

gostinas. Los pasos de los barrancos exigirán la construcción de algunos otros de acompañamiento de las obras de fábrica, pero no podrán ser de consideración por las razones antes apuntadas.

En toda la parte comprendida entre el alto de la divisoria y Puente de los Fierros hay necesidad de ejecutar bastantes puentes y viaductos de dimensiones variables, siendo el mayor de 125 metros de longitud. La altura varía de 15 á 50 metros. Es posible que este número de obras disminuya notablemente en la ejecución, porque en el replanteo se echará la traza todo lo posible hacia la ladera, para evitar derrumbamientos de tierras y obras costosas, á consecuencia de la escasez de materiales; pero sea de esto lo que quiera, ello es que en la actualidad ninguna de estas obras se encuentra siquiera comenzada en el trayecto indicado. Desde Puente de los Fierros hasta Pola de Lena hay cuatro obras importantes, á saber: el viaducto sobre el Pajares al principio del trozo; el viaducto de Renuevo sobre el arroyo de Congostinas; el puente sobre el río Lena, y un viaducto sobre el río Naredo. El primero tiene cuatro tramos metálicos de 25 metros de luz cada uno, apoyados sobre estribos y pilar de fábrica, de las que la mayor tiene 20 metros de altura. Existen hechos tan sólo los cimientos de uno de estos estribos y de dos pilas. El de Congostinas es de dos tramos de 25 metros de luz, y de unos 18 de altura máxima. Tiene ejecutados los dos estribos y empezados los cimientos de la pila. El puente sobre el Lena ó Pajares, de un tramo de 50 metros de luz y unos 7 de altura, se encuentra sin empezar. Y por fin el viaducto sobre el Naredo, que es de fábrica, de cinco arcos de 15^m,40 de luz cada uno, y unos 17 de altura, se halla terminado.

De las obras de pequeña importancia, como tajeas, alcantarillas, pontones y pasos, nada hay hecho entre el alto del puerto y Puente de los Fierros, á excepcion de un paso abierto de escasa luz, cuyos muros se encuentran casi terminados. Desde aquí hasta Pola están terminadas también varias de las obras de esta clase, faltando algunas, como la destinada al cruce del arroyo Felgueras, que es de las más importantes.

DISTRIBUCION DE AGUAS.

SIFON METÁLICO DE SAINT-PAUL (VAR) EN EL CANAL DE VERDON.

(Láminas 57 y 58.)

El canal que conduce á Aix, en la Provenza, las aguas del río Verdon atraviesa, hacia la mitad de su trayecto, el valle de Saint-Paul, situado en el departamento de Var, á cuatro kilómetros próximamente de la pequeña población de Rians. La anchura de este valle es de 295 metros, y su profundidad máxima es de 56^m,15 por debajo de la solera del canal. El establecimiento de un puente acueducto para el paso del canal hubiera ocasionado un gasto de 400.000 francos por lo ménos, y como la pila más alta tendría que fundarse á 16^m de profundidad, su construcción hubiera durado más de dos años. Cuando el distinguido Ingeniero de Puentes y Calzadas Mr. Bricka se encargó de hacer el estudio de dicho paso, era indispensable que la obra que se adoptase se terminara con gran rapidez; no había posibilidad, por tanto, de emprender una campaña tan larga, y venia á resultar, indicado naturalmente, el empleo de un sifon.

Casi todos los sifones construidos hasta aquí para los canales de riego ó de abastecimiento son de fundición, y en el caso presente se empezó estudiando una obra de la misma naturaleza. Pero el volumen de agua que había de conducir (6^m c por segundo) y la poca carga disponible (0^m,27) habría ocasionado un gasto superior á 530.000 francos, de haber empleado los tubos usados generalmente, cuyo diámetro no pasa de 1^m,10, y la limpieza frecuente que necesitan las aguas del Verdon, muy cargadas de limo en la época del derretimiento de las nieves, hubiera presentado grandes dificultades con una longitud tan grande y un diámetro tan pequeño. Por otra parte, para reducir á uno ó dos el número de los tubos se habría necesitado darles diámetros de 2^m,50 ó de 4^m,75. Las fábricas más importantes se manifestaban poco dispuestas á fundir semejantes piezas en gran cantidad, y la union de todas ellas, que necesitarían 165 juntas de brida en el primer caso y 206 en el segundo, presentaba muy serias dificultades.

Estas consideraciones decidieron á Mr. Bricka á proponer la construcción de un sifon de palastro robionado. Se habían construido ya dos obras de

este género, una en el canal de Verdon, por el Ingeniero Tournadre, y otra sobre el acueducto de la Vanne por el Ingeniero Huet; pero en ambas se había limitado el empleo del palastro á un tubo horizontal único.

El primer proyecto presentado no constaba más que de un solo tubo de 2^m,50 de diámetro, cuyo establecimiento no habría costado más de 190.000 francos; pero la Junta de Puentes y Calzadas se creyó en el caso de imponer como condicion á la Compañía concesionaria el empleo de un tubo doble para que nunca pudiese quedar interrumpida la explotación del canal. En estas condiciones se ha establecido el sifon Saint-Paul.

La reseña que sigue está dividida en cuatro capítulos que comprenden la descripción de la obra, su ejecución, los gastos de construcción y los cálculos de resistencia.

DESCRIPCION DE LA OBRA.

§ 1.—DESCRIPCION GENERAL.

Figuras 1 y 2.

