

pondientes, demuestran que el punto de paso f se halla sobre el lado DE, cuya pendiente p_4 se conoce, así como la altura $D e$, que llamaremos k ; y designando Sf por f , por r la pendiente del talud y por c_3 su ordenada, se tiene

$$k = b_3 - c_3; p_4 = \frac{h_4}{a_4 - a_3}; \text{ y } f = \frac{k}{r \pm p_4}$$

y por consiguiente,

$$a_n = a_3 + f = L$$

$$b_n = b_3 - k$$

y

$$d = O k - k g = b_n - \pi a_n$$

fórmula que, con la (1) da la cota roja d y la pendiente π de la línea compensadora.

En el siguiente estado, que representa una hoja de la libreta de campo, se presenta la aplicación al perfil transversal de la figura, que suponemos que no ha sido transportado al papel, indicando con diferentes caracteres de números los que representan los datos tomados del terreno y los resultados que por ellos han sido calculados.

Disposición de las libretas de campo para los perfiles transversales.

Número del perfil.		Distancias al eje.	GOLPES DE NIVEL			COTAS REFERIDAS A LA RASANTE		Sumas de las distancias.	Productos.	OBSERVACIONES.
			atrás.	adelante.	Diferencias.	del terreno.	del talud.			
21	Derecha....	0,00				2,15	"			$k = b_3 - c_3 = 6,12 - 3,96 = 2,16$
		3,06	3,45	1,54	+1,91	4,06	"	3,06	+ 5,84	$p_4 = \frac{h_4}{a_4 - a_3} = \frac{2,51}{1,29} = 1,95$
		5,14	"	2,75	- 1,91	2,85	"	8,20	- 9,92	$f = \frac{k}{r \pm p_4} = \frac{2,16}{1 + 1,95} = 0,73$
		7,96	3,70	0,43	+ 2,97	6,12	3,96	15,00	+ 42,51	$L = a_n + f = 7,86 + 0,73 = 8,59$
		L = 8,59			- 1,45	4,69	4,69	16,45	- 25,52	
		9,15	"	2,94	- 2,51	5,61	5,25		+ 48,55	$d = b_n - \pi L = 4,69 - 1,74 = 2,85$
								Sumas..	- 33,44	
								$\pi L =$	+ 14,91	
								$\pi =$	+ 0,202	
	Izquierda..	0,00				2,15				$k = 4,14 - 2,07 = 2,07$
		1,75	0,54	1,92	- 1,38	0,76		1,75	0,00	$p = \frac{1,87}{1,94} = 0,96$
		1,75		3,92	- 1,99	- 1,23		5,50	- 4,31	$f = \frac{2,07}{\frac{1}{2} + 0,96} = 1,27$
		2,16	0,35	1,93	- 1,58	- 2,81		4,95	- 7,79	$L = 6,10 + 1,27 = 7,37$
		6,10		3,26	- 1,23	- 1,14	- 2,07	9,28	- 12,54	$t = 2,91$
		L = 7,37			+ 1,25	- 2,91	- 2,91	15,47	+ 16,57	
		9,04		1,29	+ 1,97	- 2,27	- 3,56		+ 16,57	
		9,50		2,73	- 1,24	- 3,61		Sumas..	- 24,44	$\text{Desmante parcial} = \frac{2,15 + 0,76}{2} \times 1,75 = 2,55$
								$\pi L =$	- 7,87	
								$\pi =$	- 0,145	

Santander, 1.º de Marzo de 1876.

JUAN L. DEL RIVERO.

PUENTE SOBRE EL DUERO, CERCA DE OPORTO.

