

La diferencia entre unos y otros casos no consiste en que á uno se aplique el método positivo y á otros el método metafísico. Consiste la diferencia, repito, en que los ojos ven y las manos tocan los cuerpos de cierto tamaño y las partes pequeñísimas de estos cuerpos ni se ven ni se tocan, pero se suponen.

Aquéllos son, si se me permite la palabra, una realidad real; éstos una realidad hipotética más ó menos probable, respecto á los que, si la experiencia confirma las afirmaciones de la teoría, la probabilidad será cada vez mayor. Obsérvese que toda la hipótesis mecánica ni penetra en las esencias de las cosas ni forja entidades abstractas. Toma el mundo visible, sus cuerpos y sus fenómenos, como los toma cualquier positivista, el positivista más encariñado con la realidad material, y transporta este mundo de lo visible á las esferas de lo invisible y de lo infinitamente pequeño, reduciendo otro tanto su tamaño.

¿No cruzan los espacios millones de astros, es decir, masas enormes de materia? Pues el forjador de hipótesis ve en el seno de todo cuerpo astros pequeñísimos á que da el nombre de moléculas ó de átomos.

Y por achicar el tamaño de la materia, no por eso pretende explicar lo que la materia sea. Tan inexplicable es la materia de Marte, su inmenso globo, como la materia de la última partícula de una roca.

Al suponer que la roca se compone de moléculas y de átomos, no ha pretendido el físico dar la explicación de un misterio ó la solución de un problema de alta filosofía; y si lo hubiera pretendido su retención hubiera sido vana. Solo pretendiendo tales cosas es como la ciencia, según el dicho de un célebre escritor, puede hacer bancarrota; nunca porque formule unas cuantas hipótesis del orden mecánico, que ha de someter modesto y respetuoso al fallo de la experiencia, la cual, si no podrá juzgar directamente tales hipótesis, podrá juzgar al menos sus consecuencias.

El físico ve cómo los cuerpos celestes describen inmensas curvas en el cielo y supone, por una hipótesis bien natural, que las moléculas y los átomos de los cuerpos describen curvas pequeñísimas alrededor de su posición media de equilibrio; y que como la vista es impotente para percibir estos movimientos vibratorios, y como, por otra parte, las posiciones medias son invariables, por eso se cree que los cuerpos sólidos son también invariables de forma. Es como ver un cielo desde lejos ó imaginarse que no cambian las posiciones de los astros, porque los ángulos visuales son tan estrechos que las trayectorias se han reducido á un punto.

Pero esto, según antes decíamos, no es forjar una hipótesis metafísica.

Antes transportábamos la materia grande á la materia pequeña; pero sin pretender por esto explicar lo que la materia fuese.

Ahora transportamos el movimiento colosal al movimiento pequeñísimo; pero no por eso pretendemos explicar lo que el movimiento sea.

Que una masa planetaria describa una elipse cuyos ejes tengan millones de kilómetros, ó que un átomo describa otra elipse cuyos ejes se midan por millonésimas de milímetro, el fondo del fenómeno quedará siempre el mismo, y si el movimiento es un concepto metafísico, ó si es un misterio inexplicable de la Naturaleza, no por haber variado las dimensiones de la curva ó la velocidad del móvil se nos podrá acusar con justicia de pretender explicar

lo que en manera alguna pretendemos reducir á su esencia filosófica.

El concepto de espacio y el concepto de tiempo continuarán siendo lo que eran. Si algún filósofo los explicó en el astro, explicados estarán al mismo tiempo en la elipse infinitesimal; si ninguna filosofía logró explicar el movimiento en grande, la explicación no avanzará un solo paso por haber achicado, digámoslo así, las dimensiones del fenómeno. Y la hipótesis por la cual transportamos el mundo visible al mundo invisible será más ó menos acertada, más ó menos fecunda; pero nunca podrá decirse que tiene ambiciones metafísicas, ni, dado que fracase, habrá hecho por ello la ciencia bancarrota; ni, dado que prospere, se habrá penetrado en la esencia de las cosas. Sería como haber descubierto un microscopio más poderoso que los anteriormente conocidos; pero no sería otra cosa.

