

LA PRESA Y EL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DEL RIO SALAS (*)

Por LUCIANO YORDI DE CARRICARTE
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Para el aprovechamiento de las aguas del río Salas desde el nacimiento de éste hasta su confluencia con el río Limia, explotando el desnivel existente entre las cuencas de ambos ríos y efectuando el transvase entre ambos, se ha construido la presa de Salas, de la cual se derivan las aguas por una galería de conducción de 3.917,82 m hasta la central emplazada en la margen izquierda del embalse de Las Conchas.

La presa es del tipo de contrafuertes en su parte central, con diques laterales de gravedad que completan el cierre del valle. Su altura máxima es de 50 m, con 1.005 m de longitud total en coronación. El volumen útil creado es de 86 Hm³. El artículo describe las características de la obra y sus instalaciones anexas, aliviaderos, tomas, conducción forzada, central, equipo, etc.

Hace ya muchos años, en 1944 cuando FENOSA empezó la construcción de su primera obra, el salto de Las Conchas, tuve ocasión, siendo estudiante de la Escuela, de aportar mi pequeña colaboración a aquella obra a través de la oficina técnica del Prof. Becerril, en la cual hacía mis primeros ensayos profesionales.

Pasaron los años y muchas obras hidráulicas se han construido en esta larga etapa, y curiosamente ahora a través de la construcción del Salto de Salas, objeto de este comentario, volvemos a tener contacto con aquella Central de Las Conchas, porque la construcción de aquel Salto lleva aneja la ampliación de esta Central mediante la instalación de un tercer grupo de 30.000 kVA, creándose esta circunstancia un auténtico examen de conciencia de todas las experiencias profesionales obtenidas en el continuo contacto con la Naturaleza sostenido en este período de tiempo.

Objeto del proyecto.

El Proyecto a que ahora hacemos referencia, en avanzado estado de construcción, aprovecha las aguas del río Salas desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Limia, utilizando el desnivel existente entre las cuencas de ambos ríos situados en la provincia de Orense y efectuando un transvase entre ambos.

La presa de Salas, elemento base del nuevo aprovechamiento, está emplazada en una sección del río Salas de forma tal, que el transvase de la cuenca de este río a la del Limia se hace en las mejores condiciones en relación con los tres conceptos fundamentales del Proyecto:

- a) Máximo aprovechamiento del desnivel existente entre los dos ríos.
- b) Construcción de una presa de embalse con el mínimo volumen de fábrica.
- c) Longitud del túnel de transvase óptima teniendo en cuenta la mejor posibilidad económica.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de octubre de 1972.

Para la utilización del desnivel existente entre la cota del embalse de Salas en construcción y la cota de la confluencia de los dos ríos se definieron dos saltos: uno primero, el de Salas, cuyo Proyecto comentamos, otro segundo, que es el existente de Las Conchas.

Las aguas del río Salas se utilizan mediante una galería de conducción de 3.917,82 m de longitud, emplazando la Central de Salas en la margen izquierda del embalse de Las Conchas.

La Central de Las Conchas se amplía, como

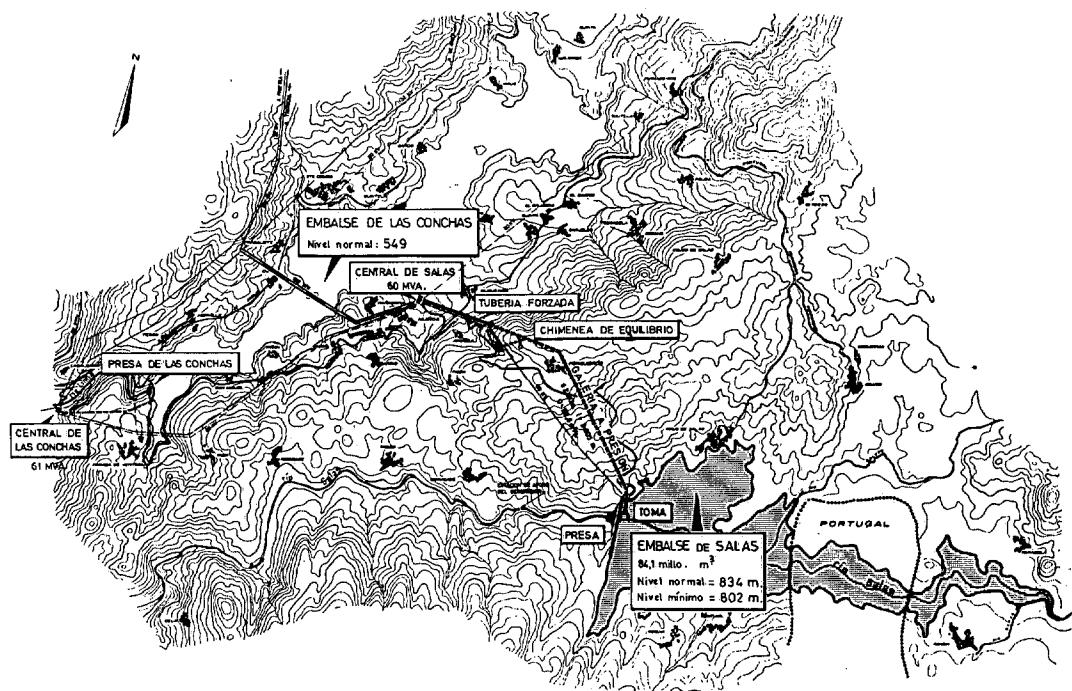


Fig. 1.— Planta general del aprovechamiento hidroeléctrico de Salas y situación relativa con respecto al salto de las Conchas

