

PUENTE DE ZUERA.

Láminas 157, 158 y 159.

Estudiadas las fundaciones y apoyos por los Ingenieros de la provincia de Huesca, y los tramos por la Comision de estudios de puentes de hierro.

En el año de 1855 se estudió el anteproyecto de un puente de hierro del sistema Vergnais para el paso del rio Gállego en el pueblo de Zuera, cuya obra ha de formar parte de la carretera de primer orden de Zaragoza á Huesca, y de la de tercero que conduce de Zuera á Murillo. Este puente constaba de tres tramos de 52 metros cada uno, suspendidos de tres arcos de 58 metros de radio y $\frac{4}{5}$ de flecha: los arcos se proyectaban de fundicion formados por dovelas de 5,5 metros de longitud por 1,2 de ancho, habiéndose calculado la presion de manera que no escudiese de 500 kilógramos por centimetro cuadrado en el caso de una carga doble de la de prueba. El ancho del puente se fijaba en 6 metros, y el espesor de las pilas en 5.

El presupuesto ascendia á 2.527.532 reales subdivididos en los conceptos siguientes:

	Rs. vn.
Obras de defensa en el rio.	93.118
Obras de fábrica y pavimento.. . .	715.904
Tramos de hierro.	1.485 555
Administracion y direccion.. . . .	229.757
Total.	2.527.532

Se añadía en la memoria del anteproyecto que el sistema de ejecucion debia ser el de empresa, que á esta se le habia de abonar el 9 por ciento del interes anual y 1 por ciento de amortizacion, y que por consiguiente se le debian satisfacer 252.755 reales anuales durante 26 años, 8 meses y 12 dias.

El Gobierno no aprobó este pensamiento por creer que la solidez y duracion del sistema propuesto no estaban aun bastante sancionados

por la esperiencia, disponiendo en 4 de junio de 1857, que se estudiase un puente fijo de fundicion ó de palastro.

Así se verificó y en agosto siguiente el distrito de Zaragoza remitió un nuevo proyecto, en el cual se adoptó el sistema empleado en el puente de Arcole en Paris por Mr. Oudrit. Habian de constituir el nuevo puente tres tramos de forma circular de 52 metros de luz y 5,5 de flecha compuestos cada uno de 7 formas, distantes entre si 1,5 metros contados desde sus ejes, resultando de este modo una anchura para el puente de 7,8: estas formas eran de palastro, afectaban la figura de un bastidor compuesto de las fajas del intrados y del trasdos que se reunian en el vértice unidas entre si por otras fajas iguales, en la direccion de los radios del arco; todas las fajas tenian la forma de doble T, reforzadas con escuadras aseguradas con roblones. Sostenian el piso vigas trasversales de palastro de doble T que se apoyaban sobre los arcos y sobre una serie de cruces de San Andres del mismo sistema que llenaban los témpanos de los tres tramos.

El presupuesto de este anteproyecto era el siguiente:

	Rs. vn.
Obras de defensa en el rio.	121.856
Obras de fábrica y firme.	1.043 587
Tramos de hierro.	5.198.495
Administracion y direccion.. . . .	500.000
Total.	4.663.718

Como en el proyecto anterior la obra habia de ejecutarse por empresa, la cual segun las condiciones debia percibir durante 26 años, 8 meses y 19 dias la cantidad de 466.572 rs.

Este proyecto fué aprobado, pero no se llevó á cabo, y últimamente se dispuso por la Superioridad que la Comision antes citada estudiase el proyecto mas conveniente de puente de hierro para el rio Gállego en Zuera, teniendo presentes al hacer este nuevo estudio los proyectos antes examinados. En la memo-

ria correspondiente al primero entra el Ingeniero en varias esplicaciones referentes al régimen del río Gállego, al emplazamiento del puente y á la seccion que debe dársele. De ellas se deduce que el régimen de dicho río es torrencioso, que en sus avenidas extraordinarias las aguas que lo alimentan, desprendiéndose de las elevadas quebradas y laderas, que forman la parte principal de su valle, le dan repentinamente un gran caudal; que este corriendo por un lecho que debe tener pendientes considerables, siendo una de las vertientes del Pirineo, arrastra inmensa cantidad de piedra que deposita con irregularidad en su trayecto, y que ataca sus márgenes produciendo variaciones notables en las condiciones y disposicion de su cauce. De aquí resulta la necesidad de elegir con esmerado cuidado un emplazamiento seguro para el puente, y de dar á este una seccion suficiente á fin de que en las avenidas extraordinarias y repentinas del río pueda dar paso á todo el caudal que lleva en tales ocasiones.

Como por otra parte el puente ha de servir á la vez para las carreteras de Zaragoza á Canfranc por Huesca y á la de Zuera á Murillo, al propio tiempo que ha de facilitar á los vecinos del primero de estos dos pueblos el tránsito á la orilla opuesta del río donde tienen una gran parte de sus tierras, es necesario que se sitúe dicho puente lo mas inmediato al pueblo, que sea posible: pero esta condicion se ha de subordinar á la de que el emplazamiento elegido ofrezca bajo el punto de vista de la estabilidad de la obra, todas las garantías apetecibles. Esta doble circunstancia se llena en el sitio elegido para construir el puente del primer proyecto, el cual se ha conservado para el segundo.

