

Las notables y bien entendidas obras de saneamiento de terrenos que la empresa del ferro-carril del Norte ha terminado con tan feliz acierto y describe Mr. Lallour en la Memoria que hemos traducido é insertamos á continuacion, la consideramos de grande interés para nuestros suscritores por la aplicacion práctica que puede presentar en la ejecucion de construcciones análogos.

OBSERVACIONES PRÁCTICAS

SOBRE LA ESTABILIDAD Y CONSOLIDACION DE LAS OBRAS
DE TIERRA POR MR. EDOUARD LALLOUR.

Camino de hierro del Norte.

Seccion de Otzuarte á Oazurza.

Láminas 32 y 33.

En un artículo muy importante sobre las condiciones de equilibrio de los macizos de tierra y sobre el revestimiento de los taludes, publicado en los Anales de Puentes y Calzadas de 1851, ha desarrollado Mr. Sazilly con mucha claridad, los medios que habia empleado para consolidar taludes de desmonte y de terraplen en obras importantes que ha dirigido.

En el paso del ferro-carril del Norte á través de los Pirineos, ha sido preciso vencer obstáculos de muy distinta naturaleza que los descritos en el artículo de Mr. Sazilly. La clase de los terrenos que cruza el ferro-carril es casi uniforme para el observador que carece de nociones de geología, y sin embargo las diferencias que se han encontrado en su composicion han obligado á hacer estudios muy variados. La via férrea está trazada á

Tomo XII.

media ladera en la mayor parte del trayecto de Beasain á Otzuarte, en una longitud de 54 kilómetros, excepto cuando se ha establecido en túnel ó en viaducto.

La superficie del terreno está compuesta generalmente de arcilla, variando su espesor de 50 centímetros á 6 metros, segun la inclinacion del terreno y su elevacion sobre los thalwegs de los valles, en los que á veces se encuentran desprendimientos margosos ó de grava, hasta de 20 metros de altura.

Entre esta capa superficial y las rocas esquistasas que forman la base de las montañas hay siempre otra capa de espesor muy variable, que las separa por completo, y que mas ó menos permeable, contiene filones de greda irregularmente dispuestos; pero que en casi todos los puntos forma una capa delgada que recubre la roca; su consistencia jabonosa dá lugar á que se verifiquen considerables deslizamientos del suelo en su estado natural y con mayor razon cuando se carga con terraplenes cuya cota es á veces 20 metros. No son los accidentes mas pronunciados los mas temibles, porque conociéndose á primera vista es fácil tomar las precauciones necesarias.

El thalweg real formado por la prolongacion de las laderas, no está siempre situado debajo del thalweg aparente que recoge las aguas llovedizas del valle: por esto es preciso proceder á un exámen minucioso de la localidad antes de comenzar los sondeos de exploracion á fin de que puedan servir para indicar el sistema de saneamiento que debe adoptarse.

Un observador poco práctico no descubriría fácilmente la presencia del agua en un terreno que afecta la misma forma constantemente, y que muchas veces aparece seco en la superficie. Necesitaria examinar la vegetacion peculiar de la localidad, pues hay ciertas clases de plantas que no pueden desarrollarse si-

Madrid 1.º de Setiembre de 1864.

no hay un grado suficiente de humedad, y que por consiguiente hacen presumir la circulacion del agua á cierta profundidad. En este caso se encuentran el aliso, el sauce y el helecho, fáciles de conocer.

Poco despues de comenzadas las esplanaciones se notaron los efectos producidos por la carga de los terraplenes en terrenos saturados de agua, y principalmente las intumescencias del suelo natural que formaban en la base de aquellos á manera de dique que retenian las aguas corrientes. De aquí el que haya sido preciso ejecutar dos clases de trabajos: unos de reparacion para detener los movimientos de las masas, y otros preventivos para evitar que empiecen á producirse.

Aunque ya se ha indicado de un modo general la composicion de los terrenos que cruza el ferro-carril del Norte en los Pirineos, es preciso examinar la estratificacion de las rocas en que ha de apoyarse, bajo el punto de vista de las obras de consolidacion y saneamiento.

Hay dos disposiciones principales: 1.ª el buzamiento de los bancos se aproxima á coincidir con la inclinacion de la ladera. 2.ª está en sentido inverso. La greda y el agua son los dos elementos que hay que buscar y combatir.

La primera escavacion daba á conocer la composicion de las diferentes capas, y haciéndola dentro de la zona que había de ser ocupada por un terraplen, era fácil darse cuenta de la configuracion del sub-suelo firme, esto es, de la roca sobre la cual podria producirse el deslizamiento, y de su disposicion respecto al thalweg, hácia el que debian concurrir todas las operaciones cuando la línea cruza normalmente el valle.