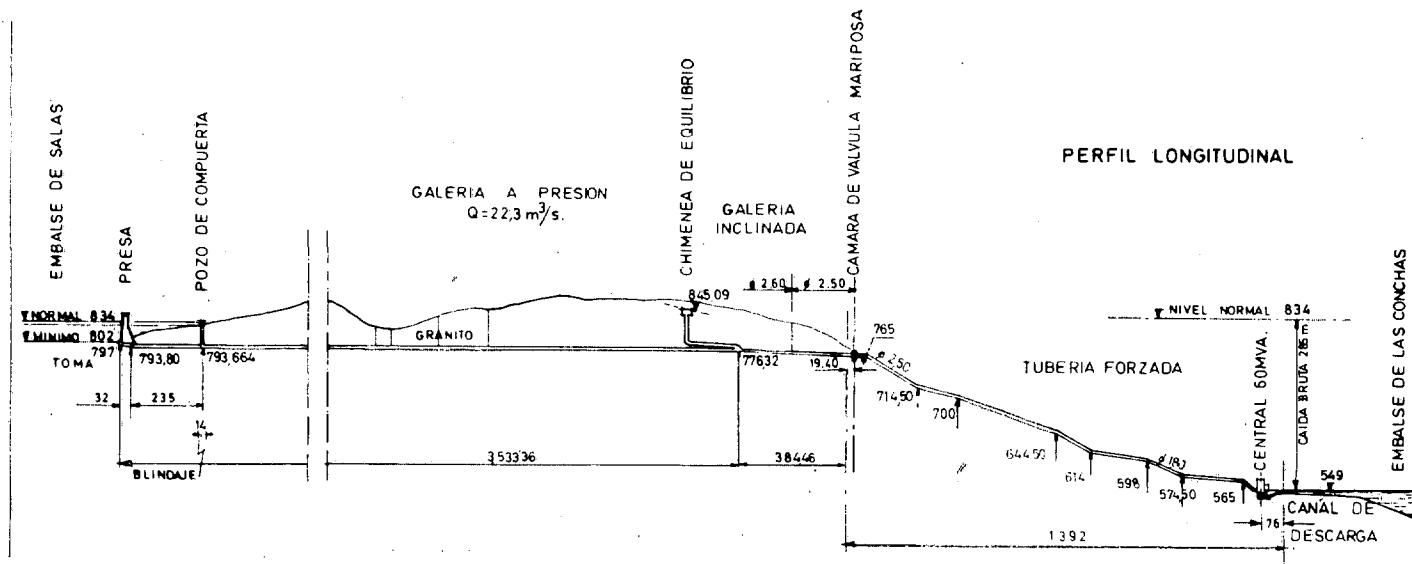


Fig. 2.— Perfil longitudinal del aprovechamiento de Salas.

antes dijimos, con este transvase con un nuevo grupo de 30.000 kVA, elevándose así su potencia a 61.000 kVA.

El caudal transvasado y utilizado por consiguiente en la Central de Salas son 22,3 m³/segundo.

El salto existente de Las Conchas, en lo que respecta a sus obras hidráulicas de toma de agua, túnel de conducción, chimenea de equilibrio, fue previsto para la ampliación de esta segunda etapa, que con la instalación del nuevo grupo aumentará la producción de la Central de Las Conchas en 100 millones de kWh.

Toda la concepción general del aprovechamiento queda definida en las figuras 1 y 2.

Descripción del proyecto.

Geología.

Este Proyecto de utilización de la caída entre el río Salas y el embalse de Las Conchas tiene un esquema clásico, definido por un embalse de regulación, desde el cual un túnel de conducción y una tubería forzada aportan las aguas a una Central exterior.

Las condiciones geológicas básicas son favorables, ya que todo el conjunto de las instalaciones se encuentran en granito bien conservado, teniendo en cuenta su antigüedad, que aflora desde la Orogenia Herciana al final del Paleozoico.

Este granito posee, en general, granos grandes, presentando en muchas zonas contextura porfídica con grandes cristales normalmente de feldespato, y por ser muy ácido, por la proporción de granos de cuarzo, su aspecto es compacto.

Las fallas principales existentes en la zona tienen la dirección NE.-SW. y las secundarias NW.-SE., y la red de diaclasas que aparecen entre ellas tiene tres sistemas principales.

Características.