(Se continuará.)

JOSÉ ECHEGARAY.

PARÍS.—PUENTE DE ALEJANDRO III SOBRE EL SENA ⁽¹⁾

Entre las obras que con motivo de la Exposición de 1900 se han de construir en París, una de las que más han de llamar la atención del ingeniero es el puente de Alejandro III.

Los franceses, al proyectar este puente, se han propuesto hacer una obra verdaderamente monumental, no sólo por su situación, elegida en uno de los puntos más hermosos de París, entre los puentes de la Concordia y los Inválidos, sino muy especialmente en memoria de la augusta persona á quien va dedicada la obra.

El proyecto ha sufrido varias modificaciones, debidas á la precipitación con que hubo que redactar el anteproyecto para que el Czar Nicolás II, en su viaje á París, pudiera colocar la primera piedra, ceremonia que se verificó con gran pompa el 7 de Octubre de 1896; pero, de todos modos, las líneas generales del primitivo proyecto se han conservado, y las variaciones introducidas son de detalle, habiéndose adoptado como definitiva la disposición que vamos á indicar.

Elección de sistema.—Los datos impuestos por las condiciones del problema presentaban grandes dificultades para poderlo resolver á satisfacción de todos.

Por una parte, la marinería del Sena exigía una altura libre debajo del puente suficiente para el paso de los barcos en las avenidas; por otra, el nivel del firme no podía pasar de un cierto límite si el puente se había de unir con razantes de pequeña pendiente á las vías existentes, á más de que, caso de levantar mucho un punto cualquiera del tablero, se ocultaba la perspectiva de la Explanada de los Inválidos.

(1) La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en los números de 25 de Marzo y de 9 de Septiembre, ha adelantado ya algunos datos relativos á la disposición, dimensiones y materiales del puente de Alejandro III. Esto no obstante, la importancia de la obra y la expectación que ha despertado entre los Ingenieros, nos hace creer será interesante una descripción del proyecto y del estado de la construcción, con datos tomados al pie de la obra, gracias á la amabilidad del Ingeniero de Puentes y Calzadas M. Alby, encargado de la construcción y uno de los autores del proyecto, quien nos ha proporcionado para la REVISTA cuantos datos hemos creído necesarios.

Descartados desde el primer momento los puentes de fábrica, por no permitir la navegación del Sena el empleo de pilas en el emplazamiento de la obra, quedaban como soluciones entre los metálicos los de tablero inferior, colgados y en arco. Los dos primeros sistemas fueron desechados, entre otras razones, por ocultar la vista que presenta el río, así es que se pensó hacer un puente en arco, solución que exigía llevar el rebajamiento á un límite al que no se había llegado, si bien el éxito que se acababa de obtener en el puente de Mirabeau (1) era una garantía para decidirse. En su consecuencia, previo informe favorable de la Junta Consultiva de Puentes y Calzadas, el Ministro de Obras públicas acordó la construcción de un puente en arco de acero fundido y recocido, articulado en la clave y en los arranques.

Descripción general del proyecto.—El puente de Alejandro III ha de unir la Explanada de los Inválidos con la avenida del Palacio de Bellas Artes que se proyecta construir en los Campos Elíseos para la Exposición de 1900. Por lo tanto, su situación exige que coincidan los ejes del Palacio de los Inválidos, del puente y del Palacio de Bellas Artes. Ahora bien; el eje de la Explanada forma con la normal á las márgenes un pequeño ángulo, de modo que el puente tendrá esta oblicuidad, que es de $6^{\circ}22'$.

Los Ingenieros de Puentes y Calzadas MM. Résal y Alby, autores del proyecto, han asignado á su obra dimensiones verdaderamente excepcionales.