El sifon está formado por dos tubos paralelos de 1^m,75 de diámetro, distantes 4^m de eje á eje y colocados perpendicularmente al valle, cuyos tubos terminan por ambos extremos en anillos de fundicion empotrados en macizos de mampostería. La parte media del sifon es horizontal, y está unida con las cabezas de fábrica por dos partes inclinadas segun rectas, cuyas pendientes son de 0^m,41 por metro para la de aguas arriba, y de 0^m,57 por metro para la de aguas abajo. Cada tubo está soportado por apoyos fijos en los dos ángulos formados por el encuentro de las partes inclinadas con la parte horizontal; en el resto de la longitud descansa, por el intermedio de bastidores de friccion, sobre dados de sillería. Finalmente, unos aparatos de forma especial, cuyo modelo se ha tomado del sifon construido por el Ingeniero Tournadre, que ántes hemos citado, permiten que se verifique el movimiento debido á la dilatacion entre los puntos fijos.

§ II. — DETALLES DE CONSTRUCCION.

1.º—*Parte metálica.*

Tubos. Figuras 8 á 12. Los tubos se componen de hojas de palastro que forman cada una la mitad del desarrollo del cilindro, las cuales se unen en el sentido longitudinal por dos hileras de ro-

blones que atraviesan las láminas superpuestas y en el sentido longitudinal por cubrejuntas exteriores. El empleo de las cubrejuntas tiene por objeto evitar la saliente trasversal que produciría el montar una lámina sobre otra, que sería un obstáculo para el curso de las aguas.

Los palastros empleados son de los llamados comunmente del número 2, cuyo espesor no es en ninguna parte inferior á 8^{mm}; no habiéndose creído prudente bajar de este límite, porque palastros demasiado delgados podrian agujerarse por la oxidacion en el caso de una conservacion poco cuidada, y no presentarian ademas la rigidez conveniente para asegurar la resistencia ó la flexion. En la parte horizontal, la separacion considerable entre los soportes, impuesta por la existencia de dos barrancos ha hecho necesario el empleo de palastros de 8^{mm}.

Los roblonados longitudinales son dobles; los trasversales son sencillos. Los roblones tienen un diámetro uniforme de 16^{mm}; están separados 0^m,05 de eje á eje, y el borde exterior de los agujeros está á 0^m,02 del borde del palastro. Estas últimas dimensiones difieren de las que se adoptan generalmente en la construcción de los puentes, y siendo más favorables á la resistencia, permiten al mismo tiempo apretar la junta lo necesario para hacerla impermeable. Estas mismas prescripciones se siguen generalmente en la construcción de los cascos de los buques y en las calderas de vapor.

Todas las juntas y cabezas de los roblones fueron ajustadas con cuidado ántes de dar entrada al agua en el sifon; lo cual se hizo exteriormente en todos los tubos, excepto en el encuentro de las cubrejuntas inferiores y de los palastros superiores.

Codos. Figuras 11 y 12. Los codos que en cada tubo reunen las partes inclinadas á la horizontal, están formados por láminas de palastro delgado embutidas y ensambladas entre sí y con las láminas inmediatas por cubrejuntas exteriores de doble roblonado.

Soportes de los ángulos. Los tubos deben estar perfectamente fijos en los ángulos, porque no puede producirse ningun movimiento en estos puntos sin ocasionar deformaciones que fatigarían mucho los palastros. La resultante de las fuerzas que tienden á separarlos de su posicion tiene direcciones completamente diferentes segun que el sifon esté lleno ó vacío; pero los soportes se han establecido con arreglo al caso normal en que la obra está en

carga, asegurándose la estabilidad cuando aquél está vacío por medio de una disposición adicional.

Cuando un tubo está lleno, las fuerzas que obran sobre el correspondiente soporte son: el peso de los dos semitramos adyacentes; la componente paralela al terreno del peso de la parte inclinada; el empuje producido por la presión del agua en el interior del codo, y finalmente los empujes producidos por la presión del agua en los aparatos de dilatación entre los cuales está comprendido. La superficie de apoyo sobre la cual reposa el codo por el intermedio de una silla de palastro, hierros de ángulo y hierros de T (Figs. 11 y 12), es normal á la resultante de las fuerzas producidas por la gravedad, y un cojinete, también de piedra, colocado detrás de la silla de palastro, recibe el empuje producido por la presión del agua en el codo y en los aparatos de dilatación. Este medio de dar firmeza al tubo es, por lo tanto, independiente de la forma de aquellos aparatos, y podrá cambiarse sin que los soportes tuviesen que experimentar modificación alguna. Los macizos que soportan las sillas son de piedra dura y están fundados sobre la roca; la presión se reparte sobre ellos por el intermedio de unas zapatas de fundición.

Cuando el tubo está vacío, desaparecen los esfuerzos debidos á la presión del agua; el peso de los dos semitramos adyacentes al codo se disminuye entonces en los nueve décimos, mientras que la componente, paralela al terreno, del peso del tubo inclinado, queda la misma. La resultante se aleja en este caso de la vertical de tal manera que viene á caer fuera del soporte. Para asegurar el equilibrio en este caso, cada tubo ha sido provisto inmediatamente encima del codo de dos orejas de palastro y hierros de ángulo que se apoyan sobre las pilas y estribos de los puentes que sirven para el paso de caminos (Fig. 12).

Soportes intermedios. — (Figs. 9 y 10). Los soportes intermedios destinados á recibir solamente en la parte horizontal el peso del tubo y en las partes inclinadas la componente de dicho peso perpendicular al eje, están formados por láminas de palastro hechas rígidas por medio de hierro, de ángulo, las cuales descansan sobre dados de sillera por el intermedio de bastidores de fricción.

