

PUENTE SOBRE EL ALLIER.

(Conclusion).

Trabajos de colocacion y montage.

Antes de entrar en los detalles de las operaciones ejecutadas en Moulins, vamos á hacer algunas indicacionés históricas sobre esta clase de fundaciones.

Antes de 1845, gran número de ingenieros ingleses reemplazaron el sistema ordinario de pilotes de madera, sobre los que se sentaban las fundaciones de los puentes, los unos por pilotes de madera ó de fundicion, adicionados en su extremo inferior con un tornillo de rosca, y cuya hinca se obtenia por un movimiento de rotacion que se daba al pilote por medio de un cabrestante; los otros empleando pilotes huecos de fundicion que se hincaban con martinets lo mismo que los de madera.

Mas adelante el doctor M. Potts tuvo la idea de trabajar sobre el terreno que rodea al pilote, en lugar de obrar directamente sobre el mismo gara conseguir su hinca, y hé aqui en qué consiste su procedimiento: se toma un pilote hueco de palastro ó de fundicion, cerrado por su parte superior con un casquete bien embetunado y calafateado, el cual debe estar atravesado por una manga de cuero en comunicacion con una máquina aspirante. Estando esto así dispuesto, se establece el tubo bien vertical sobre el lecho del rio y haciendo funcionar la máquina, el agua que rodea el pilote se precipita en su interior; con este movimiento brusco las capas de terreno sobre que descansa se desunen y los detritus arrastrados por el agua pasan al interior del tubo. El pilote en virtud de su propio peso y de la presion atmosférica que obra sobre la cubierta va descendiendo; cuando está lleno de tierra y de agua, se vacia y se empieza de nuevo la operacion hasta llegar á la profundidad que se desea; entonces se rellena de hormigon el interior del pilote. Bajo este sistema se han hecho las fundaciones de muchos puentes de In-

Tomo VII.

glaterra, variando el diámetro de los pilotes entre 40 y 70 centímetros.

Hácia 1845, M. Triger, Ingeniero frances encargado del establecimiento y de la explotacion de las minas de hulla de Chalannes (Maine-et-Loire), se sirvió de un procedimiento enteramente nuevo, para impedir que las aguas entrasen en los pozos de estraccion y aun para la misma explotacion de la mina. En cuanto la perforacion de los pozos llegaba al nivel del agua, colocaba un tubo de fundicion compuesto de anillos cilindricos de 1^m. á 1^m,5 de radio, enlazados por medio de pernos y pasadores, y en su parte superior un aparato al cual se ha llamado *cuenca de aire*. En seguida comprimía este por medio de una máquina de inyeccion, el cual obrando como un émbolo, repelia el agua de la parte inferior del tubo por debajo de los bordes, y los obreros que habia en el fondo del pozo, podian continuar sus trabajos de perforacion sin que el agua les incomodase.

A medida que se continuaba esta operacion, el tubo iba bajando y entonces se agregaban nuevos anillos por su parte superior. Así se han atravesado las capas acuíferas del fondo del Loira, y en el día se extraen masas de carbon de esta mina abierta en medio de las aguas.

En Francia es pues, donde se ha hecho la primera aplicacion del sistema tubular por medio de tubos de fundicion, compuestos de anillos superpuestos, y es de notar que la opinion pública prevenida siempre en favor de todo lo extranjero y sobre todo ingles, se ha engañado como de costumbre, dando el mérito de esta invencion á nuestros vecinos, cuando es debida realmente á un frances.

En 1852 un constructor ingles M. Cubitt, encargado de la direccion de las obras del puente de Rochester (condado de Kent), recordando los notables resultados obtenidos, por medio del aire comprimido en las minas de Chalannes, tuvo la idea de hincar los pilotes por este medio en lugar de seguir el sistema de hacer el vacio como M. Potts. Este sistema es el que se ha seguido en el puente de Moulins: El puente de Rochester, todo de mamposteria, se apoya sobre dos pilas las cuales

Madrid 1.º de Agosto de 1859.

están fundadas sobre 14 pilotes de fundición de 2^m de diámetro llenos de hormigón y llegan hasta 18^m de profundidad.

Por último hace dos años, en la construcción del puente de *Mâcon*, se modificó algo este sistema; se aumentó el diámetro de los pilotes hasta 5^m, reduciendo su número á 5 por pila, y en lugar de que terminasen al nivel de las bajas aguas para sentar sobre ellos la fábrica, se han continuado hasta el tablero del puente que sostienen directamente, sirviendo así de verdaderas columnas rellenas de hormigón y arriostradas entre sí por medio de bastidores de fundición.

Aplicación al puente de el Allier.

Todos los materiales se han llevado por un ramal que enlazaba la estación de Moulins con los talleres establecidos en la orilla derecha del río; este ramal se continuaba por el puente de servicio. Toda la parte metálica se fué llevando á los talleres según se necesitaba, para no ocupar demasiado sitio y entorpecer las demás operaciones.

El puente de servicio se ha construido solo para los tres primeros tramos de la orilla derecha, y se ha ido trasladando á medida que avanzaban las obras; tenía 10 metros de ancho y el tablero estaba un metro más bajo que las vigas del puente.

Una grúa giratoria de 9,^m40 de altura, montada sobre un carro móvil, se movía sobre una vía colocada en el puente de servicio, cuyo movimiento se daba á las cuatro ruedas por medio de manivelas y de engranajes. Los trabajadores se colocaban para esta operación, en un balcón volante, colocado lateralmente á la grúa.

Otras guas, de menores dimensiones, estaban colocadas en la parte superior de los andamios de las pilas; su movimiento trasversal se hacía á brazo, y estaban dispuestas sobre un torno móvil en sentido perpendicular al de la grúa.

Para la introducción de un tubo, después de colocado entre los andamios, según está

representado en las figs. de la lám. 105; se presentaban en su sitio por medio de la grúa, un cierto número de anillos atornillados y bien calafateadas las juntas; para facilitar la penetración del tubo en el terreno, el primer anillo era de palastro y no tenía más que 0,^m01 de espesor y 0,^m40 de altura. Los demás de fundición tenían 0,^m025 de espesor y 4^m de alto, y aun para resistir más á los choques de los cuerpos que arrastra la corriente, se ha aumentado el espesor hasta 0,^m05 en una altura de 8^m á los tubos de agua arriba.