Hé aquí los más importantes:

	Metros
Luz del puente (entre paramentos de estribos)	109,06
Luz del arco (entre articulaciones)	107,50
Flecha (entre articulaciones)	6,28
Rebajamiento	1
Espesor del arco en la clave (cerchas de paramento)	0,95
Idem id. (cerchas interiores)	0,75
Número de cerchas	15
Distancia entre los ejes de las cerchas	2,857
Ancho del puente entre barandillas	40

En estas condiciones se ha conseguido dejar á los barcos un espacio libre que, en las máximas aguas navegables, siendo la cota de su nivel 28,70 y la del intrados en la clave 35,08, es el siguiente:

	Metros.
Ancho del paso libre para barcos que sobresalgan 6 metros del nivel reglamentario	20,40
Idem id. id. 5,50 id.	34,88
Idem id. id. 5 id.	45,71
Idem id. id. 4,50 id.	54,75
Idem id. id. 4 id.	62,66

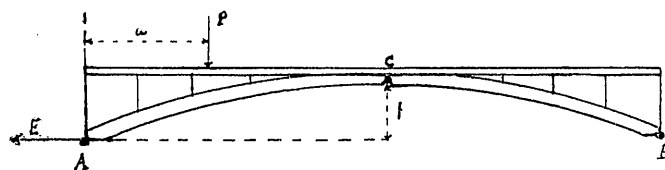
Estas cifras son casi iguales á las correspondientes del puente de Mirabeau, que prácticamente se ha visto son muy suficientes para la navegación del Sena.

Como se ve, la solución dada cumple holgadamente las condiciones impuestas, y al mismo tiempo merece sinceras alabanzas por la elegancia y atrevimiento con que ha sido

concebida, llevando el rebajamiento del arco hasta un límite al que no se ha llegado en ningún otro caso.

Consideraciones teóricas.—Antes de entrar en detalles acerca de las distintas partes que forman el puente, creemos interesante recordar en qué condiciones de resistencia se encuentra situado un arco articulado bajo el punto de vista teórico.

Fig. 1'.



Consideremos un arco ACB de este sistema (fig. 1^a). Un peso aislado P colocado sobre el piso transmite sus efectos íntegros al arco por medio de los montantes, dando lugar en cada articulación á un empuje horizontal E igual á $\frac{Pa}{f}$ en el que a y f son la abscisa del punto de aplicación del peso y la flecha del arco, respectivamente. Además de este momento flector, el arco soporta una compresión igual á $\frac{E}{\cos. \theta}$, siendo θ el ángulo que forma la tangente del eje del arco en el punto considerado con la horizontal. Para un mismo peso, el valor de la compresión disminuye desde los arranques á la clave donde la horizontal y la tangente coinciden, siendo, por lo tanto, $\cos. \theta$ igual á la unidad. En los arcos muy rebajados, $\cos. \theta$ varía poco, y su valor se aproxima á la unidad.