Las características principales del aprovechamiento son:

Aportación media anual del río Salas ...	249.000.000 m ³
Volumen útil del embalse de Salas	86.000.000 m ³
Caída bruta máxima	284 m
Caudal nominal máximo	22,3 m ³ /s

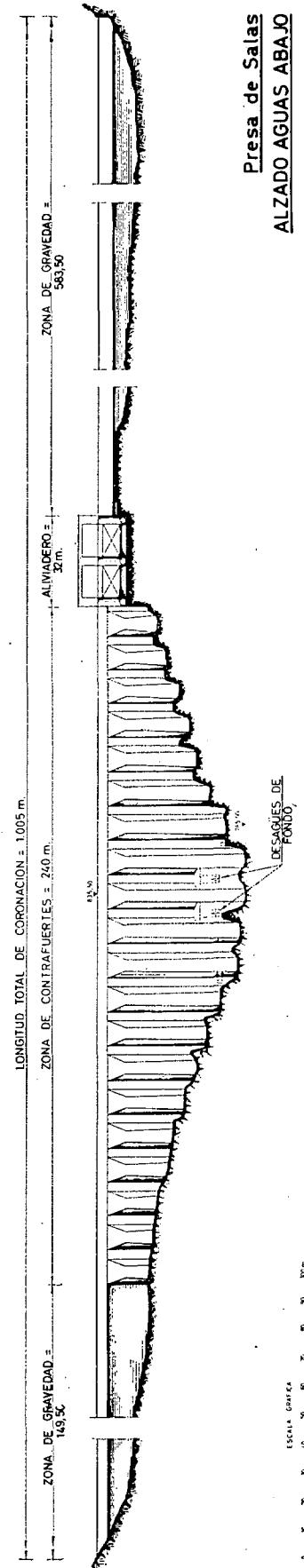


Fig. 3. — Alzado desde aguas abajo de la presa de Salas y de los diques laterales.

Potencia instalada en la central de Salas.	60.000 kVA
Producción media anual de la central de Salas	130.000.000 kWh
Producción obtenida con la ampliación de la central de Las Conchas	100.000.000 kWh

A continuación hacemos una breve descripción de los elementos básicos del conjunto.

Presa de Salas.

En esta presa de Salas detendremos ligeramente la atención para hacer algunas consideraciones generales sobre el tipo de presa escogido, que es el de contrafuertes en la parte central, con diques laterales de gravedad, que completan el cierre del valle.

Una de las razones de escoger este tipo de presa fue la extensión de la cerrada, que sobrepasa el kilómetro de longitud y su propia forma, en la que el río encajado en la plataforma granítica ha profundizado cerca de 50 m en la parte central, teniendo este cauce profundo 240 m de longitud en su parte superior, como puede apreciarse en la figura 3.

Se desechó por falta de materiales disponibles la solución de presas de tierra o escollera, así como la de bóvedas múltiples por la experiencia de costes que obtuvimos en la construcción de la presa de Meicende.

Influyó, en cambio, la experiencia española en este tipo de obras, ya que no se pueden olvidar nombres como el de la presa de Burgomillodo, en el río Duratón; el de la de Revenga, en el río Frío; la de Respomuso en el Alto Pirineo; la de Miller, en el río Segura, y la de Chandreja, construida relativamente hace poco tiempo por Saltos del Sil.

Por último, otra razón fue que en este tipo de presas existe el aligeramiento de masas, debido a la concentración de esfuerzos, la adecuada dirección de ellos y la posible neutralización o contrarresto de los mismos.

Este tipo de presa de contrafuertes tiene para algunos ciertas reminiscencias góticas, ya que en este estilo no queda nada de materia que no adquiera actividad.

Los mismos arbotantes de una catedral colocados unos al lado de otros, descargando sobre los botareles o contrafuertes dan una sensación de energía y fuerza y confirman en su contemplación su propia verdad estructural.

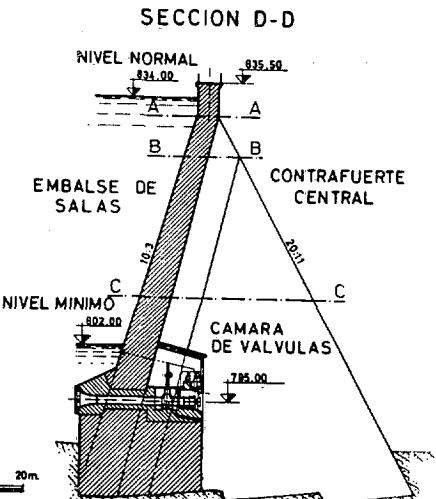


Fig. 4.— Sección del contrafuerte central en la que se aprecia la cámara de las válvulas de fondo.

En cuanto a las características de los contrafuertes de la presa de Salas en lo que respecta a su forma y taludes, se fue como se ve en las figuras 4 y 5 a contrafuertes relativamente gruesos, disminuyendo la importancia de la cabeza que se convierte en un verdadero capitel. Se evita así el grave riesgo de un posible