Podría creerse que los tubos van bajando á medida que se sacan las materias del interior; pero no sucede así, sino que se queda suspendido mientras hay aire comprimido en su interior; pero en cuanto se extrae este, el tubo baja casi de repente, en algunos casos hasta 2^m. Este hecho se explica por la diferencia entre la presión interior y la exterior, diferencia que tiende á levantar el tubo con una fuerza que puede calcularse aquí en 40,000 kilogramos; así el peso reunido del *cuenco* y de todos los anillos no siendo suficiente para contrarrestar esta fuerza, ha sido preciso cargar el aparato con placas de fundición para aumentar su peso é impedir así un levantamiento.

Para que la bajada se verificase verticalmente, se guiaba el tubo por medio de tres bastidores sujetos á los andamios y dispuestos á diferentes alturas, colocando siempre anillos sobrantes en la parte superior, para que hubiese la suficiente altura y no tropezase la cubierta en el bastidor más alto, este se quitó al terminar la operación para dar paso al aparato superior que corona los tubos.

Este aparato se componía de una verdadera *esclusa ó cuenco de aire*, comunicando por su parte inferior con el tubo y por su parte superior con el aire libre, por medio de dos válvulas horizontales, que se cerraban por la acción del aire comprimido. Una máquina de vapor, colocada sobre un barco, enviaba el aire comprimido, introduciéndose en el tubo por medio de una manga de cuero adaptada á una de las válvulas del cuenco. El aparato tenía 2 metros de diámetro por 2 de altura, y

gastaba en cada maniobra un volúmen de aire comprimido igual á su capacidad; para facilitar las maniobras hubiera convenido que el diámetro del cuenco hubiese tenido 2,^m50 de diámetro, pues era un poco chico. La entrada y la salida del aire se ejecutaba por medio de dos llaves, comunicando la una con el tubo y la otra con la atmósfera; el agua era rechazada por el aire comprimido debajo de los bordes inferiores del tubo. Para la salida del agua se hacia uso de un tubo especial, que partia del fondo y en forma de sifon pasaba por una de las válvulas del cuenco, hasta el exterior. Las materias del interior del tubo se sacaban por medio de cubos de palastro, suspendidos por medio de cadenas que se arrollaban á un torno de manivelas colocado en el cuenco. Otro torno colocado sobre el andamiage servia para extraer las materias depositadas en la cámara. Concluida la introduccion ó penetracion del tubo, los mismos cubos servian para bajar el hormigon de que se rellenaba el tubo.

Dejando entrar el agua, el tubo descendia en virtud de su propio peso, de el del aparato superior y de la carga adicional que se le agregaba; sin embargo, en la capa de arenas movedizas, era preciso para conseguir la penetracion recurrir á una nueva sobrecarga, mas bien que hacer la maniobra indicada, la que producía en el tubo una aspiracion violenta que arrastraba las arenas al interior.

Para evitar las variaciones bruscas de presion y por consiguiente la entrada del agua, cuando se maniobraban los cubos que servian para la extraccion de las materias, hubo que tomar algunas precauciones, pues era preciso que el tubo tuviese una capacidad tan grande como fuese posible respecto al cuenco. Para los tubos que entraban poco se añadian á los anillos definitivos otros cuyo objeto era obtener una columna de suficiente altura. Para los de mayor profundidad, la operacion de la penetracion se hacia en dos veces, y el aparato se colocaba sobre nuevos anillos por efecto de la escesiva altura que hubiera sido preciso dar á la columna encima de los bastidores destinados á guiarla.

El fondo del Allier se compone de tres capas diferentes que se presentan en el orden siguiente á partir de la superficie: 1.º arenas puras; 2.º grava arcillosa; 3.º marga con concreciones calizas. La primera capa es de una gran movilidad, se modifica en cada crecida, y su profundidad es generalmente de 6 metros. La segunda capa es de poco espesor. Por último la tercera, que forma la marga, es compacta, no se desagrega y tiene una gran resistencia.

Las concreciones calizas que se encuentran son masas redondas de una gran dureza. Esta capa que se ha sondado sin hallar solucion de continuidad hasta grandes profundidades en el emplazamiento del puente, se halla sobre el nivel del agua en la márgen derecha, continúa, muy próxima á la línea de las bajas aguas hasta 100 metros de dicha márgen, en donde se inclina y se va profundizando hasta que en la márgen izquierda se encuentra ya á una profundidad bastante grande.

La penetracion de los tubos en *este terreno* ha variado entre 2,^m25 y 5,^m25 ó sea término medio de 2,^m75 de hincia en la marga.

La profundidad de las pilas ó tubos debajo de la línea de las bajas aguas está dada por los números siguientes:

Pila núm. 1, márgen derecha.	5, ^m 10
núm. 2.	4, 10
núm. 3.	4, 10
núm. 4.	6, 10
núm. 5.	10, 25
núm. 6.	10, 10
núm. 7.	10, 10
núm. 8, márgenizquierda.	10, 10

Profundidad media por bajo de

$$\text{las bajas-aguas..} \dots \frac{57,^m95}{8} = 7,^m24$$

En la operacion de la penetracion los tubos, no han experimentado ninguna desviacion. Cuando estaban cerca del fondo no se les hacia bajar mas que una pequeña cantidad, aumentando la sobrecarga, para hacer penetrar cuanto fuese posible en el terreno el anillo del fondo.

Los anillos intermedios no se fundian hasta

terminar la hincas de los tubos, con objeto de compensar las diferencias de altura que la distinta penetracion de cada uno producía. Así, por ejemplo, para la pila núm. 5 ha sido preciso aumentar la altura del anillo intermedio correspondiente al diámetro 2,^m50, de 0,^m15, para que la parte cónica de la columna estuviese á la altura invariable fijada en el proyecto.

