

ANTEPROYECTO DE PUENTE SOBRE LA MANCHA DE H. HRSSENT, SCHNEIDER Y C.^a

POR L. G.

(Continuación.)

III.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE FUNDACIÓN.

Se ha determinado la superficie de la base, de modo que la presión por centímetro cuadrado no exceda de 10 kilogramos. Para las pilas de 55 metros de profundidad, desde la línea de bajamar, esta presión en la base es de 9,80 kilogramos; á la altura de la bajamar, 5,75 kilogramos, y 8,20 en el arranque de las columnas metálicas: cifras todas perfectamente admisibles.

Hemos indicado ya que la forma y dimensiones de todas las pilas serán las mismas en el arranque de las columnas; descendiendo desde esta sección horizontal, presentan un talud de $\frac{1}{10}$, siendo, por lo tanto, variable la base de apoyo en el terreno con la profundidad.

Cajones.—Los cajones se componen de dos partes: la inferior, correspondiente á las cámaras de trabajo, de dos metros de altura, y la superior, formada por la prolongación de las paredes del contorno, constituyendo una envolvente general de toda la pila. Para dar rigidez á todo el sistema y evitar deformaciones se proyectarán armaduras y arriostramientos especiales.

La cámara de trabajo está subdividida por medio de tabiques verticales, de modo que cada compartimiento tenga en planta una superficie que no exceda de 50 á 60 metros. Se adoptarán disposiciones que permitan el acceso y la visita de cada uno separadamente, y se establecerán los aparatos necesarios para la inyección del aire comprimido, para la extracción de escombros y relleno final de hormigón.

Las pilas de las márgenes, y las demás que no excedan de 20 metros de profundidad, no presentarán dificultades especiales, siéndoles aplicables los procedimientos ordinarios por el aire comprimido. Pero estos procedimientos sólo se han experimentado hasta 25 metros, pues si excepcionalmente se ha llegado á 30 y aun á 35, á estas profundidades se han encontrado dificultades que obligan á modificar las disposiciones empleadas.

El autor del proyecto confía en la experiencia que se irá adquiriendo para mejorar el procedimiento del aire comprimido y hacerlo aplicable á la mayor profundidad posible. Los pescadores de esponjas y coral llegan hasta 50 metros, y en vista de ello, parece presumible que podrá reconocerse el terreno antes de colocar el hormigón de la base, aun en las pilas de mayor altura.

También puede admitirse que podrá prepararse el terreno de antemano

y desde fuera por medio de aparatos especiales que excusen el empleo del aire comprimido, y que podrá evitarse todo trabajo considerable de los operarios á grandes profundidades.

El autor considera posible verificar el relleno de cada compartimiento por medio de una chimenea, haciendo descender de una manera continua los 120 metros cúbicos de hormigón necesarios para ello, si se consigue desalojar el agua; y cree preferible este procedimiento á la inmersión por cajas, que daría lugar á la formación de mayor cantidad de lechadas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha determinado la forma de la parte inferior de los cajones y las líneas de resistencia de su esqueleto.

La pared exterior se reforzará por medio de armaduras terminadas inferiormente en forma de cuchillos, lo mismo que los tabiques verticales, que se ensamblarán sólidamente al techo, correspondiéndose con las vigas de este y aumentando su resistencia.

Graduando convenientemente el peso de la fábrica en el momento de llegar el cajón al fondo, podrá conseguirse que se apoye en él en las bajamares y flote en las pleas. Los choques de esta gran masa, disponiendo convenientemente los cuchillos, desprenderán trozos del fondo, que serán arrastrados por las corrientes cuando el cajón flote; hay probabilidades de que se podrá conseguir el arreglo del fondo sin grandes dificultades; pero para esto los cuchillos deberán tener grandes dimensiones. La experiencia que se irá adquiriendo guiará para la determinación de aquéllas.

Las campanas de dragar, empleadas en Brest y Cherburgo, dan indicaciones útiles para la aplicación de este procedimiento.

La envolvente superior á las cámaras de trabajo sirve para contener las fábricas y protegerlas contra el contacto inmediato del agua; además permitirá construir en seco en su interior. Esta envolvente irá reforzada por medio de armaduras que eviten su deformación y que quedarán empotradas en la fábrica; pero no se ha contado con ellas como elemento resistente de la pila en previsión de la posibilidad de la destrucción del hierro.

