

Las presas como complemento de las centrales térmicas

Las presas de embalse constituyen, a menudo, elementos muy importantes de complejos de producción de energía eléctrica de origen térmico, no siempre conocidos suficientemente. En este artículo se presentan diversos ejemplos españoles de este tipo de presas: las de Villagudín y San Cosmade (C. T. de Meirama); la de Anllarinos (C. T. Anllares); las de La Barca y La Florida (C. T. Narcea); la de Casares (C. T. La Robla); la de Arrocampo (C. N. Almaraz); la de Valdecaballeros (C. N. Valdecaballeros) y las de Villalba y Besandino (C. T. de Velilla de Río Carrión.)

1. INTRODUCCION

El aumento paulatino de las necesidades de agua debido no sólo al de población, sino al desarrollo de la agricultura y al de la industria en general, y al aumento y cambio de las condiciones y nivel de vida, ha obligado a aprovechar cada vez con mayor cuidado los escasos y limitados recursos de agua, y ello a lo largo del tiempo, ha derivado en la construcción de numerosas presas en nuestro suelo con diversos objetivos y motivos.

Entre otros, es frecuente citar la necesidad de las presas para abastecimiento de aguas a poblaciones e industrias, regulación para riego y aprovechamientos hidroeléctricos, relacionando las presas normalmente con algunos de estos cometidos.

Sin embargo, es menos frecuente recordar la importancia que tienen muchas veces las presas como elemento complementario necesario para la producción de energía eléctrica, por medio de centrales térmicas, tanto convenciona-

Por RODRIGO DEL HOYO FERNANDEZ-GAGO

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Unión Eléctrica Fenosa, S. A.

RAIMUNDO ARIAS AZCUNE

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Unión Eléctrica Fenosa, S. A.

PEDRO GUINEA Y ORTIZ DE URBINA

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Iberduero, S. A.

JUAN LUIS OLASO LEGARRETA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Iberduero, S. A.

JOSE LUIS ALLENDE GARCIA-BAXTER

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Hidroeléctrica Española, S. A.

CROTIDO DE SIMON FONTCUBERTA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Hidroeléctrica Española, S. A.

les como nucleares. Nos referimos, concretamente, a aquellas presas incluidas en los sistemas de suministro de agua, tanto para la refrigeración como para los servicios generales de las centrales térmicas.

Las condiciones de las corrientes y de los recursos de agua, cercanos a algunas centrales térmicas de producción eléctrica, han hecho recomendable u obligado el construir embalses para conseguir un adecuado sistema de suministro de agua, tanto para refrigeración como para los servicios generales.

Por todo ello, hemos querido señalar en este artículo la importancia, en algunos casos, que las presas han tenido, y tienen, como elemento que forma parte de los sistemas para producción de energía térmica, describiendo a continuación los sistemas de suministro de agua existentes en varias centrales térmicas españolas, deteniéndonos de una forma especial, en cada caso, en la descripción de las presas que en ellos se incluyen.

2. ALGUNOS EJEMPLOS DE SUMINISTROS DE AGUAS EN CENTRALES TERMICAS ESPAÑOLAS

2.1. Central Térmica de Meirama

2.1.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

La Central Térmica de Meirama, situada en el término municipal de Cerceda, en la provincia de La Coruña, utiliza como combustible los lignitos que se extraen de la explotación a cielo abierto del mismo nombre.

La caldera, que como ya hemos dicho utiliza como combustible lignitos, es de circulación forzada, con hogar equilibrado.

