

PRESA DEL ARGOS

Dr. Ing. C. C. P. V. ESCARIO

15

GENERALIDADES

La presa del Argos es una estructura que, si bien no es de mucha altura, presenta problemas de sumo interés y grandes dificultades técnicas por las características del terreno en que va a quedar emplazada la cerrada.

Aunque su construcción está siendo iniciada este año y naturalmente es posible que el proyecto sufra modificaciones durante la misma, expondremos en este artículo las líneas generales en que se ha concebido y la forma en que, en principio, se han pensado resolver los problemas planteados.

Esta presa está situada a unos 10 Km. de Calasparra, en la provincia de Murcia. Su altura sobre el fondo del cauce es de 30 m. y el volumen de agua a embalsar del orden de los 10 millones de m.³, es decir, bastante reducido.

Sin embargo, como el clima de Murcia es privilegiado desde el punto de vista agrícola, la puesta en riego de sus tierras resulta aún interesante.

Se ha proyectado mixta de tierras y escollera con el perfil tipo que puede verse en la figura 1.^a. En la figura 2.^a se representa la planta de sus diversos elementos, incluidas las pantallas de inyecciones y sistemas de austerización.

El volumen de tierras y filtros es de unos 300 000 metros cúbicos y el de escollera de unos 100 000 m.³, con una longitud en coronación del orden de 250 metros.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA CERRADA

El primer paso para realizar el proyecto de esta presa consistió en encargar una serie de sondeos de reconocimiento del terreno de cimentación que fueron efectuados por el Servicio Geológico de Obras Públicas.

La campaña estuvo formada por 32 sondeos, con los que se llegó hasta una profundidad de cerca de 150 metros en alguno de ellos.

Aparte del detenido reconocimiento y clasificación de los testigos extraídos, se efectuaron una serie de ensayos de permeabilidad en las perforaciones con distintas presiones. Asimismo, en algunos de los taladros se realizaron pruebas de admisión de cemento para el estudio de las inyecciones a ejecutar.

Como resultado de este estudio se obtuvieron unos perfiles del terreno de los cuales el más interesante y representativo es el que aparece en la figura 3.^a.

Como se observa en ella, el fondo del cauce y la

margen izquierda están formados por terrenos de la misma época geológica, estando constituidos por capas alternadas de caliza y margas más o menos calcáreas del Cretáceo. Estos estratos buzaban hacia el cauce del río Argos.

En la zona del cauce del río, sobre estas calizas y margas se encuentra una capa de gravas y arenas, cuyo espesor puede llegar a ser del orden de los 9 m., aunque en general oscila alrededor de 3 ó 4 m.

La margen derecha está formada, como puede observarse, por un fuerte escarpe con talud casi vertical, también constituido por calizas y margas.

Sin embargo, lo más curioso y característico de esta cerrada es que este inmenso bloque que forma la margen derecha está "cabalgado" sobre las calizas y margas del fondo del cauce. Entre ambas formaciones se encuentra una capa de yesos y arcillas yesíferas del Keuper, que indudablemente sirvieron de lubricante para permitir el desplazamiento de un bloque sobre el otro.

Del estudio micropaleontológico efectuado se ha deducido que los materiales que constituyen el escarpe, que se denomina Cabezo Teruel, son más antiguos geológicamente que aquellos sobre los que ha cabalgado.

En realidad, el cabalgamiento ha sido doble, pues las calizas de la parte superior del Cabezo Teruel, que son de las denominadas en España "carniolas" son a su vez más antiguas que los paquetes alternados de margas y calizas que afloran en el escarpe.

Este segundo cabalgamiento lo mencionamos solamente a título de curiosidad, ya que en realidad no afecta tan fundamentalmente al emplazamiento de la presa, aunque no deja de tener su importancia desde el punto de vista de permeabilidad del vaso, etc.

Aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento de la presa en el estribo derecho, vuelve a aparecer de nuevo el Keuper formado por yesos y margas yesíferas, ya que como se ha dicho, el Cabezo Teruel forma un auténtico bloque flotando en su masa.

En la figura 4.^a se ve una fotografía de la cerrada.

TIPO DE PRESA

Estudio comparativo.

El paso siguiente para el estudio del proyecto consistió en hacer un estudio técnico económico de los distintos tipos de soluciones posibles.

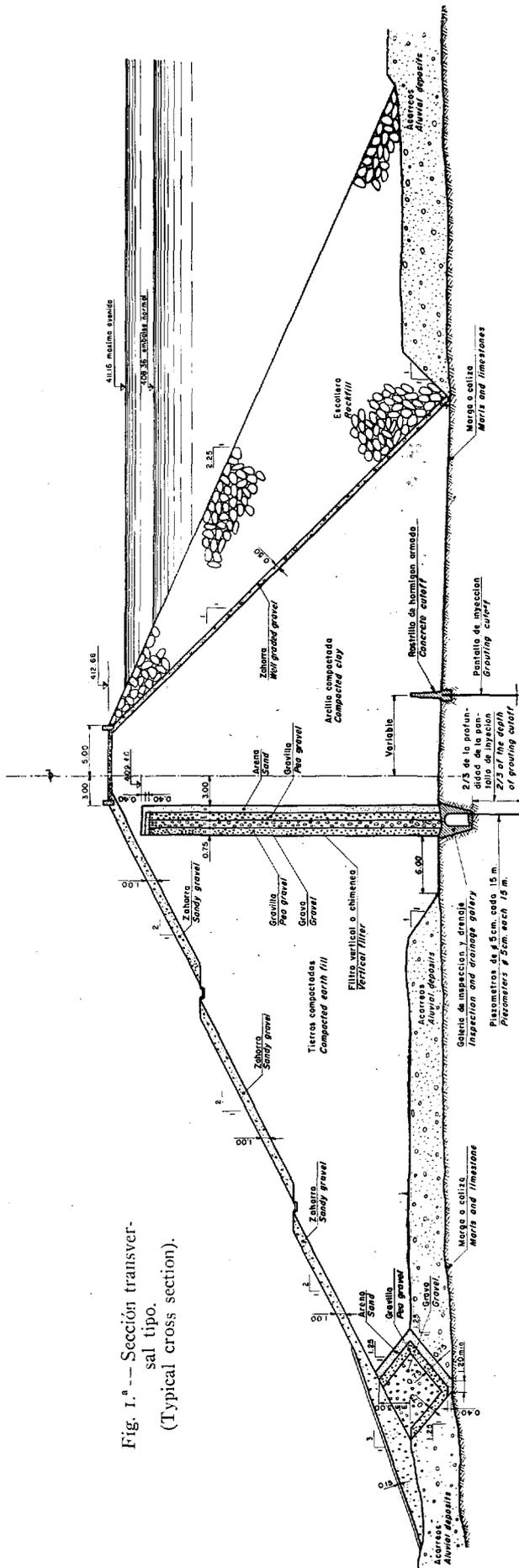


Fig. 1.ª -- Sección transversal tipo.
(Typical cross section).

En el fondo del cauce aparecen paquetes alternados de calizas y margas, y por los ensayos efectuados con los testigos de las margas se dedujo que en muchos casos son bastante blandas. Por ello se tanteó un perfil tipo de presa de hormigón muy conservador para que originara tensiones tanto normales como tangenciales muy reducidas.

El presupuesto aproximado que correspondía a esta solución resultaba más elevado que el de una presa de materiales sueltos y como al mismo tiempo ni aun así la solución ofrecía las debidas garantías técnicas, decidimos excluirla.

Entre las distintas clases de presas de materiales sueltos se anteproyectan diferentes perfiles de escollera con pantalla de tierras, variando en las distintas soluciones las proporciones relativas entre la tierra y la escollera.

Perfil escogido.