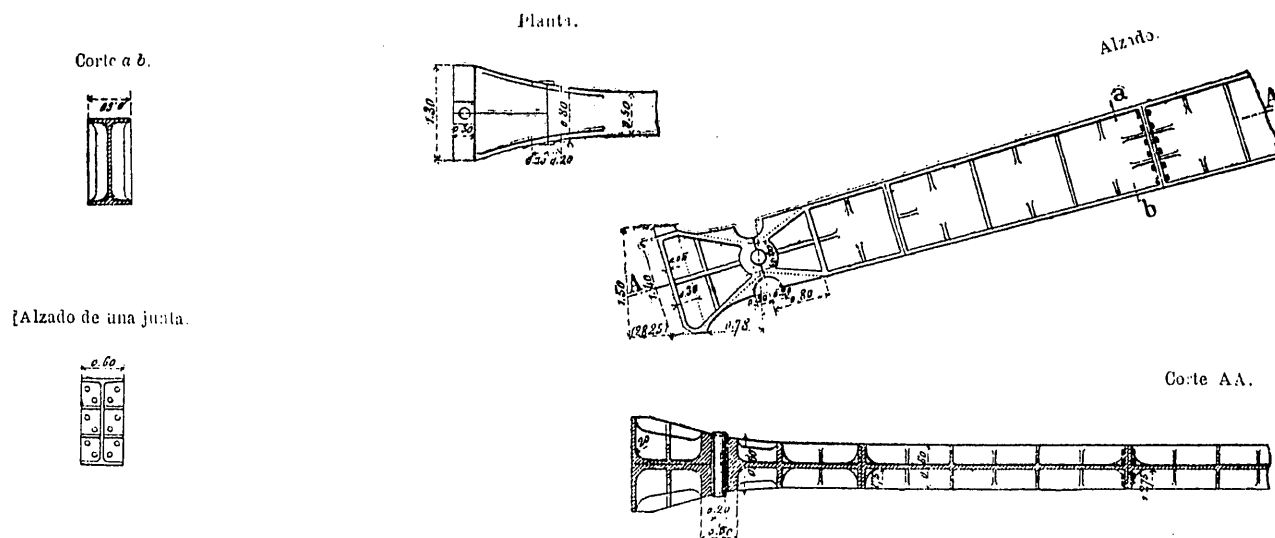
El piso y el tímpano desempeñan en los puentes en arco un papel accesorio. Como hemos indicado antes, reciben la carga y la transmiten al arco. Si el tímpano estuviera formado por montantes y diagonales, estas últimas ayudarían en cierta medida al arco á soportar los esfuerzos debidos á los momentos flectores, pero en nuestro caso lo forma montantes únicamente, y, por lo tanto, el tímpano y el tablero son independientes del arco y nunca pueden modificar los esfuerzos que éste soporta.

En cuanto á las articulaciones, ya sabemos que su objeto es fijar la curva de presiones. La articulación en la clave podría suprimirse si el arco conservara constantemente su perfil; pero cambiando la flecha más de 5 milímetros por grado de temperatura y variando ésta entre -16° y $+36^{\circ}$ centígrados, se comprende que la clave bajará y subirá con las contracciones y dilataciones del arco, y es indispensable que éste, en todas las posiciones, trabaje á compresión. Esto se consigue por medio de la articulación, que obliga á la curva de presiones á coincidir ó estar muy próxima de la fibra neutra del arco, evitando así la inversión de los esfuerzos.

Disposición de los arcos.—Los arcos están formados por dos grandes bielas que, apoyadas por medio de cojinetes en los estribos, se articulan en la clave. Asegurado el trabajo á compresión, se hace posible emplear el acero fundido recocido y se puede formar cada biela por medio de dovelas, unidas entre sí por pasadores. Las figuras 2.^a y 3.^a indican las formas dadas á las dovelas y la disposición adoptada para su unión; las secciones elegidas son una doble T para los arcos interiores y una C de perfil especial para los de paramento. Ambas son sencillas, lo cual facilitará el moldeo de las dovelas.

(1) Véase la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, año 1896, núm. 23, primer semestre.