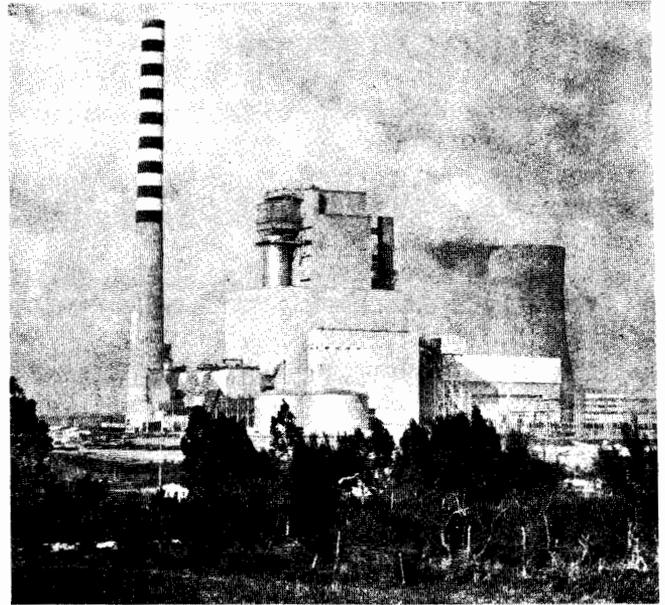


Foto 2.1.—Vista general.