Puesto que la estabilidad de un terraplen depende de la resistencia del suelo en que insiste, y la presencia del agua y el estado jabonoso de la greda contribuyen á disminuirle; se debe empezar por dar salidas fáciles al agua, á fin de que secándose la greda se adhiera á la roca y á la capa arcillosa, entre las cuales se encuentra comprendida.

Así, en general convendrá abrir una cuneta de circunvalacion en la ladera ó el valle por

la parte superior, que separe las aguas llovedizas del pié del terraplen, con el fin de impedir que filtren en la masa de tierras. Igual precaucion hay que tomar en la parte inferior para que no se empape el suelo natural, y no pueda refluir por la accion de la carga.

Además de las aguas de lluvia hay que combatir las naturales del sub-suelo, mucho mas temibles y ménos aparentes que las primeras: será pues necesario circunscribir en este el espacio que ha de recubrir el terraplen, de la misma manera que se ha indicado para la superficie. Cuando la estratificacion de las rocas tiene la misma inclinacion que la ladera, bastará un *ádren* aguas arriba, y otro aguas abajo si la cota roja nó es muy considerable, y si tampoco es de mucho espesor la capa expuesta á deslizar. Cuando al contrario el buzamiento de las rocas es inverso de la pendiente de la ladera, es indispensable multiplicar los medios de desecacion del sub-suelo, en el que el agua penetra como por otros tantos sifones por todas las grietas y juntas naturales, esparciéndose despues debajo de la masa.

Para asegurar el buen éxito de las obras de saneamiento, hay que llevar las aguas á conductos practicados en la roca viva, es decir á 40 ó 50 centímetros debajo del banco inferior de deslizamiento. Los conductos subterráneos ó á cielo abierto cuyas pendientes varíad de 3 á 6 p. 100, deben funcionar como las canales secundarias de los tejados, desaguan-do en los regueros laterales ó en los thalwegs que representan aqui las limahoyas y canales principales de aquellos. Se comprende fácilmente que el número de colectores ó escurridores de las aguas del sub-suelo, se debe fijar con arreglo á la estension de la base del terraplen y á la pendiente trasversal y naturaleza del terreno mismo. Si el terreno que hay que desecar no ha sido removido, y las obras de que se trata son simplemente preventivas, se determinará la direccion de los conductos subterráneos que han de sanear la masa por medio de sondeos practicados en puntos convenientes; mas cuando se trata de detener un despredimiento general producido por la carga

de los terraplenes, si la intumescencia de la capa superficial oculta la forma natural del suelo (como tambien sucede cuando la via atraviesa antiguos hundimientos) hay que tomar muchas precauciones para obtener el resultado que se desea, principalmente cuando el macizo está siempre en movimiento por la accion de las aguas acumuladas detras del dique que forman la arcilla y la marga que recubren las rocas en toda la superficie deformada, ó por la influencia de las que formando pequeños arroyos minan insensiblemente los puntos de apoyo en los escarpes adyacentes.

Durante la ejecucion de las obras de saneamiento neceserias en algunos puntos de la linea del Norte, hubo que luchar contra el movimiento de enormes masas, que avanzaban de 5 á 10 metros cada 24 horas en las partes terraplenadas recientemente, y aun en las que se habian dejado intactas, á pesar de tratar de impedirlo con fuertes entibaciones. Las obras se han hecho de dos modos diferentes: á cielo abierto ó en mina; solo puede decidirse la eleccion de sistema con sondeos preliminares. En general cuando el trabajo no pasa de 4 ó 5 metros de profundidad, es mas económico llevarlo á cabo á cielo abierto si la forma de la roca es próximamente regular; pero si la profundidad es mayor, hay ventaja en ejecutarlo en mina. Este método es también preferible cuando se trabaja en una ladera muy pendiente, aunque el espesor de tierra ó de greda no llegue á 4 metros; porque al atacar la primera capa del terreno, se puede producir el deslizamiento de una gran parte del macizo superior. Una vez adoptada la pendiente que han de tener los escurridores que se practican á 40 ó 50 centímetros bajo la superficie de la roca, al abrir la galería subterránea se pueden seguir todas sus ondulaciones, de modo que las aguas no paseen ni por encima ni por debajo, y penetren en este gran *dren*. El trazado de la mina no se hace entonces en linea recta, sino con arreglo á la pendiente establecida, determinando el minero mismo la direccion que debe tomar para permanecer á la profundidad antes citada: entonces la gale-

ria puede compararse á las canales principales de los tejados ondulados.