En la parte horizontal los rodillos de fricción están en una posición de equilibrio estable; en las partes inclinadas, tienden á escaparse según la pendiente, y es necesario retenerlos sin contrariar el movimiento que deben tener. Para que

así sea, es necesario que el bastidor esté guiado de modo que recorra siempre, cuando el tubo se desplace, la mitad del camino recorrido por éste. Este resultado se obtiene por medio de palancas de hierro fijas por medio de una charnela á la zapata inferior, y unidas al bastidor y á la zapata superior por ojos de forma alargada que abrazan las clavijas (Fig. 10). Como la clavija central está á igual distancia de la charnela inferior, que es inmóvil, y de la clavija fija á la zapata superior que sigue el movimiento del tubo, el bastidor permanecerá siempre necesariamente en la posición que debe ocupar para que el movimiento se efectúe con regularidad.

En las partes inclinadas están espaciados igualmente los soportes, á excepción de los que comprenden entre sí los aparatos de dilatación. La distancia de estos últimos se ha calculado de tal modo que el tubo pueda considerarse como empotrado sobre todos sus apoyos. El espacio comprendido entre el paramento de las mamposterías, en las cuales están empotrados los anillos de fundición, y el soporte más próximo es tal que la sección del primer anillo, según el plano del paramento, no experimenta ningún esfuerzo cortante.

En la parte horizontal se ha necesitado la adopción, en cada extremidad, de dos tramos más grandes que los centrales, con el objeto de dejar suficiente desagüe á dos barrancos existentes.

Aparatos de dilatación. — Cada una de las tres partes que componen el sifon debe poder alargarse ó acortarse bajo la influencia de la dilatación, sin ocasionar el desplazamiento de los puntos extremos. Este resultado se obtiene por un aumento de diámetro de los tubos en forma de fuelle, que se ensancha ó se aplasta, según los esfuerzos que experimenta (Fig. 8).

Los fuelles son en número de tres para cada tubo, uno en el medio de la parte central y dos en las extremidades superiores de las partes inclinadas. Los fuelles de las partes centrales son de palastro fino de 8^{mm} de espesor; en los fuelles extremos, que soportan presiones mucho menores, se ha reducido el espesor á 6^{mm}, con el objeto de aumentar la flexibilidad.

Desagüe y limpia. — Una llave-compuerta, de 0^m,30 de diámetro, y un agujero de escape se han colocado en la parte horizontal de cada tubo para el desagüe y la limpia. Se han dispuesto además en las partes inclinadas rampas longitudinales de hierro que permitan circular por ellas con facili-

dad, á pesar de su fuerte pendiente, consiguiendo de este modo mayor comodidad para la visita interior de los tubos.

2.º—MAMPOSTERÍA Y ESTRIBOS DE LA OBRA.

Cabezas de mampostería.—Los tubos terminan en sus extremidades en unas cabezas de mampostería que los ponen en comunicacion con el canal. Cada una de estas cabezas es comun á los dos tubos; por lo demas las disposiciones son idénticas para la de aguas arriba y la de aguas abajo, salvo la adicion hecha á la primera de un vertedero destinado á vaciar las aguas del canal, en caso de accidente. Describiremos, por tanto, la cabeza ó estribo de aguas arriba (Figs. 3, 4 y 5). Consta de dos pozos de 2^m,50 de anchura y de 6^m,72 de profundidad, separados por un muro de 1^m,50 de espesor; dichos pozos se comunican por su parte superior con la caja del canal, y los tubos metálicos vienen á terminar en su parte inferior atravesando el muro de fachada. Conforme hemos dicho antes, la parte de los tubos empotrada en la mampostería está formada de anillos de fundicion rodeados de hormigon en un espesor de 0^m,30 para hacer que el enlace sea más perfecto. Unas ranuras practicadas á la cabeza de los muros estribos que forman los pozos, permiten aislar por medio de ataguías cada tubo para visitarlo y aun separarlo si es necesario, sin que el otro deje de funcionar. Los muros que rodean los pozos tienen un talud exterior de un quinto, y un espesor que varia de 0^m,99 á 4^m, segun la profundidad. Su coronacion está provista hácia el borde interior de una barrandilla de hierro que permite circular por ella sin peligro.

El vertedero, adosado á la cabeza de aguas arriba, está formado por tres compuertas de fundicion movidas por medio de engranajes; una acequia de mampostería conduce las aguas que salen por aquéllas al barranco de Vallavesc (Figs. 6 y 7).

Soportes de los tubos.—Todos los soportes de los tubos son de sillería dura; en la parte horizontal, en que el suelo está formado de tierra arenosa, insisten sobre piedras de 5^m de longitud, reunidas en su parte superior por un emparrillado relleno con un macizo de hormigón; en las partes inclinadas están fundados sobre la roca natural enrasada por medio de mampostería ordinaria.

Los soportes de la parte horizontal tienen la forma de dados de 4^m,60 de anchura y de 1^m,40 de longitud (Figs. 8 y 9); los soportes de las partes in-

clinadas tienen las mismas dimensiones en su cara superior; pero presentan, del lado del valle, un paramento vertical para evitar el talud inverso que de otro modo resultaria (Figs. 8 y 10).

Puentes para dar paso á los caminos.—El sifon atraviesa dos caminos que han necesitado del establecimiento de puentes por encima de mampostería. Las bóvedas de estos puentes son en forma de arco de círculo rebajado al cuarto; los estribos y pilas de cada uno de ellos reciben, cuando el sifon está vacío, la presion de unos apéndices ú orejas de hierro que impiden deslizar á las partes inclinadas de los tubos bajo la influencia de la gravedad (Fig. 12).

EJECUCION DE LAS OBRAS.

La ejecucion de las obras no ha ocasionado dificultad alguna seria, por cuanto que los únicos entorpecimientos ocurridos reconocieron por causa la precipitacion que exigian las circunstancias, habiendo sido necesaria frecuentemente la concurrencia en los mismos puntos de los albañiles y de los obreros montadores de la obra de hierro. Los tubos se armaron en Marsella, en los talleres de construccion, por trozos de 4^m,60 próximamente de longitud, que se trasportaban despues á la obra por medio del ferro-carril y de carretas.