Para la penetracion de los tubos se ha empleado una sola máquina de 12 á 14 caballos, para comprimir el aire en los 16 tubos que comprenden las pilas; no ha escedido de 20 dias toda la operacion para dejar colocado un tubo á la profundidad de 10 metros. La introduccion en la marga duraba dos ó tres veces mas tiempo que en las arenas, presentaba alguna dificultad cuando se encontraban concreciones calizas aisladas en la marga, pues era preciso romperlas para que no impidiesen la bajada de los tubos.

La cal de Joze, empleada en el hormigon del relleno, es eminentemente hidráulica. La grava se componia de pedazos de cuarzo recogidos sobre los acarrees del Allier á 15 ki-

lómetros agua-arriba de Moulins. Estas piedras, generalmente muy gruesas, se partian para emplearlas.

Una vez colocados los tubos, se acaba de cerrar hasta los capiteles. Las riostras y cruces de S. Andrés, que debian ligar los dos tubos de una misma pila, se armaban y remachaban en los talleres, y trasportadas en una sola pieza al sitio de obra, se atornillaban y fijaban á los tubos por medio de pernos y pasadores. Concluida esta operacion, se acababan de llenar las columnas de hormigon y se sentaba la piedra de silleria destinada á recibir las placas de apoyo.

Para el montaje de los tramos, las chapas de las vigas de 7 metros de largo cada una, estaban colocadas sobre el puente de servicio, con las traviesas, los largueros y las riostras. Cuando todo estaba atornillado y en su sitio se procedió á remachar. Se tenia cuidado de dar una pequeña flecha (3 centímetros) á el tramo, y como no habia dispuesto andamio mas que para dos tramos principales, cuando se acababa uno se trasladaba el puente de servicio al tramo siguiente:

CUBICACION Y COSTE.

El cuadro siguiente da los detalles de los diversos elementos de que se compone el puente.

PIEZAS Ó PARTES DE LA OBRA.	Número de piezas.	PESO EN KILÓGRAMOS.	
		Por pieza.	Total.
Pilas.			
Anillos delgados de 2, ^m 50 de diámetro.	104	1866	194064
Id. mistos de 2, ^m 50.	8	2775	22200
Id. gruesos de 2, ^m 50.	16	5005	48080
Anillos intermedios gruesos.	8	5525	26600
Id. Id. delgados.	8	1870	14960
Anillos de riostra gruesos.	8	2700	21600
Id. Id. delgados.	24	2550	56400
Anillos gruesos de 2 metros.	24	2660	63840
Id. mistos de 2 metros.	8	2280	18240
Id. delgados de 2 metros.	48	1560	65280
Capiteles.	16	2510	40640
Placas de apoyo y de dilatacion.	20	590	11800
PESO TOTAL DE LA FUNDICION.			585704

PIEZAS Ó PARTES DE LA OBRA.	Número. de piezas.	PESO EN KILÓGRAMOS.		
		Por pieza.	Total.	
Tramos.				
Anillos del fondo de los tubos.	16	520	8520	
Riostras y cruces de S. Andrés.	8	8250	66000	
Pernos de las cruces de S. Andrés.	520	4,70	1504	
Chapas de las vigas principales.	4	2665	10652	
Id.	4	4680	18720	
Id.	16	5259	84144	
Id.	16	7405	118480	
Id.	16	4790	76640	
Id.	14	5024	70294	
Id.	14	5325	74550	
Id.	14	4855	67942	
Cubre-juntas de las chapas de las vigas.	192	14,58	2800	
Placas y piezas de ángulo.	960	16,96	16281	
Remaches.	56000	0,40	22400	
Traviesas.	96	1285	125560	
Largueros.	580	290	110200	
Uniones de los largueros.	584	25	9600	
Riostras { de hierro plano.	192	90	17280	
{ de hierro de forma T.	192	120	25040	
Pernos de los anillos 0,™035 por 0,™155.	4664	1	4664	
Id. 0, 055 por 0, 180.	256	2	512	
Id. 0, 055 por 0, 140.	7176	0,875	6279	
Pernos del tablero.	4945	0,508	2511	
PESO TOTAL DE HIERRO FORJADO.			955175	
Maderas.				
Madera del tablero {	Largueros.	95	0,™c1260	11,™c97
	Traveseros.	954	0, 1540	147, 68
	Maderos del suelo.	1520	0, 08256	125, 49
VOLÚMEN TOTAL DE LA MADERA DEL TABLERO.			285, 14	

La construcción del puente se ha contratado con la sociedad J. F. Cail y Compañía en la cantidad de 1.156012 francos, lo que da para el metro lineal de puente

$$\frac{1.156012}{557,50} = 5425$$

Esta cantidad puede descomponerse aproximadamente de la manera siguiente:

CLASE DE OBRA.	CANTIDADES.	PRECIO de la unidad.	TOTAL.	
Fundicion.	585704 ^k	0, ^{fr} 50	175111 ^{fr} ,20	
Palastro, pernos y pasadores.	955175 ^k	0, ^{fr} 80	746558 ^{fr} ,40	
PILAS. {	Fundaciones, hormigon (por metro de- bajo de las bajas-aguas).	115 ^m , 90	500 ^{fr} ,00	57950 ^{fr} ,00
	Elevacion, hormigon y silleria encima de las bajas-aguas.	165 ^m , 20	125 ^{fr} ,00	20400 ^{fr} ,00
Estribos de fábrica.	"	"	16000 ^{fr} ,00	
Madera del tablero.	265 ^m , 14	150 ^{fr} ,00	37078 ^{fr} ,20	
Gastos del ramal de ferro-carril, alquiler de los terrenos de los talleres cuenco y má- quina para el aire comprimido, gruas, tornos, gatos, barcos, wagoes, y demas aparatos	"	"	402954 ^{fr} ,20	
<i>Total general.</i>			1.156012 ^{fr} ,00	

Para tener el coste de la colocacion de un tubo por metro lineal comprendiendo todo el material y mano de obra, es preciso añadir el coste de la fundicion ó el que comprende el trabajo de hinca y el hormigon que se calcula aqui en 500 francos, de modo que el coste total será.

$$559,80 + 500 = 1059,80 \text{ francos.}$$

Creemos que el coste será menor que el dado por esta cifra y que por 1000 ó 1200 francos podrán ejecutarse en un terreno comun á 10 metros de profundidad bajo el agua, las fundaciones de un tubo de fundicion de mayores dimensiones, que tuviese tres metros de diámetro y 5 centímetros de espesor.