La parte del cajón superior al nivel del mar, y la cúpula que la cubre, son desmontables, y se utilizarán en varias pilas. La cúpula se compondrá de paneles enlazados entre sí y servirá para construir el cuerpo superior al abrigo de las olas y de la intemperie. Se construirá, flotando el cajón, la mayor parte de la fábrica. En los diques de carena de Saigón y Missiessy, en Tolón, se hicieron flotar así 45.000 metros cúbicos de fábrica, es decir, más de 100.000 toneladas. Las pilas de 55 metros de profundidad representan al tocar al fondo un peso de 120.000 toneladas; por lo tanto, este punto puede considerarse como resuelto por la experiencia.

La disposición general de los cajones puede verse en las figuras de la lámina 103.

Fábrica.—Se empleará para el relleno la caliza que abunda en las inmediaciones del cabo de Gris-Nez. El mortero será todo con mezcla de cemento de Portland en la proporción de 500 kilogramos por metro cúbico de arena silicea ó granítica, única que deberá emplearse.

Sobre el techo de las cámaras, para envolver las vigas, se echará una capa de hormigón de 1,20 metros á 2 metros, y encima, hasta la bajamar, se construirá la mampostería de relleno, dejando los aligeramientos que ya hemos mencionado. Cada cuátro metros se sentarán dos hiladas de sillería para uniformar los asientos y repartir mejor las presiones. Desde la bajamar los aligeramientos se estrecharán y terminarán en forma de casquete esférico, coronado por una chimenea que permitirá la entrada para visitar el amarre de la columna metálica. Esta parte llevará un paramento de sillería de granito, y la plataforma se compondrá de varias hiladas sucesivas del mismo material.

Finalmente, se rodeará esta plataforma de una barandilla para la seguridad del personal encargado del servicio de conservación.

IV.

MONTAJE, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE LAS PILAS.

Instalaciones auxiliares.—La cantidad considerable de materiales que ha de emplearse exige la habilitación de puertos próximos, lo que exigirá obras de importancia. Está indicado en la costa francesa Ambleteuse y Folkestone en la inglesa, sin perjuicio de que una parte quizá considerable de los materiales se embarque en Boulogne, Calais y otros puertos próximos. En Ambleteuse deberá construirse un dique de carena para empezar en él el montaje de los cajones hasta la altura de 3,50 á 4 metros, análogamente á lo que se hizo en Tolón para los diques de Anvers, Saigón, etc. Puestos á flote, abriendo las puertas del dique durante una marea de agua viva se llevarán al antepuerto, donde continuarán los trabajos. Se seguirá elevando la envolvente hasta 12 ó 15 metros, y se empezará á lastrar el sistema por medio de una capa de 2 metros á 2,50 de hormigón, que le dará la estabilidad necesaria para ser transportado á aguas más profundas. Este transporte se efectuará por medio de remolcadores cuando el cajón cale 10 ó 12 metros, es decir, todo lo posible á la salida del puerto. De este modo será llevado el cajón hasta la posición que debe ocupar. Para las pilas de profundidades inferiores á 12 metros se procederá como de ordinario, llevándolas desde luego á su sitio; pero las demás se conducirán junto á otras ya colocadas, donde se continuará la construcción de la mampostería hasta que estén próximas á tocar al fondo, con el objeto de concentrar en lo posible el trabajo.

Colocación de las pilas.—La operación más importante, y quizás la más

difícil, será la colocación de los cajones en su verdadero emplazamiento cuando estén flotando todavía. Será necesario proceder con buen tiempo y en las mareas bajas de agua muerta, aumentando el lastre y haciendo descansar el cajón en el fondo cuando esté en su verdadera posición. Pero para el caso en que hubiera un error considerable, es preciso disponer de medios que permitan volverlo á flote, lo que se conseguirá lastrando por medio de agua que se introducirá en los aligeramientos, bastando luego extraerla para que el cajón vuelva á flotar; también podrá conseguirse inyectando aire en las cámaras de trabajo.

El procedimiento que ha de emplearse para la colocación en su verdadera situación de los cajones, es análogo al empleado en el puente de Arlés sobre el Ródano.

