

PROYECTO DE PUENTE

SOBRE EL

RIO ITATA

En el camino de Yungai a la estacion de Cabrero

POR LOS INJENIEROS CIVILES

Raúl Claro Solar y Jorge Lira Orrego

PRIMERA PARTE

DESCRIPCION Y ESTUDIO

CAPITULO I

Jeneralidades

Antecedentes.—El camino de Yungai a Cabrero atraviesa el rio Itata a 12 kilómetros del primero de esos pueblos.

El rio corre en esta parte de oriente a poniente i presenta orillas escarpadas formadas por un conglomerado duro. Su corriente es suave en tiempo normal; pero adquiere una fuerte velocidad durante las crecidas.

Hasta fines del año 1898 existia en el punto indicado un puente de madera de un solo tramo de 42,50 metros de luz, en servicio desde principios de 1896. Este puente, cuyo precio de ejecucion alcanzó a \$ 17.300, era del sistema de viga Howe con arriostramiento superior i descansaba en sus extremos sobre estribos de albañilería de bolones.

La gran crecida de mediados de diciembre de 1898 ocasionó la destruccion del puente, que fué arrastrado por las aguas. Este accidente se debió a la importancia de la crecida, durante la cual las aguas subieron hasta una altura que no habia recuerdo de que hubieran alcanzado, ni aun aproximadamente, hasta entónces. La superestructura del puente quedó sumerjida en una altura de 1,50 m.; se obstruyó así el libre curso de las aguas i se llegó a formar un gran taco con los árboles i demas materiales arrastrados por el rio. Quedó, pues, sometido el puente a esfuerzos a que no habia sido destinado a resistir, esto es, al esfuerzo lateral perpendicular a su eje i a la sub presion del agua. En estas condiciones se mantuvo por algunas horas; pero tuvo al fin que ceder i fué arrastrado por la corriente.

La Direccion de Obras Públicas comisionó al ingeniero don Jorge Calvo Mackenna para estudiar las causas que orijinaron la destruccion del puente i para recoger los datos necesarios para la confeccion de un nuevo proyecto. Es el informe de este funcionario el que hemos extractado en parte al hacer las consideraciones anteriores.

Igualmente han sido suministrados por el señor Calvo el planó de situacion i el perfil trasversal del rio, así como los datos relativos al nivel máximo de las aguas i demas antecedentes que han permitido a los infrascritos elaborar el presente proyecto.

Eleccion del sistema de puente.—El puente de madera, destruido en 1898, habia necesitado en el año siguiente al de su construccion reparaciones de un costo de \$ 1.300 aproximadamente. Estas reparaciones tuvieron por principal objeto apretar la ferretería i restablecer en el puente la contraflecha que habia perdido, colocar cuñas a las crucetas, que se habian acortado al secarse las maderas, etc.

Reparaciones de tal naturaleza son siempre requeridas por los puentes de madera de sistema enrejado, sobre todo durante el tiempo que sigue inmediatamente a su construccion i especialmente cuando son hechos de roble, como sucedia en el Itata con las diagonales de las vigas. Mejores resultados se consiguen con el empleo esclusivo del pino, pero esta mejora, sin evitar totalmente los inconvenientes de la madera de roble, trae consigo una enorme elevacion en el precio de las obras.

Resultado de estas consideraciones ha sido la preferencia dada por los infrascritos a un tipo de puente metálico, mucho mas conveniente que los de madera para tramos como el de que se trata.

Queda ahora por escojer entre los diversos sistemas de vigas que pueden emplearse.

La escasa altura disponible, debida a lo elevado del nivel que alcanzan las aguas máximas del rio, proscribela adopcion de un puente de vigas rectas con piso superior.

Igualmente debe desecharse el tipo de vigas rectas con tablero inferior, que daria un puente mui pesado por la necesidad de tomar en cuenta la accion del viento.

Para obtener una solucion verdaderamente económica i racional, se hace, pues, necesario recurrir al empleo de vigas en arco, mediante las cuales se asegurará un desagiie central que permita el paso de los cuerpos flotantes durante las grandes crecidas, sin necesidad de aumentar desmesuradamente la altura de los estribos.

Adoptada la solucion de un puente en arco, i tomando en consideracion la grad magnitud que deberán tener en todo caso los estribos, por circunstancias locales, se ha tratado de aprovechar su peso para aumentar la resistencia de las vigas. Tal propósito se ha conseguido mediante el empleo de arcos dependientes de los tímpanos i empotrados en sus arranques: éste es el tipo que se designa ordinariamente con el nombre de Cadiat.

Llegamos entónces a un puente metálico en arco, de un solo tramo de 40,50 metros de luz libre, cuyos arranques se encuentran colocados al nivel de aguas máximas, i que deja libre en el centro una altura de 4 m.

Hemos tratado de justificar minuciosamente la adopcion del tipo Cadiat, porque el empleo de este sistema de puente, en boga hace algunos años, se ha restringido considerablemente hoy dia. La causa que ha orijinado su casi abandono es

la dificultad de realizar en la práctica el empotramiento perfecto de los arcos; los accidentes ocasionados en algunos puentes de este tipo han sido debidos precisamente a defectos de concepcion o de ejecucion en los empotramientos.

Estos antecedentes nos han conducido a estudiar con especial cuidado la disposicion de los órganos de empotramiento i su anclaje en las albañilerías de los estribos. Abrigamos a este respecto la conviccion de que una ejecucion esmerada i conforme en todo a las prescripciones de la presente memoria, asegurará para la obra la estabilidad prevista

DESCRIPCION JENERAL

Superestructura.—La superestructura consta de dos vigas paralelas, unidas por travesaños i que sostienen cuatro corridas de longuerinas, sobre las cuales descansan los entablados.

Las vigas i travesaños son de metal, i de madera de roble pellen las longuerinas, entablados i guardarredas.

Las vigas son enrejados cuya brida inferior tiene la forma de un arco rebajado de un décimo, mas o ménos; la brida superior es recta i va unida a aquella por medio de montantes i diagonales, que forman el sistema triangulado.

Al hacer el cálculo de las vigas, se las ha considerado empotradas en sus arranques, tanto en la parte superior como en la inferior.

El empotramiento inferior, se ha conseguido por medio de una simple plancha de fundicion, sobre la cual descansa la brida con interposicion de cuñas metálicas.

El empotramiento superior es mucho mas difícil de realizar; ha sido necesario para ello prolongar, en cierto modo, la brida correspondiente por medio de tirantes apernados en la base del estribo. El conjunto de las piezas que constituyen este anclaje ha sido hecho visitable, mediante una galería que atraviesa la parte inferior del estribo.

Los detalles de la remachadura, de los ensamblajes, de los empotramientos, etc., pueden consultarse en los dibujos anexos, habiendo parecido inoficioso entrar en su descripcion.

Igual cosa podemos decir de los contravientos.

Estribos.—Los estribos constituyen uno de los elementos mas importantes de la obra.

Sus fundaciones no presentan dificultad alguna, en vista de la composicion del terreno, formado por un englomerado duro e inalterable. (Informe de D. Jorge Calvo). Ha bastado, en consecuencia, proyectar una escavacion de 0,50 m. de profundidad, en la cual se dispondrá una capa de concreto que servirá de asiento a las albañilerías.

El cuerpo del estribo se ejecutará con mampostería de piedra bolon i en conformidad a las indicaciones de los planos que se acompañan.

La contencion de los terraplenes se conseguirá con muros de vuelta, i la proteccion de sus chaffanes, con cuartos de cono de piedra asentada con mezcla.

Para mayores detalles pueden consultarse los mismos planos.

CAPÍTULO II.

Materiales de construcción.

Superestructura.—Desde luego se presenta la cuestión de fijar la clase de material que se empleará en la construcción de las vigas principales.