Los primeros pilotes del puente de servicio se clavaron en el mes de octubre de 1857 y hoy dia todo se halla completamente concluido. Las obras han durado 17 meses y durante este tiempo gracias á la continua vigilancia de los empleados, no ha habido que lamentar la menor desgracia respecto á la vida de los operarios.

El puente de fábrica al cual ha sustituido el actual de hierro, costó 5.000.000 de francos, vemos pues que el costo de este no es mas que el *tercio* de el del antiguo puente.

Conclusion.

El empleo del aire comprimido para introducir tubos metálicos, extraer las materias interiores y reemplazarlas por hormigon, es hoy dia un procedimiento enteramente confirmado por la esperiencia. Como rapidez en la ejecucion este sistema nada deja que desear. todo depende del número de máquinas que se quiera emplear en la hinca simultánea de los tubos. Asi en el puente de palastro sobre el Cher, en Montluzon, del mismo sistema que el del Allier (107 metros de longitud), se han colocado en 20 dias los 4 tubos que componen las dos pilas, por medio de dos locomóviles de 5 á 6 caballos, que hacian funcionar á la vez bombas impelentes; el puente se ha montado completamente en 2 meses. El procedimiento de que se trata es tambien el mas económico y el mas seguro para ejecutar fundaciones importantes bajo grandes profundidades de agua, y lo mismo puede emplearse en las obras de fábrica que en las de fundicion y hierro forjado.

Si se examina por ejemplo el puente de fábrica construido sobre el Dordoña para el camino de hierro, se observa que solo las fundaciones de pilotage han costado 550.000 fran-

cos, y es indudable que si se hubiese empleado el sistema de fundaciones tubulares por medio del aire comprimido, se hubiese economizado la 5.^a parte de esta suma.

Por último siendo este sistema aun muy moderno puede mejorarse; así para extraer las materias con facilidad, podia emplearse como se esta haciendo en el puente de Kehl sobre el Rhin, un tubo central en el cual funcionase una noria ó un mecanismo cualquiera, propio para dragar y para separar las materias del fondo de los tubos.

J. FRÉMAUX

Ingeniero de Puentes y Calzadas, al servicio de la Compañía de Orleans.

APUNTES RELATIVOS

AL TRAZADO DE LOS FERRO-CARRILES.

ANCHO DE VIA — PENDIENTES — CURVAS — COMPARACION DE TRAZADOS.

El estudio de las influencias que en la construccion y explotacion de un ferro-carril ejercen, tanto el ancho que se adopte para la via, como la inclinacion de las pendientes y el radio de las curvas ofrece un gran interes. A pesar de no estar resueltas todas las cuestiones á que dan lugar pueden sin embargo apreciarse con bastante aproximacion para guiar en el trazado que haya de adoptarse. Haremos algunas ligeras indicaciones, pues el hablar de dichas cuestiones con la estension debida exige un tratado especial.

Ancho de via.

Puede decirse que al establecerse los primeros caminos de hierro en Inglaterra, se procedió sin detenido exámen para la adopcion del ancho de la via; ni podia tampoco en aquella época tenerse presentes las circunstancias que la práctica dió á conocer despues. Tuvieron por objeto la explotacion de minas; en ellos se emplearon los carruajes comunes

y la separacion entre las barras-carriles se arregló á la que habia entre las ruedas de estos.

Al establecer locomotoras para la explotacion puede decirse que se subordinó su construccion á la anchura de las vias establecidas; se verificaron ciertas modificaciones en algunos casos; pero sin prever la influencia posterior de las dimensiones adoptados.

La via llamada estrecha de 4^m,44 á 4^m,45 se generalizó no solo en Inglaterra sino tambien en Francia, Bélgica y Alemania y Stephenson la adoptó en el ferro-carril de Liverpool á Manchester.

En la construccion del Great-Western, Brunel adoptó un ancho de 2^m,12 persuadido de las ventajas que traeria para la seguridad de la explotacion y la potencia de las máquinas locomotoras.