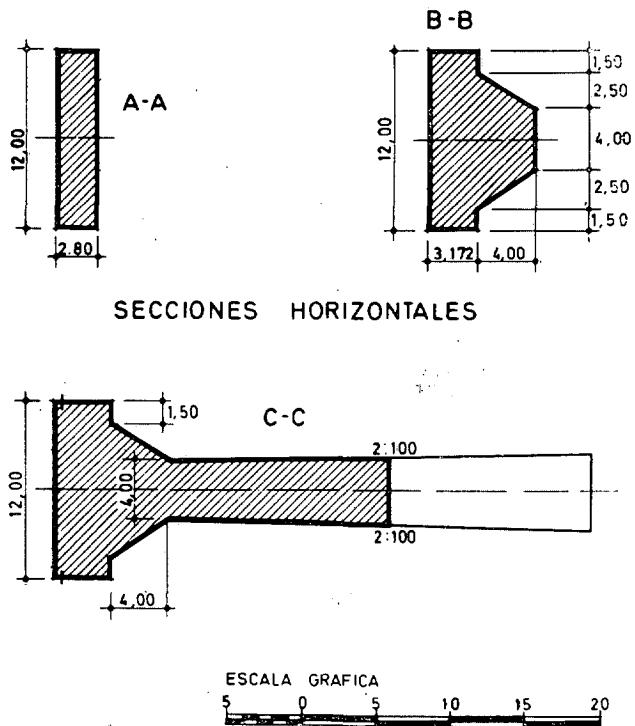


Fig. 5.— Secciones de los contrafuertes en la cabeza y en la base de los mismos.

pandeo de alguno de los elementos que constituyen la presa.

La separación entre ejes de contrafuertes se fijó en 12 m, adoptándose la forma en T. Las cartelas incorporadas a la pantalla que enlazan ésta con las gargantas de los contrafuertes tienen 4 m de altura y 2,5 m de vuelo, constituyendo un elemento muy sólido.

Para evitar inestabilidad se dio a los paramentos laterales de los contrafuertes en planta una divergencia del 2 por 100, lo cual permite un fácil replanteo, y además, debido a los mayores esfuerzos en el paramento de aguas abajo, mejora el ancho resistente en aquella sección.

La pantalla tiene un espesor en coronación de 2,80 m, y crece su ancho a razón de 5 por 100 en profundidad, hasta alcanzar a los 50 m de la altura máxima de la presa el espesor de 5,30 m.

Comparativamente con otras presas se fijó un talud total de paramentos del 85 por 100 para su posterior comprobación, teniendo en cuenta los coeficientes al vuelco y deslizamiento y las cargas de trabajo a compresión y a esfuerzos tangencial.

El aumento de talud aguas arriba mejora el

coeficiente de deslizamiento y, al mismo tiempo, el peso del agua sobre el mismo centra la resultante y mejora la estabilidad al vuelco, pero crea en contra dificultades de construcción al desplomar en exceso el paramento de aguas abajo de la pantalla.

Examinando las cargas de compresión y de esfuerzo tangencial, máximo efectivo en el extremo inferior de los contrafuertes, se vio que alcanzan su valor más reducido con un talud aguas arriba de 0,30 y uno de aguas abajo por consecuencia de 0,55, que son los que caracterizan los contrafuertes de esta presa de Salas.

El perfil de toda la presa queda completado por el macizo de coronación de 2,80 m de ancho.

Queda así definida la presa de Salas, que tiene, en lo que respecta a altura, longitud y volumen de hormigón, los siguientes datos:

Altura máxima de presa 50 m
 Longitud total de coronación ... 1.005 m
 Volumen de hormigón 130.000 m³

Aliviadero.

El aliviadero del Proyecto primitivo de la presa, redactado en el año 1953 por el malogra-