Creemos que, cuando no obren en su contra consideraciones dignas de ser tomadas en cuenta, debe preferirse el empleo de acero dulce (1). En el caso que estudiamos, la poca importancia de las vibraciones que desarrolla la carga rodante hace escusado tender al aumento de peso muerto del puente i elimina la razón mas importante que aconsejaria el empleo del fierro.

Por el contrario, la conveniencia de no aumentar demasiado el tamaño de las piezas, especialmente de los órganos de empotramiento, aboga en favor del acero, como tambien las consideraciones de economía.

Hemos constituido, en consecuencia, con ese material las vigas principales, los arrostros i la casi totalidad de los órganos de empotramiento.

Los remaches serán de acero extra-dulce.

Los travesaños, de fierro laminado (2).

Las calidades de estos metales así como sus cargas de ruptura, alargamientos, etc., se detallan en los párrafos del capítulo siguiente, que a ellos se refieren.

Las piezas de madera, como ser longuerinas, entablados, etc., serán de roble pellin.

La barandilla se hará de fierro batido del comercio.

Estribos.—La base de asiento de los estribos es de concreto, i el cuerpo de ellos, así como los muros de vuelta, se hará de albañilería de bolones.

El revestimiento de los cuartos de cono es formado por una capa de piedra asentada con mezcla.

Las especificaciones relativas a estos materiales, las proporciones de las mezclas, etc., se consignan en el capítulo siguiente.

Terraplenes de acceso.—Los terraplenes de acceso se harán con cascajo de río i se dará a sus chaffanes la inclinación natural.

(1) *Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer* (1887-agosto; 1889-julio; 1895-junio; 1900-septiembre.)

(2) *Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer* (1895-junio; pág. 1.731).

CAPÍTULO III.

Especificaciones técnicas relativas a los materiales empleados.

§ I. CALIDAD DE LOS MATERIALES I DETALLES DE EJECUCION.

Concreto.—Este material se dosificará en la proporción siguiente:

2 volúmenes de mortero hidráulico.

3 „ „ piedra.

Esta última será cascajo de río lavado i pasado por el anillo de 0,05 m.

Las proporciones de la mezcla serán las siguientes:

1 volúmen de cemento Portland.

3 „ „ arena lavada.

El concreto se colocará por capas sucesivas de 0,25 m. de espesor, comprimidas con pisones de madera del tipo ordinario.

Una vez terminada la colocación de la capa de concreto de las fundaciones, se dejará transcurrir 48 horas ántes de principiar a asentar sobre ella la mampostería de los estribos.

Mampostería de bolones.—Se ejecutará con bolones bien limpios que tendrán a lo ménos 0,25 m. de espesor, 0,30 m. de ancho i 0,40 m. de cola.

La mezcla contendrá:

1 volúmen de cemento Portland.

4 „ „ arena lavada.

Las piedras se colocarán mojadas i se acuñarán con todo cuidado.

La ejecución de la albañilería se hará entrecruzando convenientemente las juntas i disponiéndolas de manera que resistan en las mejores condiciones a los esfuerzos ejercidos por los órganos de empotramiento del puente.

Mampostería de piedra tallada.—Las piedras sillares tendrán las dimensiones que se les asignan en los planos, i se colocarán ateniéndose exactamente a las indicaciones de éstos.

La composición de la mezcla i los detalles de ejecución serán análogos a los de la mampostería de bolones.

Mampostería de los cuartos de cono.—Se dará 0,30 m. de espesor a este revestimiento, ejecutándolo por hiladas i teniendo cuidado de trabar bien sus juntas.

Las dimensiones de las piedras serán: 0,30 m. de cola, 0,40 m. de ancho i 0,40 m. de largo.

La mezcla contendrá:

0,5 volúmen de cemento Portland.

1,5 „ „ cal hidráulica.

5 „ „ arena lavada.

Como para la albañilería de bolones, se mojarán las piedras ántes de colocarlas.

Rejuntado de las albañilerías.—La mampostería de los estribos se rejuntará descarnando las juntas en una profundidad de 0,03 m., lavándolas en seguida i rellenándolas con mezcla en una profundidad de 0,02 m. Se obtendrá así un rejuntado entrante de 0,01 m.

La mezcla que se emplee en esta operacion contendrá:

- 1 volúmen de cemento Portland.
- 2 „ „ arena lavada.

Terraplenes de acceso.—Se empleará en su construccion cascajo de rio, sin preocuparse de las dimensiones de este material; pero la capa superior, de 0,30 metro de espesor, será esclusivamente de ripio.

Se cuidará que los terraplenes presenten el talud natural del material de su construccion, especialmente en la estension de los cuartos de cono, a fin de que el revestimiento no reciba empuje alguno de las tierras.

Madera.—La madera empleada será el roble pellin bien seco sin nudos defectuosos, sin rasgaduras i perfectamente sano.

Las piezas de roble serán rectas, de canto vivo i aserradas por los cuatro lados.

Los ensambles serán correctos sin suples ni cuñas, i los ajustes bien ejecutados.

Fierro laminado.—Este material se empleará en la confeccion de los travesaños i se ajustará a las condiciones siguientes:

Carga de ruptura mínima	32 k/m. m ²
Alargamiento mínimo de ruptura	8%

Estas cifras se refieren a muestras de ensaye de 200 milímetros de largo útil i de 500 milímetros cuadrados de seccion.

Aceros.—Se empleará una misma clase de acero en la ejecucion de las vigas principales i de los órganos de empotramiento

Este metal será caracterizado por los coeficientes que se indican:

Carga de ruptura	42 a 45 k/m. m ²
Carga mínima de elasticidad	26 „
Alargamiento mínimo de ruptura	22%

Para los remaches se ha adoptado un acero mas dulce:

Carga de ruptura	38 k/m. m ²
Alargamiento mínimo de ruptura	28%

Las muestras de ensayes tendrán las dimensiones fijadas en el acápite anterior.

En el curso de la ejecucion se deberán seguir con exactitud las instrucciones espuestas a continuacion.

En el caso de enderezar una pieza cualquiera, se ejecutará este trabajo a má-

quina, si es posible; pero, si no se dispone de material adecuado, se la colocará sobre una superficie lijeraente caldeada i se la golpeará suavemente con martillos de madera.

Los palastros i barras se cortarán con la acepilladora; en caso de emplear con este objeto la cizalla, se acepillará el corte hasta quitarle 0,002 m.

Los agujeros se harán a taladro; si se llega a autorizar el empleo del punzon, se ejecutarán los hoyos con un diámetro inferior en 0,003 m. al necesario, i se les dará sn forma definitiva con la lima.

Se cuidará que las piezas que haya habido necesidad de calentar se enfríen sobre arena seca i nunca sobre un suelo húmedo o sobre un piso de piedras.

Si se juzga necesario, se recocerán las piezas cuya calidad se haya alterado durante el trabajo.

La remachadura se hará a máquina, sin que pueda autorizarse remachar con el martillo, para evitar los golpes que siempre se producen con este sistema i que dañan a la calidad del acero.

Los remaches se calentarán en el horno hasta el rojo cereza, i la remachadura se hará rápidamente, de manera que se termine al calor rojo, para que se opere bien la soldadura de las partes que se desagregan al aplastar el metal i para evitar que éste se ponga quebradizo.

En lo que se refiere a la colocacion de los órganos de empotramiento, se cuidará de alisar bien las superficies de la albañilería en contacto con ellos, de manera que se obtenga una buena reparticion de los esfuerzos.

Todas las piezas metálicas del puente se pintarán sobre sus distintas caras; esta condicion se estiende tambien a los órganos de empotramiento.

Alquitranadura i pintura.—Las piezas de madera llevarán dos manos de alquitran caliente o bien una mano de aceite caliente i dos de pintura de zinc color blanco.

Las piezas metálicas se pintarán con una mano de minio i con dos manos de la misma pintura blanca indicada anteriormente.

El parapeto del estribo se cubrirá con una capa de cemento alisado.