A continuacion se exponen las razones que motivaron en la linea del Norte la ejecucion de obras complementarias de las indicadas y las consideraciones que en general obligan á aumentar la importancia de las operaciones de saneamiento, mas de lo que pudiera creerse á primera vista, al examinar un trazado.

DESPRENDIMIENTO SUPERIOR Á LA VIA.

En la lámina 52 se presenta el plano y perfil de un desprendimiento superior á la via en el estado en que se encontraba cuando se empezó á detenerlo y consolidarlo. Se habian arreglado los taludes dos años antes, y revestido la parte de aguas abajo con mamposteria en seco permeable, cuyo espesor total era 0,^m40 próximamente. Aunque el buzamiento de los bancos de la montaña es normal al talud del desmonte cortado á 45°, se aplastaron aquellos bajo la presion superior ayudada por las aguas filtradas y únicamente podian salir de las hoquedades naturales formadas por las ondulaciones de la estratificacion de un modo análogo al que se observa en la fuente intermitente. En la parte de desmonte en que el banco de deslizamiento es superior á la rasante, hubo grandes movimientos debidos á la falta de apoyo en la base de la masa superior y á la mezcla de las aguas naturales del suelo con la marga: asi que eran tanto mas sensibles cuanto mas se desescombraba la esplanacion.

Lo primero que se hizo fué establecer una cuneta de circunvalacion para impedir que penetrasen las aguas llovedizas en la zona del hundimiento. Fué menester además extraer del macizo superior toda el agua que lo ponía en movimiento, y proteger la esplanacion contra los desprendimientos que hubiesen podido presentarse, impidiendo principalmente que las aguas de la cuneta lateral deteriorasen el pié de un talud sumamente deleznable.

Se adoptó un modelo de muro de sosteni-

miento (fig. 7.) muy económico, á la vez que resistente, á causa de su forma. La parte del macizo de cimientos que sostiene el paseo y la cuneta está aparejada por hiladas horizontales, al paso que en la parte situada debajo del talud, las hiladas son normales á aquel en todo el espesor del muro. La longitud del revestimiento, medida en el talud, encima de la esplanacion es 2,^m50: su espesor en el vértice es 1 metro. Está terminado por una capa hidráulica y una masa de greda bien apisonada dispuesta de modo que deja salir el agua por mechinales practicados cada tres metros, rellenos de piedra á modo de filtros. La obra se hizo subdividiéndola en trozos pequeños, de 2,^m50 á 4,^m00 de longitud, entibados y acodalados, para no aumentar el movimiento de la montaña y disminuir el volúmen de las escavaciones.

Se estableció en el thalweg principal una arteria de saneamiento, segun la línea *EFGHC* del plano, parte á cielo abierto y parte en mina: dos ramales *HC* y *HN* impiden la comunicacion de las aguas superiores con la masa movable, penetrando cuando menos 0,^m50 en el terreno firme por debajo del banco de deslizamiento. Con objeto de hacer completo el saneamiento, se establecieron tambien zanjas de circunvalacion en *FEC* y *KLMN* para recibir las filtraciones laterales que por la teoria del sifon pueden salir de las hoquedades de la roca, y además zanjas diagonales en *FL* y *GM* que sirven de *drenes* intermedios. Se adoptó una disposicion análoga para el *dren* principal *QR*, bifurcado en *S* y *T*. A medida que avanzaba la zanja se apisonaban por escalones los productos de los desmontes margosos, encima y en prolongacion del muro de sostenimiento y se defendian del contacto del aire con una capa de tierra vegetal proveniente de la parte superior del desprendimiento, en la que se plantaron sauces, alisos y acacias. En la inmediacion de la arista superior del talud se abrieron cunetas de coronacion terminadas en las de circunvalacion, ó en pozos absorbentes que las hacen comunicar con el acueducto establecido en la galeria principal.

En la parte de talud que habia revestida de piedra en seco antes de comenzar el saneamiento y que ya se desprendia bajo el empuje de la parte superior saturada de agua, se practicó una zanja en la direccion *AB* normal á la via para desecar el depósito que existia detrás de los bancos impermeables y llevar las aguas de filtracion á la cuneta lateral. Los gastos de conservacion de estas obras han sido sumamente pequeños.

OBRAS DE SANEAMIENTO EJECUTADAS ENTRE LAS ESTACAS 157 Y 159 DE LA SECCION DE OTZUARTE Á OAZURZA.

Lámina 33.