FIGURA 2.—ARCO INTERMEDIO



DETALLES DE LOS ARCOS

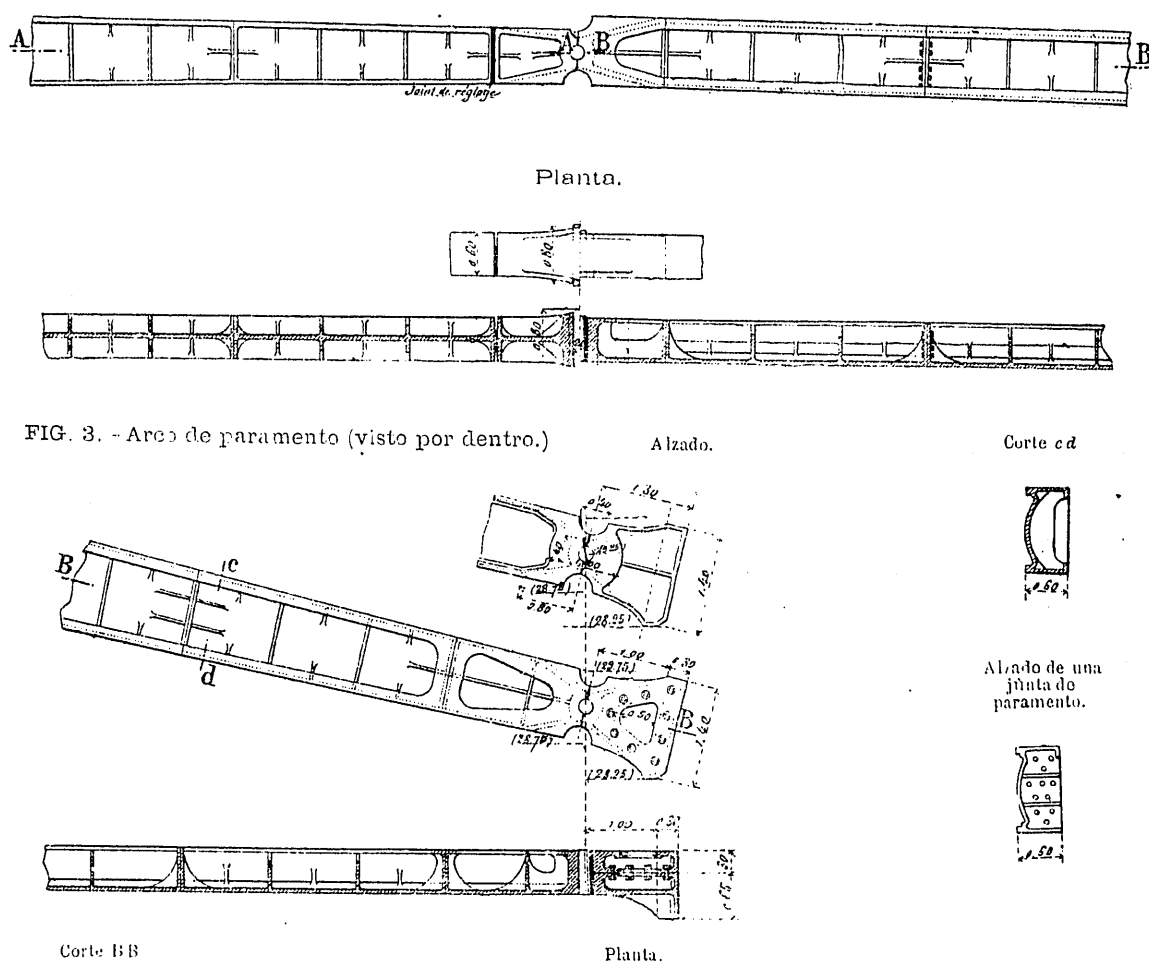
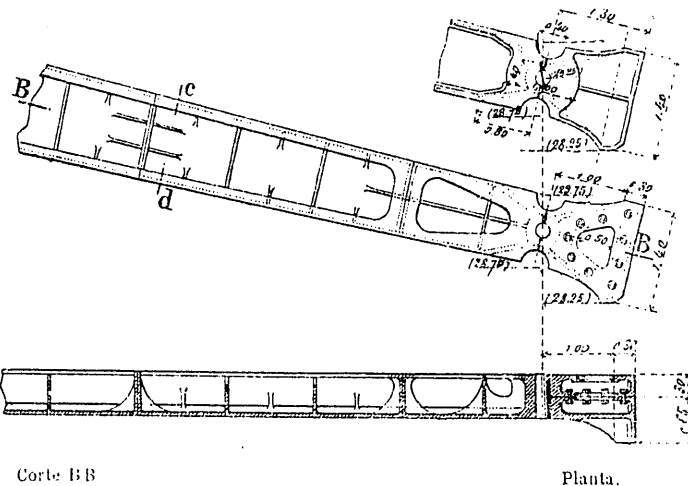


FIG. 3. — Arco de paramento (visto por dentro.)