§ II. RECEPCION DE LOS MATERIALES

Esta operacion se sujetará a las especificaciones consignadas en el párrafo anterior, complementadas con las que contiene el cuaderno de "Cláusulas i condiciones para la construccion de puentes carreteros-1899" i las "Especificaciones técnicas para la construccion de ferrocarriles," del mismo año.

Ademas se atenderá a lo dispuesto en los acápite que siguen:

Fierro laminado.—Los coeficientes de resistencia i alargamiento fijados para el fierro de los travesaños se comprobarán por el ensayo de muestras de las dimensiones previstas i que se cortarán en los fierros perfilados destinados a esas piezas.

Se ensayarán dos muestras, considerando aceptable el metal empleado, si ambas dan resultados satisfactorios, e inaceptable en el caso contrario. Si una muestra satisface a las condiciones impuestas i la otra no, se ensayará una tercera, que decidirá sobre la aceptación o rechazo del fierro.

Aceptados como satisfactorios la resistencia i el alargamiento del metal, se procederá a una segunda prueba. Se cortará en frio con la cizalla la estremidad de una de las barras perfiladas, de manera que la cortadura divida longitudinalmente el alma por mitad en una estension de 0,90 m., i se abrirá un hoyo en el extremo de la hendidura. Despues se calentará la pieza i se separará gradualmente una de sus mitades hasta que la distancia entre los extremos del alma sea de 0,30 m. Terminada la operacion, el metal no deberá presentar grietas ni desgarraduras (fig 0).

Si el ensayo anterior no da resultado satisfactorio, se procederá a efectuarlo sobre otra barra, aceptando el lote de travesaños, si ésta resiste la prueba, i rechazándolo, caso contrario.

Aceros.—El acero para las vigas i órganos de empotramiento deberá ser sometido a las siguientes pruebas.

Los coeficientes de resistencia i de alargamiento se deducirán sobre muestras obtenidas en la forma indicada.

El número de ensayos será:

Fierros planos	2
Cantoneras i T	4
Tirantes.	4

La aceptación o rechazo del metal de los fierros planos se hará con el mismo criterio indicado en el acápite anterior.

Para las cantoneras se considerará suficiente el obtener resultados satisfactorios sobre tres muestras, i se desechará el metal cuando tres ensayos no sean aceptables. Si sólo dos muestras resisten, se hará uso de una quinta, de la cual dependerá la aceptación o rechazo del metal de estos fierros.

Por fin, se ensayará una muestra de cada tirante; si ella no satisface, se hará un nuevo ensayo sobre la misma pieza, del cual dependerá su aceptación o rechazo.

Además se cortarán en los fierros planos trozos cuya altura sea igual a 20 veces el espesor, i se formará con ellos cilindros de un diámetro interior igual a dicha altura. Se harán dos de estas pruebas, al fin de las cuales el metal no debe presentar grietas ni desgarraduras.

La aceptación o rechazo de las piezas ensayadas se hará como para las pruebas por traccion.

Por fin, se cortarán trozos de cantoneras que se enrollarán de manera que una de sus alas quede en el plano perpendicular al eje del cilindro que la otra forme, cilindro cuyo diámetro será igual a cuatro i media veces el largo del ala.

Terminada la operacion, el metal no debe presentar grietas ni desgarraduras.

Esta prueba se hará sobre cuatro trozos de cantoneras, aceptando o rechazando el total de éstas, en conformidad con lo dispuesto para las pruebas de traccion.

El acero de los remaches se ensayará por traccion, como se ha indicado ya, efectuando la prueba sobre diez muestras. Si siete de éstas satisfacen, se procederá a las pruebas que se indican á continuacion. Si siete no satisfacen, se rechazará el metal. Por fin, si mas de tres muestras dan resultado satisfactorio, se harán nuevos ensayos sobre tantas muestras como las defectuosas, rechazando el metal, si la mayoría de éstas no satisfacen a las condiciones impuestas.

En seguida, se procederá a ensayos de dobladura, que consistirán en que el barrote de prueba pueda doblarse hasta que sus extremos se toquen, sin que se produzca en él fisura alguna. Esta prueba se hará sobre dos muestras sin templar i dos templadas, aplicando al conjunto de las cuatro pruebas el mismo criterio empleado en las pruebas de las cantoneras, en lo que se refiere a la aceptacion o al rechazo del acero.

NOTA.—El fabricante deberá dar toda clase de facilidades i proporcionar los aparatos necesarios para los ensayos de los fierros i aceros, sin que pueda cobrarse al Fisco suma alguna por este motivo.

CAPÍTULO IV

Armadura del puente

En la seccion del rio Itata en que se ha fijado la ubicacion del puente, presenta aquél un cauce encajonado i profundo; la figura en que se vé la elevacion jeneral de la obra permite formarse una idea exacta de ese cauce

Esta circunstancia aconsejaria rechazar el sistema de armadura por andamio fijo i conduciría a servirse de las vigas del puente como andamio volado para realizar la construccion. El tipo de vigas empleado se prestaria con facilidad a ello i, por otra parte, se realizaria una economia en los gastos de primer establecimiento.

En esta hipótesis, la marcha del trabajo es fácil de indicar: una vez terminados los estribos i colocados en ellos los órganos de empotramiento, se procedería a armar el puente por ambos extremos, llegando a juntar sus dos mitades en el centro.

El cálculo de los esfuerzos desarrollados en las diferentes piezas metálicas durante el curso de la ejecucion es sencillo, pudiendo aquéllos ser resistidos sobradamente sin orijinar en dichas piezas fatigas exajeradas. Bajo este punto de vista, seria, pues, perfectamente aceptable una armadura volada.

El sistema de que hablamos ha sido objeto de numerosas aplicaciones a la construcción de obras de arte; para no multiplicar los ejemplos, recordaremos tan sólo ahora la armadura del puente sobre la garganta de "La Noce" en el Tírol meridional.

Esta obra, ejecutada en 1888, es en apariencia muy semejante al puente proyectado sobre el Itata; pero en realidad pertenece al tipo de construcciones articuladas en sus arranques. Sus arcos tienen 60 m. de luz i $\frac{1}{4}$ de rebajo, i la altura de la clave sobre el fondo de la quebrada alcanza a 138 metros (1). Apesar de esta altura enorme, la armadura del puente se llevó a cabo sin inconveniente alguno.

Habríamos deseado, en consecuencia, adoptar esta resolución económica i sencilla para la armadura del arco sobre el Itata; pero hemos debido renunciar a ella por el temor de que la construcción no se llevara a cabo en buenas condiciones. En efecto, se trata de un trabajo delicado, que debe ejecutarse con gran precisión i que exige por parte de los operarios una competencia que de seguro no se encontraría en Chile. Es indudable que en el curso de la ejecución se cometerían lieros errores, que conducirían fatalmente a una desviación lateral o vertical de cualquiera de las mitades del puente; el contratista remediaría entónces el error, tirando con teclas la parte desviada, i la construcción quedaría en apariencia en perfectas condiciones. Pero en realidad este movimiento forzado desarrollaría en las piezas metálicas esfuerzos considerables, imposibles de apreciar i que pondrían seguramente en peligro la estabilidad de la obra.

Son los temores ántes espuestos los que nos han hecho abandonar en absoluto la armadura volada i recurrir al empleo de un andamiaje cuya disposición, que puede afectar formas variadas, dejamos al árbitrio del contratista.

El andamio, si bien costoso, es perfectamente aceptable en el caso de que se trata, como lo demuestra el hecho de haberse construido en este punto del río por tal sistema el antiguo puente de madera. Esta parte de la obra no sale pues de lo corriente i no introducirá en la ejecución complicación de ninguna especie.

En el presupuesto hemos tomado en cuenta los gastos que demandará el andamiaje i la armadura del puente i hemos apreciado su valor en sesenta pesos (\$ 60) por metro corrido.