Entre los numerosos valles cuyo suelo se preparó para sufrir la carga de los terraplenes, se puede tomar como ejemplo el siguiente, en el que á primera vista se conoció la ventaja de ejecutar las obras de saneamiento por galerias subterráneas, por ser muy distinta la configuracion de la superficie sólida de la aparente del terreno. El aspecto del valle, cuyo plano general se representa en la lámina, indica que ha sido alterado en muchas épocas. Aguas arriba de la via el suelo es pantanoso y tiene gran pendiente, de modo que estando constantemente en movimiento obligó á estender las obras muy por encima de la base de los terraplenes, con objeto de aislar una zona capaz de resistir al empuje de tan enorme masa suspendida á gran altura sobre la esplanacion. Aguas abajo es menos espesa la capa de terreno móvil pero la abundancia de filtraciones ha dado lugar á deslizamiento en épocas no lejanas. En el thalweg donde el terraplen tiene su máxima altura, temiendo que las aguas de las laderas adyacentes se acumulasen segun *CD* y *EF* y pudiesen en movimiento la zona en que debia apoyarse el pié del talud, se estendieron tambien las operaciones bastante mas allá del limite de la esplanacion; porque sin esta precaucion, se hubiera corrido el riesgo de tener

que consolidar por debajo el pié del terraplen, despues de construido, y aun quizá sostenerlo con un muro. El perfil trasversal *A B* indica la posicion de las galerias de circunvalacion respecto al terraplen, y la tendencia de este á deslizar, si no se hubiera conseguido unir la arcilla á la roca, dejándola en seco. Las curvas de nivel del plano hacen ver que fué preciso alejar la salida de las aguas al valle para que se verificase con una pendiente suficiente. La zanja *H I*, ejecutada á cielo abierto, completa la linea de circunvalacion superior que se hizo comunicar con la del medio para sanear la parte situada aguas arriba de la via. Los cortes trasversales de las diferentes galerias indican de que modo está enclavado en la roca el *dren* inferior que fijado así, no puede menos de funcionar bien. En las galerias se practicaron diferentes aberturas para disminuir los trasportes, facilitar la ventilacion y sacar la madera de las entibaciones que pudo por esto servir varias veces con notable economia. Al practicarlas se ha tenido cuidado de no atacar el reborde de roca que protege el canal ó *dren*. Al revestir las galerias se dejó un hueco de 0,^m15 á 0,^m20 entre la escavacion y el trasdos de la mamposteria, á fin de producir un asiento que rompiese los pequeños conductos que se habian abierto las aguas en el suelo permeable y acelerar la filtracion en los *drenes*. Las cunetas de circunvalacion de la parte superior llevan todas las aguas de lluvia al acueducto que dá salida á las del valle, al paso que las de la parte inferior reciben las que caen en la esplanacion y en uno de los taludes, impidiendo que se filtren en el terreno. Se aplicaron los mismos principios en todas las obras, cuya altura es en algunas de 15 á 18 metros sobre las galerias, y se ha observado que terrenos muy secos durante la ejecucion de las obras, daban poco despues de terminadas, filtraciones cada vez mas abundantes que demuestran la eficacia de la operacion.

PLANO DEL VALLE ENTRE LAS ESTACAS 108 Y 111
DE LA SECCION DE OTZUARTE Á OAZURZA.

Lámina 32.

Al esponer la naturaleza de los terrenos que frecuentemente se hallan en el Pirineo, se ha dicho que es tan grande su tendencia á deslizar sobre la roca recubierta de una pequeña capa de greda, que se ponen en movimiento en cuanto se ataca la parte vegetal que forma una especie de costra en la superficie, aunque el terreno arcilloso tenga poco espesor.

Al hacer un desmonte de un metro de cota para establecer el camino de servicio cerca del extremo inferior del túnel que salva los Pirineos, se produjo un desprendimiento parcial de la ladera, en una longitud de 70 metros, segun la linea *H I A B C* del plano. En esta garganta se aglomeraron las aguas llovedizas y las de un pequeño manantial situado en la parte superior, de suerte que aumentando progresivamente el empuje de las tierras, con la acumulacion de agua, siguió tambien el movimiento la esplanacion del camino de servicio, descendiendo notablemente segun *D E F G*. Se comenzó por reconocer la posicion del banco de deslizamiento y de la roca por sondeos en *X X* é *Y*. La linea *A Y* indica próximamente el *thalweg* de la parte sólida en esta ondulation: la via está á media ladera, de modo que la presion ejercida por el desprendimiento en el pié del talud, se pudo hacer pequeña ejecutando las obras de saneamiento: fué pues bastante hacer salir todas las aguas de la garganta, rompiendo sus pequeños canales naturales, estableciendo tres lineas de *drenes* y desagüando el *thalweg* en escurridores situados fuera de los limites del hundimiento para facilitar y asegurar las operaciones. Como la ladera era muy húmeda y daba mucha agua en tiempo de lluvia, eran de temer filtraciones en la cuneta, en una longitud de 40 metros, por cuya razon se revistió de mamposteria hidráulica. Se rodeó tambien