Se colocarán á 200 ó 300 metros de distancia ancias ligadas por medio de cadenas á pontones, que á su vez se enlazarán con el cajón de la pila por medio de amarras que lo sujeten y permitan comprobar la exactitud de su posición y variarla hasta conseguir que sea la debida (véase lámina 104). Esta operación se hará cuando el borde del cajón diste 0^m,50 á 1 metro del fondo, bastando entonces introducir en los aligeramientos un volumen de agua suficiente para que se apoye en el terreno.

Si la posición en que ha quedado no es exacta, se le hace flotar nuevamente, como hemos indicado.

Una vez el cajón en su verdadera posición se asegurará en ella y aumentará su estabilidad construyendo fábrica en el interior, y se extraerá después el agua de los aligeramientos.

Los pontones estarán provistos de máquinas de vapor y tornos para poder obrar con la seguridad y energía necesarias. Servirán, además, para proteger el cajón contra la acción de las olas, y en caso necesario se aumentará este efecto por medio de almadías, pudiéndose hacer uso también del aceite para evitar la agitación alrededor de las pilas y permitir en todo tiempo el embarque de materiales.

Se procurará construir, mientras se coloca el sistema de pontones, la fábrica necesaria para que el cajón llegue cerca del fondo, con lo cual bastará un trabajo pequeño para asegurarlo una vez que esté en su posición verdadera.

Cúpulas.—Hemos indicado su forma y objeto. Se formarán por medio de paneles de hierro enlazados por pasadores para poder desmontarlas. Se conseguirá la impermeabilidad por medio de bandas de caoutchouc. El montaje y desmontaje se efectuarán por medio de una grúa flotante.

En la parte inferior llevarán una galería ó plataforma horizontal, que se utilizará para el servicio, y al mismo tiempo será el principal elemento de su resistencia.

Hacia la mitad de la altura se colocará otra galería por encima del nivel de la pleamar para instalar en ella las grúas necesarias para la construcción de la fábrica después de la colocación definitiva del cajón.

Arreglo del fondo.—Antes de la colocación de un cajón debe reconocerse el fondo por nuevos sondeos, que harán conocer si es suficientemente resistente ó exige algún trabajo de excavación.

Este trabajo será necesario cerca de las costas; pero en estos puntos no ofrecerá dificultad el empleo del aire comprimido.

Para profundidades comprendidas entre 20 y 35 metros, el autor considera fácil modificar y mejorar el procedimiento del aire comprimido de modo que resulte práctico para estas profundidades.

Deben establecerse unas 24 pilas á profundidades superiores á 35 metros. El autor confía también para resolver el problema en los perfeccionamientos que piensa introducir en los procedimientos ordinarios. Para las mayores profundidades indica la posibilidad de verificar el arreglo del fondo desde la plataforma por medio de aparatos especiales, acerca de los cuales no hace ninguna indicación.

Se propone desembarazar el suelo de los productos ya desagregados por medio de bombas de presión ó inyectando aire comprimido que reduzca aquéllos á fragmentos bastante pequeños para que sean arrastrados por las corrientes.

Relleno de hormigón en las cámaras.—El autor del proyecto cuenta con la posibilidad de verificar el relleno de las cámaras por el procedimiento ordinario en la mayor parte de las pilas.

El procedimiento que propone para las mayores profundidades consiste en rellenar de una vez cada cámara de 120 metros cúbicos de capacidad. Para ello hará uso de un tubo de palastro de acero de 0,75 metros de diámetro, cerrado en su parte inferior por una válvula, que se abrirá instantáneamente una vez lleno el tubo, dejando en la parte superior de la cámara un orificio para la salida del agua y de las lechadas.

El relleno se hará en quince ó veinte minutos, de modo que, después de lleno el compartimiento, quede en el tubo suficiente cantidad de hormigón para comprimir el relleno y evitar la entrada del agua. El autor considera suficiente la experiencia ya adquirida de este procedimiento para justificar su empleo. La mayor dificultad consiste, á su juicio, en fabricar 120 metros cúbicos de hormigón en quince ó veinte minutos; pero atendida la enorme cantidad que ha de ponerse en obra, y los poderosos medios mecánicos que esto exige, no le parece difícil la solución de este problema.

Una vez colocada la pila y verificado el relleno de hormigón en las cámaras, se continuará construyendo en el interior del cajón y al abrigo de la

cúpula metálica hasta cerca de la coronación de la parte de fábrica, que se terminará después de desmontada la cúpula.

