

EL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DEL PANTANO DEL TRANCO DE BEAS

Por JOSÉ LUIS MENDOZA, Ingeniero de Caminos.

Da cuenta el autor en este artículo de las características del importante aprovechamiento hidroeléctrico del Tranco, dejando para otro próximo el análisis crítico del tipo de solución adoptado.

I.

Ya están empezando las obras del aprovechamiento hidroeléctrico del pantano del Tranco de Beas, en la cabecera del Guadalquivir, 26 kilómetros aguas arriba de Villanueva del Arzobispo.

Este pantano, uno de los mayores de España, por el volumen de agua embalsada, de 500 millones de metros cúbicos, y por la altura de su presa, de 90 metros aproximadamente, ha empezado recientemente a desempeñar su función reguladora, dotándole al Guadalquivir, en estiaje, de importantes caudales que, destinados a los riegos, determinan un considerable aumento de producción de energía en los diversos saltos emplazados en el curso del río, pero carece en el mismo de central hidroeléctrica.

Nuestro compañero D. Florentino Briones describió las características de la obra del Pantano del Tranco, de la que fué Ingeniero encargado, en dos interesantes artículos publicados en esta REVISTA, en los meses de mayo y junio de 1946, por lo que la damos por conocida.

Creemos que puede tener algún interés explicar el proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico correspondiente, concedido por el Estado, mediante concurso, a la Compañía Anónima "Mengemor", por su importancia, ya que la potencia es de 50 000 CV., y por su originalidad.

El actual proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico del Tranco, que nos proponemos explicar, es, como casi todos, fruto de una evolución que entendemos ha alcanzado su madurez después de una reunión de circunstancias que, conjugadas, han terminado por dar una resultante bastante satisfactoria.

Estas circunstancias han sido: unas, de carácter técnico, y otras, administrativas. Entre las primeras, la más importante es que la presa carece de tomas de agua para las turbinas de la central. No se comprende por qué se proyectó y construyó la presa del Tranco sin estas tomas. Todas las consideraciones que pudiéramos hacer sobre este punto, nos llevarían fuera del ámbito simplemente expositivo para entrár

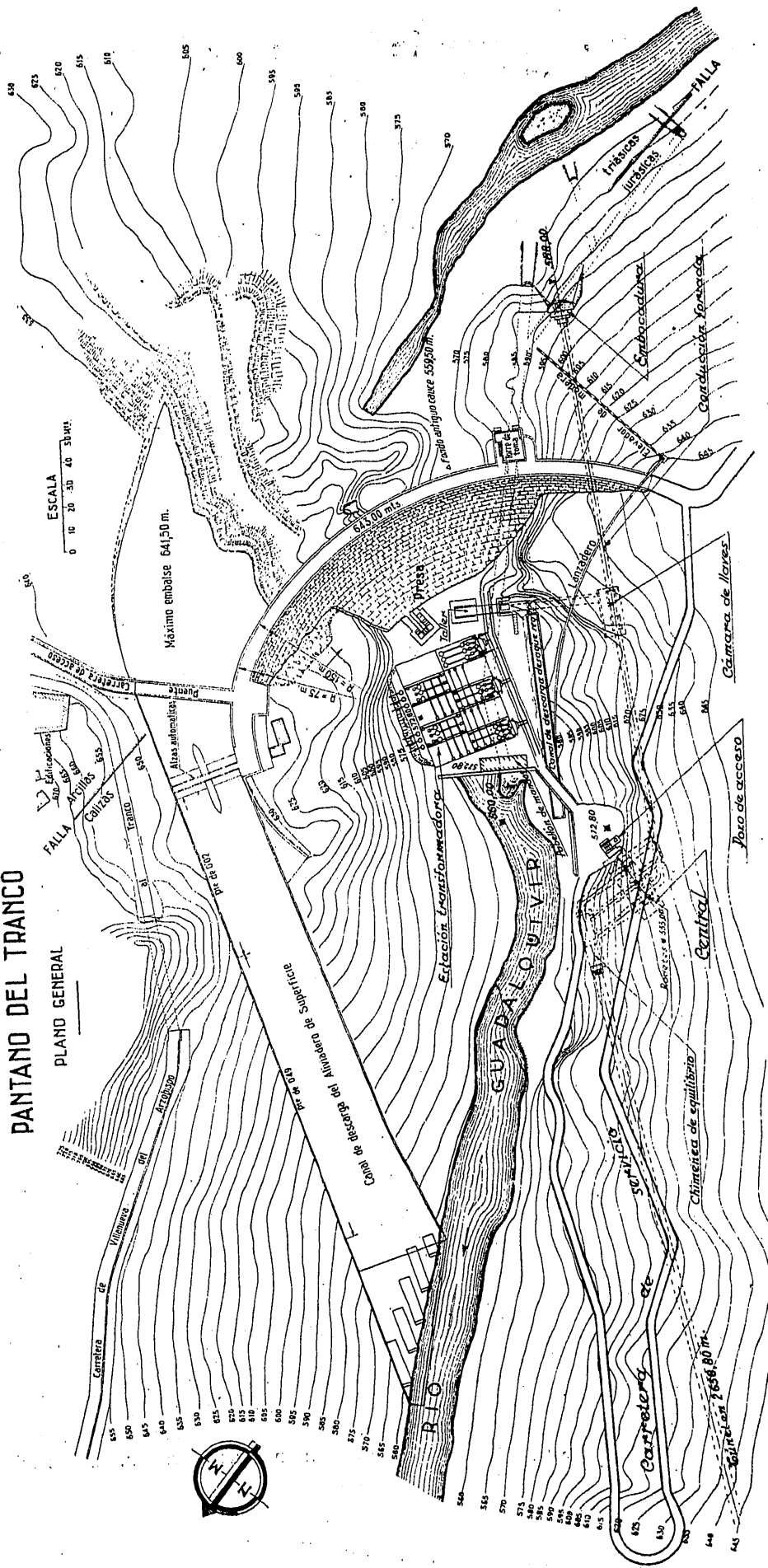
en el de la crítica, lo que no es nuestro propósito. Consignamos únicamente el hecho. También han sido imperativas las características geológicas del terreno en que ha de quedar emplazado el aprovechamiento. Todas las demás circunstancias técnicas han servido de base para la justificación de diversos aspectos de la solución adoptada y han contribuido a la concepción general del proyecto. Porque todo proyecto es una resultante compleja de pros y de contras de diversa trascendencia, que se obtiene la mayoría de las veces más por intuición que por especulación exclusivamente científica, siempre limitada y poco conexa.