Alzado.

Corte c d



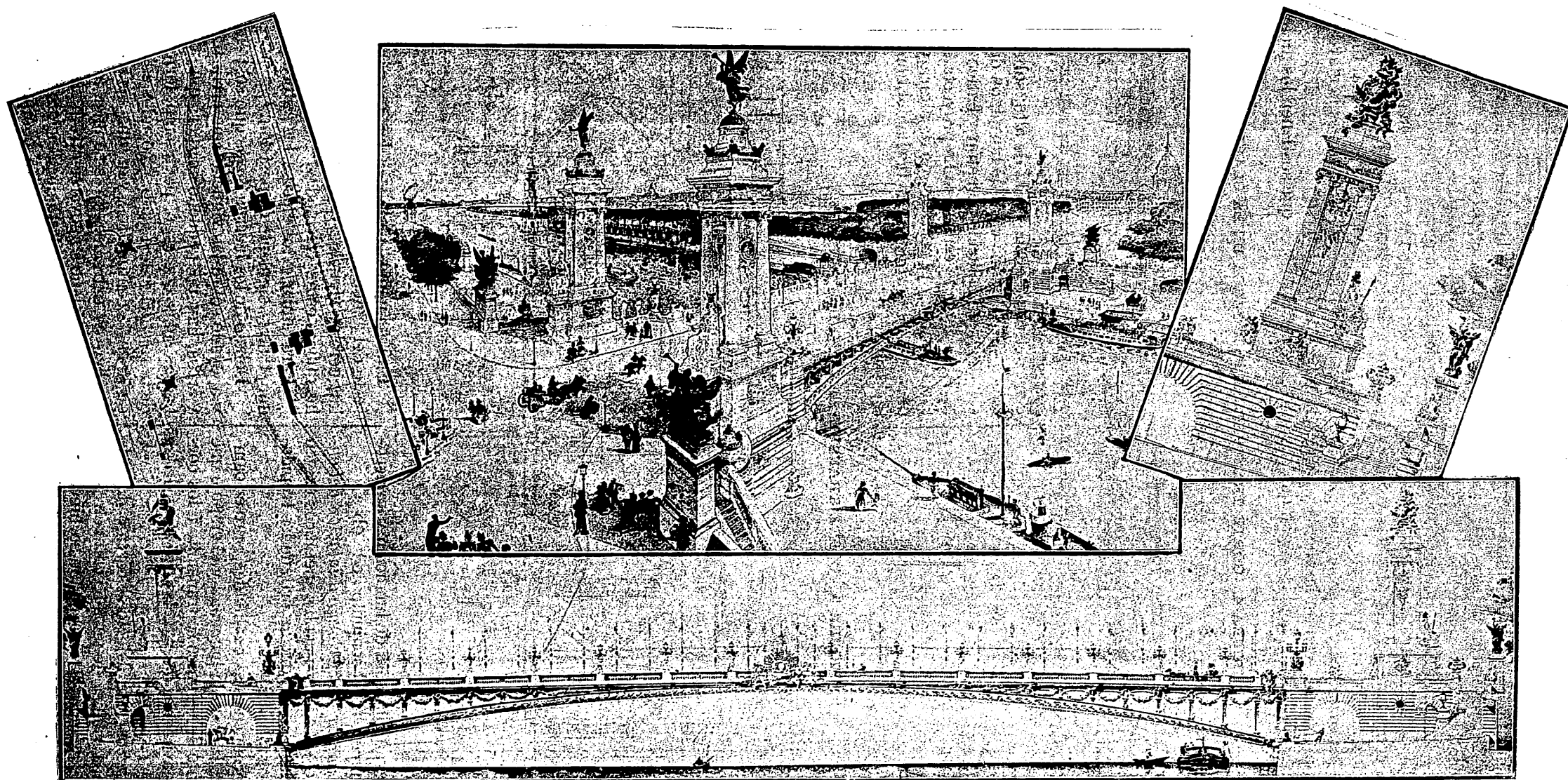
El espesor del arco se ha reducido en la clave todo lo posible con objeto de satisfacer á las condiciones que el caso imponía; se ha hecho de 0^m,75 en los arcos interiores y de 0^m,95 en los de paramento, aumentando progresivamente hasta los riñones, para disminuir luego hasta las articulaciones de los arranques.