A la vista de los presupuestos aproximados obtenidos nos decidimos por un perfil mixto de tierras y escollera, que puede verse en la figura 1.ª.

En la elección del perfil tipo, además de las consideraciones económicas intervinieron fundamentalmente las técnicas como es natural, y entre ellas concedimos especial importancia a la presencia del pronunciado escarpe de la margen derecha.

Nos preocupaba, en efecto, la unión del núcleo de impermeabilización de tierras con este accidente del terreno, y por ello escogimos una solución con el núcleo de impermeabilización casi vertical y bastante grueso. Desde este punto de vista hubiera resultado mucho menos conveniente una solución de tipo escollera con pantalla delgada inclinada de arcillas, a no ser que en las proximidades del estribo derecho se hubiera ensanchado, con las complicaciones y encarecimiento consiguientes, ya que la presa tiene solamente unos 250 m. de longitud.

Con el mismo fin de conseguir una buena unión en este estribo, suavizamos el escarpe de roca hasta un talud de 1 horizontal por 1,25 vertical, y el contacto se enfoscará con mortero de cemento.

Para la escollera se dispone de piedra en abundancia y de buena calidad, recurriendo a las canchales de la parte superior del Cabezo Teruel.

Para las tierras hay algo más de dificultad, ya que en la mayoría de los sitios son muy yesíferas por estar gran parte del vaso situado en el Keuper.

Sin embargo, a una distancia media de 1 Km. de la presa encontramos dos vaguadas rellenas de materiales de erosión formados por arcillas con un contenido de sulfatos muy reducido.

Su plasticidad es pequeña, siendo el límite líquido del orden de 25 y el índice de plasticidad alrededor de 10 u 11.

Los ensayos triaxiales efectuados nos dieron ángulos de rozamiento interno que oscilaban entre 30 y 35°, es decir, bastante elevados. Los ensayos de permeabi-