Las circunstancias administrativas que más influencia han tenido se deducen de ser la presa del Tranco de la propiedad del Estado. La libertad del proyectista está limitada por las condiciones impuestas por la Administración y establecidas en el Pliego del Concurso para la adjudicación de la explotación del salto, y por aquellas otras que el mismo concesionario, por tratarse de un concurso, quiso libremente ofrecer. En nuestro caso no nos estaba permitido perforar la presa para hacer las tomas de agua de las turbinas. Tampoco podíamos utilizar los desagües reguladores para riegos de 1,30 metros de diámetro. Forzosamente debíamos hacer la toma por la ladera, sin afectar lo más mínimo con la conducción al macizo de presa.

El concurso adjudicaba la explotación del salto de pie de presa y conjuntamente la del tramo de río inmediatamente aguas abajo en 17 kilómetros, aproximadamente. La Compañía Anónima "Mengemor" presentó dos variantes de anteproyecto. La primera de ellas, propone una central al pie del pantano, y otra presa y central más pequeñas, tres kilómetros aguas abajo, para aprovechar los 30 metros de desnivel del primer tramo de río, aparte de un eventual contraembalse a 15 kilómetros, que no hace al caso, y que es común a las dos variantes. La segunda sólo tiene una central que aprovecha el desnivel total creado por el embalse y el tramo primero, mediante una conducción en túnel a presión. La central no quedaba si-

PANTANO DEL TRANCO

PLANO GENERAL



tuada, por lo tanto, al pie de la presa, sino 3 kilómetros aguas abajo, en la confluencia del llamado Arroyo María. La Administración escogió, e indirectamente impuso esta segunda solución como anteproyecto. Se manifestó realmente partidaria del aprovechamiento en una sola central de toda la energía potencial creada por el salto del embalse y los tres primeros kilómetros de río subsiguientes. Es decir, los 109,70 de desnivel máximo a embalse lleno.

No es posible en un sólo artículo justificar la solución de proyecto propuesta como definitiva. Nos limitaremos a exponerla y a dar alguna de sus razones.

El anteproyecto de salto unificado, con túnel a presión y central a tres kilómetros aguas abajo de la Presa del Tranco, ha sido sustituido por el proyecto de una central subterránea emplazada junto a la presa y un túnel de muy poca presión, que conduce el agua hasta el final del tramo, una vez desprovista de toda su energía en las turbinas de la central. Es decir, que el salto total máximo de 109,70 metros se aprovecha íntegro al pie de la presa, aun cuando para ello haya sido necesario bajar la central todo lo preciso, hasta llegar a quedar subterránea a unos 30 metros por debajo del cauce y unos 40 por debajo del terreno de la margen izquierda, donde se halla situado el pozo de descenso.

Las centrales hidroeléctricas subterráneas, constituyen una novedad en España hasta el momento actual. Presentamos algunos planos que explican la situación de la embocadura, conducción forzada, cámara de llaves, central subterránea, chimenea de equilibrio y socaz.