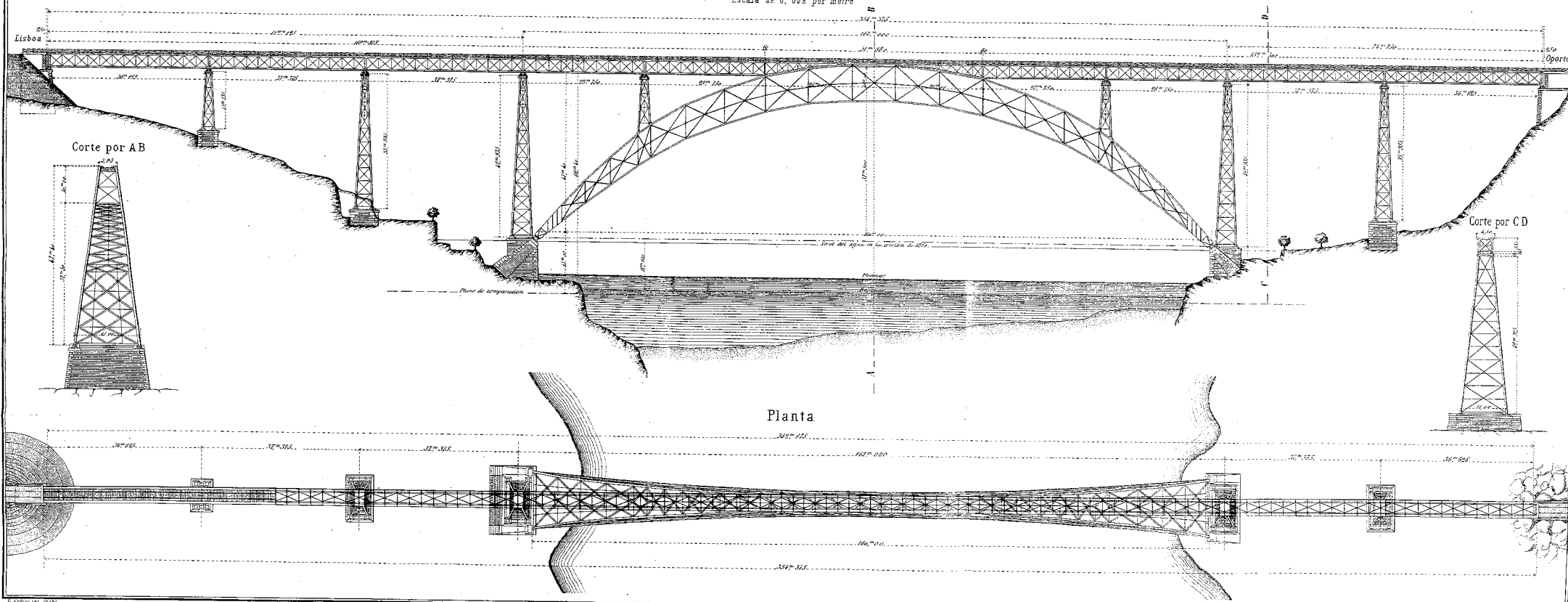
(Lámina 43.)

En los números 73, 74 y 75 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS E MINAS que publica la Asociación

de los Ingenieros civiles portugueses, y que corresponden á los tres primeros meses del corriente año, se inserta una extensa Memoria relativa al proyecto de esta obra, de cuya Memoria, presentada por los Sres. G. Eiffel y C.ª, Ingenieros cons-

Camino de hierro del Norte (Portugal)
PUENTE SOBRE EL RIO DUERO EN OPORTO
G. EIFFEL Y C^{IA}. Ingenieros Constructores.

Alzado
 Escala de 0^m 002 por metro



tructores, hemos hecho el extracto que á continuacion aparece, y que creemos suficiente por ahora para dar idea de la importancia de dicha obra que una vez ejecutada merecerá sin duda una descripcion completa de todos los detalles de su construccion.

Disposicion general del proyecto.

El viaducto destinado á atravesar el rio Duero, próximo á Oporto, proyectado por la Compañía real de los Caminos de hierro portugueses, tiene una extension total de 552^m,875 entre los paramentos de los estribos. El carril queda á la altura de 62^m,40 sobre el plano de comparacion general, siendo este plano 1^m,20 inferior al nivel de la bajamar.

Esta grandiosa obra de arte tiene un vano central, que cruza el curso del Duero, y está ligado á la parte superior de las laderas del valle por dos viaductos laterales.

La profundidad del rio, y sobre todo el espesor de los bancos de arena de su lecho, que sería necesario atravesar para poner los pilares al abrigo de todo riesgo de socavaciones en el lecho, indujeron á salvar el rio por medio de un vano único, cuyos apoyos deben reposar sobre los macizos de roca que aparecen á la superficie en cada una de las márgenes, y distan entre sí próximamente 160 metros.