el desprendimiento por una cuneta de circunvalacion, para alejar las aguas provenientes de la parte superior de la montaña, segun *K L M N O*: el terreno se consolidó al cabo de algunas semanas, y entonces se arreglaron los taludes tanto de desmonte como de terraplen.

El Gobierno acaba de publicar el anteproyecto del plan general de caminos de hierro de la Península, estudiado por una comision compuesta de los Inspectores generales de segunda clase de Caminos, Canales y Puertos D. Carlos Maria de Castro, Presidente, D. Calixto de Santa Cruz y Don Jacobo Gonzalez Arnao, y del Ingeniero Jefe de segunda clase D. Gabriel Rodriguez; el informe sobre dicho anteproyecto de la mayoría de la Junta consultiva de Obras públicas, y los votos particulares de los vocales que han formado la Memoria del expresado Cuerpo consultivo. Sobre estos documentos se ha abierto una amplísima informacion con el laudable deseo de que todas las opiniones y todos los intereses puedan ser oídos, y contribuir á la mayor ilustracion de tan grave y delicado asunto. La REVISTA DE OBRAS PUBLICAS faltaria al objeto con que se publica, y no corresponderia al título que lleva, si en su modesta esfera dejase de emitir su parecer sobre dicho plan, procurando asi contribuir á la mas acertada resolucion que en este asunto proceda. Para esto principia publicando los documentos oficiales acompañados de una carta en que están señaladas las líneas de caminos de hierro que constituyen la red de las concesiones otorgadas, los ferro-carriles propuestos por la Comision, y los que proyecta la mayoría de la Junta. Despues emitiremos nuestra opinion sobre el plan general que resulta con la propuesta de la primera y con el dictámen de la segunda.

ANTE-PROYECTOS

DEL

PLAN GENERAL

DE FERRO-CARRILES.

Memoria.

Antecedentes.

La ley de 15 de abril del presente año, relativa á la formacion de un plan general de ferro-carriles, establece lo que sigue:

«Artículo 1.º Se concede al Gobierno de S. M. un crédito de dos millones de reales, con cargo al presupuesto extraordinario de Obras públicas, para que con toda urgencia complete las informaciones y estudios que sean necesarios para la clasificacion de los ferro-carriles que, con los que ya se hallan autorizados deben formar por ahora nuestra red de caminos de hierro.»

«Art. 2.º El Gobierno, despues de reunir estos datos y cumplir con todas las demas condiciones que las leyes imponen, presentará á las Cortes el proyecto de ley para estas clasificacion, determinando el orden de preferencia de las diferentes lineas, los periodos en que han de construirse, y las subvenciones que en su caso se hayan de satisfacer.»

«Art. 3.º Si el interés del pais reclamase la construccion de algun ferro-carril antes de que se haya aprobado el plan general, el Gobierno, despues de haber llenado todos los requisitos y cumplido todas las condiciones que las leyes imponen, presentará á las Cortes el proyecto de ley necesario para su concesion. Autorizada esta, la linea á que se refiera formará parte del plan general.»