Relacionamos a continuación las características más importantes del proyecto:

Salto máximo	109,70 m.
Salto mínimo	58,00 m.
Caudal máximo utilizado.....	50 m. ³ /s.
Número de grupos.....	Tres, dos de 20 m. ³ /s. y uno de 10 m. ³ /s.
Potencia total en turbinas.....	54 750 C. V. (limitada a los 100 m. de salto)
Tensión de trabajo en los alternadores	13 800 V.
Tensión de transporte de la línea	138 000 V.
Desembalse medio anual previsto	275 000 000 de m. ³ .
Producción media anual prevista	52 000 000 de Kw./h
Longitud de la conducción forzada	283 m.
Diámetro de la conducción forzada	3,40 m.

Planta de la cámara de central.	34,00 m. × 13,90 m.
Planta de la chimenea de equilibrio	26,00 m. × 5,00 m.
Altura de la chimenea de equilibrio	23,50 m.
Longitud del túnel socaz... ..	2 638,80 m.
Diámetro libre del túnel socaz de sección circular	4,00 m.
Terreno	Calizas del jurásico medio e inferior, resistentes aunque permeables.

La conducción forzada está situada en la ladera izquierda del macizo de la presa, y toda ella está forrada de palastro de acero recibido en hormigón, que rellena el espacio entre el túnel previo y la tubería; es decir, que ofrece las máximas garantías de impermeabilidad y resistencia.

La embocadura de la toma tiene la misma cota que los desagües reguladores para riego; es decir, 53,50 metros por debajo de la de máximo embalse, y está abocinada para obtener una superficie rectangular de rejilla de 98 metros cuadrados, que garantiza para el mayor caudal una velocidad efectiva de 0,75 metros por segundo.

No existe ninguna compuerta en la embocadura. La primera posibilidad de cierre de la conducción forzada está en la cámara de llaves, a 127 metros del origen, mediante dos válvulas de mariposa en serie. Queda, por lo tanto, sin protección ninguna el tramo primero de la conducción.

El motivo de esta aparente imprevisión está en la necesidad de tener que ejecutar toda la obra de la toma con una rapidez tal que no impida o que impida lo menos posible el juego regulador del embalse, cuyos niveles sólo nos permitirán el trabajo en la embocadura en períodos muy cortos del otoño, que es cuando, por encontrarse vacío el embalse, puede quedar la toma al descubierto. Es cierto que los desagües de fondo del pantano, situados 15 metros por debajo de la obra a efectuar pueden, quedando abiertos, prolongar algo estos períodos, pero siempre a costa de la pérdida de una gran riqueza de agua de estiaje. Hemos procurado, por lo tanto, simplificar hasta el límite máximo posible los montajes y construcciones a realizar a embalse vacío. Aun así y todo, como más adelante veremos, la ejecución de la embocadura es una operación muy propia para poner a prueba la eficacia de una organización constructora.