En cuanto a los detalles de construcción, se encuentran suficientemente esplicados en los planos, i no creemos necesario detenernos en ellos. Debemos sí indicar que las vigas se armarán con una contraflecha de 0,01 m. aproximadamente a fin de que sus bridas superiores queden sensiblemente horizontales bajo la acción del peso muerto.

(1) *Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer*, 1900-Setiembre.

CAPÍTULO V

Recepcion del puente

La recepcion de las obras se hará en conformidad a lo dispuesto en el "Reglamento para los contratos de obras públicas" de 31 de marzo de 1898, i ateniéndose a las prescripciones que se detallan a continuacion.

Ante todo se procederá a la inspeccion detallada a que se refiere el artículo 46 del reglamento ya citado, i en el curso de esta operacion se comprobará si los órganos de empotramiento se encuentran en las posiciones exactas fijadas por los planos i especialmente si sus montantes verticales se hallan en contacto aparente con la albañilería de los estribos. Al mismo tiempo se verificará la posicion horizontal de las bridas superiores de las vigas.

Se deberá comprobar igualmente que todos los ensambles estén bien ejecutados, las cuñas i los pernos perfectamente apretados.

Por fin, se verá si la pintura cubre de una manera completa i uniforme todas las piezas de la construccion.

Terminado este exámen, se procederá a las pruebas de recepcion propiamente dichas, las que consistirán en cubrir el puente parcial i totalmente con la sobrecarga uniforme de 400 kilogramos por metro cuadrado, que ha servido para su cálculo (1).

Durante el período de carga se medirán las flechas de la seccion en la llave, anotando los resultados que se obtengan, los cuales se compararán con las cifras consignadas en el capítulo XII de la segunda parte de esta memoria.

Se deberá así mismo inspeccionar detenidamente la construccion durante el período de carga para apreciarla en todos sus detalles.

Se considerará como aceptable el resultado de estas experiencias siempre que las flechas observadas no sobrepasen en mas de 20% a las calculadas teóricamente i siempre que el juego de los ensambles i demas órganos de la construccion se produzcan regularmente. (2)

(1) Si se juzga necesario, se podrá hacer circular por el puente un tren de carretas del tipo mas pesado que se encuentre en la localidad.

(2) La medida de las flechas es una operacion delicada i debemos referirnos a este respecto al estudio de von Leber, publicado en el *Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer*. 1900-Setiembre.

Se debe tambien recomendar a la administracion las visitas i pruebas periódicas de que habla el mismo autor, i que deben coincidir con los trabajos de renovacion de la pintura, i llevarse a cabo en períodos de seis años a lo mas.

CAPÍTULO VI

Especificaciones i presupuesto

§ I. ESPECIFICACIONES

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
	A.—ROBLE PELLIN			
	<i>I.—Guarda-ruedas.</i>			
14	Piezas de m. 6,50×0,20×0,15 m ³ .	0,195	2,730	2,730
	<i>II.—Entablados.</i>			
	Entablado superior.			
200	tablones, colocados con intervalos de m. 0,01, de m. 3,60×0,20×0,05 m ³ .	0,036	7,200	
	Entablado inferior.			
120	tablones, colocados con intervalos de m. 0,02, de m. 4,70×0,30×0,10 m ³ .	0,141	16,920	24,120
	<i>III.—Longuerinas.</i>			
	Longuerinas laterales.			
14	piezas de m. 6,50×0,25×0,15. m ³	0,244	3,416	
	Longuerinas centrales.			
14	piezas de m. 6,50×0,25×0,20. m ³ .	0,325	4,550	7,966
	Total de roble pellin. m ³ .			34,816
	B.—FIERRO ELABORADO			
	<i>I.—Barandilla</i>			
82	montantes de m. 1,30×0,025×0,025 k.	6,34	519,88	
2	pasamanos de m. 42,25×0,04×0,018 k.	184,14	368,42	
160	cintas de m. 1,15×0,025×0,005 k.	1,12	179,20	
320	diagonales de m. 0,50×0,025×0,005 k.	0,49	156,80	
80	aros de m. 1,15×0,025×0,005. k.	1,12	89,60	
82	jabalcones de m. 0,70×0,025×0,005 k.	0,68	55,76	
164	pernos con tuerca i una golilla de m. 0,25×0,0125 de diámetro. k.	0,37	60,68	
			1.430,34	
	Remaches, 2%.....		28,60	1.458,94

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
	<i>II— Pernos para ensambles.</i>			
58	pernos para guarda-ruedas, con tuerca i dos golillas de m. 0,40×0,019 de diámetro..... k.	1,62	93,96	
84	pernos para longuerinas, con tuercas i una golilla de m. 0,35×0,025 de diámetro. k	2,47	207,48	301,44
	<i>III.—Travesaños</i>			
21	piezas de m 4,05 (57 k/m. c.) . k.	230,85	4.847,85	4.847,85
	Total de fierro elaborado....k			6.608,23
	C.—ACEROS			
	<i>I.—Vigas (cada una).</i>			
	<i>a) Brida superior:</i>			
	m. corrido de suela de mm. 300×10..... k.	23,370		
	„ „ de alma de mm. 320×8..... k.	19,942		
	„ „ de 2 cantoneras $\frac{80 \times 80}{8}$ k	18,970		
41,90	„ „ de brida superior... .. k	62,282	2.609,620	
	<i>Cubrejuntas.</i>			
	suela de m. 1,30×mm. 300×10. k.	30,381		
	2 almas de m. 0,50×mm. 240×8 k.	14,976		
	2 cantoneras de m. 1.10 × mm. $\frac{80 \times 80}{8}$ k.	20,867		
6	cubrejuntas k.	66,224	397,340	
	<i>b) Brida inferior.</i>			
	m. corrido de 2 suelas de mm. 300×10 k.	56,740		
	m. corrido de alma de mm. 320×8 k.	19,942		
	„ „ 2 cantoneras de m m. $\frac{80 \times 80}{8}$ k.	18,970		
42,20	m. corrido de brida inferior k.	85,652	3.614,310	

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
	<i>Cubrejuntas.</i>			
	suelas de m. 2,50×mm. 300×10 k.	58,425		
	2 almas de m. 0,50×mm. 240×8. k	14,976		
	2 cantoneras de m. 1,10×mm. 80×80 k.	20,867		
	$\frac{8}{8}$			
	6 cubrejuntas k.	94,268	565,608	
	<i>c) Montantes.</i>			
	2 montantes estremales de m. 4,856×2 cantoneras de mm. 120×120 k.	207,254	414,508	
	$\frac{12}{12}$			
39,87	metros de 4 cantoneras de mm. 80×80 correspondientes a 19 montantes intermedios..... k.	46,800	1.865,916	
	$\frac{10}{10}$			
	<i>d) Diagonales.</i>			
55,25	metros corridos de 2 cant. $\frac{80 \times 80}{10}$ correspondientes a 20 diagonales..... k.	23,400	1.292,850	
	Peso total de una viga..... k.		10.760,352	
	Remaches i planchas de ensamble, 5%..... k.		538,000	
2	Vigas completas..... k	11.298,352	22.596,704	
	<i>II.- Contravientos.</i>			
	<i>a) Contraviento vertical.</i>			
184,81	metros de 1 cantonera de mm. 60×60 correspondientes a 42 diagonales..... k.	5,335	974,961	
	$\frac{6}{6}$			
	<i>b) contraviento horizontal.</i>			
8	montantes de m. 3,75×2 cantoneras de $\frac{80 \times 80}{10}$ k.	87,750	702,000	
13	montantes de m. 3.75×2 cantoneras de $\frac{60 \times 60}{6}$ k.	40,012	520,156	