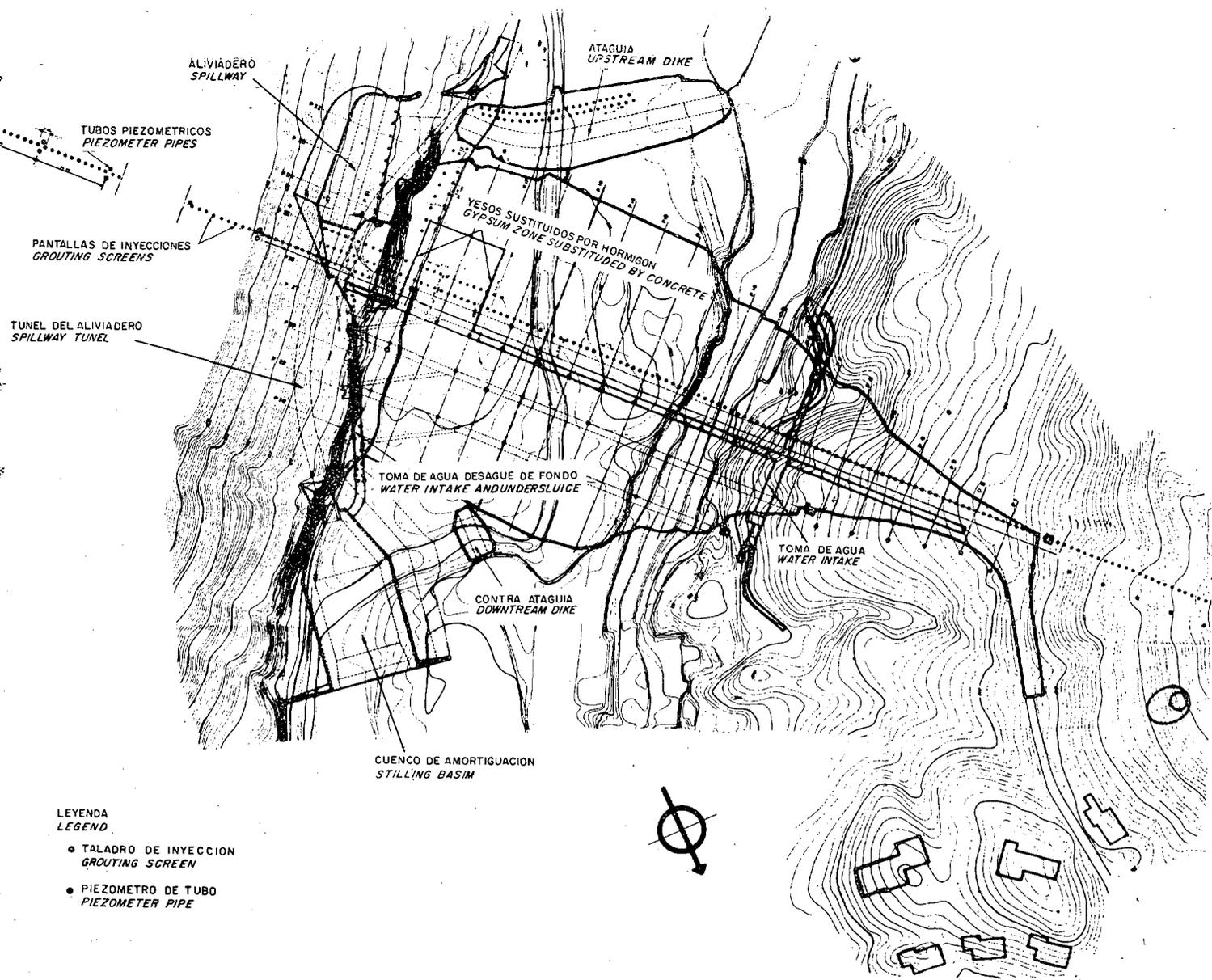


Fig. 2.ª — Planta de la presa. (Plan view of the dam).

lidad nos indicaron que se trataba de un material suficientemente impermeable para el tipo de núcleo escogido.

El único problema que convenía no perder de vista era que por sus características granulométricas y por tratarse de materiales poco plásticos, pueden ser susceptibles al agrietamiento, especialmente teniendo en cuenta el ya mencionado fuerte escarpe de la margen derecha. Este fue otro motivo por el cual decidimos ataluzar dicho escarpe. Pero además, como precaución, en la mayoría de los casos, conviene, pero en el nuestro necesaria decidimos colocar un filtro vertical o chimenea separando el

núcleo propiamente dicho del espaldón de aguas abajo, como se ve en el perfil tipo.

Por otra parte, en el pliego de condiciones establecimos que el suelo se debería de compactar con la humedad óptima, evitando un material excesivamente seco que pudiera conducir, al saturarse, a asientos importantes y al agrietamiento consiguiente.

Cálculo de la estabilidad.

El cálculo de la estabilidad del talud de aguas arriba, tanto en desembalse rápido como durante la construc-