Las márgenes del río son en aquel sitio bastante elevadas, aunque apesar de esto es necesario construir terraplenes de alguna consideracion á uno y otro lado del puente: pero segun la citada memoria solo á gran distancia del pueblo de Zuera podria hallarse otro emplazamiento que tenga márgenes suficientemente altas para que el río se halle completa-

mente encauzado, y bastante elevacion en el resto del terreno de las avenidas para que los terraplenes sean menores que los del proyecto.

La altura de las crecidas extraordinarias que se señala en los planos del proyecto es de 2,75 metros, siendo el terreno de la orilla izquierda de bastante consistencia: ademas en este punto la anchura máxima que han tomado las mayores avenidas conocidas es de 168 metros, dimension inferior á la que corresponde á cualquier otro sitio de las inmediaciones de Zuera.

Verdad es que á estas ventajas hay que oponer la irregularidad del cauce que obliga á establecer el puente en un tramo corto del río, en cuyos extremos cambia de direccion la corriente; pero segun lo que en la memoria del primer proyecto espresa su autor no se encuentra cerca de Zuera un emplazamiento que sin tener el espresado inconveniente reuna las ventajas antes indicadas, remediándose el inconveniente de la poca dureza del terreno de la orilla derecha con el sistema de defensas que para ella se proponen á fin de fortificarla y asegurar el cauce del río en la proximidad del emplazamiento del puente.

En los dos proyectos estudiados se ha dado al puente una seccion de 162 metros, la cual es próximamente la que en su emplazamiento toman las aguas en las mayores avenidas del río; de manera que no se estrecha en nada el cauce, teniendo así el puente una longitud igual á la distancia que separa las dos márgenes del río. Es un principio reconocido que es por lo menos arriesgado ó peligroso estrechar escesivamente los cauces en los emplazamientos de los puentes, lo cual en todo caso y dentro de prudente medida, solo podrá verificarse cuando para ello ofrezca circunstancias ventajosas la disposicion de los lechos ó el régimen de las corrientes, ó lo exija la necesidad de mejorar este mismo régimen. La pendiente crecida que debe tener el Gállego, tan cerca del Pirineo donde nace, lo irregular y tortuoso de su cauce, lo repentino y caudaloso de sus avenidas extraordinarias, y la naturaleza del terreno que forman en Zuera el

cauce y una de sus márgenes, que es preciso defender con obras de bastante consideracion, no permiten que para economizar en la construccion del puente se reduzca su longitud y se estreche el cauce hasta el punto de alterar el régimen del rio comprometiendo la estabilidad de la obra. El ejemplo del puente de Santa Isabel sobre el mismo rio, cuatro leguas mas abajo, que solo tiene 138 metros de claro total, no es razon bastante para no admitir la luz adoptada, pues que en este corto trecho que media entre aquel puente y Zuera no recibe el Gállego afluentes de consideracion, y estando cultivados los terrenos del valle, el caudal del rio en el referido puente de Santa Isabel puede considerarse que es el mismo que en Zuera, y no está demostrado que hubiese sido inútil ó perjudicial el haber admitido mayor seccion para dicho puente; por consiguiente es conveniente conservar para el nuevo proyecto una luz análoga á la adoptada en los dos anteriores.

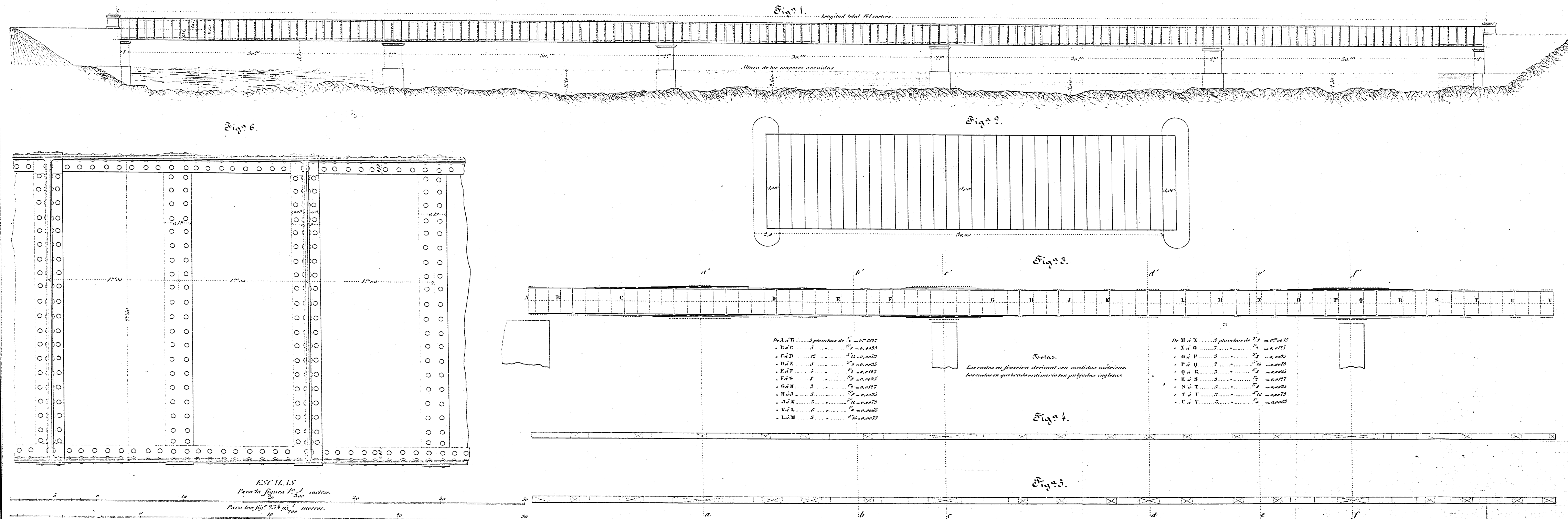
El número de tramos que tenian los proyectos primitivos sin embargo, no parece que deba admitirse: en tésis general y prescindiendo de cierto órden de consideraciones, es indudable que seria conveniente que los puentes no tuviesen apoyos intermedios, y que fuesen por consiguiente de un solo tramo, con lo cual se disminuirán considerablemente las dificultades de las fundaciones, no se produciria alteracion alguna en el régimen de las corrientes y se evitarian varias causas que obran sobre partes importantes de la construccion y tienden á su ruina. Pero los preceptos económicos que tanto deben tenerse presentes cuando se trata de la inversion de los fondos públicos, aparte de otras consideraciones y dificultades de construccion no permiten adoptar dicho principio como regla general y absoluta. Limitando las observaciones que este principio requiere, á los puentes de hierro, debe tenerse presente que si bien se aplican para salvar grandes espacios con notables ventajas respecto á los demas sistemas de construccion, no deben en manera alguna exagerarse estas ventajas y deducirse de esta