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
20	diagonales de 4,24×1 T de mm. $\frac{130 \times 71}{10 \times 8}$ k.	67,840	1.356,800	
20	diagonales de 4,20×1 T de mm. $\frac{100 \times 60}{8 \times 8}$ k.	44,100	882,000	
	Peso de los contravientos k.		4.435,917	
	Remaches i planchas de ensamble 2%		887,183	
	Contravientos completos..... k.		5.323,100	5.323,100
	<i>III.—Organos de emprotamiento.</i>			
	<i>a) Tirantes (cada uno).</i>			
1	alma de m. 1,18×mm. 320×8... k.	23,563	23,563	
1	tabla de m. 1,21×mm. 300×10 k.	28,314	28,314	
1	tabla de m. 0,88×mm. 300×10 k.	20,590	20,590	
2	cantoneras de m. 1,21×mm. $\frac{80 \times 80}{8}$ k.	11,477	22,954	
2	cantoneras de m. 0,95×mm. $\frac{80 \times 80}{8}$ k.	9,014	18,020	
3	tablas de m. 2,80×mm. 350×12 k.	91,728	275,184	
2	cubrejuntas de mm. 15 de espesor i de la seccion indicada en los planos k.	88,534	177,068	
2	pernos de m. 8,20×85 mm. de diám- etro..... k.	362,941	725,882	
2	cabezas de perno mm. 140×140 ×85 k.	12,750	25,500	
4	tuercas hexagonales para perno (di- mensiones de los planos)..... k.	9,000	36,000	
1	golilla para pernos, de mm. 400 ×200×20..... k.	12,480	12,480	
	Peso de un tirante..... k.		1.365,554	
	Remachadura, 2%..... k.		27,310	
	Peso total de 4 tirantes.....	1.392,864	5.571,456	
	<i>b) Anclajes (cada uno).</i>			
2	almas de mm. 10 de espesor, i de la seccion indicada en los planos k.	196,384	392,768	
1	tabla de m. 6×mm. 440×10..... k.	205,920	205,920	
1	tabla de m. 6,20×mm. 440×10 k.	212,784	212,784	
2	cantoneras de m. 6×mm. $\frac{100 \times 100}{10}$	88,920	177,840	

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
2	cantoneras de m. 6,20×mm. 100×100 10 k.	91,884	183,768	
	Peso de un anclaje..... k.		1.173,080	
	Remachadura, 4%..... k.		46,923	
	Peso de 2 anclajes..... k.	1.220,003	2.440,006	
	<i>c) Montantes verticales (cada uno)</i>			
2	almas de m. 5×mm. 480×10.... k.	187,200	374,400	
2	cantoneras de m. 5,20×mm 100×100 10 k.	77,064	154,128	
2	cantoneras de m. 5,20×mm. 100×100 10 k.	78,546	157,092	
2	tablas de m. 4,50×mm. 400×12 k.	168,480	336,960	
2	tablas de m. 5,35×mm. 400×12 k.	200,304	400,608	
2	cuñas dobles de m. 0,60×mm. 100 ×100 k.	46,800	93,600	
	Peso de un montante..... k.		1.516,788	
	Remachadura 2%..... k.		30,336	
			1.547,124	
	Peso total de los 4 tirantes..... k.		5.571,456	
	Peso total de los 2 anclajes..... k.		2.440,006	
	Peso total de los 4 montantes ... k.	1.547,124	6.188,496	
	Órganos de empotramiento com- pletos k.		14.199,958	14.199,958
	Total de aceros k.			42.119,762
	D.—FIERRO DE FUNDICION			
4	Órganos de empotramiento. soquetes semi-cilíndricos para los tirantes, de m. 0,35×mm. 340 de diámetro..... k.	102,000	408,000	
4	planchas de apoyo de los montan- tes verticales, de m. 0,80×mm. 600×100 con una nervura de mm. 0,80×mm. 100×100..... k.	403,200	1.612,800	
2	planchas de apoyo del anclaje de m. 6,00 i de la seccion indicada en los planos. k.	1.620,000	3.240,000	
	Total de fierro de fundicion... k.		5.260,800	5.260,800

	DESIGNACION	CANTIDADES		
		Auxiliares	Parciales	Totales
	E.—MAMPOSTERÍA DE PIEDRA TALLADA			
	en las cornisas de estribos i debajo de las planchas de apoyo... m ³ .			4,000
	F.—MAMPOSTERÍA DE BOLONES			
	Estribo mas alto.....		450,000	
	Estribo mas bajo.....		384,000	834,000
	G.—MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS			
	Parapetos de los estribos, estucados.....		15,000	15,000
	H.—CONCRETO			
2	Fundaciones de m. 10,10×6,60 ×0,50 m ³ .	33,330	66,660	66,660
	I.—MAMPOSTERÍA DE LOS CUARTOS DE CONO			
	Estribo mas alto m ² . 255×m. 0,30 de espesor..... m ³ .		76,500	
	Estribo mas bajo m. 2153×m. 0,30 de espesor m ³ .		45,900	122,400
	J.—MOVIMIENTOS DE TIERRA			
	Escavaciones para los estribos m ³ .		80,000	
	Terraplenes de acceso m ³ .		5.920,000	6.000,000
	K.—VARIOS			
2	llaves para apretar las tuercas de los tirantes contra los anclajes..... n.			4
4	puertas de palastro para cerrar las galerías de anclaje..... n.			4
2	quintales clavos de m. 0,10 para el entablado superior (6 clavos por tablon)..... qq.		2	
3	quintales clavos de m. 0,15 para el entablado inferior (8 clavos por tablon)..... qq.		3	5
600	litros de alquitran.....			600
10	quintales de pintura de minio preparada..... qq.		10	
20	quintales de cerusa blanca preparada..... qq.		20	30

§ II. PRESUPUESTO

DESIGNACION	Cantidades	Precio unitario	TOTALES
Roble pellin	m ³ . 34,816	\$ 18,00	\$ 626,69
Fierro elaborado.....	k. 6.608,230	0,25	1 652,05
Acero.....	k. 42.119,762	0,35	14.741,92
Fierro de fundicion.....	k. 5.260,800	0,30	1.578,24
Mampostería de piedra tallada	m ³ . 4,000	80,00	320,00
Mampostería de bolones	m ³ . 834.000	14,00	11.676,00
Mampostería de ladrillos, estucada ...	m ³ . 15,000	24,00	360,00
Concreto	m ³ . 66,660	17,00	1.133,22
Mampostería de los cuartos de cono ..	m ³ . 122,400	12,00	1.468,80
Movimiento de tierra	m ³ . 6.000.000	0,60	3.600,00
Llaves para pernos	n. 2	10,00	20,00
Puertas de palastro	n. 4	20,00	80,00
Clavos	qq. 5	16,00	80,00
Alquitran.....	l. 600,000	0,10	60,00
Pintura preparada	qq. 32	22,00	660,00
Fletes i trasportes			300,00
Obra de mano, armadura i andamios. m.	40	60,00	2.520,00
			\$ 40.876,92

Asciende el presente presupuesto a la suma de cuarenta mil ochocientos setenta i seis pesos, noventa i dos centavos.

NOTA.—Los precios unitarios de los materiales se han establecido, considerando los puestos en la estacion de Cabrero i consultando para el contratista una utilidad de 15%.

§ III. OBSERVACIONES

Las especificaciones se han calculado, consultando las pérdidas por despuentes, los cuerpos de los remaches, etc., partidas cuyo peso no influirá en el de la construccion.

Teniendo en cuenta esta observacion, obtenemos:

Peso total del tablero, incluso travesaños	35.380 kilogramos
Peso de las vigas i contravientos	26.400 ,,
Peso de la superestructura	61.780 ,,

Distribuido este peso en la lonjitud de 42 metros, largo efectivo del puente, se obtiene para el peso del metro corrido de superestructura 1470 kilogramos, lo que es perfectamente satisfactorio.