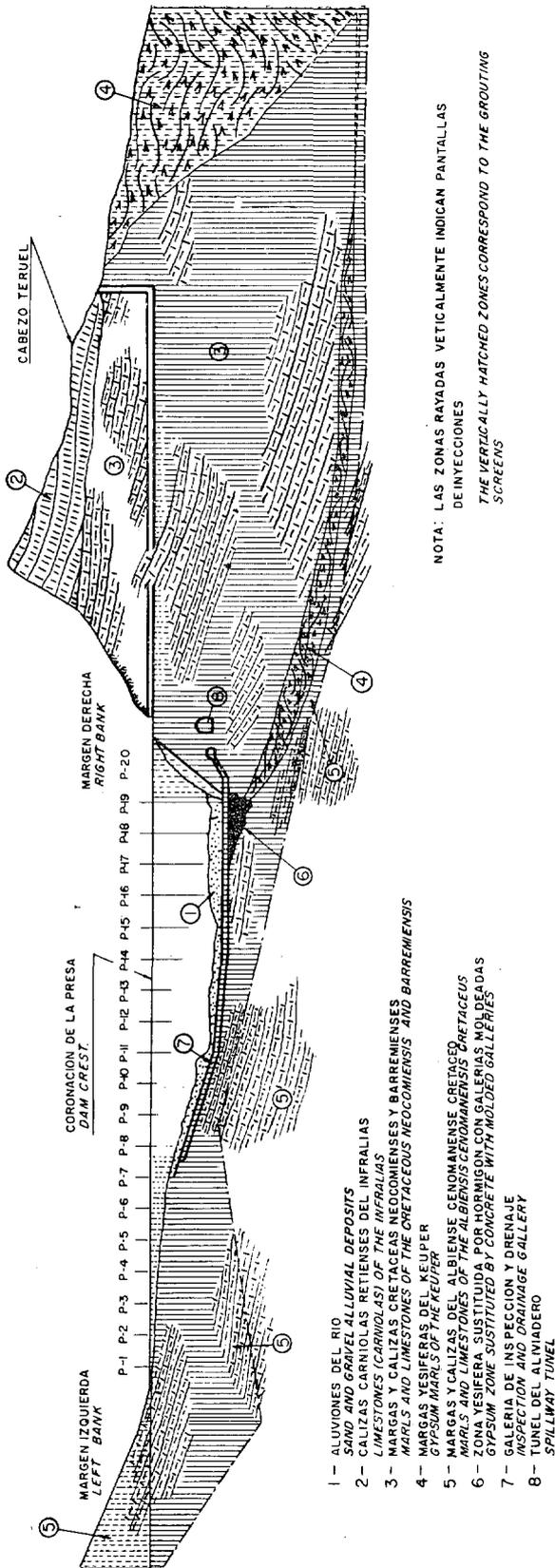


Fig. 3.^a — Perfil geológico a lo largo de la presa con pantallas de inyecciones, zona de yesos sustituida por hormigón y otros detalles superpuestos. (Geological profile along the dam with grouting screens, gypsum zones substituted by concrete and other details superimposed).

ción, lo efectuamos mediante superficies de deslizamiento mixtas formadas por círculos a través del núcleo y rectas en la escollera.

Aplicamos el método de Janbu (*) de división en rebanadas verticales, teniendo en cuenta los efectos de las tensiones en los lados de las mismas.

Para el cálculo de presiones intersticiales en el caso de desembalse rápido, partimos de la red de corriente a embalse lleno, que dibujamos a mano y puede verse en la figura 5.^a, y calculamos las presiones intersticiales en desembalse para un coeficiente $\bar{B} = 1$.

Las presiones intersticiales u , durante la construcción, las calculamos para $u/\gamma h = 0,4$.

La estabilidad de la presa a embalse lleno, la verificamos mediante círculos de deslizamiento siguiendo el método de Bishop que tiene en cuenta las tensiones en los lados de las rebanadas. Los cálculos fueron efectuados por un ordenador electrónico tipo IBM.

OBRAS HIDRAULICAS

El aliviadero se ha proyectado en túnel a través de la roca del Cabezo Teruel. El umbral es lateral con el Creager correspondiente.

El desvío del río se hace mediante una ataguía que desagüa a través de un túnel excavado también en el Cabezo Teruel.

Este túnel sirve después para utilizarlo como desagüe de fondo y como toma de aguas.

Además de la toma de la margen derecha se ha colocado otra en la izquierda para alimentar a la acequia correspondiente.

EL PROBLEMA DE LOS YESOS

En esta presa la existencia de la capa de arcillas y yesos, debajo del Cabezo Teruel es uno de los factores fundamentales que han intervenido en el proyecto.

Si no se toman precauciones especiales es muy probable que al actuar la carga del embalse, el agua comience a penetrar por dicha capa y a disolver el yeso, conduciendo a la ruina de la obra.