Si fueran temibles socavaciones del fondo alrededor de las pilas por efecto de las corrientes, se defendería por medio de sacos rellenos de hormigón, que se colocarían por medio de gruas ó tornos ó por escollera de gran volumen, colocada del mismo modo, puesto que abandonando los bloques ó los sacos en la superficie, no descenderían verticalmente.

El autor indica el material y medios auxiliares necesarios para llevar á cabo la construcción de las pilas; la parte más importante consiste en la habilitación de los puertos de que ya hemos hablado, y considera necesarios diques de carena suficientes para construir á la vez cuatro cajones; se instalarán además almacenes y talleres para el trabajo del hierro, fabricación del cemento, etc., etc. No haremos la enumeración del material de transporte, que consistirá en vapores de varias clases y pontones para el transporte por mar, debiéndose enlazar estos puertos con los ferrocarriles próximos para los transportes por tierra.

Cubicación, plazo de ejecución.—El resumen de las cubicaciones arroja un total de cerca de 4.000.000 de metros cúbicos de fábrica y 76.000 toneladas de hierro para los cajones, como se ve en el siguiente cuadro:

CUADRO DE LAS CANTIDADES DE OBRA DE LAS PILAS DEL PUENTE
SOBRE LA MANCHA.

DESIGNACIONES	Número de pilas.	FABRICA		CAJONES		OBSERVACIONES
		Volúmenes en cada pila.	Volúmenes totales.	Peso de un cajón.	Peso total.	
		Metros cúbicos.	Metros cúbicos.	Kilogramos.	Kilogramos.	
Pilas de 5 metros de profundidad..	14	17.300	242.200	311.000	4.354.000	
10	6	20.500	123.000	386.000	2.317.800	
15	8	24.500	196.000	466.800	3.734.400	
20	18	28.600	504.000	561.600	10.108.800	
25	30	31.900	957.000	618.600	18.558.000	
30	16	37.600	601.600	697.000	11.152.000	
35	2	40.500	81.000	790.200	1.580.400	
40	6	43.400	260.400	873.800	5.242.800	
45	4	48.000	192.000	966.400	3.865.600	
50	4	52.600	210.400	1.058.200	4.232.800	
55	10	57.200	572.000	1.163.200	11.163.200	
	118		3.939.600		76.309.800	

Parece probable que podrán construirse en diez años todas las pilas; debe contarse además un plazo de dos años para la organización de los talleres y fábricas. La construcción de las pilas puede terminarse un año antes que el de la superestructura, que también podrá ejecutarse en diez años.

A cada una de las dos naciones interesadas corresponde un trabajo de 2.000.000 de metros cúbicos de fábrica y 40.000 toneladas de hierro en cajones, ó sea 200.000 metros cúbicos de fábrica y 4.000 toneladas de hierro al año. En cuanto á la obra de hierro, aunque hay que considerar al mismo tiempo la cantidad necesaria para la superestructura, no parece probable que existan dificultades para que puedan ser suministradas por las fábricas de Francia é Inglaterra las cantidades de material necesarias.

Respecto á la fábrica hay que tener en cuenta las dificultades inherentes al trabajo en alta mar. Se considera posible trabajar durante doscientos cincuenta días al año, descontando los días de fiesta y aquellos en que el estado del mar no permitirá el trabajo, resultando que deberán ejecutarse diariamente $\frac{200.000}{250} = 800$ metros cúbicos de fábrica. No siendo posible construir más de 100 en cada cajón, deberá trabajarse á la vez en ocho.

También puede determinarse el número de pilas que deben construirse simultáneamente, examinando el tiempo probable necesario para cada operación, como se ve en el siguiente cuadro:

Pila media fundada á 30 metros bajo la línea de bajamar.	Cantidades.	Tiempos. Días.
Construcción del cajón.	697.000 kilogramos.	60
Lastre de fábrica en el puerto. . . .	2.200 metros cúbicos.	10
Conducción.		2
Fábrica antes de la inmersión. . . .	17.500 metros cúbicos.	175
Arreglo del fondo bajo los cuchillos.		30
Colocación y arreglo del fondo.		20
Relleno de hormigón.	2.400 metros cúbicos.	20
		317
Tiempo perdido por temporales y fiestas.		160
		477

En resumen; la provisión de materiales no presenta dificultades insuperables. La piedra para el hormigón, mampostería y sillería puede obtenerse de las canteras próximas á Marquise, fácilmente explotables, y se transportará por ferrocarril. El embarque podrá hacerse en Ambleteuse, Calais ó Boulogne. El granito de la coronación de las pilas puede provenir de Chausey, Flamanville, etc. La arena puede tomarse en las playas del litoral. El cemento se fabrica en las inmediaciones de Boulogne en cantidades suficientes para poder suministrar anualmente 50.000 toneladas.