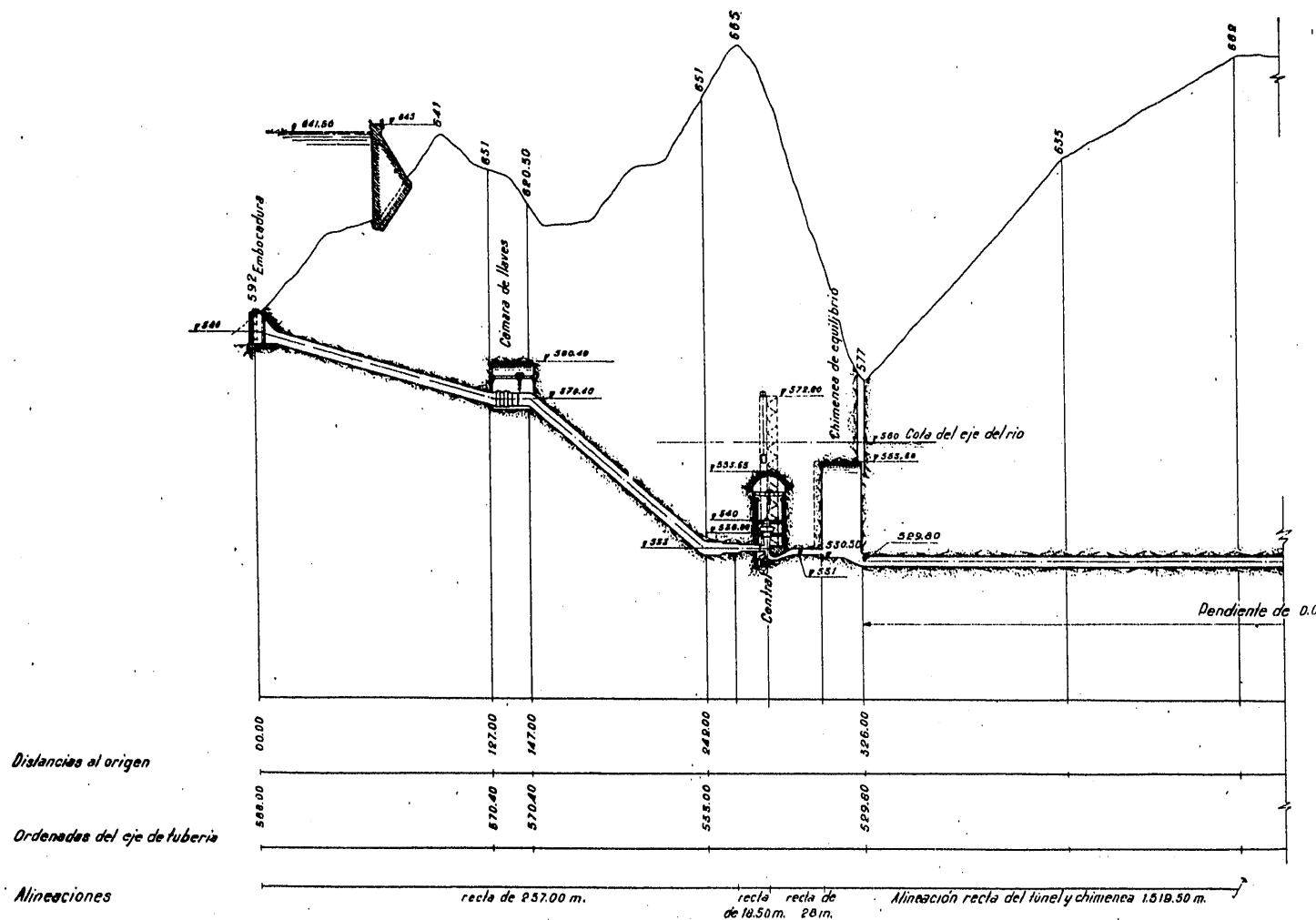
La carencia de dispositivo de cierre en el origen obliga, como contrapartida, a proyectar y construir con tales garantías de inalterabilidad las rejillas y el

tramo primero de la conducción, que pueda tenerse la seguridad práctica de que tal cierre es innecesario. Ese es nuestro caso. La garantía de proyecto se deduce, no en pequeña parte, de la misma simplicidad de la toma, pues no cabe duda que los mecanismos de compuertas, ataguías o válvulas son por sí mismos causa de averías, pero, sobre todo, porque hemos proyectado las rejillas con singular solidez y minuciosidad. En cuanto a la conducción, ¿qué cabe suponer que suceda en una tubería de palastro de acero de 12 milímetros de espesor soldada a enchufe y cordón, embutida toda ella en hormigón, si la ejecución es la debida en terreno de calizas resistentes?

El acceso a la cámara de llaves se hará por una galería horizontal que parte de la explanada al pie de la presa, de 40 metros de longitud. Es decir, que su construcción y el montaje de tubería, llaves y mecanismos, se efectúa por aguas abajo con independencia de los niveles del embalse.

La manera de hacer la embocadura y el tramo primero de conducción y su enlace con la cámara de llaves a embalse vacío, tiene interés por la premiosidad del tiempo y el orden inalterable de todas las operaciones. Hay que tener en cuenta que no podemos calar el túnel de la toma hasta que no estén preparadas las válvulas de la cámara de llaves, para que no se vacíe el embalse y que, hecha la caladura, hay que colocar los 127 metros de tubería de 3,40 metros de diámetro en trozos, y sucesivamente en fila desde aguas abajo hacia aguas arriba, pero metiendo todos los tubos por la embocadura. Es necesario meter todos los tubos por la embocadura; es decir, por el embalse vacío, porque el tramo tiene fuerte pendiente (13,85 por 100) y los tubos que se metieran por la cámara de llaves, por ganar tiempo, antes de la caladura, no podrían ser hormigonados debidamente en su contorno, de abajo a arriba, porque escurriría el hormigón. Por el contrario, el hormigonado de los tubos que se vayan colocando y soldando desde el lado del embalse se puede efectuar rápidamente con bomba hormigonera y se comprime por su propio peso. Se comprende, con lo que decimos, que la operación tiene bastantes dificultades deducidas de la escasez de tiempo, pues en el caso de que no pueda