La solución que hemos propuesto ha consistido en vaciar la grieta en la zona de emplazamiento de la presa y rellenarla de hormigón resistente a los sulfatos, como puede verse en la figura 3.^a, junto con las pantallas de inyecciones que más adelante comentamos.

Lo más seguro hubiera sido vaciar la grieta en su totalidad desde el talud de aguas arriba hasta el de aguas abajo.

Sin embargo, como la presa es pequeña, el proceder de este modo representaría un aumento de presupuesto desproporcionado.

(*) "Estabilidad de presas de tierra y escollera", por Ventura Escario. Monografía núm. 1 del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo.

Por este motivo decidimos proponer vaciar y rellenar solamente la parte que se encuentra debajo del núcleo impermeable, dejando los terrenos yesíferos de debajo de los espaldones de aguas abajo y aguas arriba.

En ellos, sin embargo, tomamos las precauciones que más adelante expondremos, mediante la utilización de pantallas de impermeabilización adecuadas.

La zona yesífera excavada debajo del núcleo se rellenará de hormigón y no de arcilla, ya que como su compactación sería difícil, nos exponíamos a dejar debajo de la presa un cimientto compresible. precisamente junto al escarpe donde los peligros de agrietamiento son más pronunciados.

Como la región aunque no intensamente, es bastante sísmica, consideramos la posibilidad de que un seísmo pudiera provocar el despegue del tapón de hormigón respecto a sus dos paredes de contacto con la roca. En efecto, téngase en cuenta que el escarpe de la margen derecha y el fondo del cauce, son dos bloques geodésicamente distintos, y por tanto, pueden oscilar con diferente fase.

Por si esto sucediera, hemos proyectado en el interior del tapón de hormigón una serie de galerías de inspección moldeadas que pasarán del hormigón a las laderas. De este modo, cualquier fisura que se formara se acusaría por filtraciones al interior de las galerías en el plano de contacto roca-hormigón.

PANTALLAS DE INYECCIONES

En la figura 3.^a se ve un perfil a lo largo de la presa con la situación de las pantallas principales de inyecciones establecidas.

Como puede observarse, se ha calocado una a través de todo el Cabezo Teruel, partiendo de una galería excavada a la altura de la coronación y llegando hasta a atravesar los yesos situados debajo del mismo. Debajo de la presa, también se ha establecido otra pantalla de inyecciones cuya profundidad ha quedado definida por las admisiones de agua en los sondeos.

En la figura 2.^a se ve la planta de situación de estas dos pantallas de inyecciones, así como de las otras que hemos establecido.

Como se ve en dicha figura, en la zona del tapón de hormigón, se triplica la pantalla con objeto de asegurar la estanquidad formando una especie de escudo que impida que los filetes líquidos que pudieran filtrarse, puedan alcanzar a los yesos que, según hemos dicho, hemos dejado sin excavar aguas abajo del mismo.

Además lateralmente a dichos yesos, hemos establecido otra pantalla de impermeabilización desde el túnel de desvío y desagüe de fondo para aislarlos de las posibles filtraciones que pudieran producirse a través de la pantalla que va por debajo del Cabezo Teruel.

En los yesos que se han dejado aguas arriba del tapón sin excavar y sustituir, también se establece lateralmente otra pantalla de inyecciones, con el mismo fin de for-