En cuanto al costo total de la obra, se descomponen en la forma siguiente:

Puente, comprendidos los órganos de empotramiento	₡ 22 218,90
Estribos	18.658,02

Conviene comparar estas cifras con las que se refieren al puente de viga Howe, a que el presente proyecto debe reemplazar. En este puente, cuyo costo total ascendió a ₡ 17.300, i cuya infraestructura era de escasa importancia, puede estimarse la superestructura en ₡ 16.000; los estribos que deberian emplearse, al hacer con el mismo tipo, de madera, la nueva construccion, valdrian aproximadamente ₡ 10.000: se elevaria así su costo total a ₡ 26.000.

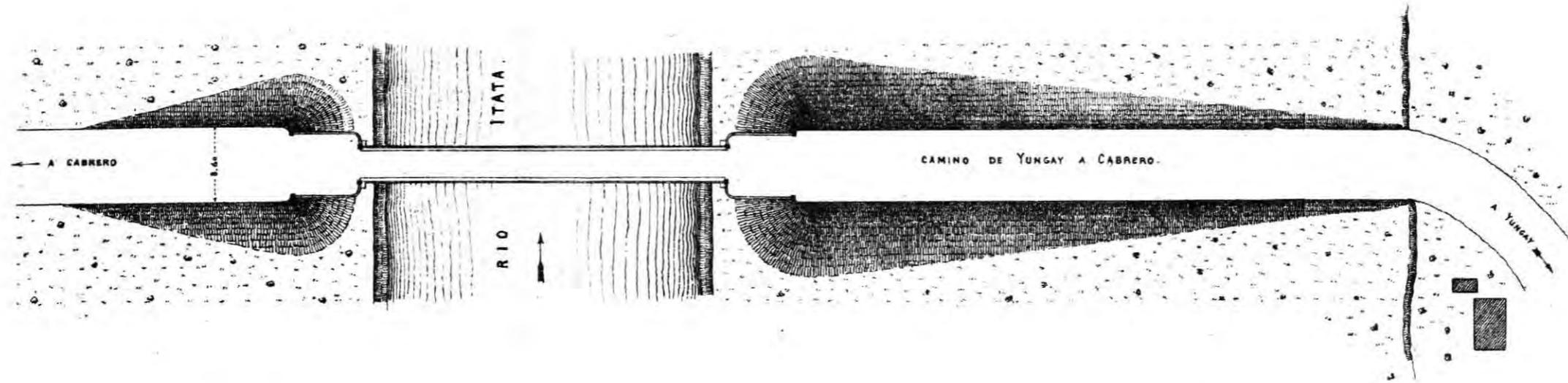
Se vé, pues, que el puente de acero cuesta aproximadamente un 50% mas que el de madera.

Este resultado no es del todo satisfactorio, tanto mas cuanto que el tipo Cadiat presenta serias dificultades de montaje; no creemos, en consecuencia, que debe preconizarse la aplicacion de tal sistema para la construccion de nuestros puentes.

Pero en todo caso las cifras apuntadas ponen de manifiesto la conveniencia de reemplazar los puentes provisorios por puentes definitivos de fierro o acero, solucion que, para luces de importancia, llega a ser verdaderamente económica.

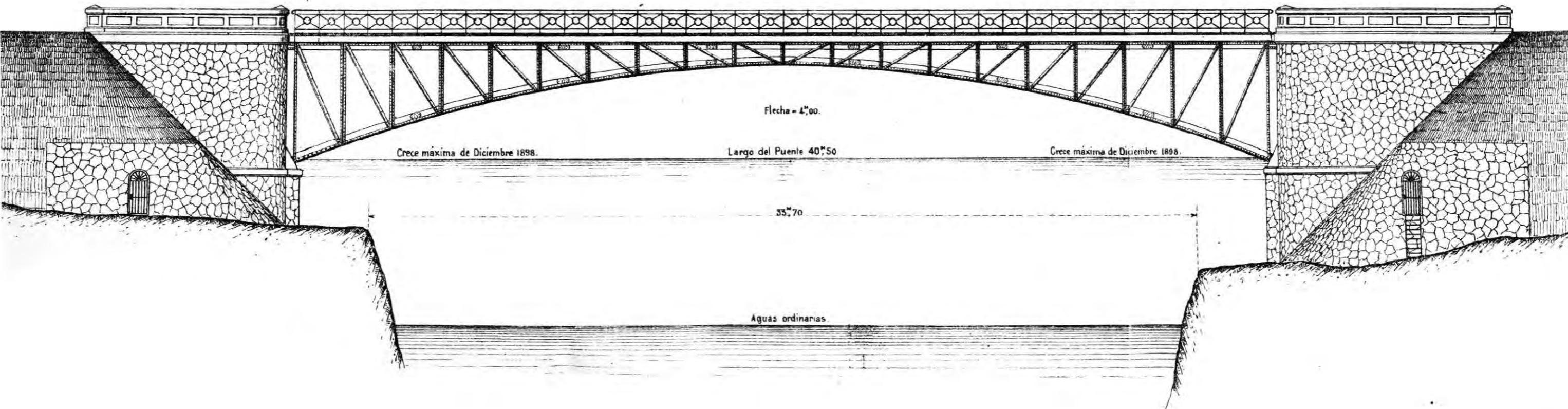
Plano de Situacion.