Para la parte horizontal se descargaban al pié de la obra, y eran trasportados á su sitio con el auxilio de planos inclinados. Para las partes laterales se los descargaba al pié de la trinchera, y se los montaba despues sobre un carreton que corria entre las dos filas de soportes y los conducia enfrente de la posicion que debian ocupar. — Bastaba entónces apalancarlos para que quedáran en su sitio. Los fuelles de dilatacion no se colocaron hasta que todos los tubos se hubieron roblonado.

Todos los palastros empleados provenian de los talleres de las Forjas y acerías de Saint-Etienne, y las diversas experiencias verificadas con un cierto número de ejemplares demostraron que su resistencia á la rotura por traccion variaba entre 33 y 39 kilogramos. Los roblones fueron fabricados en las forjas del Franco-Condado (Besançon), y su resistencia media al esfuerzo cortante fué de 42 kilogramos.

Las mamposterías se hicieron con un mortero compuesto de 350 kilogramos de cal de Theil por cada metro cúbico de arena silicea. En las partes de la obra que habrán de soportar esfuerzos considerables tan luégo como se terminasen, se sus-

tituyeron 100 kilogramos de cemento Vicat de Grénoble á 100 kilogramos de cal. Los morteros así compuestos se endurecen mucho más rápidamente que los de cal pura, y merecen, en nuestro entender, mucha más confianza que los provenientes de una mezcla de cal y de cemento de fraguado rápido.

Los dos tubos del Sifon Saint-Paul se cargaron el mismo día de su terminación, á los seis meses de haberse firmado la escritura de construcción con los contratistas. A excepción de algunos roblones insuficientemente claveteados, las únicas partes de la obra donde se produjeron escapes fueron las proximidades de las cubre-juntas inferiores y los fuelles.

Las fugas en las proximidades de las cubre-juntas no tenían importancia. Reconocían por causa la ligera deformación que el peso del agua hizo experimentar á los tubos, no fueron persistentes y la oxidación de las caras interiores del palastro las detuvo al poco tiempo, y hubiera bastado probablemente para impedir las desde un principio, intercalar una lámina de hierro de estructura hojosa, tapando el encuentro de la junta horizontal con la junta vertical.

Los escapes de los fuelles, principalmente en las partes horizontales, eran mucho más importantes; provenían de la deformación inevitable que la presión del agua hizo experimentar á las caras planas. Un recorrido hecho con cuidado en el interior y por el exterior, después de la primera carga de los tubos, bastó para detener casi enteramente aquellos escapes que la oxidación de las piezas en contacto concluyó en seguida por hacer completamente impermeables.

El sifon ha permanecido en carga durante cerca de seis meses sin dejar de funcionar de la manera más satisfactoria. Ha soportado los esfuerzos de dilatación y de contracción producidos por un estío muy caluroso y un invierno muy frío, sin experimentar el menor entorpecimiento. Los fuelles se han deformado regularmente sin presentar ni escapes nuevos ni señal alguna de fatiga. Estos aparatos, que se habían probado en el sifon de la Lauvère, deben ya considerarse como sancionados favorablemente por la experiencia. Presentan, sin embargo, dos defectos que se podrían corregir fácilmente. El primero es la existencia de caras planas que, exigiendo para los palastros espesores bastante considerables, no permiten más que movimientos muy limitados, y deformándose bajo la

presión, dan necesariamente lugar á escapes cuando se cargan los tubos por primera vez. El segundo defecto es el gran diámetro del aparato que produce presiones considerables en el sentido de la longitud de los palastros y les impone un suplemento de trabajo considerable. Se harían desaparecer, ó al menos se atenuarían mucho estos dos defectos, substituyendo al fuelle un aparato formado por dos semi-toros ensamblados, según su circunferencia exterior, con los extremos de los tubos que hubieron de reunirse, y según su circunferencia exterior, con las extremidades de un manguito cilíndrico (Fig. 17). Los semi-toros podían tener una anchura bastante pequeña, conservando una gran movilidad, porque los palastros que los formasen serían tanto más delgados, y por consiguiente, tanto más flexibles cuanto más pequeño fuese el radio del círculo generador; la presión en el sentido de la anchura del tubo, que es proporcional á la diferencia de los diámetros interior y exterior, se disminuiría en otro tanto, y la carga del agua no produciría deformación alguna. Únicamente el manguito exterior exigiría el empleo de palastros fuertes; pero como no había de experimentar ninguna flexión, no existiría inconveniente alguno en aumentar su espesor.

La parte metálica del sifon de Saint-Paul ha sido ejecutada por MM. Leyenne et Ménard, de Marsella. Los codos y fuelles, que presentan superficies de doble curvatura de palastro, son en particular piezas de una perfección muy notable.

(Se continuará.)

PARTE OFICIAL.

29 de Mayo (*Gaceta del 2 de Junio*).—FOMENTO. —Real orden autorizando al Ayuntamiento de Gerona para que ejecute las obras de dos puentes sobre el río Oñal, con arreglo al proyecto que ha presentado.

1.º de Junio (*Gaceta del 5*).—FOMENTO. —Real decreto autorizando al Ministro de Fomento para que presente á las Cortes un proyecto de ley sobre repoblación, fomento y mejora de los montes públicos.