El autor no indica la procedencia de los materiales que han de ponerse en obra en la parte de Inglaterra.

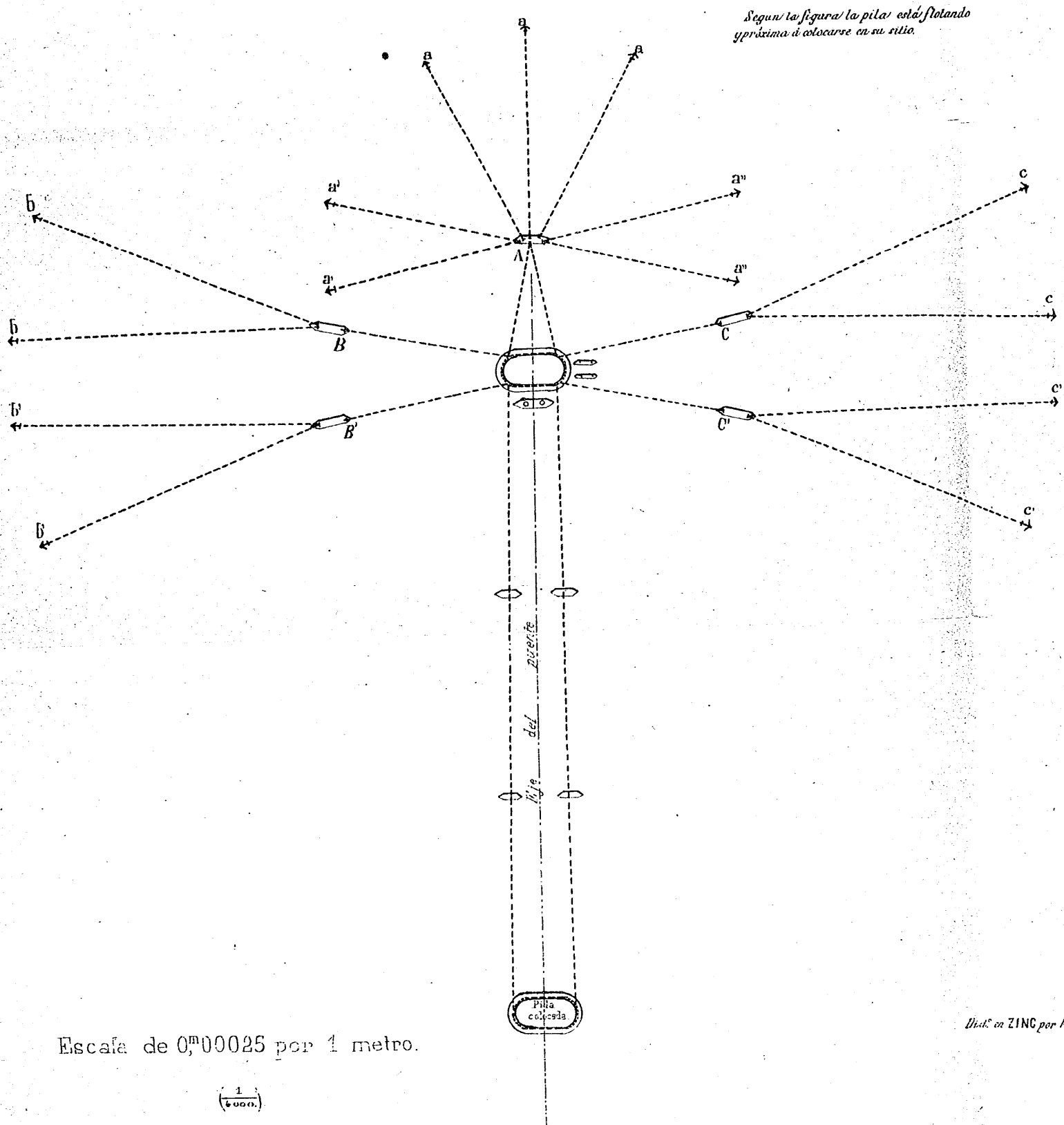
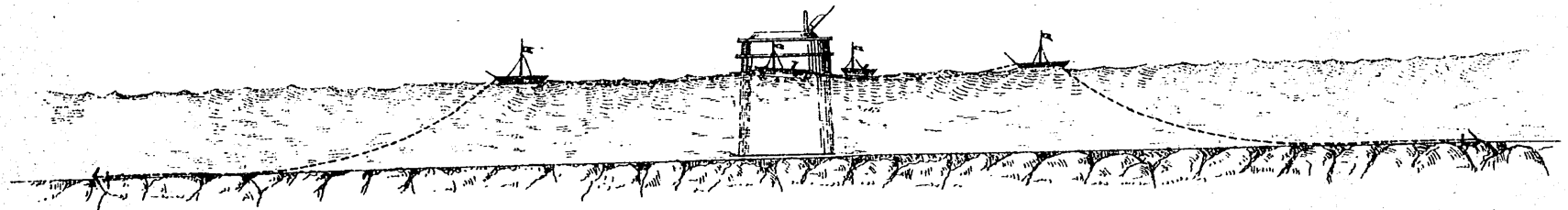
(Se continuará.)