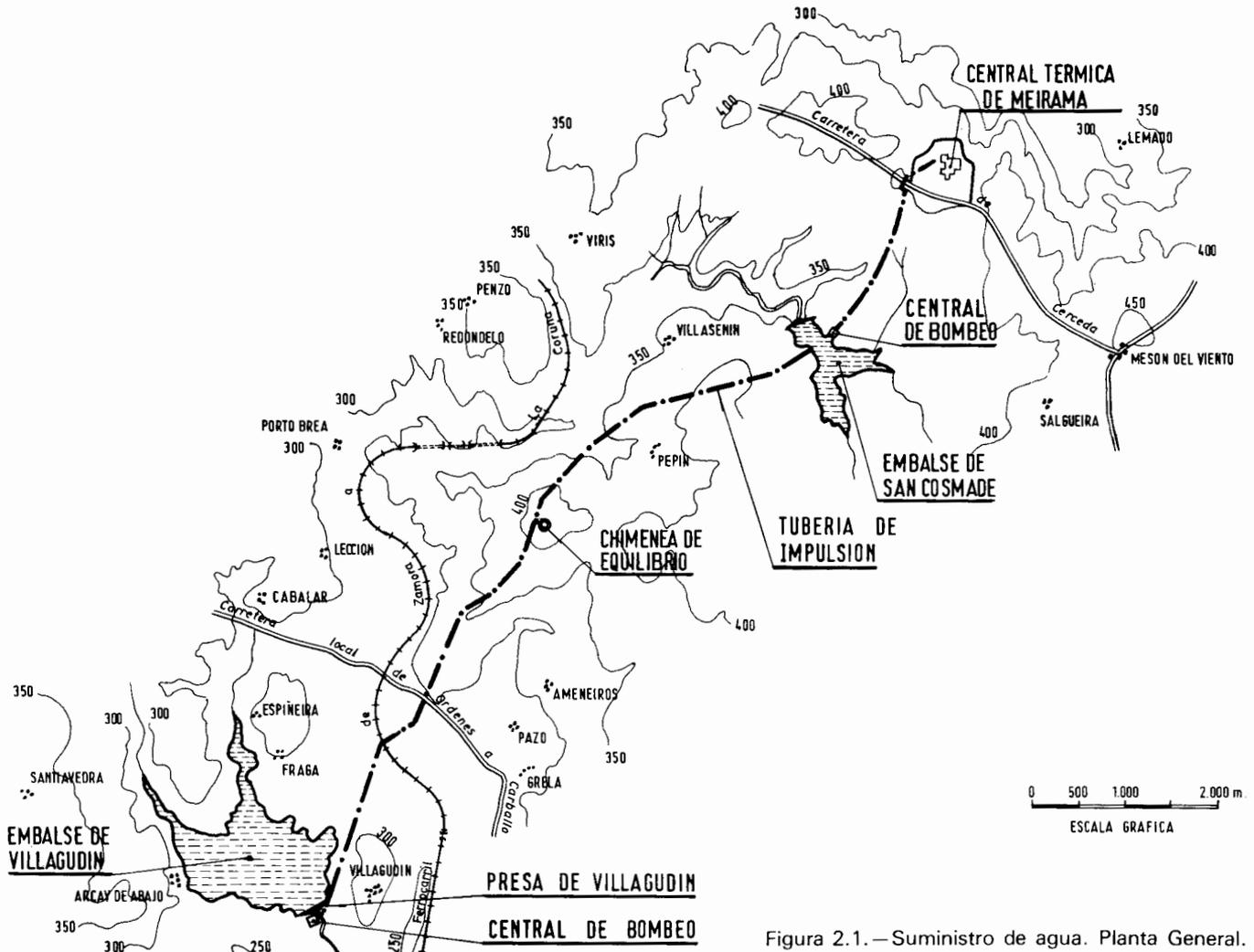


Figura 2.1.—Suministro de agua. Planta General.

La turbina, «tandem-compound», de cuatro cuerpos y recalentamiento intermedio va acoplada a un alternador de 3.000 r.p.m., que con tensión de generación de 19 kV y factor de potencia 0,85, tiene una potencia máxima de 555 MW. La energía anual media producible es de 3.300 GWh.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

El sistema de refrigeración es de circuito cerrado, con torre de refrigeración húmeda.

Las necesidades de agua, tanto para reponer las pérdidas del sistema de refrigeración, como para los diversos servicios de la Central, se ha valorado en 0,75 m³/s equivalente a 16,2 Hm³/año, con una utilización de 6.000 horas/año.

Teniendo en cuenta que la Central Térmica debe funcionar con independencia de las condiciones hidrológicas, ha sido necesario construir un embalse en el río Veduido, situado a unos 10 km de la Central, que nos permite garantizar los caudales requeridos en un año seco y con la distribución anual de aportaciones del río más desfavorable.

Al ser la distancia entre el embalse regulador y la Central Térmica del orden de 10 km, y ante la necesidad de garantizar el suministro de agua a la Central, se optó, como solución más económica, por la construcción de un pequeño embalse (San Cosmade) situado, aproximadamente, a 1 km de la Central, con capacidad para unos 20 días de funcionamiento de la misma, tiempo suficiente para reparar la conducción en caso de una eventual avería. La solución alternativa de duplicar la conducción resulta notablemente más cara.

Los elementos fundamentales del sistema de refrigeración de la Central Térmica de Meirama son los siguientes:

- Presa de Villagudín, que crea un embalse de 16 Hm³ de capacidad.
- Central de bombeo, al pie de la Presa de Villagudín, dotada de dos bombas de 2.100 CV cada una.
- Central de bombeo, al pie de la Presa de Villagudín, dotada de dos bombas de 2.100 CV cada una.

- Conducción en tubería de hormigón armado y pretensado, con alma de acero, Ø 800 mm y 7.100 m de longitud. La impulsión propiamente dicha se realiza hasta una chimenea de equilibrio, de la que arranca un sifón que conduce el agua a la cámara de carga.
- Canal rectangular de 0,6 × 1 m de sección, de 890 m de longitud.
- Presa de San Cosmade que crea un embalse de 1,2 Hm³ de capacidad.
- Central de bombeo, dotada de tres bombas de 330 CV cada una, situada en el embalse antes citado y tubería de impulsión de Ø 600 mm hasta la Central.

2.1.2. Presa de Villagudín

La Presa de Villagudín es una presa de escollera de planta recta, de unos 500 m de longitud en coronación, con una altura máxima sobre cimientos de 33 m (30 m sobre el cauce del río) y taludes 1 : 1,30, tanto en el paramento de aguas arriba como en el de aguas abajo, con pantalla en el paramento de aguas arriba de hormigón armado, de un espesor de 0,3 m.