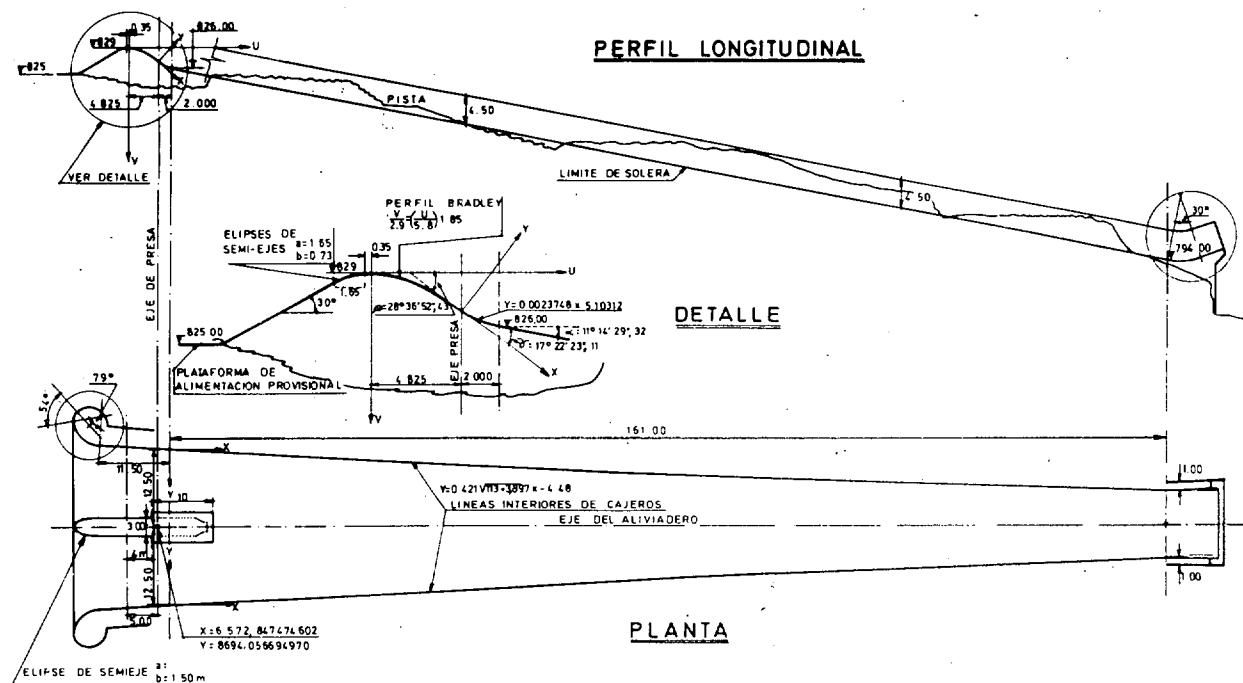


Fig. 6.—Perfil longitudinal y planta del aliviadero de superficie de la presa de Salas.

do Ingeniero de Caminos Ricardo Gómez Llanos, tenía previsto como canales de descarga los propios contrafuertes centrales, con la incorporación a los mismos de los cajeros correspondientes y los trampolines de lanzamiento.

Reconsiderado el problema, teniendo presente que la cuenca vertiente del río Salas son 145 Km², y que la determinación de las máximas avenidas obtenida por el método de Gibrat nos dio una avenida de 640 m³/seg, fuimos por tanteos económicos y de seguridad a la definición de un aliviadero de superficie situado en la margen izquierda entre las zonas de contrafuertes y el largo dique lateral de aquella margen. Este dique lateral y el de la margen derecha tienen el clásico perfil de presa de gravedad, con robusta cabeza para dejar un paso en coronación.

El aliviadero, cerrado por dos compuertas vagón de 11,59 × 5 m, puede apreciarse en planta y perfil en la figura 6, y en toda su longitud de 161 m se acopla bien a su terreno de apoyo.

Fue ensayado este aliviadero en el Centro de Estudios Hidrográficos, y su forma se adapta perfectamente a la función encomendada de descargar la máxima avenida fijada de 640 metros cúbicos por segundo.

Obras de toma y pozo de válvulas.

Las obras de la toma de agua se ubican a poca distancia aguas arriba de la presa y se proyectaron del tipo trompeta, con estructura de hormigón. Esta toma se comunica mediante un túnel con el pozo de compuerta, situado en la orilla derecha de la presa, provisto de una compuerta de cierre, quedando instalado el mecanismo de maniobra hidráulica en la parte superior de dicho pozo.

Las características de la toma son:

Capacidad de la toma	836
Nivel de la solera de la toma	23,30 m ³ /seg
Compuerta de cierre: Tipo	797
Dimensiones ..	Vagón

Nivel superior del pozo

2,40 × 2,40

Túnel de presión, chimenea de equilibrio y tubería forzada.

Desde el pozo de la compuerta de toma sigue el túnel de presión, que atravesando la cresta que separa las cuencas de los ríos Salas y Limia llega hasta una loma elevada cerca del pueblo de Porqueiros, en donde se emplaza la chimenea de equilibrio. La galería queda revestida de hormigón en toda su longitud, previéndose refuerzos de hormigón armado en tramos con poca cobertura de montaña o de mala calidad de roca.

La chimenea de equilibrio está constituida por una cámara inferior de expansión, un pozo vertical y una cámara superior circular al aire libre (fig. 7).