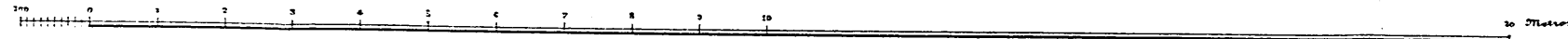
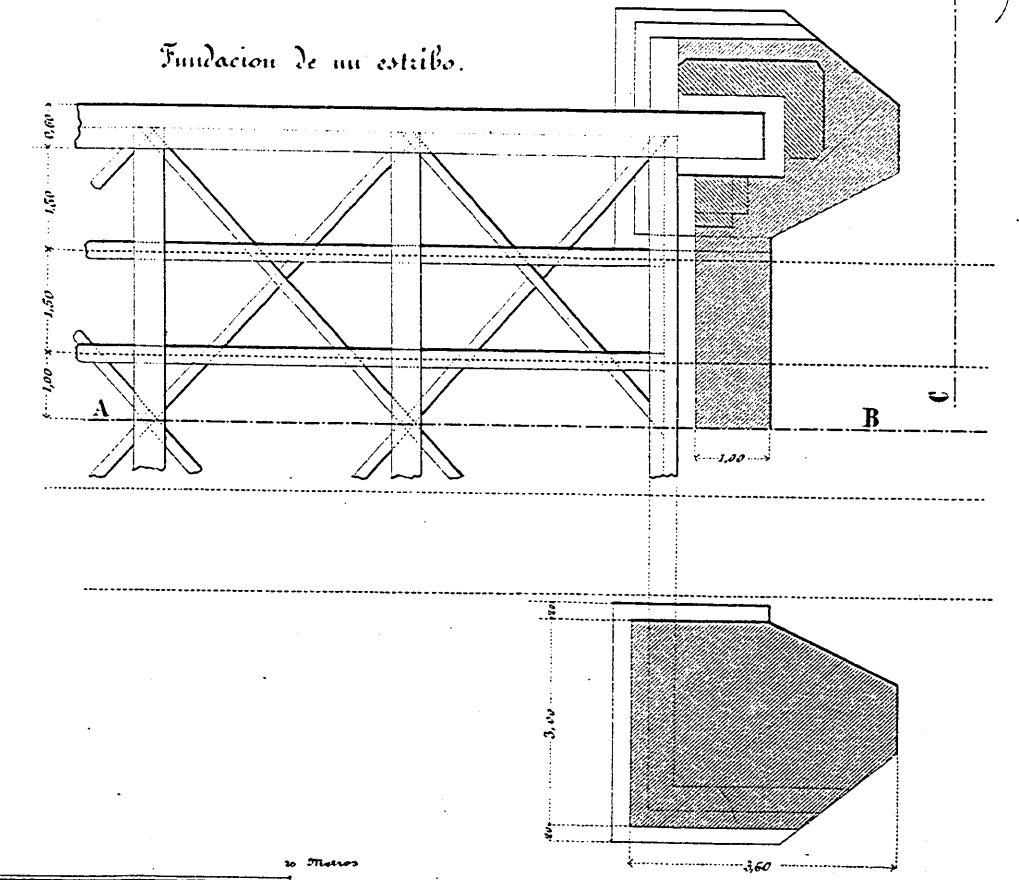
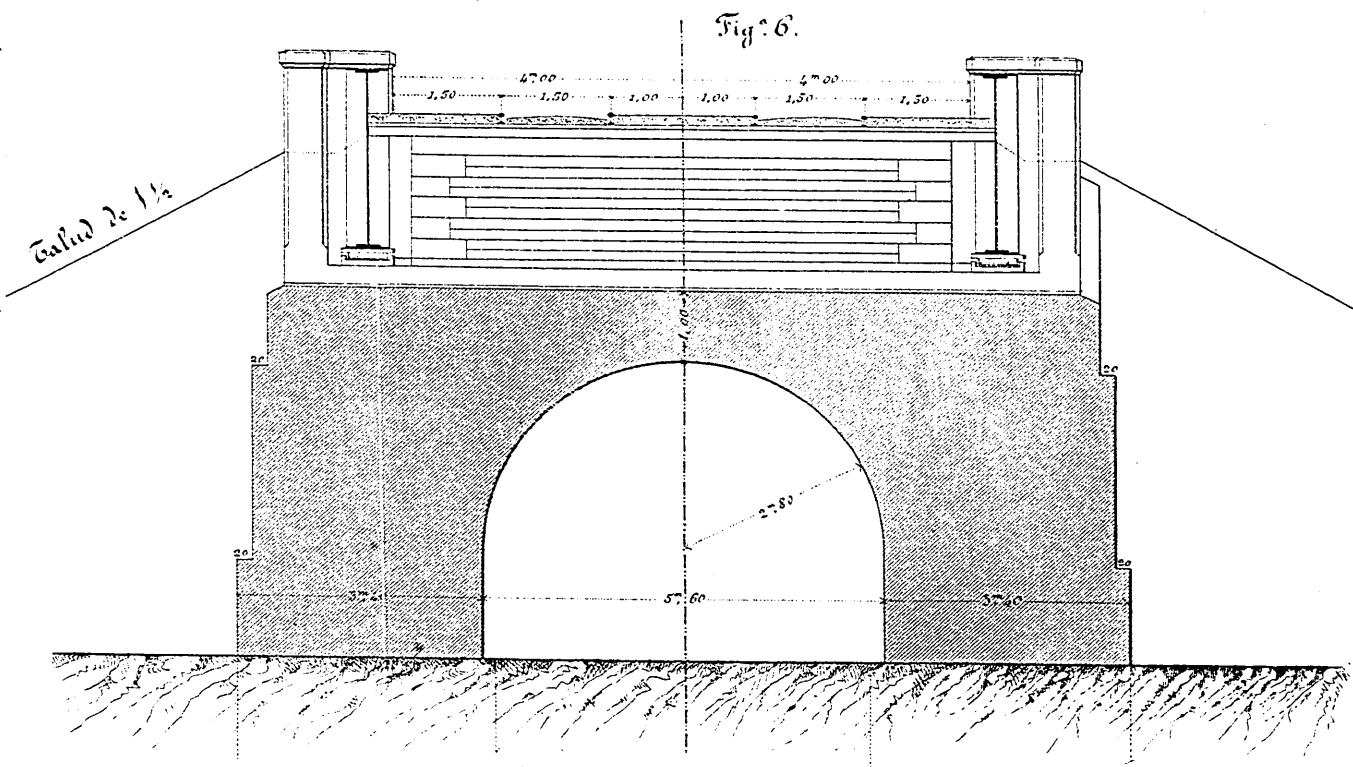
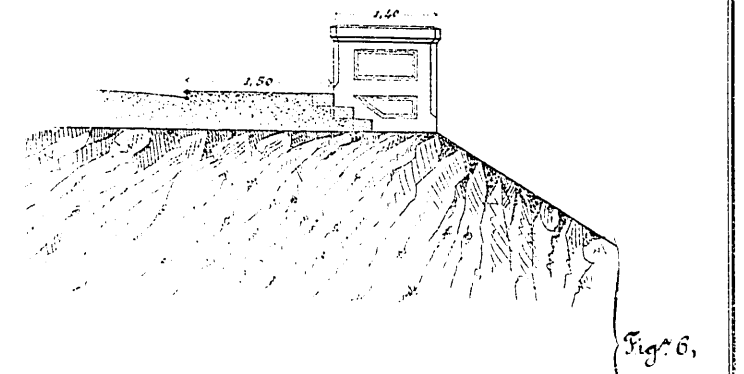
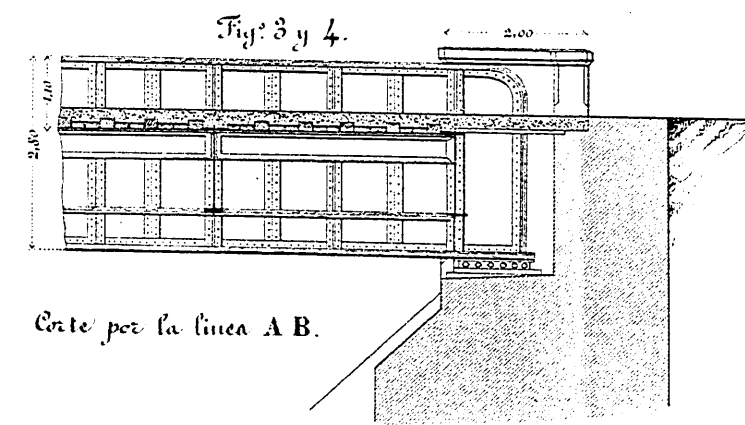
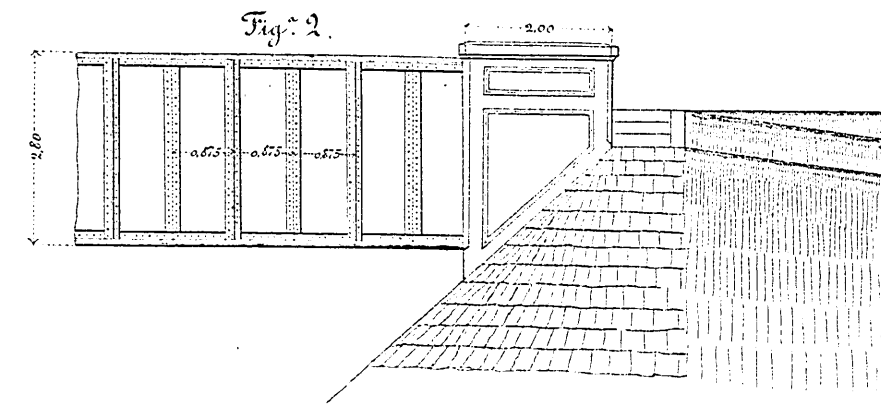
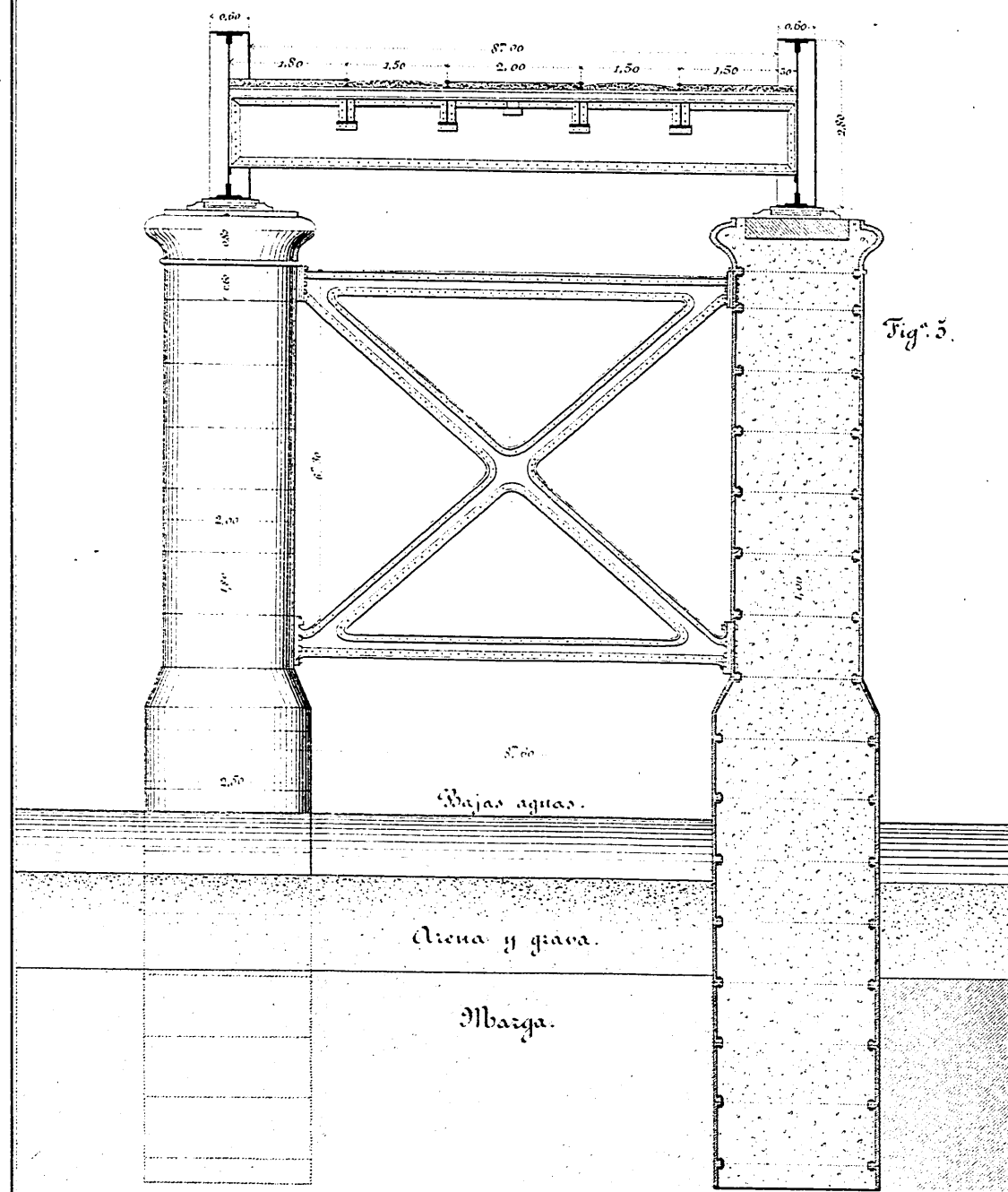
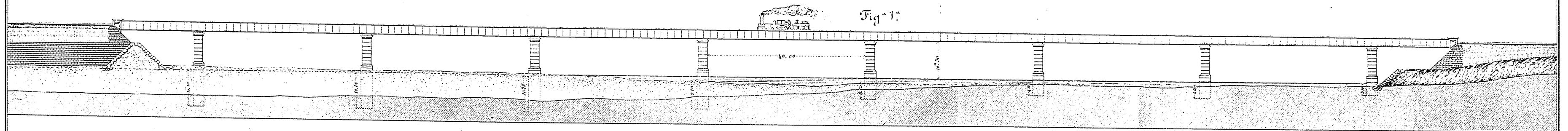
Se hicieron algunas escepciones en otros paises; así es que la Irlanda y Baden adoptó un ancho de 4^m,575, Holanda 4^m,95 y Rusia 4^m,85. En 1840 se aconsejó al gobierno frances por Bineau, Pambour y otros ingenieros, el aumentar el ancho á 4^m,60; pero no se llevó á efecto.