En el pie del paramento de aguas arriba se sitúa el rastrillo, del que arranca la pantalla de hormigón armado y a través del cual discurre la galería desde la que se han hecho los tratamientos de inyección y drenaje.

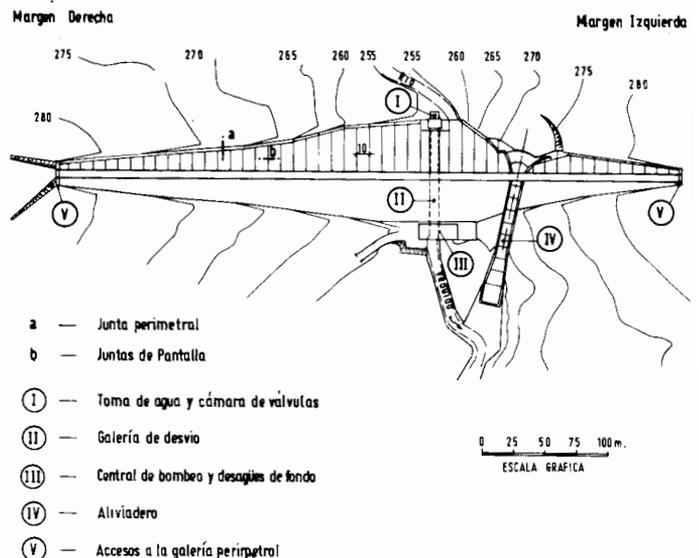


Figura 2.1.2. — (a) Planta.



Foto 2.1.2. — Vista general.

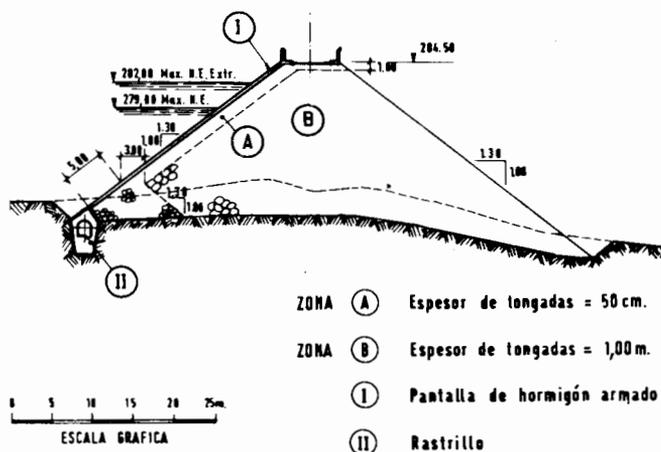


Figura 2.1.2. — (b) Sección tipo.

En el cuenco del río se sitúan los desagües de fondo y la toma de agua en una estructura de hormigón, dotada de una galería perpendicular al eje de la presa, que se ha utilizado como túnel de desvío durante la construcción y posteriormente como acceso a la galería perimetral y cámara de válvulas.

Inmediatamente aguas abajo de esta estructura se ubica la central de bombeo.

El aliviadero, de lámina libre sin compuertas, está situado en la ladera izquierda y tiene una capacidad de 250 m³/s;

El volumen total de escollera granítica colocada, procedente de una cantera situada a

unos 2 km de la presa, ha sido de 223.700 m³ y la superficie de la pantalla de 11.400 m².

Las características topográficas y geológicas del emplazamiento (esquistos micáceos muy alterados en las laderas) aconsejaron proyectar una presa de materiales sueltos y, entre las distintas soluciones posibles, nos decidimos por la de escollera con pantalla de hormigón armado aguas arriba, por diversas razones relacionadas con los materiales disponibles (dificultades para encontrar material adecuado para un núcleo impermeable de arcilla), climatología (la presa está ubicada en una zona muy lluviosa) y el coste de la obra.