30 de Mayo (*Gaceta del 7 de Junio*).—FOMENTO. —Real orden aprobando la transferencia hecha por D. Juan García Regalado á favor de D. Fernando Bergonier y Bertin, por sí y en representación de sus hermanos D. Arturo, D. Leopoldo y Doña

DISTRIBUCION DE AGUAS SIFON METALICO DE SAINT-PAUL (VAR) EN EL CANAL DEL VERDON

Línea de carga. Pérdida de carga por metro cúbico

Fig. 1ª Alzado-Escala del sifon

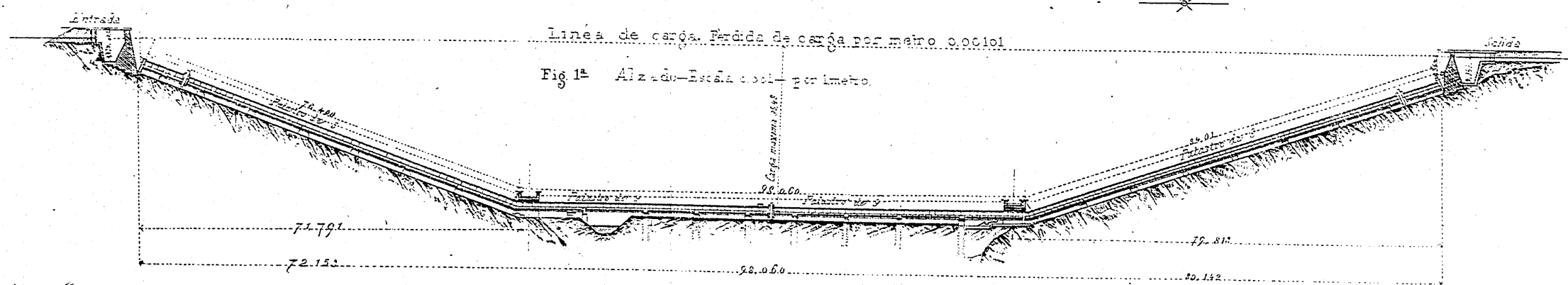


Fig. 2ª

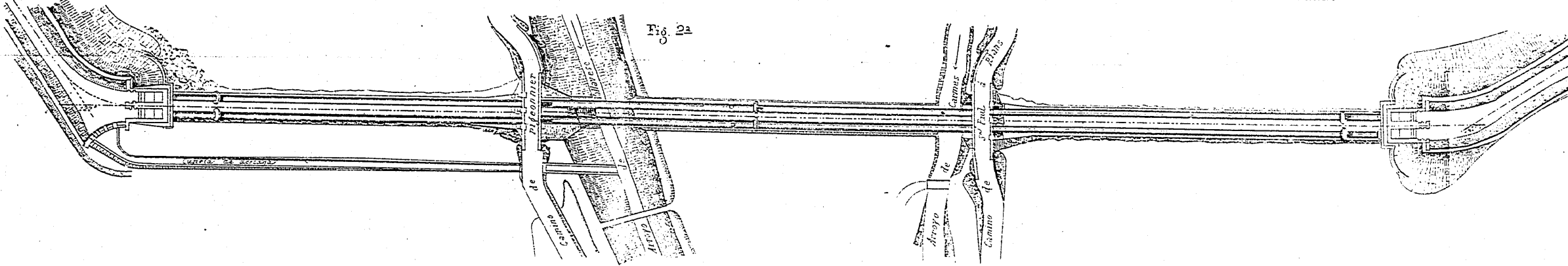


Fig. 3ª

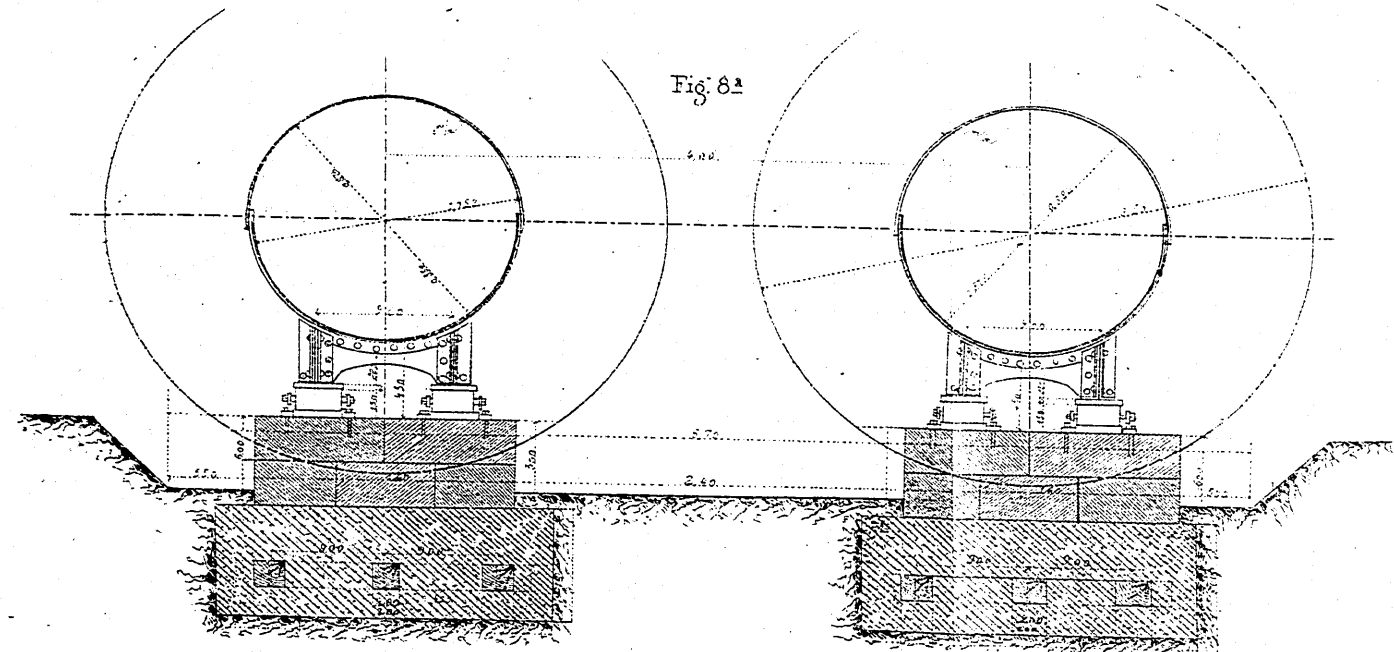


Fig. 4ª

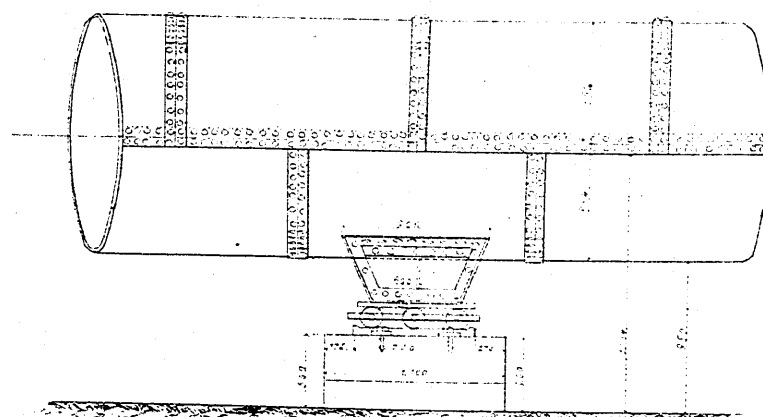