verdad que sea conveniente construir todos los puentes de hierro con grandes tramos: la longitud de estos depende siempre de la naturaleza del sistema elegido, de la disposicion de la localidad, de las dificultades que ofrezcan las fundaciones, y de la altura de las pilas. Los grandes tramos además, por su mucha longitud y por su propio peso exigen una cantidad de hierro y un coste considerable que crecen en una progresion mucho mayor que dicha longitud: del mismo modo se multiplican las dificultades, y por consiguiente aumentan extraordinariamente la entidad y la complicacion de los medios que se han de emplear para el montaje de los tramos y se eleva el coste de esta operacion siempre delicada y difícil.

De estas consideraciones, que por ser de todos conocidas no hay necesidad de esplanar, resulta la necesidad de no exagerar ninguno de los dos sistemas; por el contrario, conviene dar á los tramos de los puentes las longitudes que mejor convenga en cada caso, segun sea el sistema de construccion, el régimen de la corriente y la naturaleza del terreno que forma su lecho. En el puente de Zuera, si bien el rio tiene un régimen torrentuoso, si bien su caudal y su velocidad son considerables, si bien, por fin, el lecho del rio está espuesto á socavaciones y no conviene establecer un número considerable de pilas; es indudable que se puede asegurar la estabilidad del puente, evitando sin precauciones extraordinarias, las degradaciones y la ruina de los apoyos, aunque se adopten tramos menores que los de 52 metros de los proyectos anteriores, admitiendo por consecuencia alguna pila mas de las dos que aquellos tenian.

Tampoco se oponen á esta variacion las dificultades de la construccion: la mayor parte del cauce del rio en el emplazamiento del puente está seco durante una gran parte del año; por consiguiente las fundaciones y el resto de las pilas no ofrecerán mas obstáculos que los que nazcan de la naturaleza del terreno y del sistema de cimentacion que se elija, pudiéndose hacer todos los trabajos que aque-

PROYECTO
DEL PUENTE DE ZUERA SOBRE EL RIO GÁLLEGO
en la carretera de Zaragoza á Canfranc.



lla exija en las mejores circunstancias que puede presentar un río. Además no se trata de admitir una ó mas pilas en un caso en que se hubiese tratado de construir el puente de un solo tramo: con esta circunstancia, si la supresion de las pilas producía una notable celeridad en la construcción, podría tal vez ser esta condicion suficiente para resolver por completo la cuestion; pero cuando está propuesta la construcción de dos pilas en circunstancias que, como se ha expresado, son relativamente ventajosas, no ofrece inconveniente alguno aumentar el número de tramos, y por consecuencia el de las pilas dentro de una medida prudente.

Estudiado el proyecto según el sistema que adopta la Comision, pero dividiéndole en tres tramos de 52 metros, se observa que esta luz produce en la altura de las formas, en el peso de los tramos, en su coste y en las dificultades y valor del montaje, condiciones poco aceptables bajo el punto de vista de la facilidad y de la economía de la construcción.

El resultado mas decisivo que ha ofrecido la comparacion de los dos proyectos, ha sido el de la parte relativa á su coste, como lo expresa la nota siguiente formada en el supuesto de fijar en 2000 rs. el valor de la tonelada de los tramos colocados en obra.

	Peso de los tramos. Toneladas.	Importe de los tramos. Rs. vn.
Proyecto con 3 tramos de 52 metros.	654	1.308.000
Id. con 5 tramos de 50 metros.	450	900.000
Diferencia.	204	408.000

Las diferencias en cantidad de hierro y coste, además de las consideraciones que antes se han presentado, no permiten duda alguna en la eleccion del sistema mas conveniente, no oponiéndose á ella ninguna circunstancia especial y siendo por el contrario favorable á otras condiciones de la obra.