La escollera se ha colocado en tongadas de 1 m de espesor, con bloques de tamaño máximo de 1 m y menos de un 20 por 100 de tamaños inferiores a 25 mm. En las zonas próximas al paramento de aguas arriba las tongadas eran de 0,5 m, con el tamaño máximo de 0,4 m.

La escollera, una vez extendida, se regaba con monitores con una presión de 5 kg/cm² y un volumen de agua equivalente a 0,5 del de la escollera extendida.

La compactación se realizó con rodillo vibrante de 10 Tn y frecuencia de vibración de 1.500 r.p.m.

El número de pasadas de rodillo vibrante necesarias para obtener la compactación requeri-

da, que se controlaba por nivelación, ha sido en el 92 por 100 de los casos inferior a 8.

El paramento de aguas arriba de la presa se ha compactado con rodillo vibrante de 5,5 Tn y frecuencia de vibración de 1.600 r.p.m. Posteriormente se recubrió con una capa de hormigón poroso.

La pantalla propiamente dicha está constituida por hormigón de 350 kg de cemento por m³, con una armadura de redondos Ø 14 mm cada 10 cm en dos direcciones ortogonales, situadas en una capa central. En los bordes de cada losa se incrementó esta armadura con redondos Ø 10 cada 10 cm en dos capas próximas a las superficies.

En la presa se controlan los asientos de la escollera en 4 perfiles por medio de teleniveles hidráulicos y nivelación en coronación.

Los movimientos verticales máximos detectados con los teleniveles han sido del orden de los 50 mm durante la construcción y del orden de los 10 mm en la fase de explotación.

En las juntas de la pantalla con el rastrillo se han instalado medidores eléctricos.

En los cuatro años que lleva en explotación esta presa el movimiento máximo de apertura de estas juntas ha sido inferior a los 2 mm.

También se realiza un aforo sistemático de los drenes situados en la galería del rastrillo, des-

de la cual se han realizado los tratamientos de la cimentación, a base de inyecciones de lechada de cemento.

2.1.3. Presa de San Cosmade

La Presa de San Cosmade es de gravedad, de planta recta, con el paramento de aguas arriba vertical y con talud de 0,76 en el de aguas abajo.

La roca de cimentación está constituida por esquistos micáceos en general poco alterados.

El aliviadero, de lámina libre sin compuertas, se sitúa en los bloques ubicados sobre el cauce del río y está dotado de un cuenco amortiguador de resalto hidráulico.

La presa dispone de dos desagües de fondo, formados por dos conductos de Ø 0,40 m, con sus correspondientes válvulas.

Desde la galería perimetral, sensiblemente paralela al fondo de excavación y a una distancia del mismo del orden de 0,80 m, se han realizado los tratamientos de juntas y de la cimentación de la presa.

Las dimensiones características de la Presa de San Cosmade son las siguientes:

- Altura máxima sobre cimentaciones 17,50 m



Foto 2.1.3. — Vista general.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