—
Escala de 0,01 = 4^m
—



Elevacion General

—
Escala de 0,01 = 1^m
—



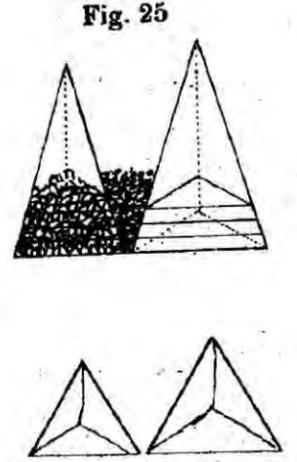
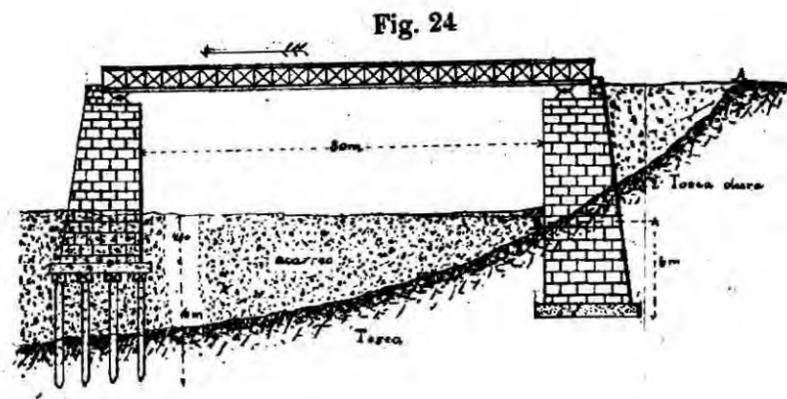
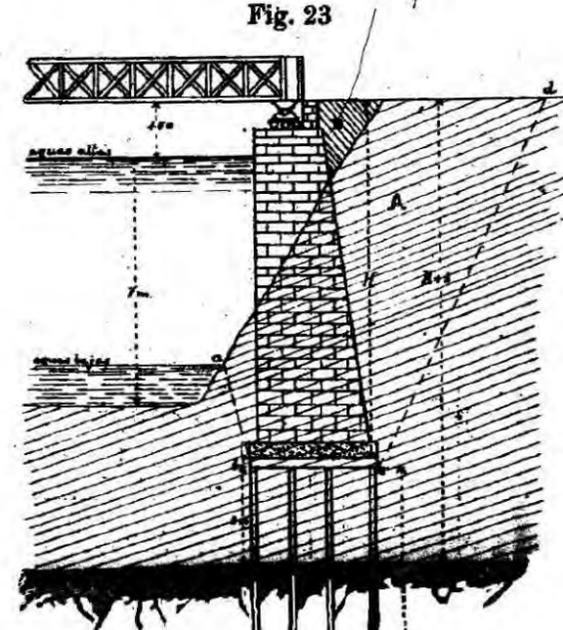
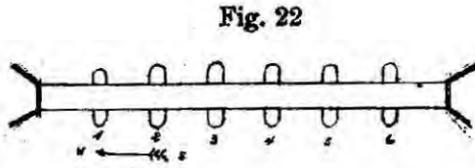
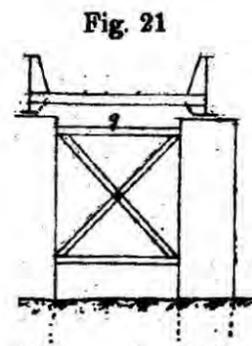
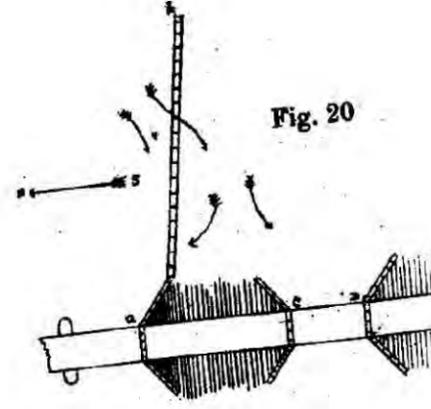
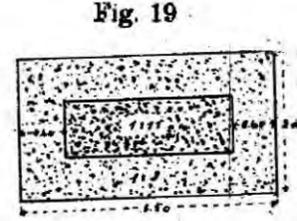
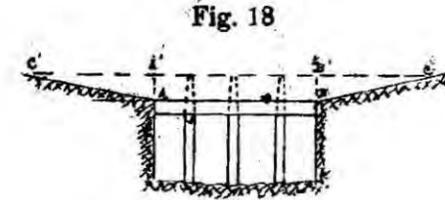
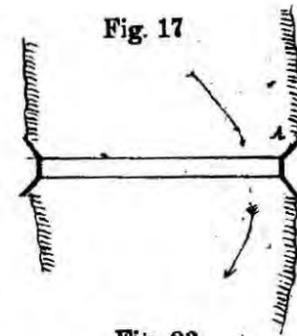
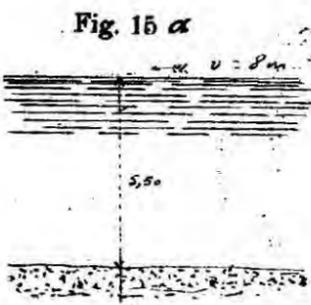
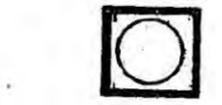
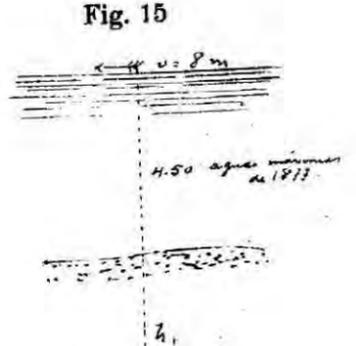
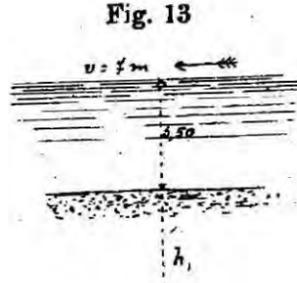
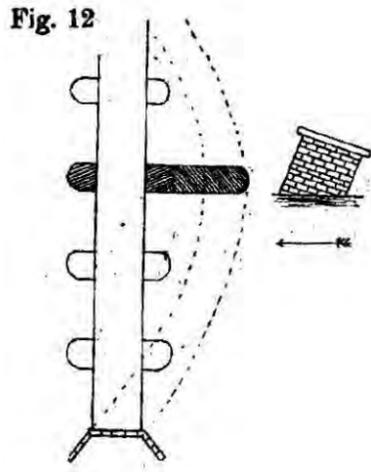
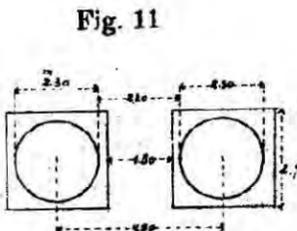
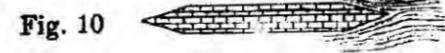
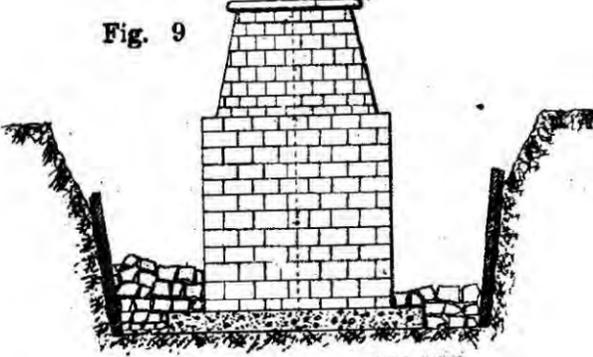
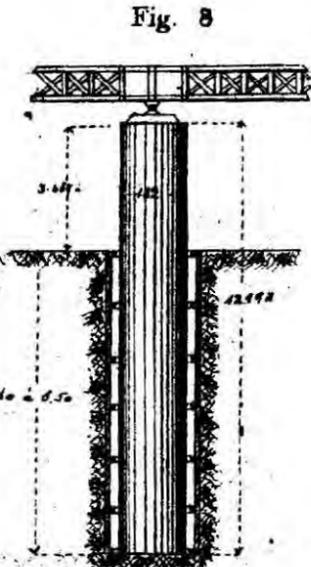
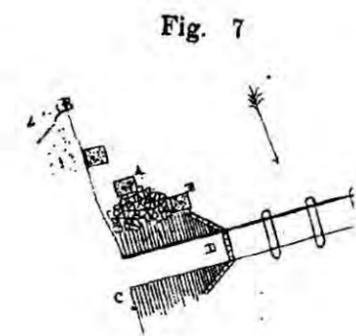
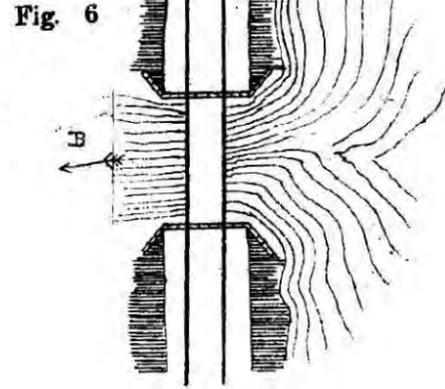
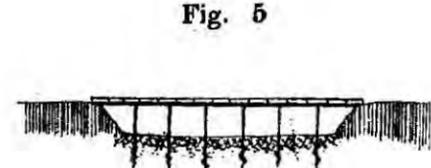
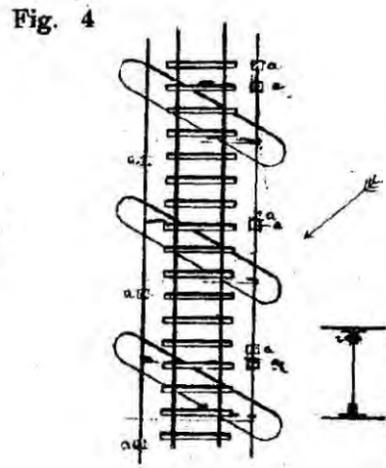
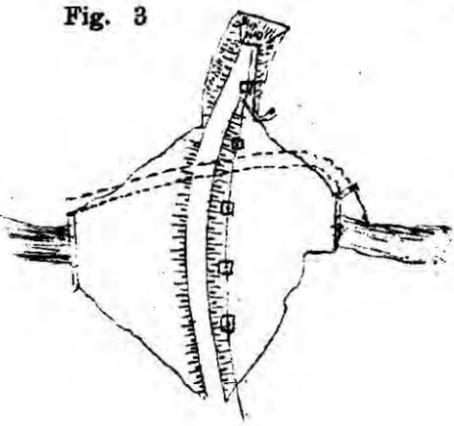
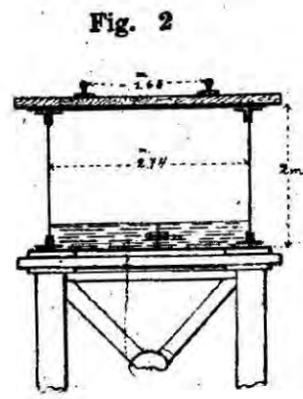
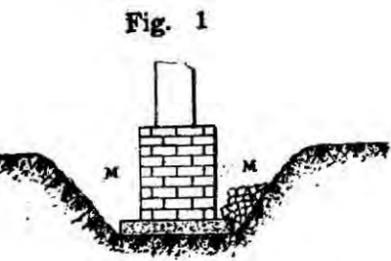