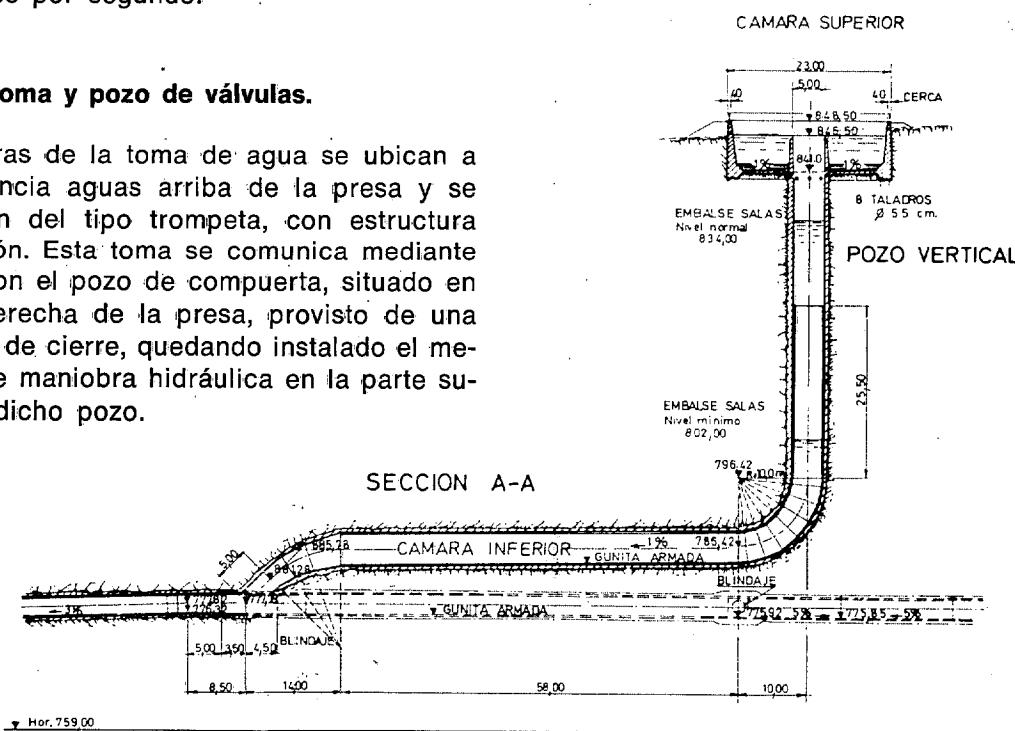


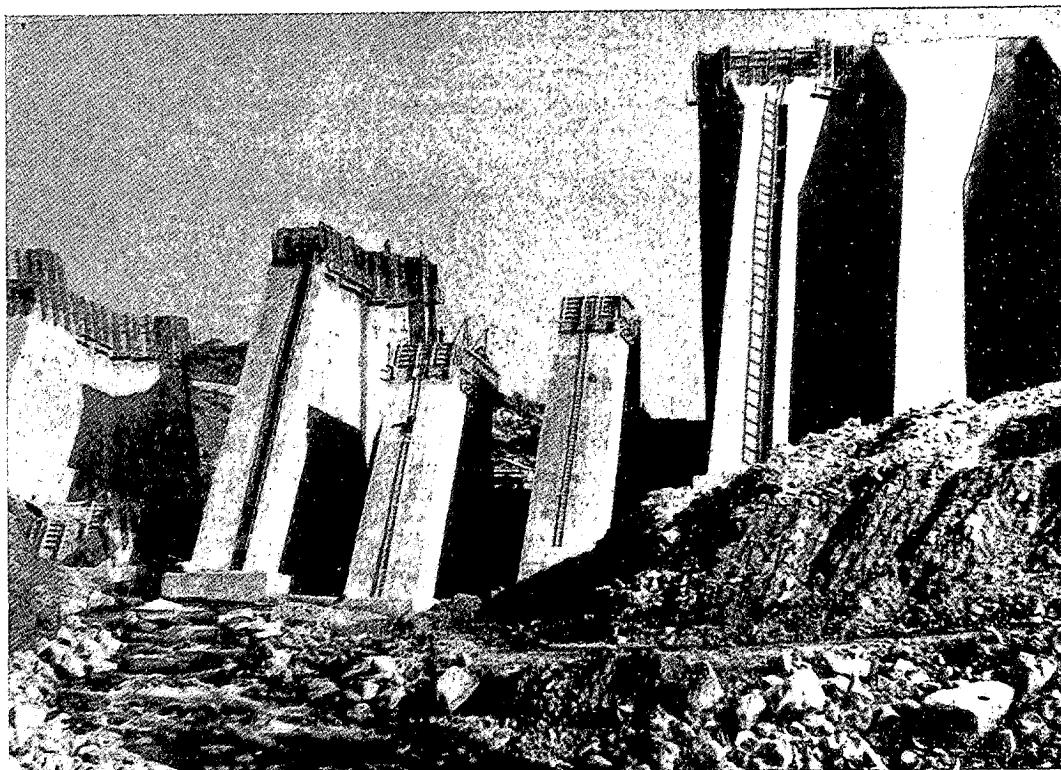
Fig. 7.— Sección de la cámara superior, pozo vertical y cámara inferior de la chimenea de equilibrio.

A partir de la chimenea de equilibrio sigue un tramo de galería a presión con 4 por 100 de pendiente hasta salir a la superficie del terreno, donde se encuentra la casa de válvula. Allí comienza la tubería forzada, de pendiente poco acentuada hasta alcanzar la Central:

Túnel de presión:

Longitud	3 533,36 m
Pendiente	4 %
Diámetro interior	2,80 m

Contrafuertes centrales (diciembre 1970).



Chimenea de equilibrio:

Longitud de la cámara inferior	70 m
Diámetro de la cámara inferior	5 m
Altura del pozo vertical	57 m
Diámetro de la cámara superior	23 m

Galería de presión:

Longitud	384,46 m
Diámetro interior	2,80 m

Casa de válvula:

Válvula tipo mariposa, número	1
Diámetro	2,30 m

Tubería forzada:

Número	1
Longitud	1.392 m
Diámetros	2.500-1.800 mm
Espesores	9-25 mm

Central, subestación y canal de descarga.

La Central se emplaza en la margen izquierda del embalse de Las Conchas, con el que

comunica mediante un canal de descarga de 220 m. En ella va emplazado un solo grupo de 60.000 kVA.

La estructura de la parte principal de la Central es de hormigón armado con paredes simples. Los servicios auxiliares están situados junto a la sala de máquinas.

La válvula de control del tipo esférico de la tubería forzada va situada al lado de la turbina.

El grupo generador se compone de una turbina de tipo Francis y de un generador acoplados verticalmente.

Cerchas metálicas en el túnel de conducción en las zonas de roca de mala calidad.