Atendidas todas las que concurren en el caso presente, distribuyendo la longitud total del puente en 5 tramos de 50 metros cada uno, se evitan los inconvenientes indicados y se obtienen buenas condiciones para la ejecución, sin perder ninguna de las circunstancias fundamentales en que estriba la estabilidad del puente y las ventajas de su sistema de construcción. Los tramos de 50 metros son de suficiente longitud para tener la seguridad de que los apoyos proyectados, que solo tienen 2 metros de ancho, no pueden alterar el régimen del río, y por consiguiente no debe temerse que aumenten las socavaciones y variaciones del cauce, ni que resulten espuestas á degradaciones, ni menos á arruinarse, si sus fundaciones son las que corresponden á la naturaleza del terreno, y se ejecutan con la inteligencia y el esmero cuidado con que siempre debe procederse en estas obras delicadas, y de las cuales depende tan principalmente la seguridad de las construcciones. Si así no se procediese, si el sistema de cimentacion no fuese el que mejor conviene á la naturaleza del terreno y á las condiciones de la obra, seria inútil disminuir el número de las pilas, de tal manera que aun siendo mayores que en los proyectos anteriores las longitudes de los tramos no estaria asegurada la duracion del puente.

Por todas estas razones, como siempre, se han de construir con igual esmero y especiales precauciones las cimentaciones de los apoyos de la comparacion entre los tramos de 52 y los de 50 metros, se deduce que agregando á los 408.000 rs. que se economizan en el coste de los tramos la diferencia que en el mismo sentido ofrecerian los presupuestos del montaje de los dos sistemas, la suma resultante será siempre mucho mayor que el coste de las dos pilas que se han de construir de mas, según propuso la Comision, sea cual fuere la parte que corresponda á la pila de los 895,096 reales vellon que por el presupuesto del proyecto de 8 de agosto de 1857 han de costar las dos pilas y los dos estribos de este proyecto. Esta notable economia y las demas ven-

tajas que se han indicado, comprueban la preferencia que en este caso debe darse á los tramos de 50 metros respecto á los de 52, con tanta mas razon cuanto por las circunstancias de las fundaciones y del cauce del rio las cuatro pilas pueden ejecutarse al mismo tiempo que se construyan los estribos.

TEORIA DEL PLANIMETRO

DE AMSLER POR EL PROFESOR DR. WITTSTEIN,

TRADUCIDO DEL ALEMAN.

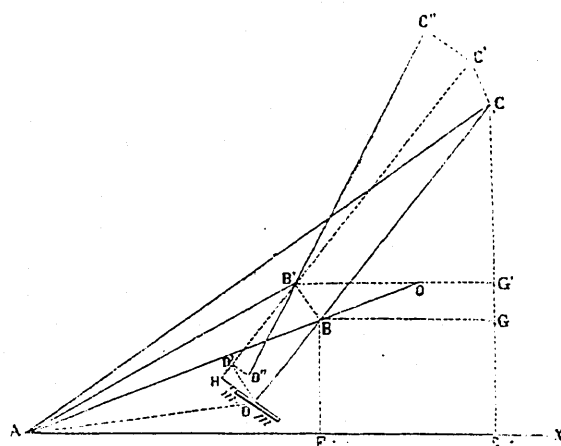
Desde hace años viene aplicándose á la construccion de los planímetros, que se usan para apreciar la superficie de las Cartas y Planos, un principio que tanto bajo el punto de vista teórico como práctico merece tomarse en consideracion. La disposicion de los planímetros consiste principalmente en un puntero que recorre el contorno de la figura cuya superficie se trata de hallar y en un disco ó ruedecilla graduada que indica la espresada superficie.

Los primeros instrumentos de esta clase parece fueron ideados casi al mismo tiempo por Conella y Wetli. Stampfer y Hansen se ocuparon despues en la perfeccion de los mismos; y aunque su precio es algo elevado (204 á 278 francos) y un poco molesto su manejo, por las dimensiones del instrumento, hace tiempo que se usa con completa satisfaccion el Planimetro de Hansens en el ducado de Gotha aplicándolo á las operaciones del Catastro y trabajando con una aproximacion de $\frac{1}{2000}$ que es lo mas que hasta ahora ha podido alcanzarse con este instrumento.

Mas sencillo que el anterior es el instrumento inventado por el profesor Amsler y que en su Memoria (sobre la valoracion mecánica de las superficies) describe con el nombre de Planimetro-polar. Son tan reducidas las dimensiones de este instrumento que puede llevarse con toda comodidad en un estuche de viage, costando apenas unos 50 francos.

Lo que sobre la teoria del referido Plani-

metro ha publicado Amsler me ha parecido tan insuficiente como cuanto sobre el mismo particular he encontrado en otras partes por lo cual he creido conveniente presentar el siguiente desarrollo acompañando una ligera representacion gráfica del instrumento en la siguiente figura.



El Planimetro-polar de Amsler se compone principalmente de las varillas AB y BC articuladas en B y pudiendo girar en derredor de este punto de modo que el ángulo ABC varía próximamente entre 0° y 180°. La estremidad A lleva una punta que se fija al papel y hace invariable su posicion; en la C va fijo el puntero que ha de recorrer el contorno de la figura cuya superficie se trata de medir. En la prolongacion del brazo BC, en D, hay una ruedecilla vertical *mm* cuyo eje se encuentra en la línea BC ó en una paralela á esta.

La ruedecilla se apoya sobre el papel por un punto de su superficie constituyendo este con los A y B los tres de apoyo del instrumento.