dad del tiempo y el orden inalterable de todas las operaciones. Hay que tener en cuenta que no podemos calar el túnel de la toma hasta que no estén preparadas las válvulas de la cámara de llaves, para que no se vacíe el embalse y que, hecha la caladura, hay que colocar los 127 metros de tubería de 3,40 metros de diámetro en trozos, y sucesivamente en fila desde aguas abajo hacia aguas arriba, pero metiendo todos los tubos por la embocadura. Es necesario meter todos los tubos por la embocadura; es decir, por el embalse vacío, porque el tramo tiene fuerte pendiente (13,85 por 100) y los tubos que se metieran por la cámara de llaves, por ganar tiempo, antes de la caladura, no podrían ser hormigonados debidamente en su contorno, de abajo a arriba, porque escurriría el hormigón. Por el contrario, el hormigonado de los tubos que se vayan colocando y soldando desde el lado del embalse se puede efectuar rápidamente con bomba hormigonera y se comprime por su propio peso. Se comprende, con lo que decimos, que la operación tiene bastantes dificultades deducidas de la escasez de tiempo, pues en el caso de que no pueda



terminarse antes de que los desagües de fondo dominen las posibles avenidas, podría el agua, según los casos, llegar a filtrarse abundantemente por la cámara de llaves y la central, con los consiguientes trastornos y perjuicios.

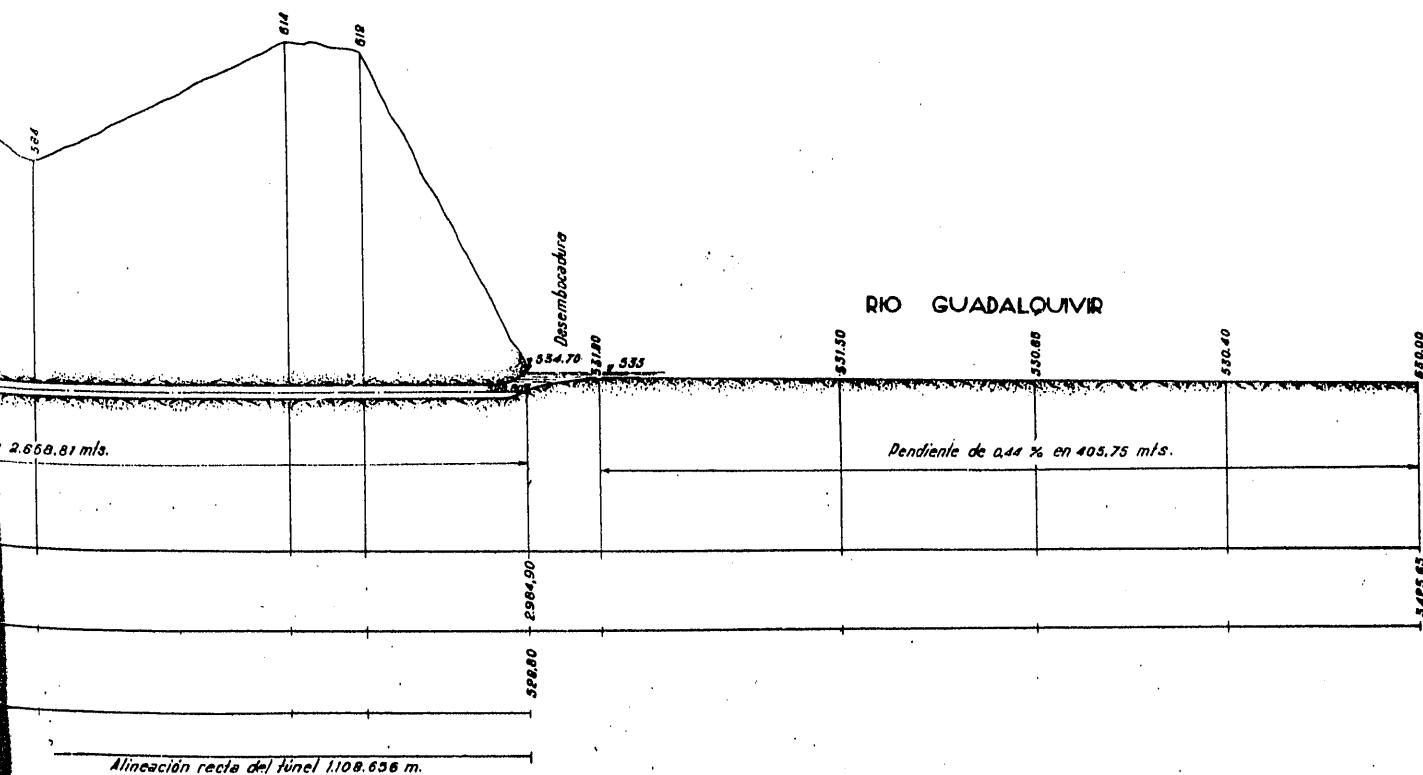
La conducción forzada entre la cámara de llaves y la central continúa descendiendo en 156 metros de longitud, y se divide en tres tuberías al llegar a las proximidades de aquélla. Su ejecución, al amparo de las variaciones del embalse, puede abordarse con libertad.