Fig. 5ª

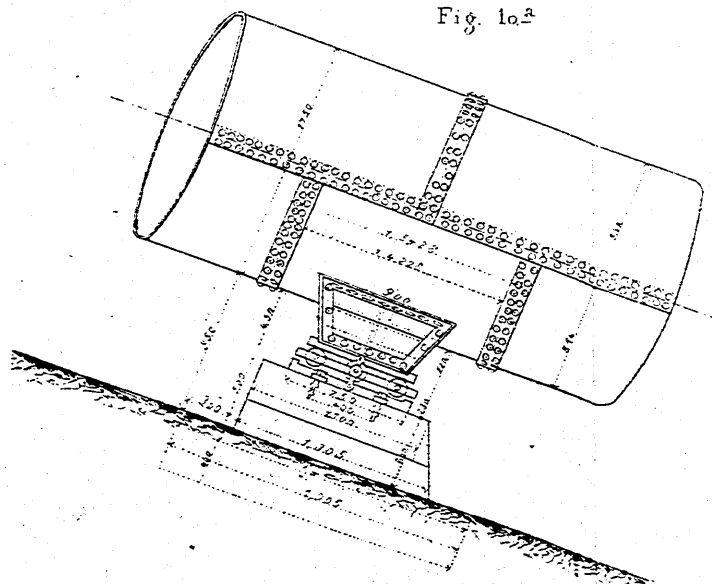


Fig. 6ª

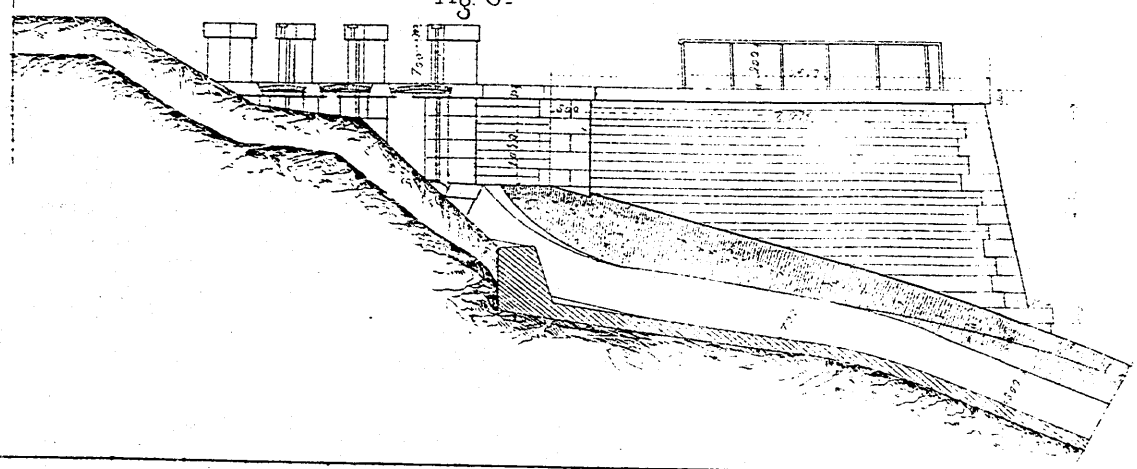


Fig. 7ª

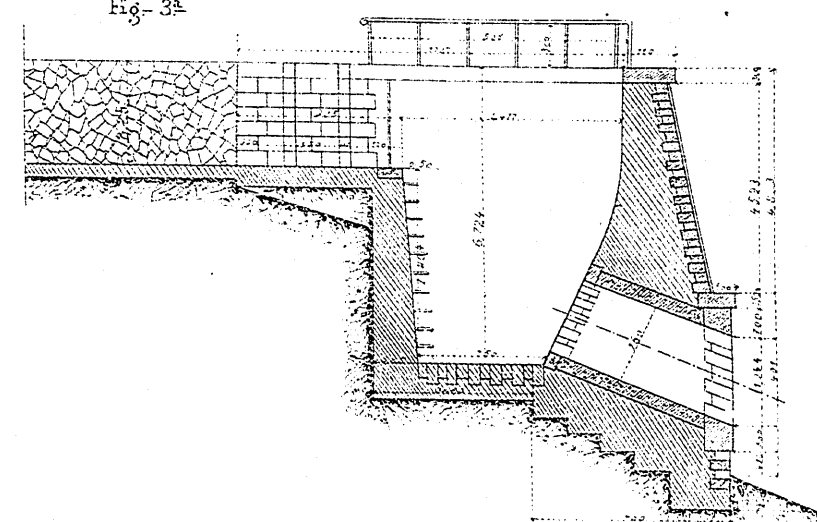


Fig. 8ª

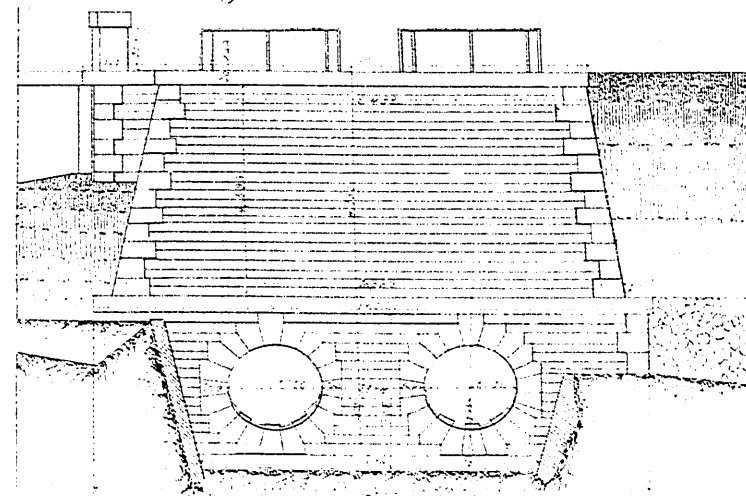


Fig. 9ª

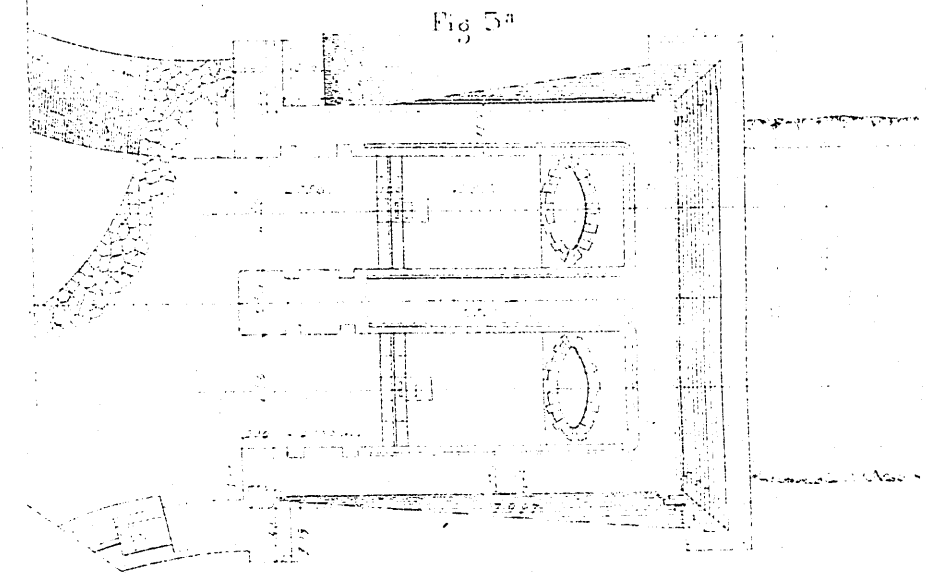
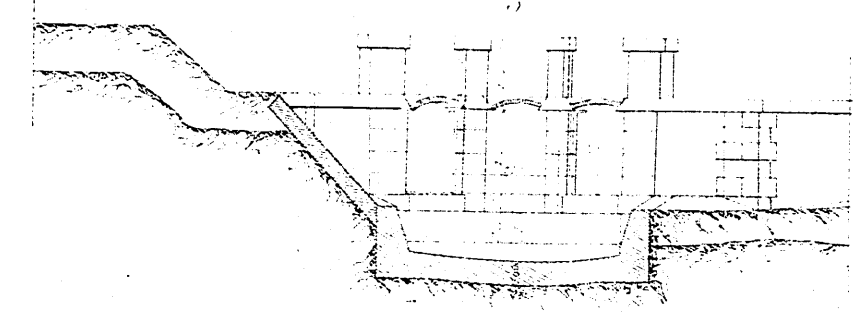