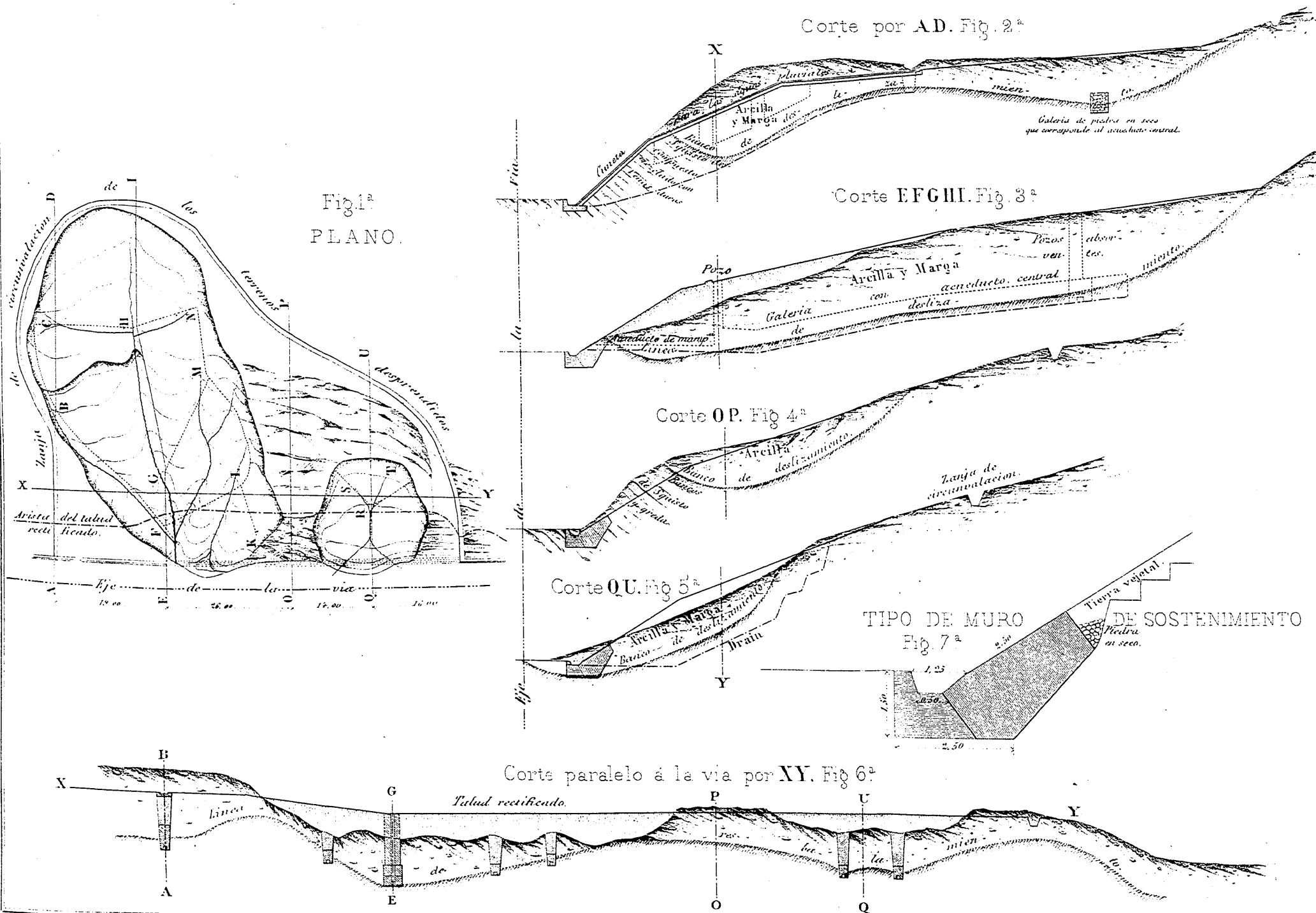
Para la ejecucion de lo prevenido en la ley que acaba de copiarse, dictó el Ministerio de Fomento la Real orden siguiente, dirigida al Sr. Director general de Obras públicas.

«Promulgada la ley de 15 del corriente mes, por la que se concede un crédito de dos millones de reales para la formacion del plan general de caminos de hierro, y atendiendo á la conveniencia de llevar á efecto este importante trabajo con cuanta brevedad permitan los grandes y diversos intereses á que afecta, S. M. la Reina (Q. D. G.) se ha servido disponer: 1.º Que oyendo á la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos, y teniendo presentes las concesiones y estudios de lineas hechas ó autorizadas hasta el dia, el plan de carreteras y los datos estadísticos relativos á la riqueza, industria y tráfico de las diferentes localidades, se forme en el preciso término de dos meses, un ante-proyecto de la red de caminos de hierro que baste por ahora, y en un plazo prudencial, á satisfacer las necesidades del pais, tanto en sus relaciones interiores, como en las inter-