La curva de intrados está rebajada á $\frac{1}{16,98}$

Articulaciones.—La disposición dada á las articulaciones es sencilla: las de los arranques, figuras 2.^a y 3.^a, se componen de tres partes; el cojinete, la rótula y la dovela de articulación. El cojinete apoyado en el estribo varía de

forma, según los arcos sean de paramento ó interiores; en la cara de articulación lleva moldeada una concavidad semicilíndrica en la que se aloja la rótula, que es un cilindro de 20 centímetros de diámetro; en el semicilindro restante recibe á la dovela de articulación que tiene forma adecuada á este objeto. La rótula colocada, como acabamos de decir, entre la dovela y el cojinete, deja una junta que permite el juego del arco.

La articulación en la clave está formada de la misma manera; las dos dovelas de articulación son idénticas, variando su forma, naturalmente, según sean de paramento ó interiores, y las de los arcos interiores se apoyan sobre



PUENTE DE ALEJANDRO III.—PROYECTO

funciona; el empuje del entarugado se transmite á los resortes por medio de los hierros sabidos, que deslizarán apretando aquéllos contra el mordiente, tanto más cuanto mayor sea la dilatación de la madera. Cuando cese esta causa, la reacción de los resortes empujará en sentido contrario á los hierros en contacto con los tarugos.

Estribos.—Siendo el empuje en los arranques igual á $\frac{Pa}{f}$ para una luz y carga dadas, depende su valor del de la flecha f , del rebajamiento del arco, y siendo en el caso que estudiamos excepcional éste, el empuje lo es también y exige unos estribos de solidez extraordinaria. Se les ha dado, pues, una gran masa hasta el punto de que pueden resistir el empuje máximo por la sola acción del rozamiento con el suelo de cimentación, y por lo tanto, se ha despreciado en el cálculo de su estabilidad: 1.º El empuje lateral de las tierras que contrarrestará en parte la tendencia de los estribos á deslizar sobre su base. Y 2.º La adherencia de la fábrica del estribo con el terreno de fundación.

En estas condiciones la estabilidad de la obra tiene un gran coeficiente de seguridad, puesto que, como hemos dicho, el peso del estribo y el coeficiente de rozamiento de las fábricas con el terreno bastan por sí solos para inmovilizar los estribos bajo la acción de los empujes máximos.

Se ha calculado la estabilidad partiendo de cuatro hipótesis, que son:

- | | | |
|--|---|--------------------------------|
| 1.ª) Estribos sumergidos hasta el nivel ordinario. | { | Carga permanente. |
| 2.ª) vel ordinario. | | Carga permanente y sobrecarga. |
| 3.ª) Estribos completamente sumergidos. | { | Carga permanente. |
| 4.ª) gidos. | | Carga permanente y sobrecarga. |

