos que se presentaran al concurso podían adaptarse al proyecto de la Comisión de Ingenieros ó á algunas de la cinco variantes de este proyecto previstas por esta Comisión ó á los proyectos completamente diferentes que podían presentar los contratistas.

La Sociedad á la que se ha adjudicado la construcción ha presentado siete proyectos nuevos, además de someterse á los seis proyectos oficiales. Otras tres Sociedades habían también presentado pliegos: La Maschinen fabrik Augsburg-Nürnberg A. G. de Gustavsborg (Alemania) que se sometía á tres proyectos oficiales y presentaba un proyecto nuevo; la British Empire Bridge C.^o, de Montreal, sometiéndose á los seis proyectos oficiales, y la Pennsylvania Steel C.^o, de Steelton (Estados Unidos), que se sometía á diez proyectos oficiales (variantes en el montaje para un mismo proyecto) y presentaba un proyecto nuevo concebido por M. Gustav Lindenthal, el autor de los grandes puentes construidos sobre el East River, entre Nueva York y Brooklyn.

La posibilidad de modificar el proyecto oficial de la Comisión de Ingenieros dió origen á violentas críticas. Desde que comenzó el examen de los pliegos surgieron dificultades de todos órdenes que terminaron con la dimisión, de gran resonancia, de M. E. H. Vautelet, de Montreal, Presidente de la Comisión de Ingenieros que, por consecuencia, no quedó compuesta más que de M. Charles Mac Donald, de Brockville (Canadá) y de M. Ralph Modjeski, de Chicago, á los que se han unido, como adjuntos, varios peritos para el examen de los pliegos. Es difícil saber con exactitud la causa de esta dimisión; bastará decir que M. Vautelet, que es francés de origen y antiguo alumno de las grandes escuelas francesas, está reputado como un hombre de un alto valor moral y profesional.

La característica principal del proyecto adoptado radica en la disposición de las piezas diagonales de los cuadros



Figs. 1.ª y 2.ª

Abril último por el Department of Railway and Canals of The Canadian Government, á la Saint-Lawrence Bridge C.^o, unión canadiense formada por la Dominion Bridge C.^o, de Montreal, y la Canadian Bridge C.^o, de Wakerville (Ontario, Canadá). El proyecto adoptado no es el ideado por la Comisión de Ingenieros que había sido nombrada por el Gobierno, sino otro que á él se aproxima y que ha sido propuesto por la Saint-Lawrence Bridge C.^o

(figs. 1.ª y 2.ª), disposición ideada por M. Phelps Johnson, Director de la Dominion Bridge C.^o No hay ninguna diagonal que vaya en línea recta de una de las cabezas de viga á la otra; en su lugar, hay en cada cuadro dos piezas diagonales, una tendida, que va del vértice de un montante vertical hacia la mitad del montante próximo, y otra comprimida, yendo de este punto medio al pie del montante de cuyo vértice parte esta diagonal tendida. Los