En consecuencia de la grande altura de que se puede disponer, se resolvió dar á esta parte la forma de un arco, el cual sostiene el tablero horizontal que lleva la via.

Este mismo tablero horizontal, de vigas rectas, está lateralmente soportado por pilares metálicos, cuyas alturas deben estar en relacion con la configuracion del terreno.

Pero este arco, en razon de sus dimensiones, exigia disposiciones particulares.

Era en primer lugar indispensable renunciar al empleo de timpanos rígidos, cuyo cálculo muy incierto, se hace aún más complejo por causa de la dilatacion; sus efectos perturbarian profundamente el equilibrio de las diferentes piezas que los habian de componer. Sería necesario emplear una enorme cantidad de metal, sin que de ahí resultase una seguridad precisa.

Pareció así preferible por todos motivos suprimir completamente estos timpanos, dando al arco una rigidez suficiente para resistir por sí á los esfuerzos de deformacion resultantes de la desigual

distribucion de las cargas. Se llegó á este resultado dando al arco una altura muy grande; esta altura es de 10 metros en la clave.

En cuanto á los arranques del arco, era esencial trazar el punto de paso de las resultantes de las fuerzas por un punto único, perfectamente determinado, é independiente de las deformaciones del arco, ó en otros términos, hacer asentar este en los arranques sobre dos apoyos, como ordinariamente se acostumbra hacer para grandes alcances. Esto exigia que la altura tomada para la clave se redujese mucho para las dovelas de arranque, y que el trasdos y el intrados viniesen á converger sobre el apoyo. Por eso la forma adoptada, y que es la más racional, es la de un arco de fibra neutra, casi parabólico, pero cuya altura disminuye de la clave hácia los arranques. Esta forma es la de una media luna; el intrados y el trasdos están además de esto ligados entre sí por un sistema de piezas verticales y de piezas oblicuas, formando cruces de San Andrés, destinadas á asegurar su completa solidaridad.

Habia, en fin, una nueva condicion resultante de la resistencia que la obra debia presentar al viento: para que pudiese resistir la violencia de los temporales era indispensable que presentase un gran ancho, ó por lo ménos un gran asiento en la base, porque era inútil darle en la parte superior mayor ancho del suficiente para la via, esto es, 4 metros próximamente.

En cuanto al asiento fué este fijado en 15 metros, siendo por tanto necesario formar el arco central de dos arcos en forma de media luna situados en planos oblicuos respecto al plano vertical, distantes 3^m,95 en la parte superior, y 15 metros en la base. Reune los arcos un sistema de cuadros verticales colocados trasversalmente, formado por traviesas horizontales, montantes verticales fijos sobre los arcos, y cruces de San Andrés; además de esto, en los planos de trasdos y de intrados existen contraventeos que consolidan la ligazon de los dos arcos.

No habia tampoco dificultad alguna en contrabalancear el efecto de los empujes, puesto que las rocas de las dos márgenes dan, con el auxilio de estribos de mediana altura, puntos de apoyo de absoluta seguridad.

Estando así determinada esta parte de la construccion, como disposicion general, restaba apoyar en ella el tablero superior.

Habia todo el interés, en razon del minimum

de superficie que exponer al viento, del máximo de flecha que dar al arco, y de la ligazon general del conjunto, en hacer pasar el tablero por el interior del arco, siendo esto preferible á la disposicion que consistía, como en el anteproyecto primitivo, en superponer el tablero al arco, estableciendo el contacto por un punto de apoyo solamente. Fué por lo tanto adoptada esta solucion.

Este tablero asienta de cada lado sobre un pilar metálico fijo en los riñones del arco, y se prolonga lateralmente hasta los estribos, apoyándose del lado de Lisboa sobre un primer pilar situado sobre el mismo estribo del arco y en seguida sobre otros dos pilares análogos, pero de menor altura; y del lado de Oporto sobre un pilar semejante al primero, y sobre un segundo pilar intermedio. Estos tableros están formados por vigas rectas de aspas de 3^m,50 de altura y 3^m,40 de separacion, comprendiendo entre sí la vía en su parte superior.