PUENTE SOBRE LA MANCHA

FUNDACIONES

ANTE-PROYECTO DE H. HERSENT

Disposicion para la colocacion de una pila.



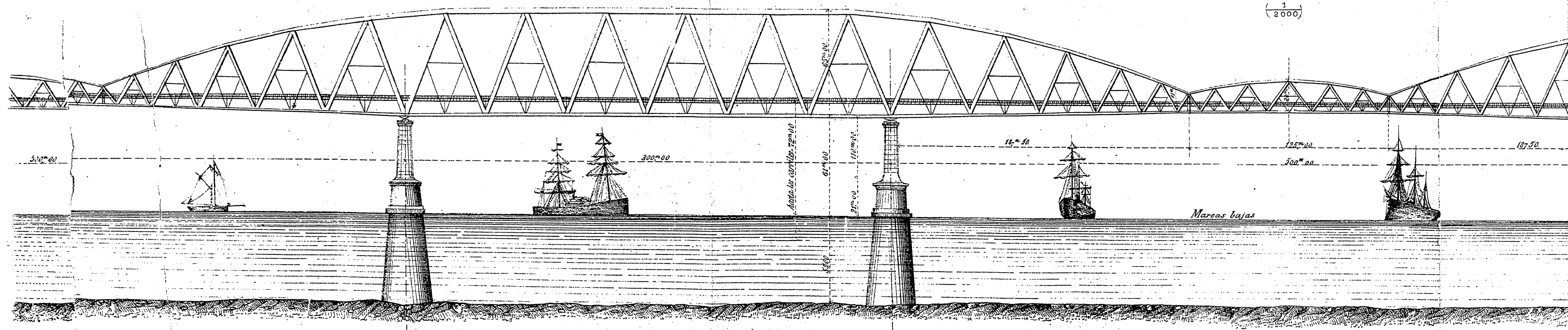
PUENTE SOBRE LA MANCHA TRAMOS ANTE-PROYECTO DE SCHNEIDER Y CA

Revista de Obras Públicas.

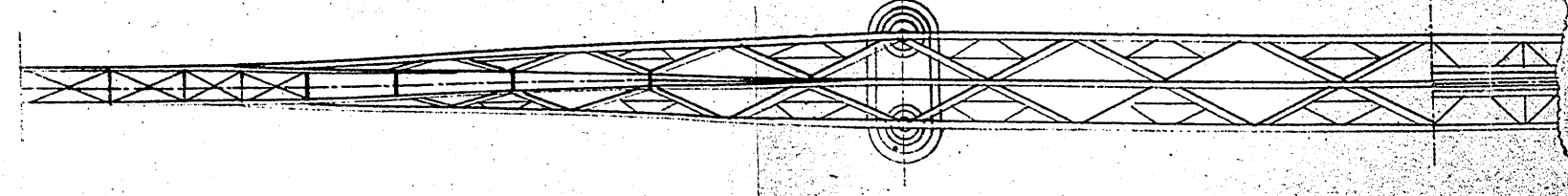
TRAMOS DE 300 Y DE 500 metros

Escala de 0^m 0005 por 1 metro.