Se ha considerado para hacer los cálculos un trozo de estribo de todo su largo y de un metro de ancho, y se ha visto gráficamente el paso de la curva de presiones por la base de los cimientos en la primera y cuarta hipótesis, que dan los límites mínimo y máximo respectivamente de todas las variaciones que pueda experimentar al cambiar el nivel del agua y la sobrecarga. Para llegar á este resultado se han calculado en uno y otro caso el empuje, la carga permanente del puente, la sobrecarga á razón de 400 kilogramos por metro cuadrado de superficie de puente, el peso de viaducto que va sobre los estribos y el peso de éstos. Hé aquí dichas cifras:

KILOGRAMOS	1.ª HIPÓTESIS	4.ª HIPÓTESIS
Empuje.	211.800	301.300
Carga permanente.	51.470	"
Sobrecarga.	"	72.410
Peso del viaducto.	36.700	36.700
Peso del estribo.	484.330	416 090

La resultante de la gravedad y del empuje cae en todos los casos dentro del tercio central de la base.

La superficie de esta última es 33^m,50 × 44 metros, y la presión máxima á que estará sometido el terreno no llegará á dos kilogramos por centímetro cuadrado, lo cual se comprende, dada la oblicuidad de la resultante de la gravedad y el empuje, que tiende más que á comprimir á

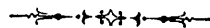
hacer deslizar los estribos sobre el terreno de fundación.

Los materiales que se emplearán en los estribos son: hormigón de cemento de Portland para los cimientos y mampostería, tomadas sus juntas con mortero de cemento. El paramento visto será de sillería de granito, así como la albardilla y las dovelas inmediatas al apoyo de los cojinetes.

(Se continuará.)

ENRIQUE SANCHIS TARAZONA.

París, Septiembre 97.



EXPOSICIÓN INTERNACIONAL DE BRUSELAS

I

La Exposición Internacional de Bruselas está instalada en dos puntos: la parte principal, la verdadera Exposición, ocupa los terrenos y jardines que sirvieron para el certamen del año 1888, y todo lo relativo al Estado del Congo, la parte colonial, se ha colocado en el parque de Tervueren, que dista de la capital unos 14 kilómetros.

El examen ligero de las vías férreas que se han construido con el objeto de facilitar la concurrencia á ambas Exposiciones, constituye el asunto del presente artículo.

La Exposición de Bruselas tiene para su servicio dos líneas de tranvía: la primera arranca del parque, en la ciudad alta, sigue la calle de la Ley, penetra en el jardín de la Exposición y pasa por delante de la fachada que llaman monumental, y que tal vez lo sea cuando esté terminada, pero que en la actualidad tiene algunos trozos de lienzo pintado á manera de decoración teatral; la segunda línea empieza muy cerca de la anterior en la plaza de Lovaina, tiene una estación muy bien dispuesta al lado de la fachada monumental y continúa hasta la entrada del parque de Tervueren, con una longitud total de cerca de 14 kilómetros.

A este parque conduce también un ramal de ferrocarril que empalma con la línea de Bruselas á Namur, saliendo trenes directos desde las dos estaciones Norte y Barrio Leopoldo.

Por último, dentro del parque de Tervueren se ha construido un ferrocarril de vía muy estrecha que da la vuelta á todas las instalaciones.

El primer tranvía es el más importante por el número de viajeros que transporta. El trazado no ofrece nada de particular: empieza en un callejón sin salida que sirve de estación terminal, atraviesa la calle Real y sigue en línea recta por la calle de la Ley, que es muy ancha y tiene pendientes suaves; en todo este trayecto las dos vías van una al lado de otra; al final de la calle de la Ley se separan las vías ascendente y descendente para dar la vuelta al jardín de la Exposición y evitar los apartaderos y vías de maniobra. La longitud de esta línea es de 2,250 kilómetros medidos en un plano de Bruselas.

Este tranvía es eléctrico y de sistema combinado, por toda la calle de la Ley (1,6 kilómetros) el conductor es subterráneo y en el resto del trazado es aéreo. La vía tiene el ancho normal (1.44 metros) y es de un sistema parecido á los Haarmann y Marsillon; en la primera sección la ranu-