CAMINO DE HIERRO DEL NORTE

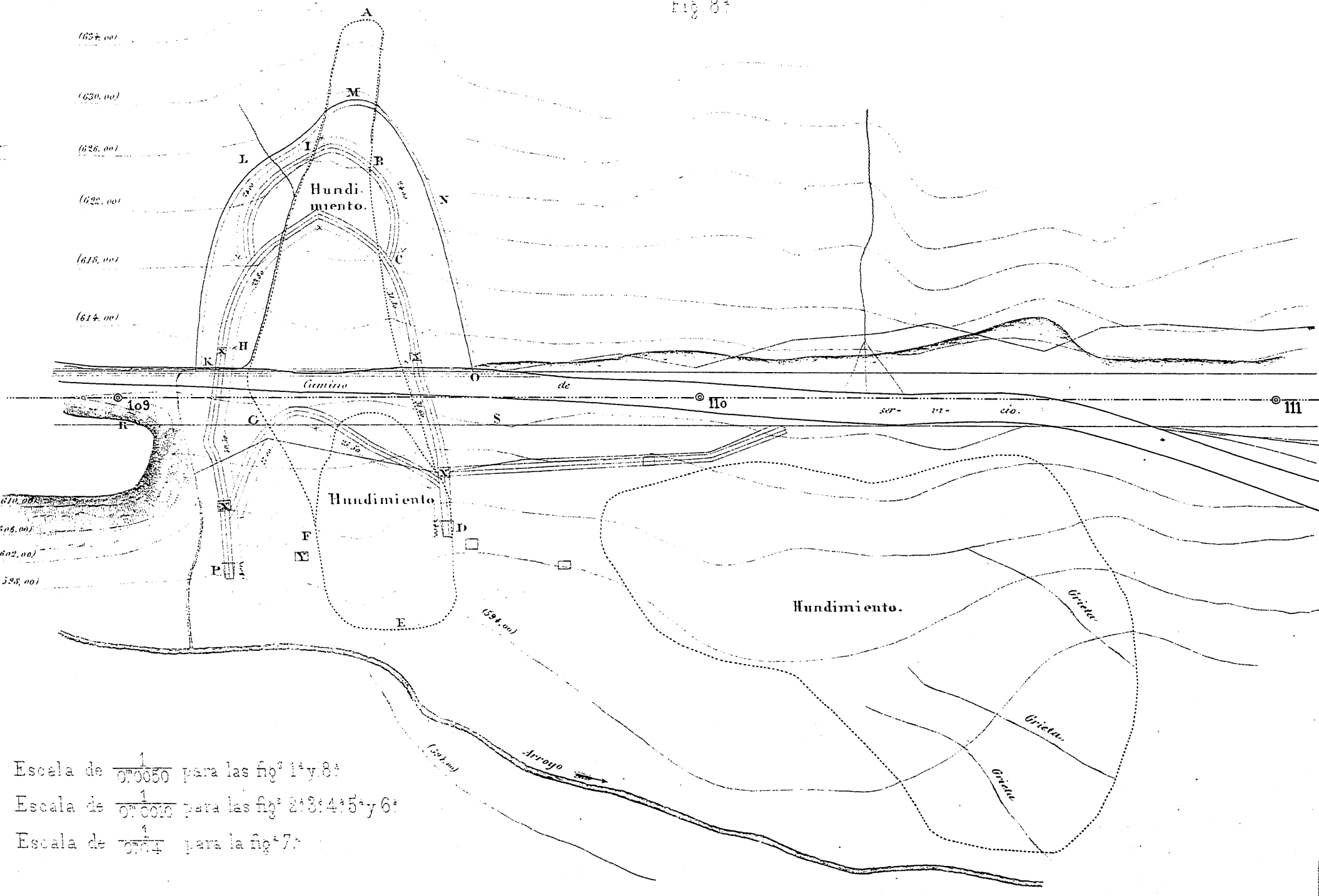
Seccion de Otzaurte á Oazurza.

DESPRENDIMIENTO SUPERIOR Á LA VIA.