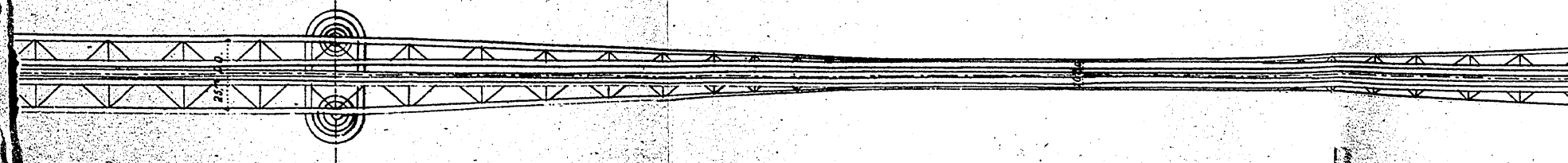
($\frac{1}{2000}$)



Plano de las vigas vistas por encima, suponiendo quitados el tablero y los arriostramientos inferiores.



Plano del tablero que sostiene las vías y arriostramiento inferior de las vigas.



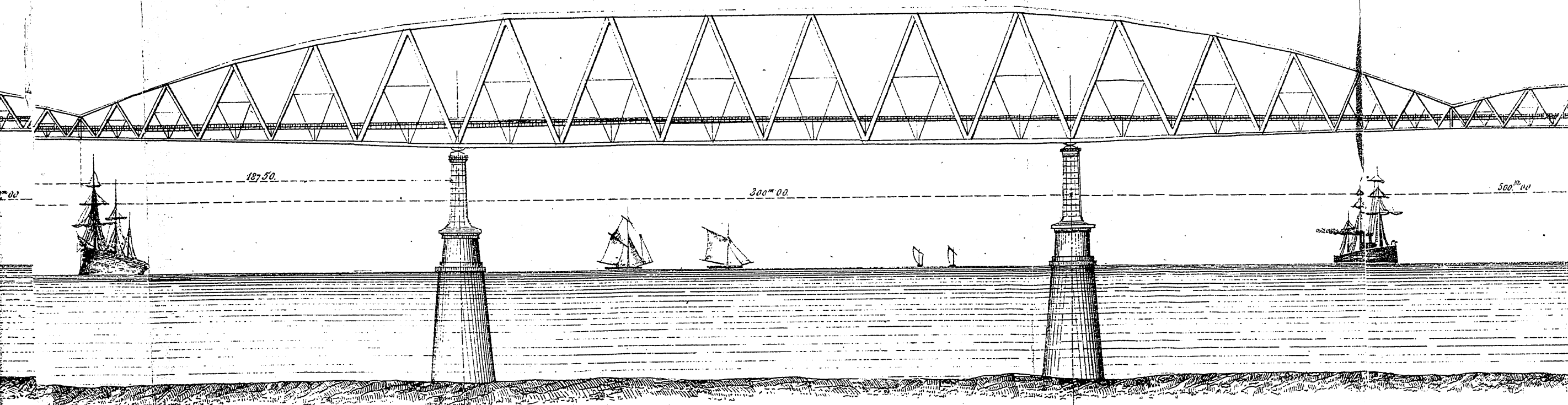
MANCHA

TIDER Y CA

ist 500 metros

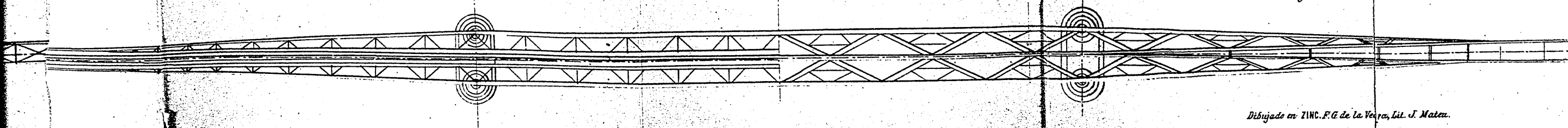
3720.

4^a Série Lámima 105 año 1890.



de las vigas

Plano de las vigas vistas por debajo suponiendo quitados el tablero y los arriostramientos inferiores.



Dibujado en ZINC. F.G. de la Vea, Lit. J. Mateu.