La central subterránea es una cámara vaciada en el macizo rocoso, con una bóveda de hormigón de 13,90 metros de luz y unos 40 metros de longitud, a la que se descende por un pozo rectangular de 8,60 metros por 7,50 metros, dotado de ascensor y una grúa-pórtico para bajar la maquinaria. Este pozo lleva adosados los canales de conducción de las barras de energía y los de las tuberías de ventilación y agotamiento. Son interesantes las disposiciones adoptadas de doble techo, y drenajes para garantizar la sequedad, así como las de ventilación, en las que

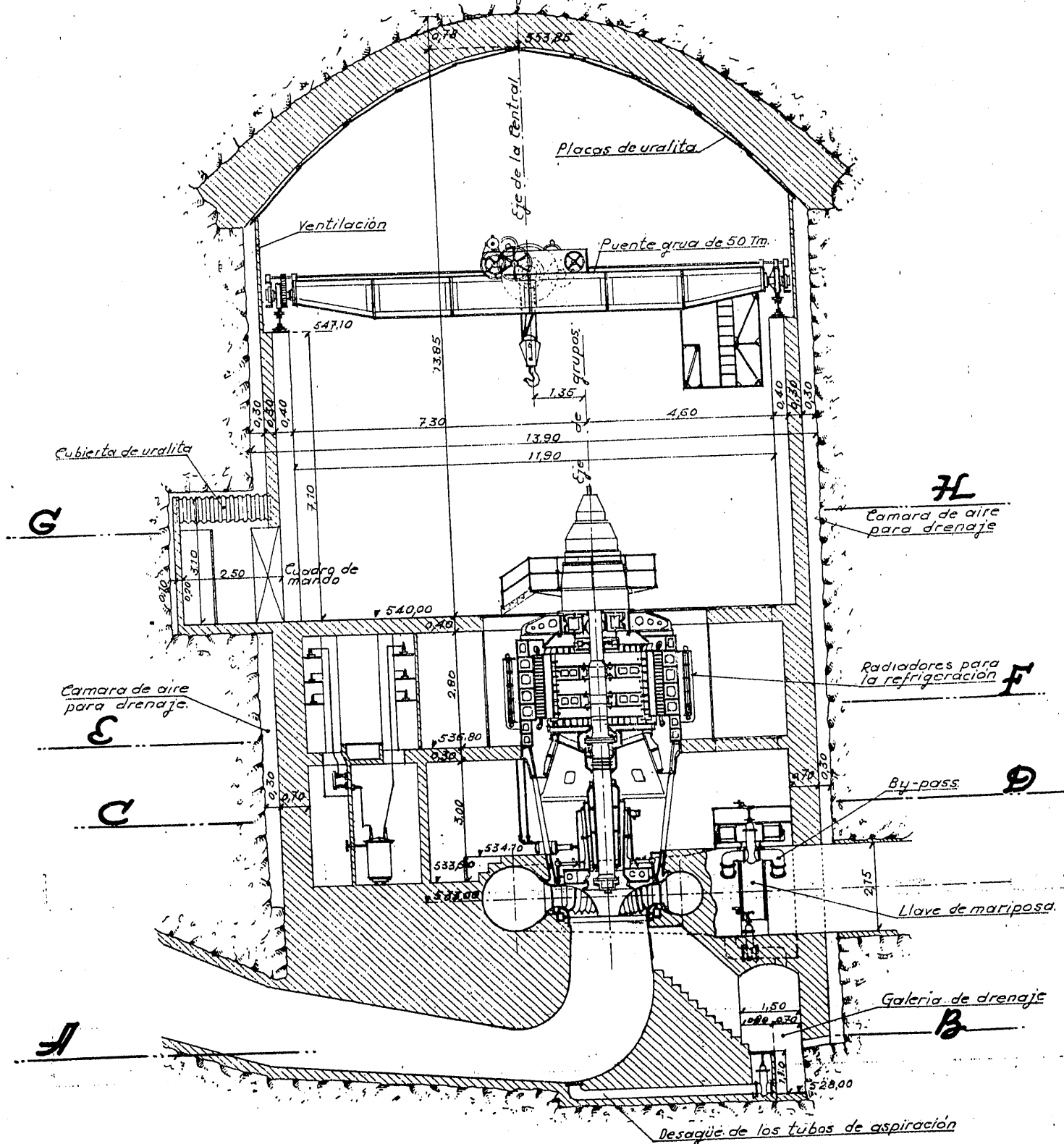
no hemos sino seguido las pautas adoptadas en las ya existentes en el extranjero.

Los tubos de aspiración de las tres turbinas desembocan en una chimenea de equilibrio situada en el origen del túnel de desagüe. La altura de esta chimenea es relativamente pequeña, pues basta que cubra la suma de la máxima elevación del nivel en la desembocadura por las riadas y la máxima elevación producida por la apertura brusca parcial en las turbinas, pero no necesita, como las chimeneas de equilibrio situadas al final de las galerías de presión, tener toda la altura del máximo embalse más la sobreelevación producida por el cierre brusco.