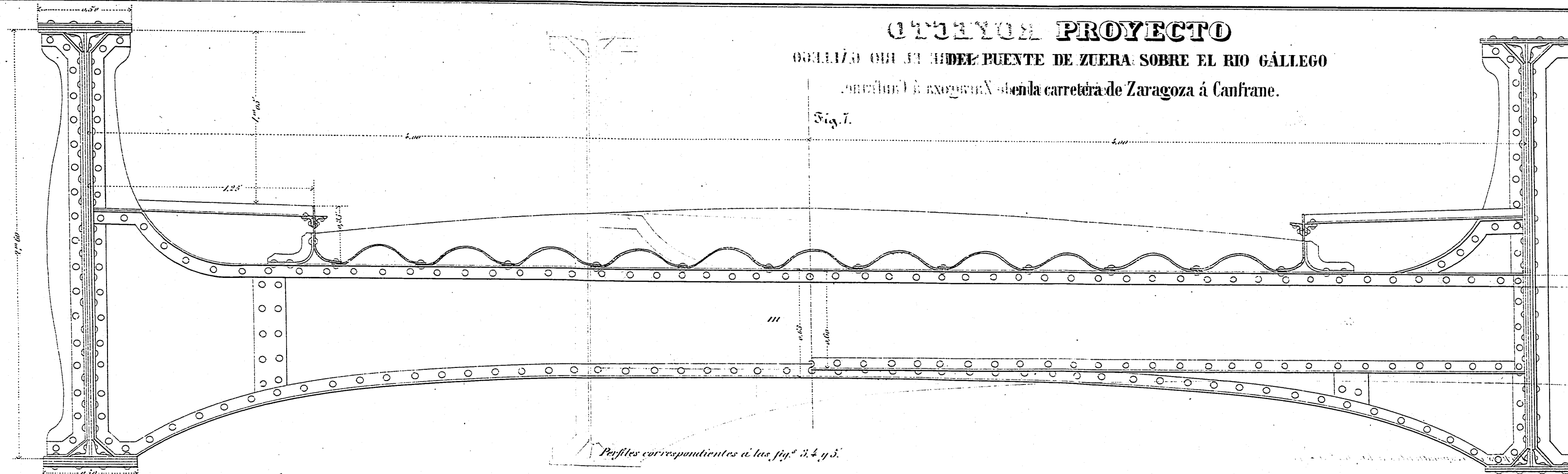
La circunferencia de la ruedecilla se encuentra dividida en cien partes iguales cada una de las cuales lo está en diez por medio de un Nonius. Hay ademas un disco donde se marcan las revoluciones completas de la ruedecilla hasta el número de diez. Cada lectura completa de una posicion dada de la ruedecilla se espresará pues en los casos mas frecuentes,

OTTEYON PROYECTO

OCEANO OUI SI HUEL PUNTE DE ZUERA SOBRE EL RIO GÁLLEGO

Orchilun) E. KXOGUINX obenda carretera de Zaragoza á Canfrane.

Fig. 7.



Perfiles correspondientes a las fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.

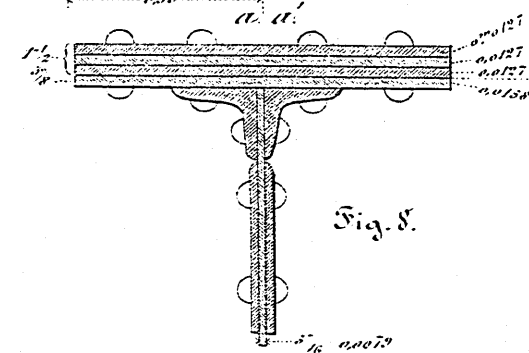


Fig. 8.

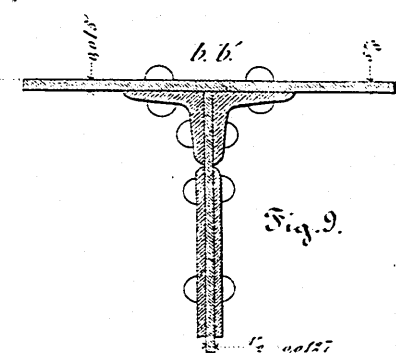


Fig. 9.

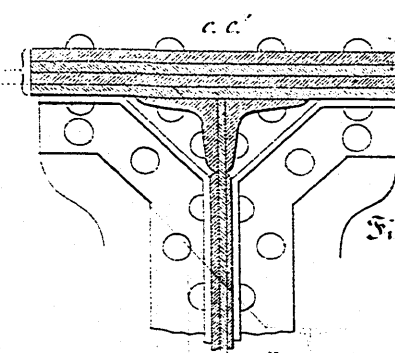


Fig. 10.

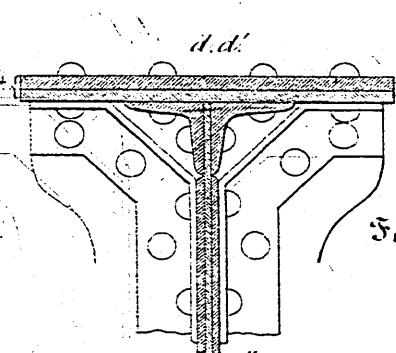


Fig. 11.