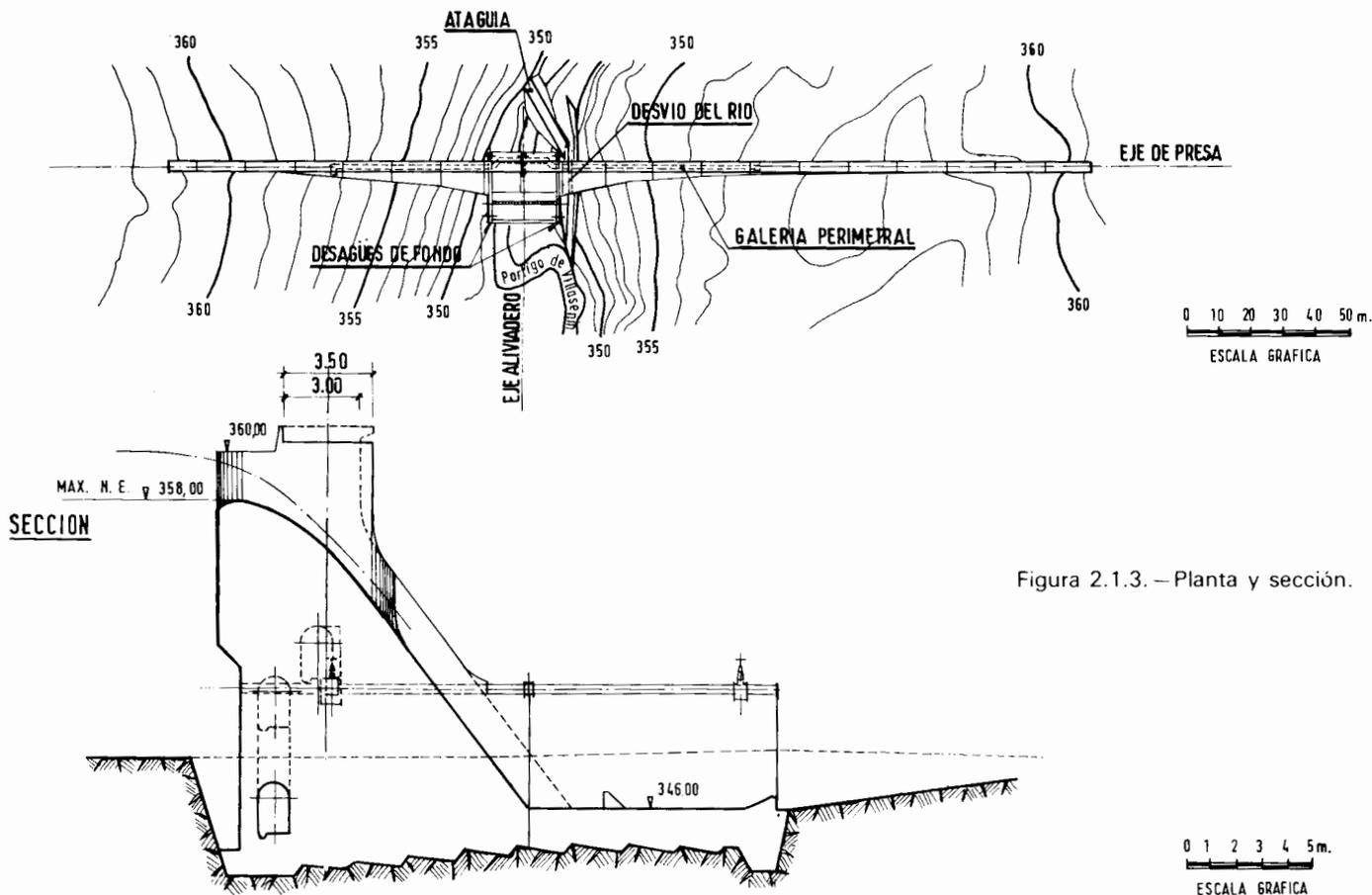


Figura 2.1.3. — Planta y sección.

— Longitud de coronación	285,00 m
— Talud aguas arriba	0,00
— Talud aguas abajo	0,76
— Volumen de hormigón	9.542,00 m ³
— Cota de coronación	361
— Cota de máximo embalse normal	358
— Cota de máximo embalse extraordinario	359,90
— Ancho del camino de coronación	3,50
— Aliviadero. Estructura de control. Lámina libre sin compuertas.	
— Aliviadero. Cuenco amortiguador por resalto hidráulico.	
— Aliviadero. Capacidad para cota de máximo embalse extraordinario	93 m ³ /s

los siguientes parámetros:

- Filtraciones: Aforo directo de los drenes perforados desde la galería perimetral o desde el exterior.
- Subpresiones; mediante piezómetros.
- Movimiento de juntas entre bloques; mediante bases de elongámetro.

2.2. Central Térmica de Anllares

2.2.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

La Central Térmica de Anllares está situada en el término municipal de Páramo de Sil, en la provincia de León. Se ha elegido este emplazamiento por su proximidad a los importantes yacimientos de antracita existentes en la zona.