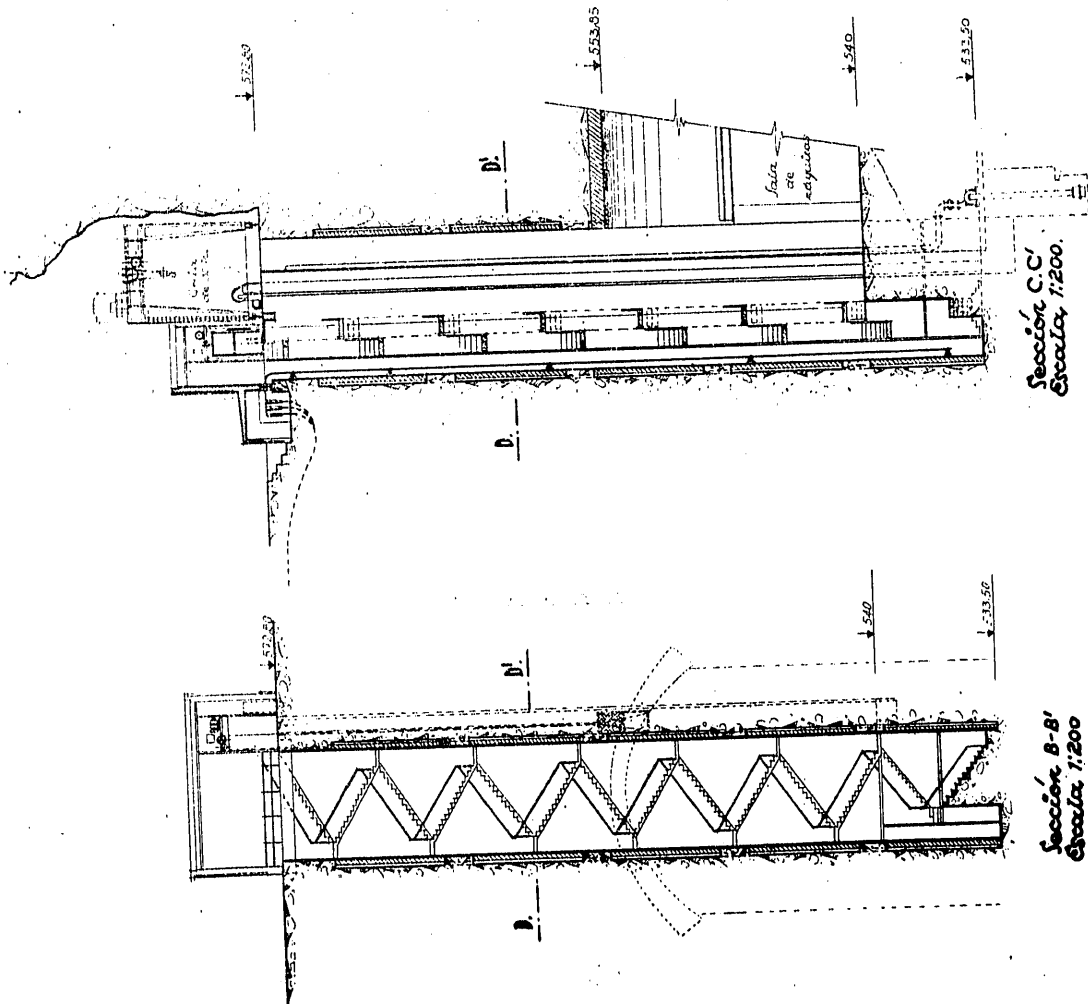
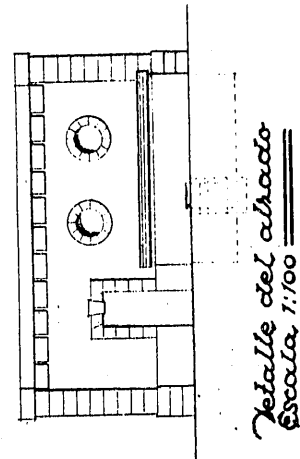
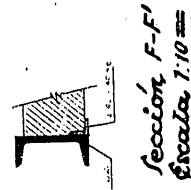
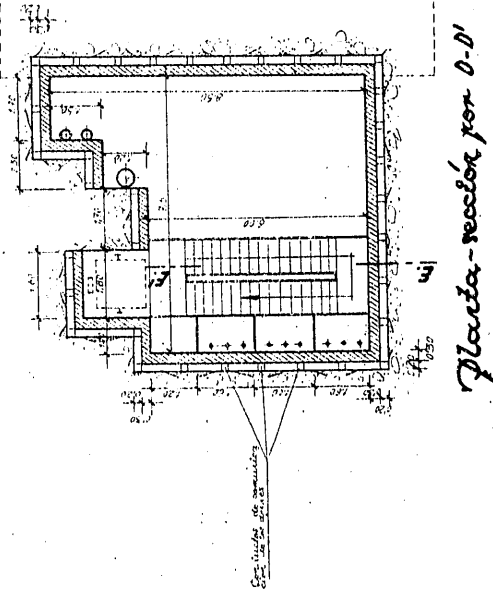
El túnel, de sección circular, de 4 m. de diámetro, está proyectado para trabajar a boca llena, es decir, con ligera presión, porque se consigue mayor capacidad de desagüe que si funcionara como canal en superficie libre, para la misma sección. La pérdida de carga para caudales reducidos es la precisa en cada régimen y no la total en todos los casos, como sucedería en un túnel canal. No hay, sin embargo, ningún inconveniente en que pueda quedar al descubierto la