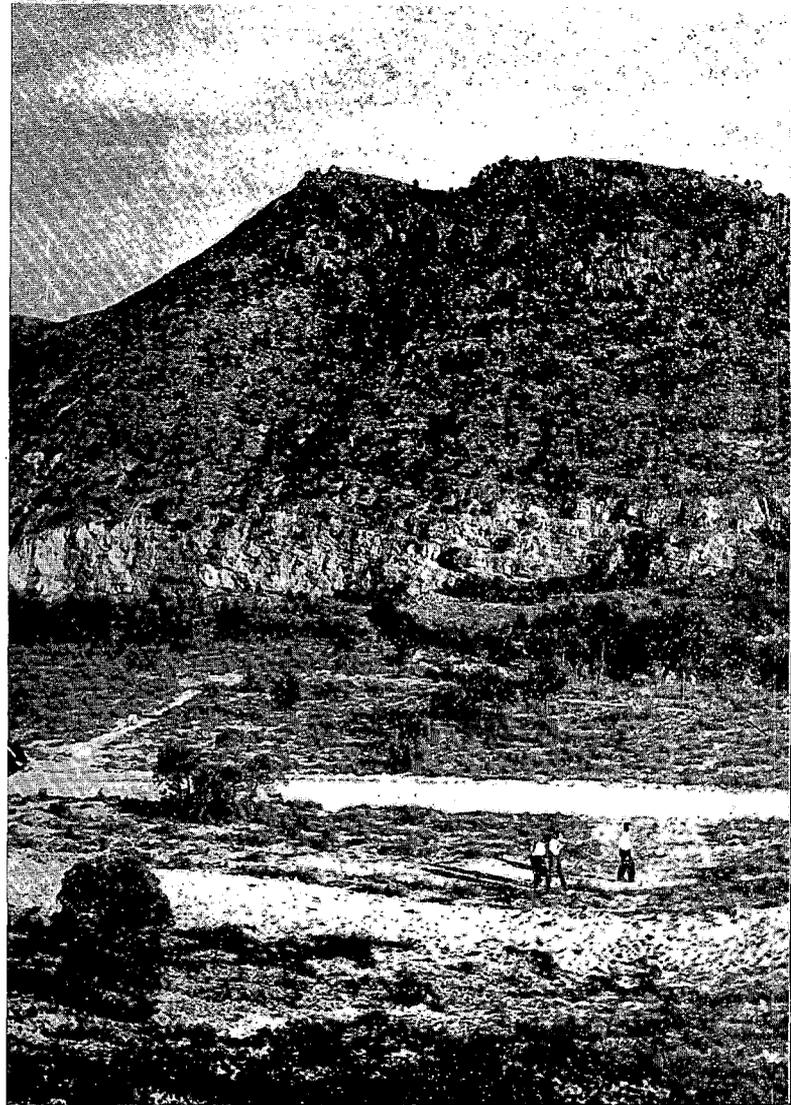


Fig. 4.^a—Emplazamiento de la presa con vistas al Cabezo Teruel. Obsérvese el escarpe casi vertical abajo y las carniolas arriba.

(Dam location panoramic view looking towards the Cabezo Teruel. The almost vertical cliff can be observed in the lower part and the "carniolas" at the top).

mar una especie de cámara estanca para que no pueda haber disolución de los mismos. La masa yesífera en sí se inyectará también tanto aguas arriba como aguas abajo del tapón, para rellenar sus posibles huecos.

Además de estas pantallas fundamentales de inyección se establecen otra serie de inyecciones de cosido que no vamos a pasar a describir.

Aguas abajo y en algunos casos aguas arriba de las pantallas de impermeabilización, se colocan piezómetros con objeto de comprobar su eficacia.

Como vemos en esta presa, el problema de los yesos lo hemos atacado, sustituyéndolos en la zona de la presa que hemos considerado más peligrosa, y aislándolos del contacto del agua en el resto. Para ello, aguas arriba y aguas abajo del tapón de hormigón, según hemos expues-