Los grandes inconvenientes, á que da lugar la diferencia entre el ancho de las vias, se hizo conocer bien pronto cuando en Gloucester tuvieron que empalmarse, obligando á tomar una determinacion sobre objeto tan importante.

En 1845 una comision de la Cámara informó sobre el privilegio pedido por las compañías del camino de hierro de Lóndres á Birmingham, y la del Great-Western para construir ambas un camino entre Oxford y Wolverhampton, decidiéndose á favor de la compañía Great-Western por las ventajas del trazado; sin embargo Lord Dalhousie y Cobden, llamaron la atencion de las Cámaras, sobre la necesidad de que en lo sucesivo se fijase en las concesiones el ancho de via, y si convenia fuese este uniforme y practicable el uniformar este ancho en los caminos construidos.

Se abrió una informacion en consecuencia de lo indicado y hubo divergencia en las opi-

PUENTE DE VIGAS TUBULARES SOBRE EL RIO ALLIER.



PUENTE DE PILAS TUBULARES SOBRE EL RIO ALLIER.

Fig. 12.
Puente de servicio y grua giratoria.

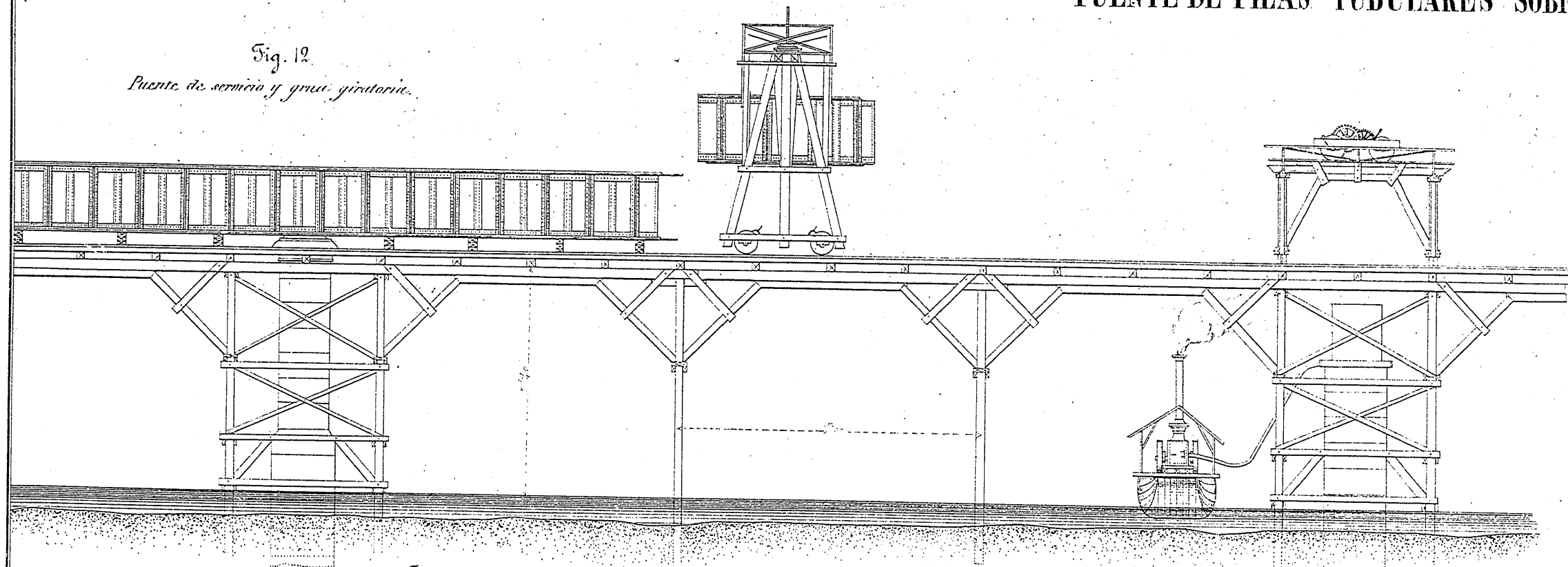
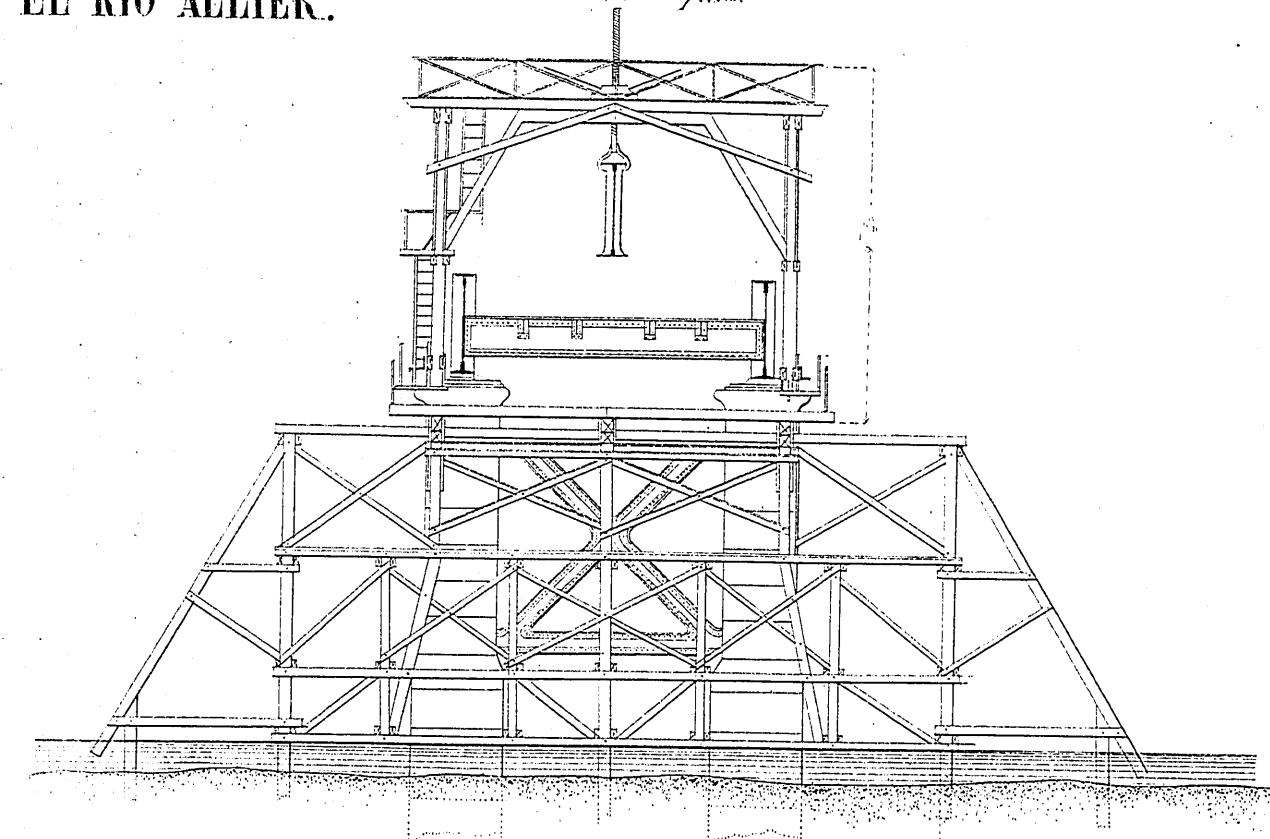