Fig. 26

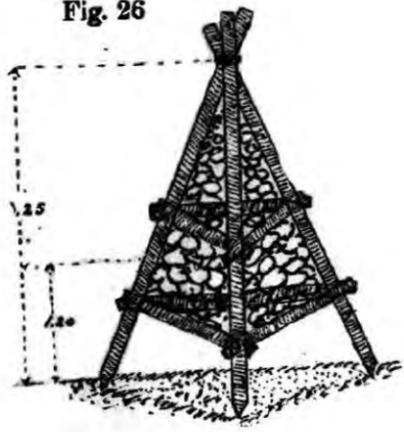


Fig. 27

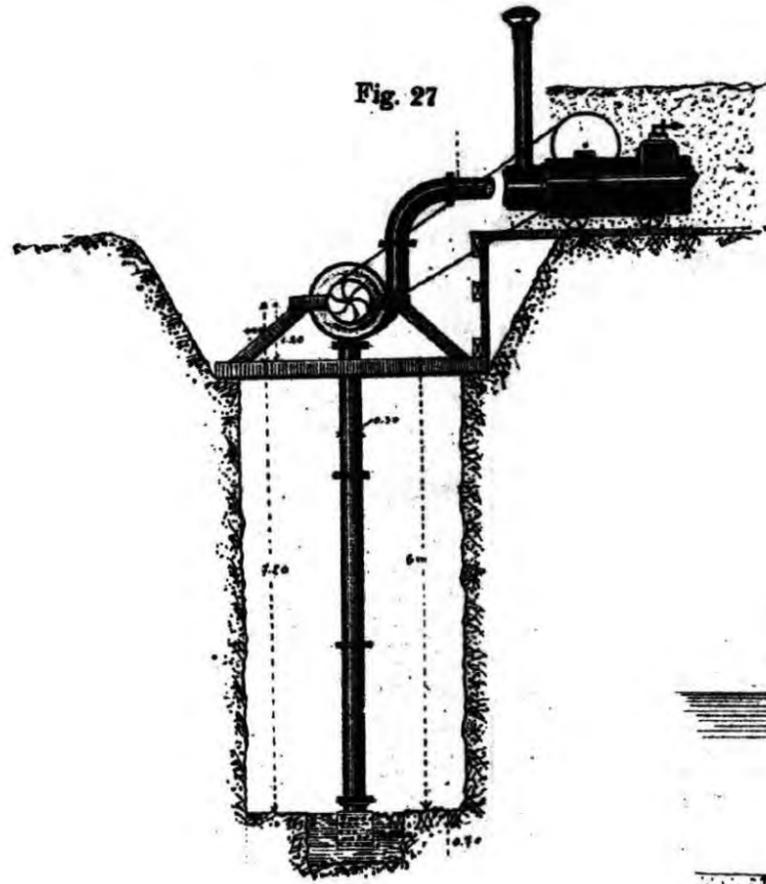


Fig. 28

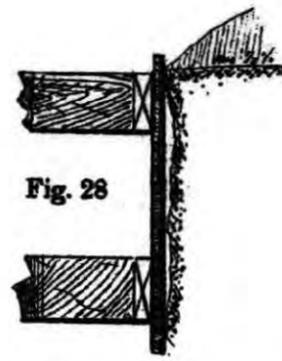


Fig. 29



Fig. 30

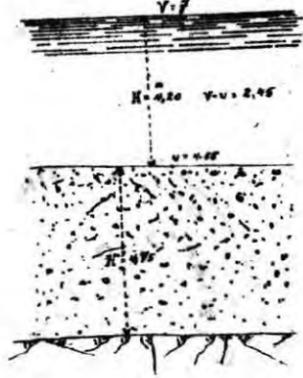


Fig. 31

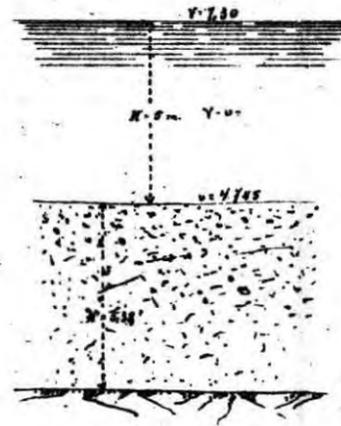


Fig. 32

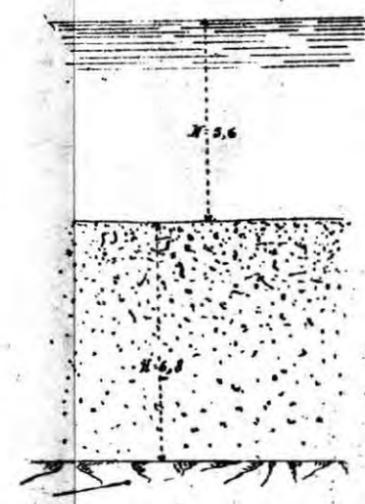


Fig. 33

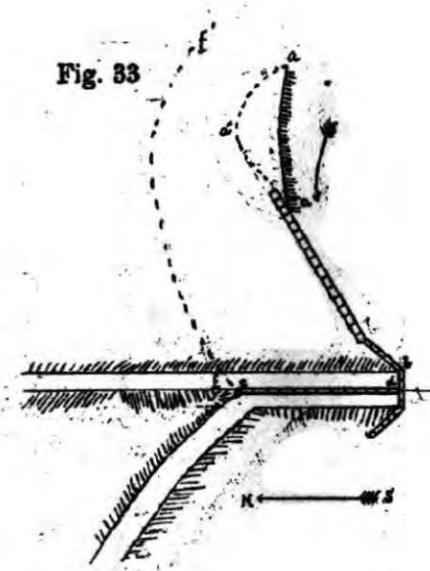


Fig. 34

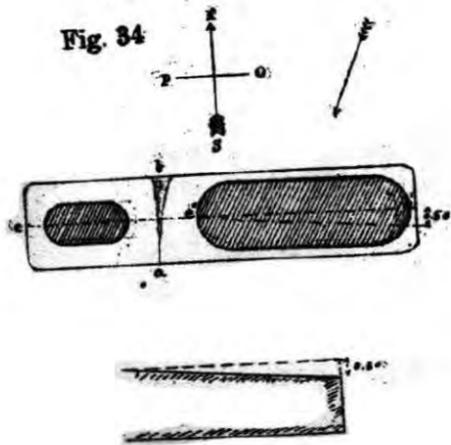


Fig. 35



Fig. 36

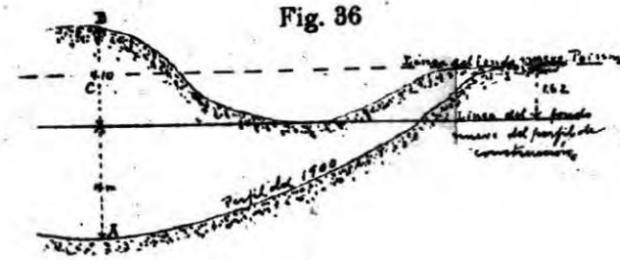


Fig. 37