Para dejar en el sentido horizontal los movimientos del arco completamente libres é independientes de los tableros superiores, se interrumpieron éstos en su encuentro con el trasdos, apoyándose sobre éste por medio de rodillos que permitan al arco deformarse, sin arrastrar consigo los tableros. Estos asientan igualmente por medio de rodillos sobre los pilares de los riñones.

El espacio comprendido entre los tableros laterales está llenado por vigas especiales solidarias con los arcos.

Los tableros laterales están fijos sobre los pilares estribos del arco y se mueven sobre todos los otros apoyos, para que pueda producirse la dilatacion.

Finalmente, todos los apoyos son de charnela, que tiene por efecto no transmitir sino reacciones verticales, que tienen siempre lugar en el eje de figura de los pilares.

En lo que se refiere á la constitucion de estos pilares, ellos son enteramente de hierro laminado, excluyéndose la fundicion por ofrecer menos seguridad.

En resumen, la parte metálica de la obra se compone:

1.º De un gran arco metálico de 160 metros de cuerda, y de 42^m,60 de flecha, medidos en el eje neutro, sustentando, á 25^m,25 de los arranques, dos pilares metálicos.

2.º De un tablero central de 51^m,88 de longitud, solidario con el arco.

3.º De un tablero lateral del lado de Lisboa, de

169^m,87 de longitud, asentando, por un lado, sobre el arco y el pilar fijo sobre los riñones, por el otro lado sobre dos pilares metálicos intermedios, y el estribo del lado de Lisboa, quedando así dividido en dos vanos de 28^m,75 y en tres vanos de 37^m,575.

4.º De un tablero lateral del lado de Oporto de 132^m,50 de longitud, asentando como el primero por un lado sobre el arco y el pilar de los riñones, y por el otro sobre dos pilares metálicos y el estribo, comprendiendo de este modo cuatro vanos, de los cuales dos son de 28^m,75, y los otros dos de 37^m,575 de extension.

Añadiendo que la vía se asienta sobre estos tableros por medio de un piso metálico impenetrable á las locomotoras, tenemos completo todo cuanto dice relacion á las condiciones generales de la obra que vamos sucesivamente á describir en detalle, uniendo todos los calculos (1) en su apoyo.

Adoptaremos para este examen el orden siguiente:

1.º Gran arco metálico central.

2.º Pilares metálicos que sostienen las vigas rectas.

3.º Tableros superiores.

ARCO CENTRAL.

Este arco central se compone de dos cerchas circulares de enrejado, cuyas cabezas tienen la forma de un cajon y las aspas la forma de doble T.

Las cabezas se componen de dos almas verticales de 600 milímetros de altura, guarnecidas por dos escuadras de 120×80 milímetros, y ligadas á las bandas por cuatro escuadras de 100×100 milímetros. Estas bandas están formadas por un número variable de chapas de hierro de 650 milímetros de anchura.

El cajon se completa con una celosía clavada sobre las escuadras del guarnecimiento.

Las cabezas están reunidas entre sí por los montantes verticales y por las diagonales que forman celosía. Cada uno de los montantes se compone de cuatro escuadras de 120^{mm}×90^{mm} y de una celosía de chapas lisas de 70^{mm}×7^{mm}. Las diagonales están constituidas, en toda la parte cen-

(1) Con objeto de no alargar demasiado este artículo, en vez de insertar los cálculos daremos cuenta ligeramente de las hipótesis que les han servido de base y de los resultados que se deducen.

tral comprendida entre los pilares de apoyo de los riñones, del mismo modo que los montantes que acabamos de describir. Entre los pilares de los riñones y los arranques la celosía está sustituida por un alma llena de $138\text{mm} \times 8\text{mm}$. La última dovela, próxima al arranque, forma por sí sola un cajón. Las diagonales aquí están sustituidas por chapas de hierro verticales de 10mm de espesor, reforzadas en el medio por escuadras de $10\text{mm} \times 100\text{mm}$.

Las cerchas están ligadas entre sí por traviesas horizontales, formadas cada una de cuatro escuadras de $60 \times 60 \times 6$ y de una celosía de 60×5 . Además de esto están unidas por contravientos colocados en el plano del arco, y constituidos por escuadras de $70 \times 70 \times 8$, dispuestas en forma de cajón por medio de cuatro series de aspas á fin de darles la rigidez necesaria.