Sección transversal por J-K



CENTRAL SUBTERRANEA



POZO DE DESCENSO A LA CENTRAL SUBTERRANEA

parte superior del túnel, en determinados casos de cierre brusco de las turbinas. Al túnel se le ha dado una ligerísima pendiente hacia aguas abajo, de 0,37 por 1 000, si bien este dato será probablemente revisado y la pendiente aumentada por conveniencias constructivas de evacuación del agua. Está previsto un revestimiento de hormigón de todo el túnel, con objeto de disminuir el coeficiente de rugosidad, pues desde el punto de vista mecánico, y salvo en algunos pequeños trozos de margas, tal revestimiento no habría sido necesario, aunque siempre conveniente. Se trata de una roca caliza excelente, que se presenta en bancos muy potentes y que no tiene más defecto que la permeabilidad característica en las calizas jurásicas.

Unos 300 m. antes de la terminación del tramo aprovechable, y cuando ya el túnel queda, por consiguiente, a un nivel próximo al del lecho del río, resulta más económico, teniendo en cuenta la topografía de las escarpadas laderas, hacer aflorar el túnel y excavar el cauce del río, rebajando su pendiente. Es un problema, como decimos, topográfico, en el que una serie de circunstancias, favorecen una buena desembocadura y una excelente aducción del agua al cauce. El túnel en planta, tiene dos alineaciones a 158 grados centesimales, con una curva suave a mitad de su trazado para aproximarse al del río, que da una ligera vuelta, y de este modo se facilitan los ataques intermedios durante su construcción por galerías inclinadas desde la ladera. La separación en planta entre el túnel y el lecho del río oscila entre 80 y 190 metros. Es muy conveniente esta separación para evitar en lo posible el tener que suspender los trabajos en el túnel, cuando el pantano esté desembalsando, ante la eventualidad de que parte de las aguas del río puedan descender al túnel, a favor de la permeabilidad de los bancos de caliza.

En relación con la parte eléctrica, diremos que la

tensión de trabajo de los alternadores será de 13 800 voltios. La energía se conducirá por dobles pletinas, en canalización separada para cada fase a lo largo del pozo de descenso, y después, por cables, hasta la estación transformadora, que está situada en la explanada que se hará al pie mismo de la presa, a la cota necesaria para que quede a resguardo de la elevación del nivel en las riadas, con los escombros de la excavación de central, conducción y medio túnel, pues su capacidad es grande, con lo cual viene a resolverse un problema de búsqueda de escombreras, que no tenía fácil solución económica, por causa de la estrechez del cauce.

La colocación de la estación transformadora al pie de la presa embellecerá el conjunto. En ella se instalarán dos grandes transformadores de 13 800 a 138 000 voltios, de 25 000 KVA. cada uno y un tercer transformador de 13 800 a 66 000 voltios de 20 000 KVA, para alimentar la línea que enlazará la central del Tranco con la zona de Levante. La energía transformada a 138 000 voltios, se verterá a las líneas de interconexión de la Red Nacional, cuyo segmento Tranco-Andújar comenzará la Compañía Anónima "Mengemor" a construir seguidamente.

Creemos haber conseguido dar, con estos apuntes, una muy sucinta idea de lo que será, si quiere Dios, el aprovechamiento hidroeléctrico del Tranco, más con un propósito vulgarizador que científico. Deliberadamente hemos omitido razonar el punto que pudiéramos decir neurálgico, del proyecto. Este es el porqué de haber optado por una central subterránea y un túnel de desagüe sin presión, con preferencia a la solución de galería a fuerte carga, chimenea de equilibrio y tubería forzada con central al aire libre, que es la que la costumbre sugiere primero al Ingeniero proyectista. Y lo hemos omitido porque el tema no puede ser tratado a la ligera y merece un artículo aparte.