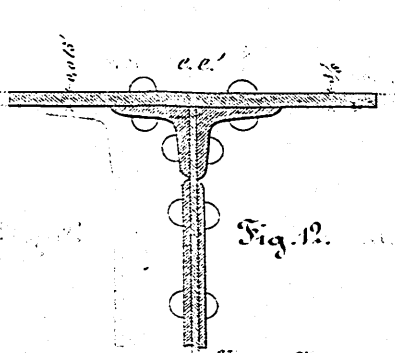


Fig. 12.

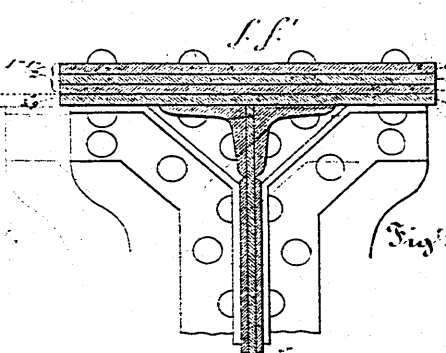


Fig. 13.

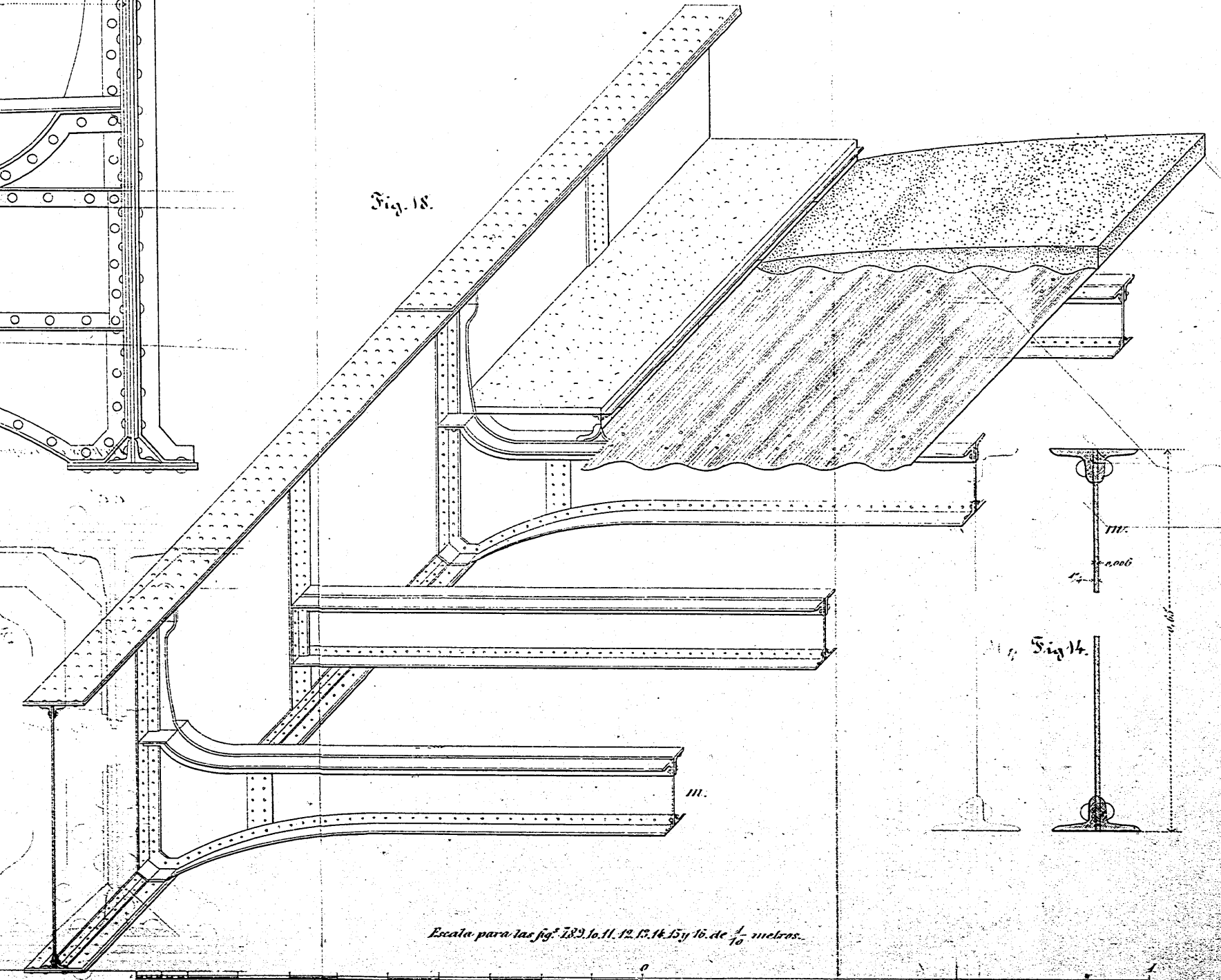
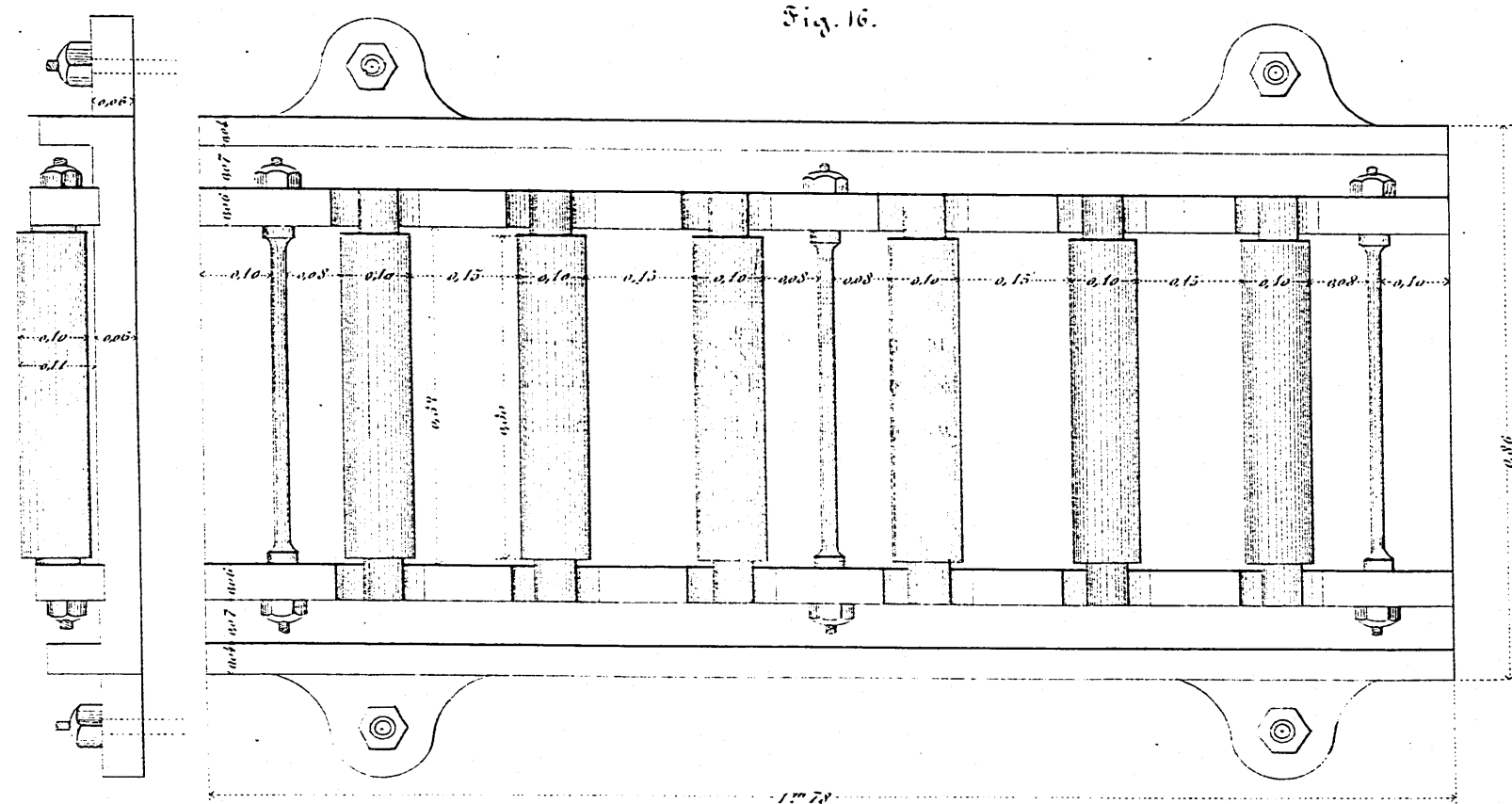
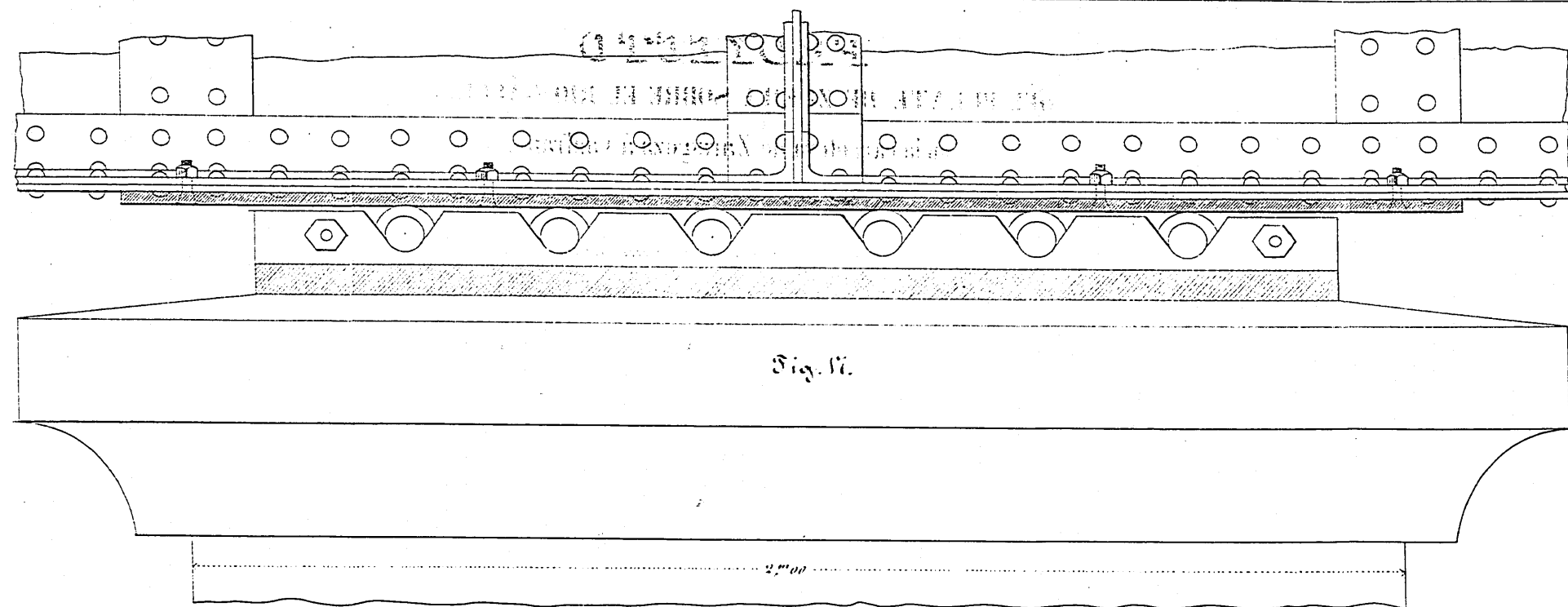