Además de esto, en el plano de cada montante vertical de los arcos hay una contraventación vertical. Cada barra de ésta se compone de dos escuadras dispuestas en forma de cruz, y teniendo una sección de $70 \times 70 \times 8$. Resulta del conjunto de estas disposiciones que las dos cerchas son perfectamente solidarias la una de la otra.

La reunión en el vértice se completa por el tablero central, que es solidario allí y que está formado por dos vigas llenas de $0\text{m},90$ de altura, asentando sobre las traviesas superiores de los arcos. Forma un puente de tres tramos de $10\text{m},40$ de longitud, enlazado con las vigas laterales por medio de otras de celosía de forma especial y de altura variable, teniendo cada una la longitud de $10\text{m},34$.

Por último, es de advertir que las dovelas de arranque del arco están dispuestas para recibir y sujetar un tirante de 70mm de diámetro empotrado en la fábrica del estribo.

PILARES METÁLICOS.

Los pilares metálicos que sostienen los tramos laterales del puente se componen de cuatro brazos reunidos por crucetas y traviesas. En la parte superior tienen una coronación que soporta los apoyos de los tableros, y que está formada de vigas con almas de chapa de hierro guarnecidas en los bordes con escuadras clavadas á los brazos. Estos se componen de dos almas de 450×8 , de dos fajas de 450×10 y de cuatro escuadras de $70 \times 70 \times 10$. Unenlas las traviesas con distancias de $5\text{m},50$ en todas las caras. Las crucetas tienen la misma altura en las caras pequeñas, pero doble

en las caras grandes. Estas crucetas y traviesas están formadas cada una por dos escuadras de $100 \times 100 \times 12$, dispuestas en forma de cruz para obtener la mayor rigidez posible.

El rectángulo formado por los brazos tiene $1\text{m},352$ por $5\text{m},100$ en la parte superior, y $4\text{m},80 \times 11\text{m},0$ en la base. La altura entre estos dos puntos es de $42\text{m},480$.

Cada brazo está sujeto en su base por una barra empotrada en la fábrica, y cuyo diámetro es de 91mm .

TABLERO SUPERIOR.

Esta parte de la obra forma un viaducto de vigas rectas, sostenido por los estribos, el arco y los pilares metálicos, y se compone de tres partes diferentes, á saber:

1.^a Una viga continua del lado de Oporto que tiene $132\text{m},25$ de longitud y $5\text{m},50$ de altura, descompuesta en cuatro tramos, de los cuales dos son de $57\text{m},575$ y dos de $28\text{m},750$ de longitud contada de eje á eje de los apoyos.

2.^a Una viga continua y análoga á la anterior por el lado de Lisboa, teniendo cinco tramos, de los cuales tres son de $57\text{m},575$ y dos de $28\text{m},750$, ó sea una longitud total de $169\text{m},625$, y la altura de $5\text{m},50$.

Y 3.^a Una viga solidaria con el arco y compuesta á su vez de tres partes: una central de $31\text{m},20$ de longitud y $0\text{m},900$ de altura, y dos laterales de $10\text{m},34$ de longitud cada una y altura variable, desde $0\text{m},90$ hasta $5\text{m},50$, las cuales sirven para enlazar la parte central con las otras vigas ántes descritas.

PIEZAS DE PUENTE Y LARGUEROS.

En las dos partes laterales del viaducto las piezas de puente están formadas por un alma de $550\text{mm} \times 7\text{mm}$ y cuatro escuadras de $60 \times 60 \times 7$: la longitud de estas piezas es de $2\text{m},50$, y la distancia entre cada dos de ellas $2\text{m},875$.

Los largueros son piezas continuas y en número de cuatro, y su separación es de $1\text{m},18$ entre los dos centrales y $0\text{m},59$ entre cada uno de éstos y los laterales, quedando éstos últimos por consiguiente separados $0\text{m},07$ de las vigas del puente.

En la parte central, colocada sobre la clave del arco, las piezas de puente están separadas entre sí $2\text{m},60$, á pesar de lo cual, tanto estas piezas como los largueros, tienen las mismas dimensiones que en los tramos laterales.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA.

Para el cálculo de la resistencia de los diferentes elementos de la obra se ha procedido en el mismo orden que para su descripción, es decir, suponiéndola descompuesta en sus principales partes, á saber: arco central, pilares metálicos y tablero superior.