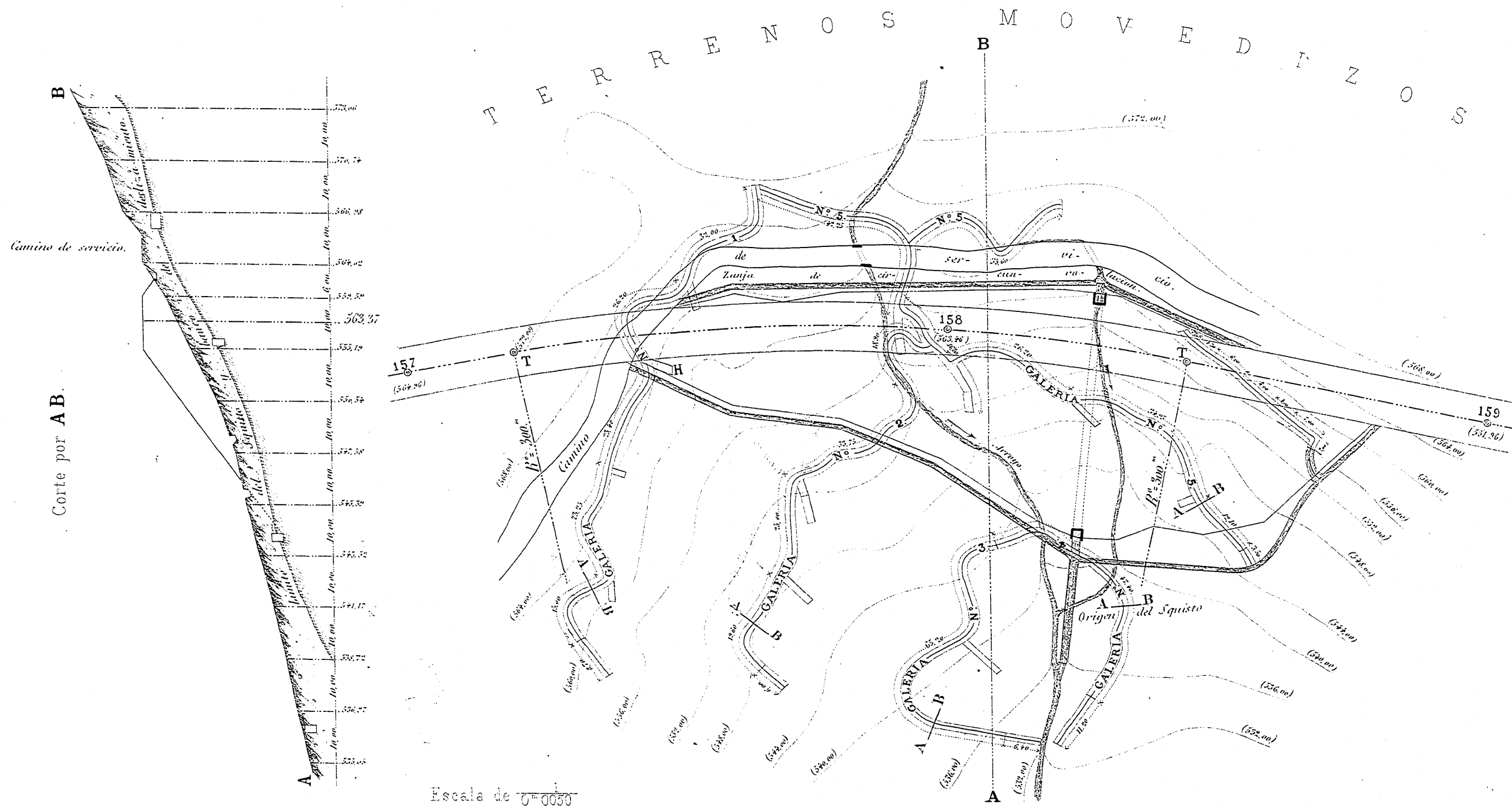
PLANO DEL VALLE ENTRE LOS PIQUETES 108 y 111.

Fig. 8^a



OBRAS DE SANEAMIENTO

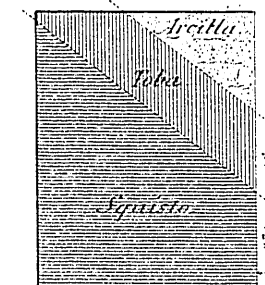
ejecutadas entre las estacas 157 y 159 de la Sección de Otzaurle a Oazurza.



Escala de 0=0050

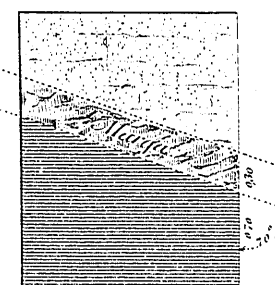
GALERIA N.º 1

Corte por AB.



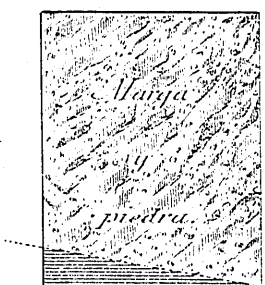
GALERIA N.º 2

Corte por AB



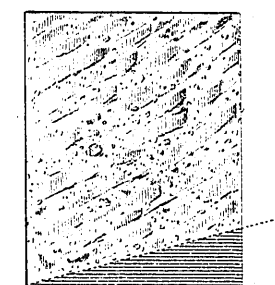
GALERIA N.º 3

Corte por AB.



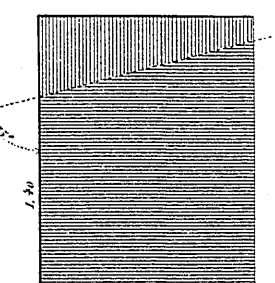
GALERIA N.º 4

Corte por AB



GALERIA N.º 5

Corte por AB.



Escala de 0=02