La caldera, que utiliza como combustible las antracitas y semi-hullas del Bierzo, es de circulación natural, con hogar equilibrado. La turbi-

Para la auscultación de la presa se controlan

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

na, tipo «tandem-compound», de tres cuerpos y recalentamiento intermedio, está acoplada a un alternador de 3.000 r.p.m., que con tensión de generación de 18 kV y factor de potencia 0,95, tiene una potencia de 350 MW. La energía anual media producible es de 2.100 GWh.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

El sistema de refrigeración es de circuito cerrado, con torre de refrigeración húmeda.

Las necesidades de agua, tanto para reponer las pérdidas del sistema de refrigeración, como para atender a los distintos servicios de la Central, se evaluaron en $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$.

La existencia de un canal, que partiendo del embalse de Ondinas alimenta a la Central Hidroeléctrica de Peñadrada, explotada por ENDESA, y que se acerca a una distancia de 1,5 km de la Central Térmica de Anllares, en las

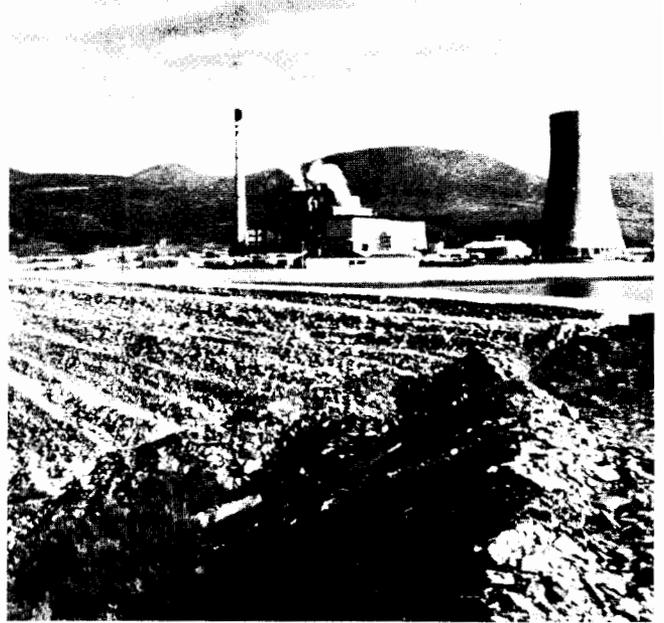


Foto 2.2. — Vista general (Central Térmica de Anllares y presa de Anllarinos).