Fig. 10ª



DISTRIBUCION DE AGUAS
SIFON METALICO DE SAINT-PAUL (VAR)
EN EL CANAL DEL VERDON

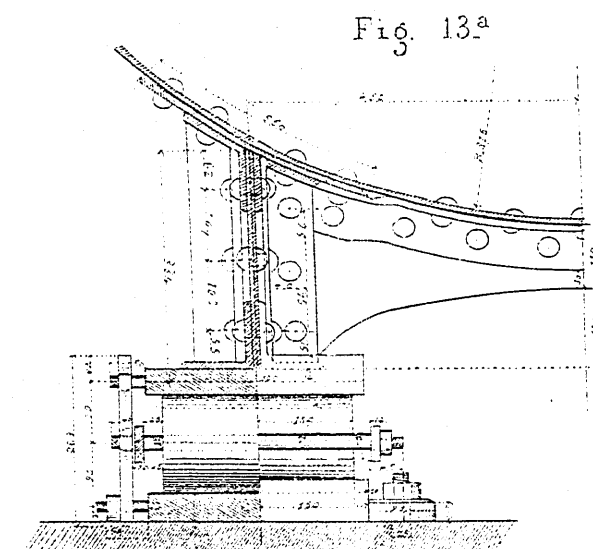
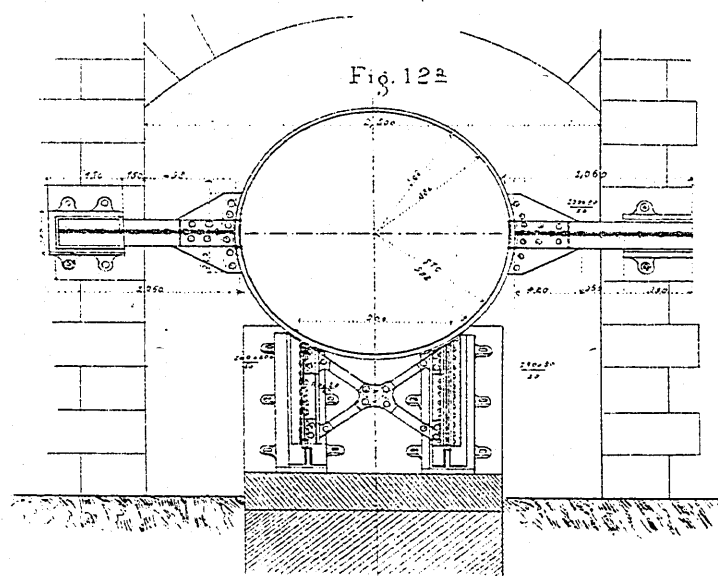
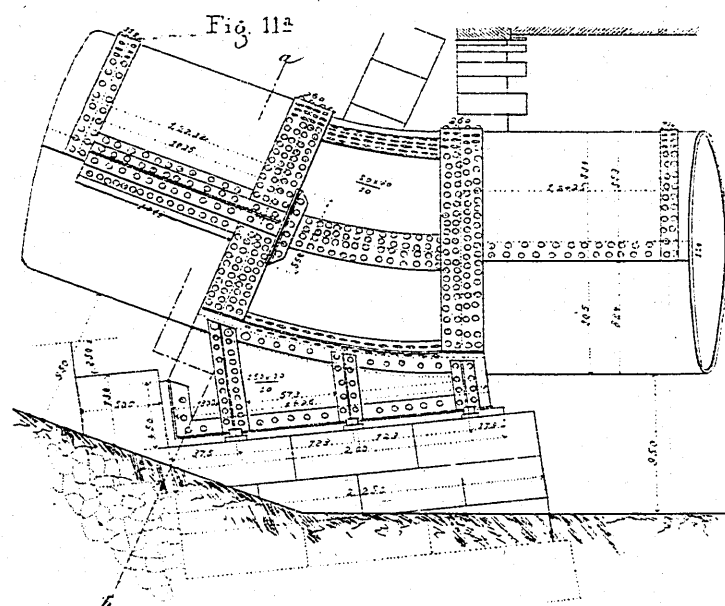


Fig. 14ª Trazado de los momentos de flexion y de los esfuerzos cortantes en la parte horizontal del tubo

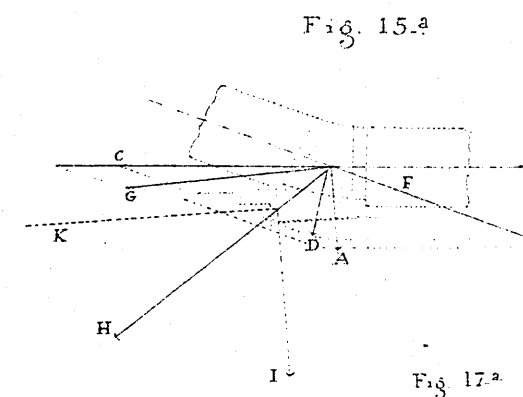
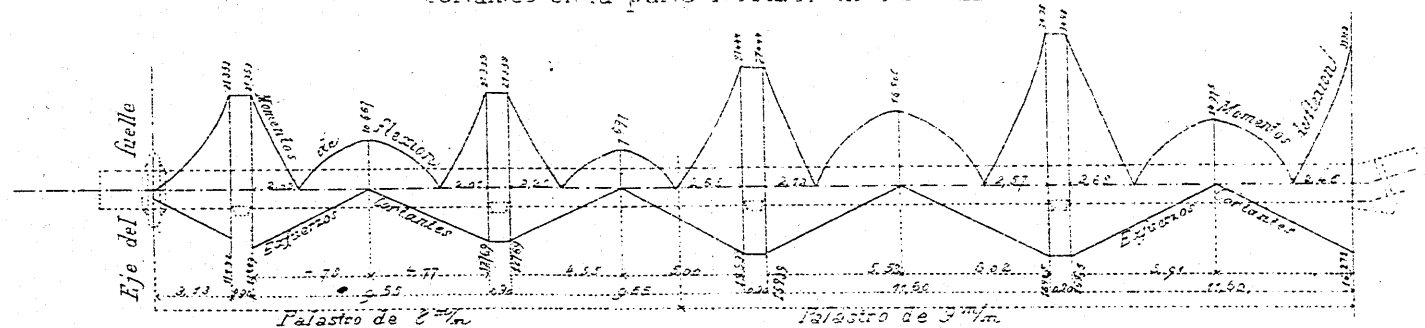


Fig. 16ª

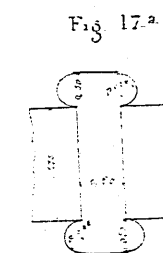
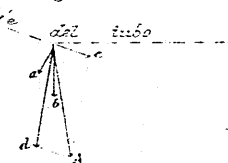


Fig. 18ª