ARCO CENTRAL.

El peso permanente de los tramos centrales, comprendiendo chapas metálicas, carriles, andenes, etc., es de 1.170 kilogramos por metro corriente: el de los tramos, de 28^m,75, es de 1.470 kilogramos también por metro corriente.

El peso de cada uno de los pilares que se apoyan sobre los riñones del arco es de 14.200 kilogramos.

El peso del arco es de 3.200 kilogramos por metro corriente de proyección horizontal.

La sobrecarga de prueba es de 4.000 kilogramos por metro corriente de tablero horizontal.

Para tener en cuenta los efectos de la dilatación del metal se supone que el arco no experimentará una variación de más de 50 grados encima ó debajo de la temperatura media, y esta variación máxima dará un aumento ó disminución de 57^{mm},6 en la cuerda del arco.

Dedúcese de los cálculos: 1.º, que la mayor deformación vertical en los riñones del arco es producida por la sobrecarga ocupando la mitad del arco. Corresponde de un lado á un descenso de 35^{mm}, y de otro á una elevación de 24^{mm}, medidos á partir de la posición normal.

2.º El máximo descenso en la clave será de 22^{mm},16 bajo la acción de la sobrecarga colocada en el medio del arco.

3.º Las máximas desviaciones horizontales son de 30^{mm} cerca de los pilares de los riñones, y de 26^{mm} junto á los apoyos de los tableros.

Estas pequeñas deformaciones para un vano tan considerable, demuestran que el arco posee una notable estabilidad de forma.

La dilatación da en la clave una variación de 55^{mm},7, pero es preciso observar que los pilares contiguos al arco, siendo metálicos, sufrirán una dilatación análoga á la del mismo arco, de suerte que la diferencia de nivel que existirá entre la clave y el tablero en su apoyo sobre los pilares nunca será si no la que provenga de la flexión del arco, ó 38^{mm},39 que corresponde á una inclinación en el tablero de 0^m,00048 por metro.

El viento, actuando horizontalmente sobre la cara lateral del puente, produce efectos diferentes, según se suponga el paso de un convoy por el puente ó la ausencia de toda la sobrecarga.

El máximo esfuerzo del viento, según se consigna en las obras especiales, aunque sea muy incierto que alguna vez se haya producido, es de 270 kilogramos por metro cuadrado, cuyo dato admitimos á pesar de su exageración. Los vientos más fuertes observados en Europa corresponden á los casos en que wagones vacíos se volcaran por la violencia del viento, y se calculó que este efecto correspondía á una presión de 160 á 170 kilogramos, aproximadamente, por metro cuadrado.

Como en tales condiciones es evidente que ningún tren se arriesgaría á atravesar el puente, admitiremos que 150 kilogramos por metro cuadrado representan el máximo esfuerzo que un convoy pueda sufrir al pasar por el puente.

En consecuencia de todo se han hecho los cálculos bajo el supuesto de que la acción del viento podía ser, por metro cuadrado, de 270 kilogramos sobre la obra sola, ó de 150 kilogramos sobre ésta y un tren que pasara por encima de ella, y se ha admitido que la superficie del tablero sobre la cual actúa el viento es un plano vertical de 2 metros de altura, y la del tren un plano de 2^m,50 de altura y 160^m de longitud.

Los resultados de los cálculos demuestran que en los casos definidos por las hipótesis más desfavorables, como son las admitidas, el trabajo del hierro en el arco no llegará nunca á 6 kilogramos por milímetro cuadrado que es un coeficiente aceptable, sino que el máximo trabajo será de 5^k,95 para el trasdos y de 5^k,27 para el intrados, y en los mismos límites se conservará el trabajo de las otras piezas del arco.

Más conviene notar que, reuniendo dichas hipótesis hemos salido ciertamente de la realidad de los hechos, y que siempre se quedará lejos de los coeficientes extremos que determinamos, por las siguientes razones:

1.º Porque la sobrecarga producida por un convoy nunca llega á 4.000 kilogramos por metro corriente.

2.º Porque el viento susceptible de dar 150 kilogramos por metro cuadrado es una excepción tal que el tráfico está siempre interrumpido durante las tempestades de semejante violencia.