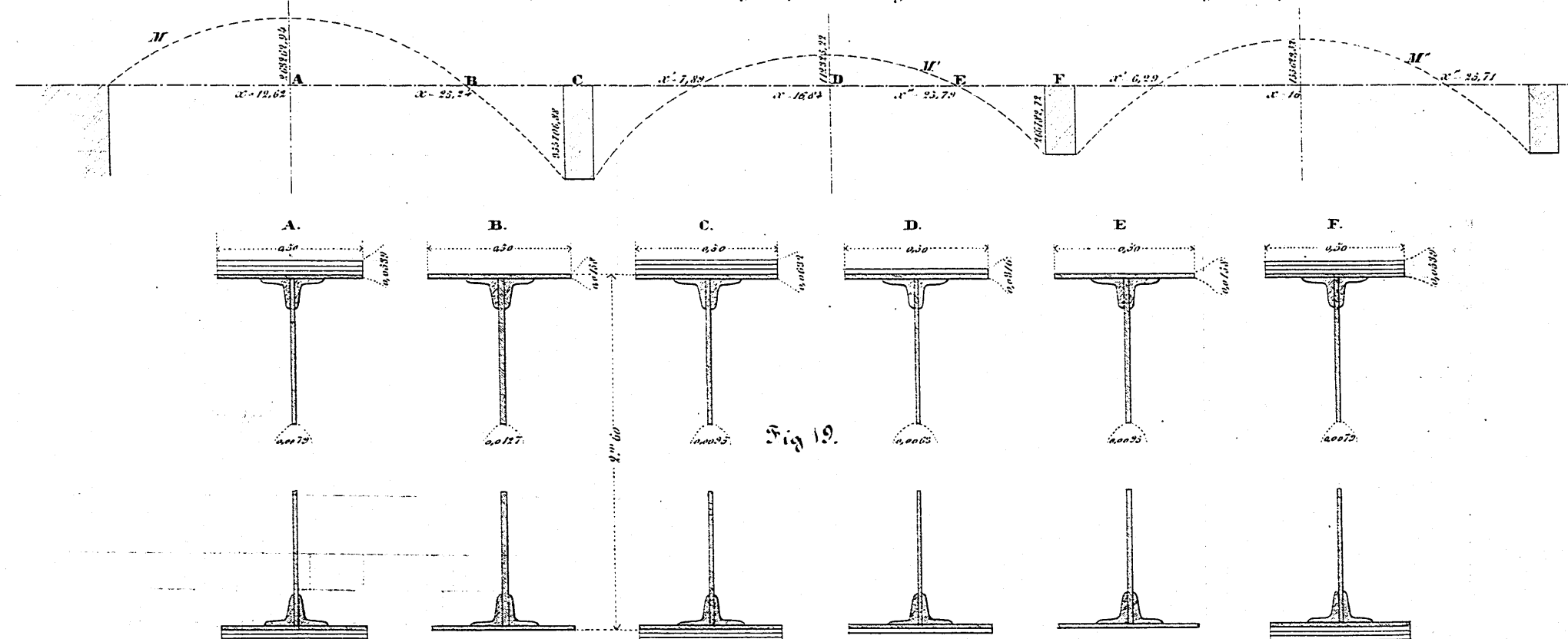
Fig. 14.

Escala para las fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 de 1/10 metros.



PROYECTO DEL PUENTE DE ZUERA SOBRE EL RIO GÁLLEGO en la carretera de Zaragoza á Canfranc.

Curva de los momentos máximos de rotura, para el caso de una carga repartida uniformemente á razón de 400 kilogramos por metro cuadrado.



Ecuaciones

$$\begin{cases} \text{De la curva } M \dots Q = \frac{px^2}{2} - \left(\frac{pl}{2} - \frac{Q_0}{l}\right)x = 1650x^2 - 41684,16x \\ \text{De la curva } M' \dots Q = Q_0 + \frac{px^2}{2} - \left(\frac{pl}{2} + \frac{Q_0 - Q_0}{l}\right)x = 355706,88 + 1650x^2 - 55578,88x \\ \text{De la curva } M'' \dots Q = Q_0 + \frac{px^2}{2} - \left(\frac{pl}{2} + \frac{Q_0 - Q_0}{l}\right)x = 266782,72 + 1650x^2 - 52800,64x \end{cases}$$

Escala para las figs 15, 16 y 17 de $\frac{1}{10}$ metros.