Fig. 13.
Andamia de las pilas.



Proyeccion y corte del cuerpo de aire.

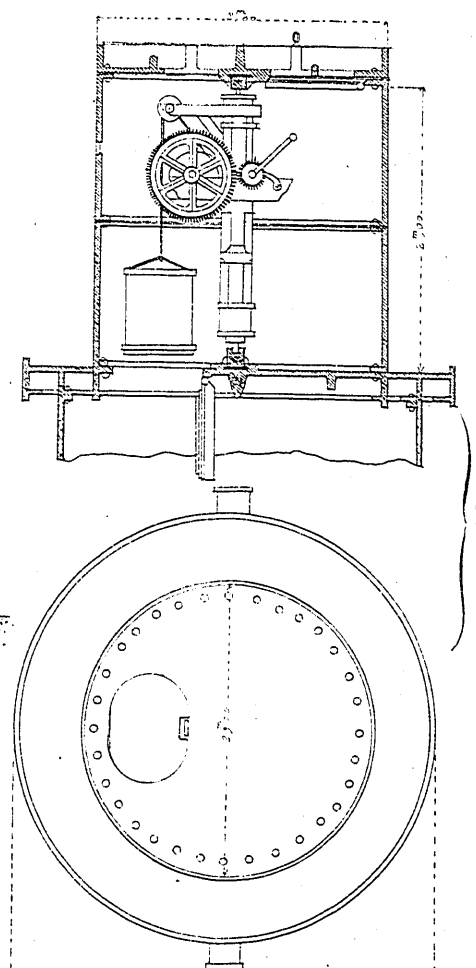


Fig. 17

Fig. 15.
Seccion del puente de servicio.

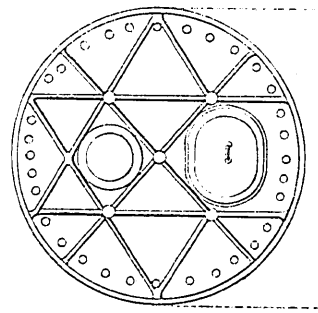
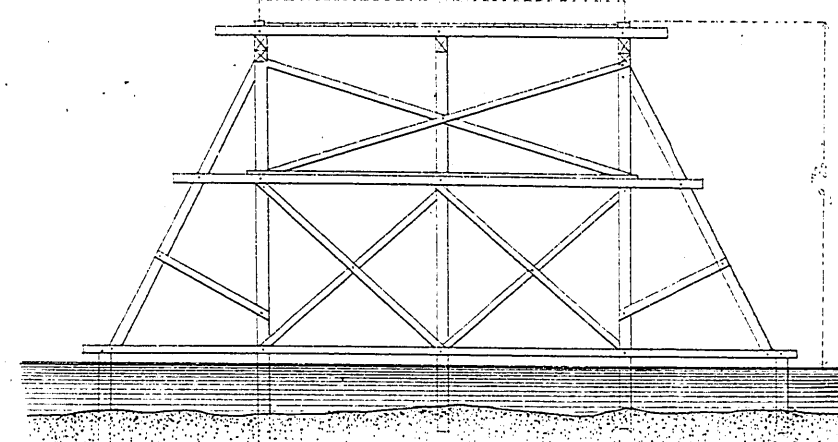


Fig. 18.
Cubierta del cuerpo de aire.

Fig. 14.
Seccion de un andamia y de los bastidores de un tubo.

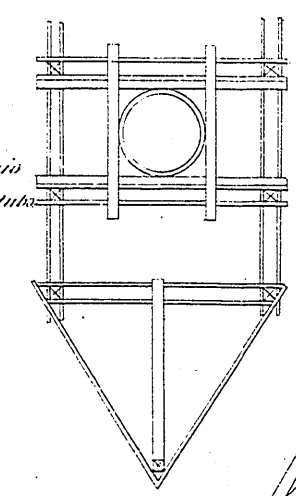


Fig. 16.
Empalizada para la colocacion de las chapas y tubos.