3.º Porque los convoyes pesadamente cargados comprenden siempre gran número de wagones

plataformas que ofrecen poca superficie al viento, y aun los wagones cerrados dejan entre sí intervalos que hacen de manera que la resistencia de un convoy nunca sea más de la mitad ó los dos tercios de la resistencia que ofrecería una superficie continua.

4.ª Porque, finalmente, los coeficientes de trabajo máximo se producen cuando el arco tiene solamente su mitad cargada. Ahora bien; en este momento el efecto del viento no actúa en la sobrecarga que se hallaría colocada en la segunda mitad del puente, como se supone en el cálculo.

De todas estas razones podemos concluir que en realidad, y bajo las sobrecargas ordinarias más fuertes, el coeficiente de trabajo no excederá de 5 kilogramos en el trasdos y de 4 en el intrados.

Los cálculos demuestran que las fuerzas que aplican el arco sobre sus estribos son siempre, y considerablemente, superiores á las que pueden tender á arrancarlo de ellos. No había, pues, en realidad precision de especie alguna de amarre.

Sin embargo, las dovelas de arranque están dispuestas para recibir un tirante de 0^m.070 de diámetro metido en la fábrica.

Por último, los cálculos y los trazados gráficos que les acompañan hacen ver que la curva de presiones, en todas las hipótesis examinadas, queda siempre en el interior de los contornos del arco. Este resultado indica que en parte alguna el arco sufre esfuerzos de tracción, ni por consecuencia alternativas de compresión á tracción, resultado este de los más satisfactorios.

PILARES METÁLICOS.

Haciendo las mismas hipótesis que han servido de base para hallar la resistencia del arco, los cálculos manifiestan que el trabajo de compresión de los brazos de cada pilar nunca excederá de 5^k.78 por milímetro cuadrado, y el de tensión, que tendrá su máximo en el caso del viento sin sobrecarga, no pasará de 1^k.80.

En cuanto á las barras de empotramiento que sujetan cada brazo del pilar á la fábrica, siendo el diámetro de ellas de 94^{mm}, su trabajo máximo de tensión será de 5^k.93.

Las piezas que arriostran los brazos trabajarán también á menos de 6^k por milímetro cuadrado.

TABLERO SUPERIOR.

En las partes laterales, tanto del lado de Oporto

como del de Lisboa, las cargas por metro corriente son las siguientes:

CARGA PERMANENTE.

Hierros del tablero y del chapeado.	1.360 ^k
Carriles y piezas de madera.	110
TOTAL.	1.470
Sobrecarga.	4.000

Las piezas de puente están calculadas suponiendo el caso más desfavorable de carga, el cual se produce cuando una de las ruedas de la locomotora, estando sobre una de estas piezas, las ruedas próximas están á uno y otro lado de ella.

Con una separación de eje á eje de 1^m.40, y una capa de 12^t por eje, la reacción total sobre la pieza de puente es de 24^t ó 6^t por cada una de las cuatro filas de largueros.

La carga propia se puede evaluar en 1.200 kilogramos distribuidos uniformemente sobre la longitud de la pieza.

En los largueros la carga permanente por metro lineal es de 30^k para el peso propio, y de 70^k para los hierros Zorés y carriles; total 100^k.

Una rueda cargará igualmente dos largueros, ó sea una carga de 3.000^k por larguero, que puede hallarse colocada en el medio de la longitud. Estos largueros son continuos, y por consiguiente habrá empotramiento sobre las piezas de puente.

El conjunto de los cálculos relativos á las vigas rectas demuestra que en ningún punto se llegará al trabajo límite de 6 kilogramos por milímetro cuadrado, y que, por consiguiente, la obra entera está en condiciones de resistencia muy favorables.

HIDRÁULICA.

(Conclusion.)

Ganguillet y Kutter han fijado para seis tipos medios, correspondientes á diferentes grados de rugosidad de los álveos, los valores que hay que adoptar para n , y son los siguientes:

1.º Canales de madera perfectamente cepillados ó enlucidos de una capa de cemento bien unida:

$$n=0,010; a + \frac{1}{n} = 125;$$

2.º Canales de paredes de tablas:

$$n=0,012; a + \frac{1}{n} = 106;$$