La Central puede ser mandada desde los controles situados cerca del grupo, pero normalmente será mandada a distancia desde la Central de Las Conchas.

La Central contiene además los servicios auxiliares necesarios, tales como talleres, almacenes, etc.

El parque de transformación queda emplazado en la parte izquierda, de tal manera que su distancia hasta la Central es la más corta posible.

Desde este parque de transformación salen tres líneas a 132 kV en dirección de las Cen-

trales de Las Conchas, Frieira y Peares. Además, se ha previsto una línea de transporte a baja tensión para los servicios de los equipos de la presa.

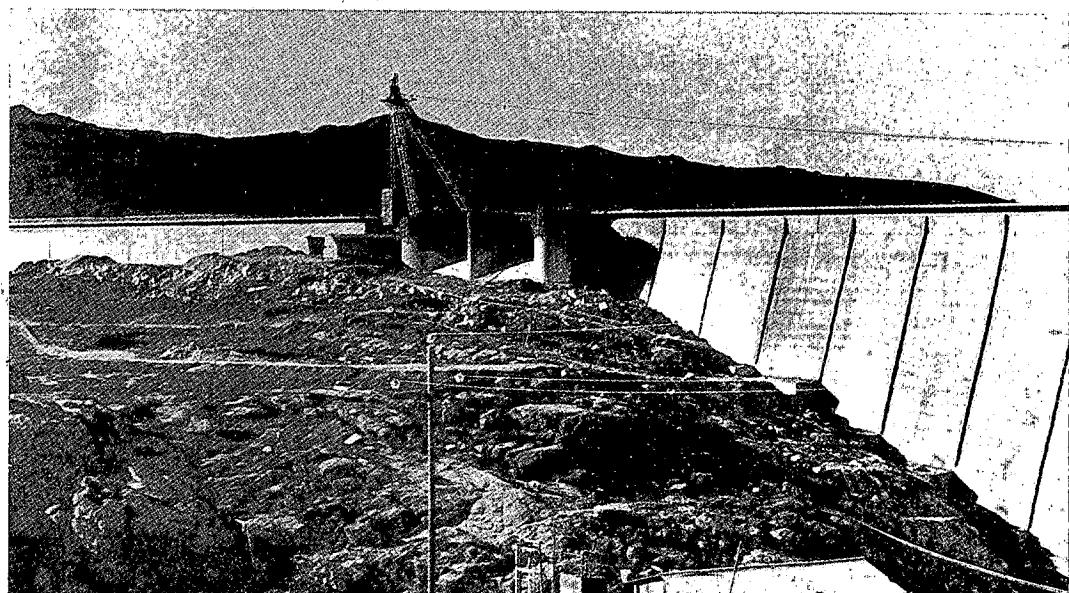
Las características de los elementos fundamentales del grupo de la Central son:

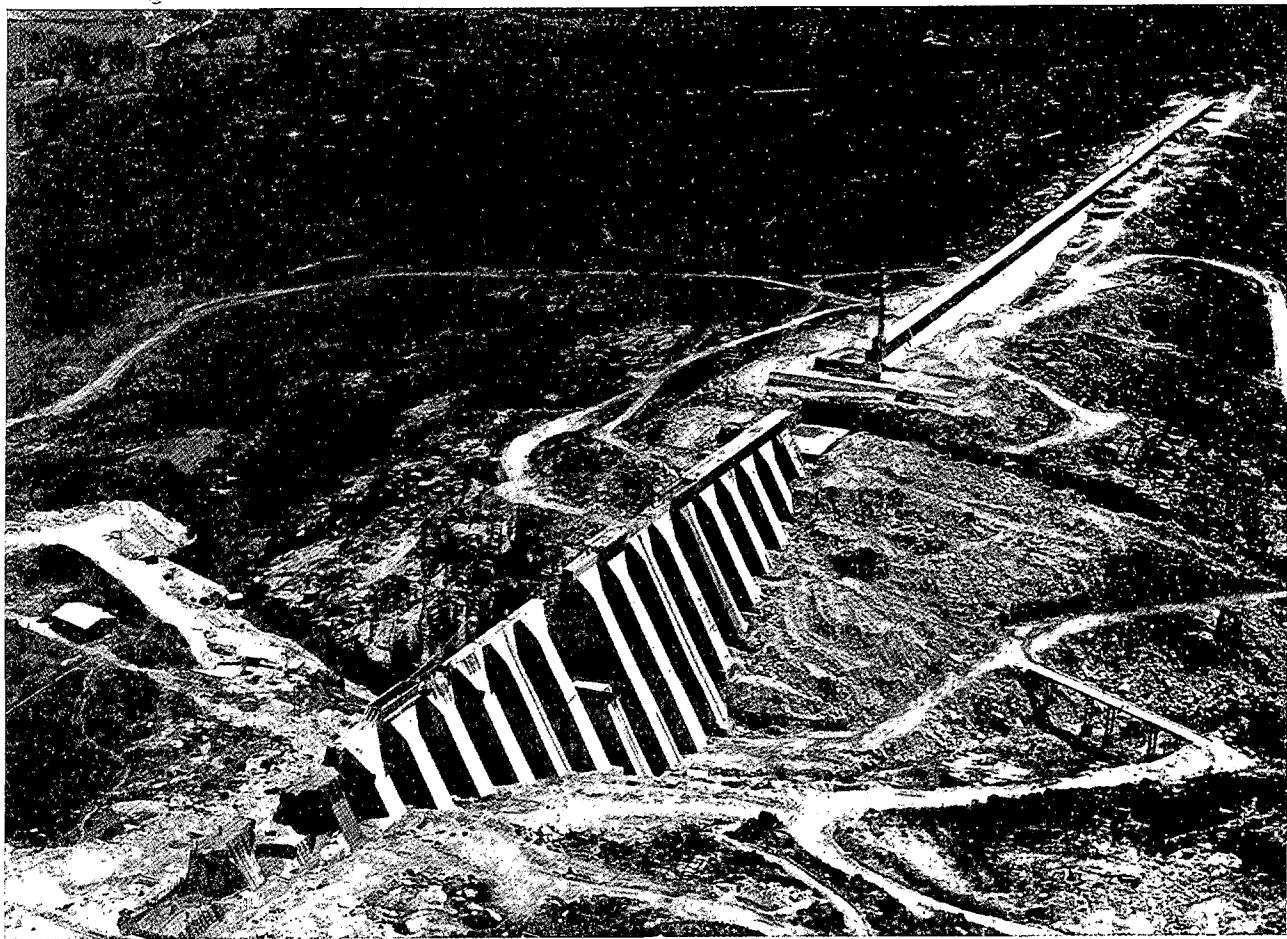
Número de grupos 1

Turbina:

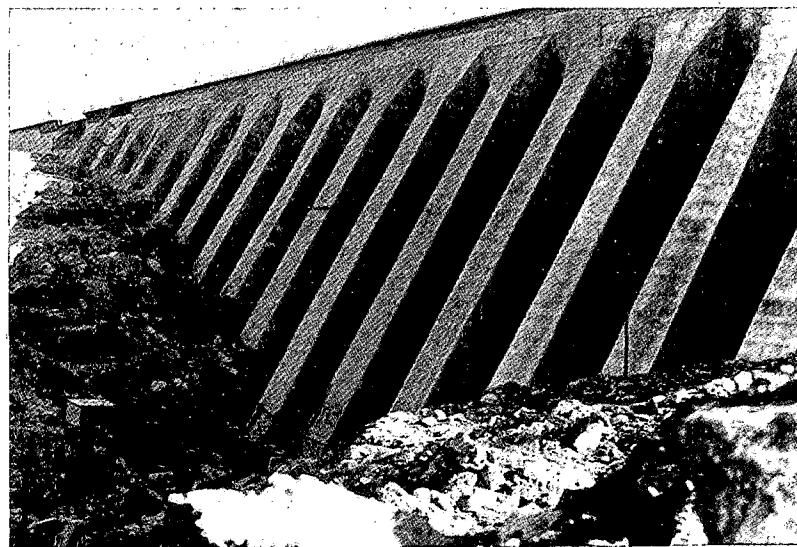
Caudal nominal	22,3 m ³ /seg
Salto medio neto	247 m
Tipo	Francis, vertical
Potencia	67.300 CV
Revoluciones	500 rev/min

Embocadura del aliviadero de superficie.





Vista general de la presa (octubre 1971).



Vista desde la margen izquierda de la parte central de la presa (diciembre 1971).

Alternador:

Tipo	Trifásico, vertical
Potencia nominal	60.000 kVA
Potencia con $\cos \phi = 0.8$	48.000 kW
Tensión nominal	12,5 kV

Transformador:

Tipo	Trifásico
Potencia nominal	60.000 kVA
Tensiones	12,5/132 kV
Conexión	Triángulo/estrella

Auscultación de la presa.

La auscultación de la presa de Salas prevé cinco medidas de control:

- a) Medición de deformaciones unitarias.
- b) Medición de temperatura.
- c) Medición de movimiento de juntas.
- d) Medición de desplazamientos absolutos.
- e) Medición de subpresiones.

Para las primeras mediciones se han colocado en la presa cinco grupos de cinco extensómetros eléctricos y cinco extensómetros correctores.

Para las segundas se instalaron 42 pares termo-eléctricos en el cuerpo de la presa y 4 pares termoeléctricos en el embalse.

Para control de los movimientos de juntas se montaron 65 bases de elongómetros.

En relación con el control de desplazamientos se dispusieron cinco péndulos directos y cinco péndulos invertidos, y, por último, para la medición de subpresiones se colocaron 31 manómetros.

Con todos estos dispositivos se podrá tener un perfecto control del comportamiento de la estructura una vez puesta en servicio durante el año actual de 1972.

Hemos descrito hasta aquí, en forma somera, un aprovechamiento hidroeléctrico de los muchos que se han construido en la región gallega y en el resto de nuestro país.

Ellos son el exponente claro del sentir y del pensamiento de una de las épocas más brillantes de la Ingeniería Hidráulica española.

Todas estas obras hidráulicas pasarán algún día a formar un estilo como los clásicos, definido por un sentimiento de energía y fuerza, en el que detrás de él aparecerá, como siempre, el hombre como ser animado por el afán de lo útil y lo bello.