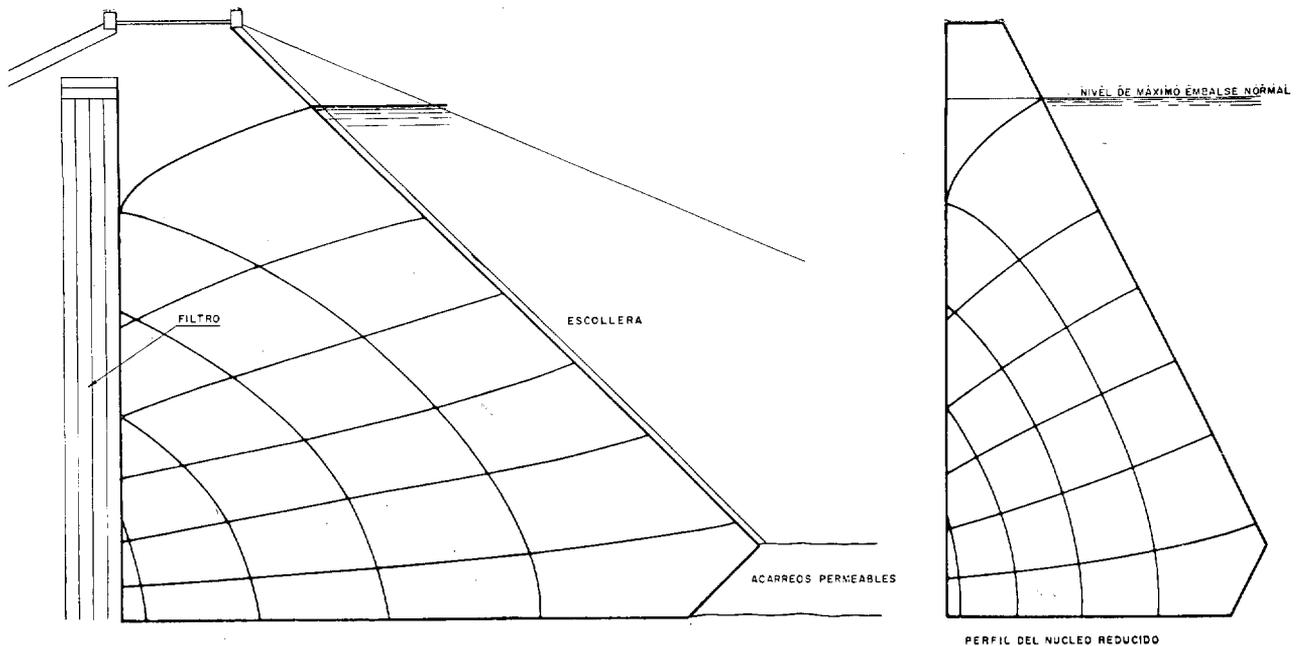


Fig. 5.^a — Red de corriente a embalse lleno.
(Flow net for full reservoir conditions).

to, se han dejado los yesos, por así decirlo, en recipientes estancos rodeados de inyecciones.

Como podrá observarse, no hemos colocado en este caso ningún sistema de drenaje por los peligros que anteriormente hemos señalado.

COLABORACIONES.

El propósito de construcción de una presa en el río Argos se remonta al año 1886 en que fue incluida en el Plan de Obras de Defensa contra Inundaciones, según el proyecto conjunto de los ingenieros D. Ramón García y D. Luis Gaztelu.

Sucesivamente se han presentado después los siguientes proyectos, que por diversas razones no han sido llevados a la práctica: en 1933 por D. Angel Elul Navarro, en 1935 por D. Francisco Manrique de Lara, en

1936 por D. Camilo Mazuchelli, en 1940 por D. Joaquín Blasco Roig. En 1946 D. Roberto Gomá Pujadas presentó el Proyecto de replanteo previo del pantano del Argós que ha permitido la iniciación de diversas obras auxiliares.

El presente proyecto ha sido efectuado en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Segura a través de su Director, D. Enrique Albacete, el Jefe de la Sección, D. Luis de la Cierva Gómez Acebo, del entonces Ingeniero Encargado, D. Juan Fernández Madrid y del actual D. Alfonso Botia.

Ha intervenido además activamente en el mismo, don José Antonio Jiménez Salas.

Por parte del Servicio Geológico actuó como ingeniero Encargado, D. Pablo Sahún Molina, que emitió el correspondiente informe.

D. Francisco Hernández Pacheco hizo un informe geológico sobre la cerrada.