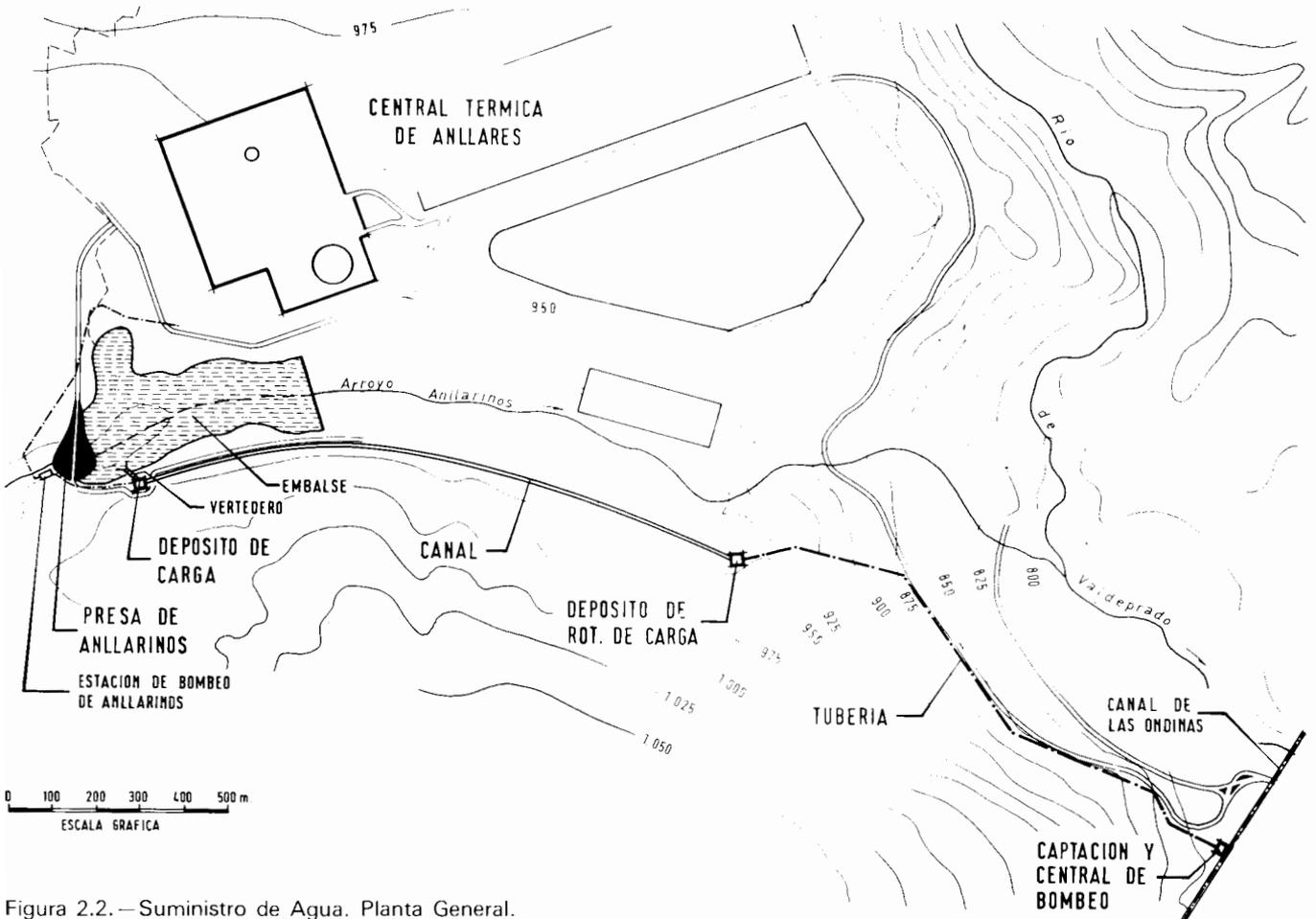


Figura 2.2. — Suministro de Agua. Planta General.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

proximidades del acueducto de Valdeprado, sugirió la solución de detraer del citado canal los 0,35 m³/s y bombearlos a un embalse que, situado muy próximo a la Central, disponga de la capacidad suficiente para garantizar el suministro de agua en las épocas en que, por revisión o reparaciones del canal, éste se encuentre sin circulación de agua.

Los elementos fundamentales que constituyen el sistema de suministro de agua a la Central Térmica de Anllares son los siguientes:

- Captación del canal de las Ondinas y central de bombeo, dotada con tres bombas de 560 CV, situada en las proximidades del acueducto de Valdeprado.
- Tubería de impulsión de 1.375 m de longitud y Ø 600 cm de hormigón armado y pretensado con alma de acero.
- Depósito de carga del que parte un canal de 0,8 × 1 m de sección y que con una longitud de 1.200 m lleva el agua hasta otro depósito o cámara de reparto, del cual el agua puede ser conducida a una segunda estación de bombeo, o bien al embalse de Anllarinos.
- Presa de Anllarinos que crea un embalse de 0,6 Hm³ de capacidad.
- Estación de bombeo de Anllarinos, dotada de dos bombas de 198 CV cada una, que permite bombear el agua tanto directamente desde la cámara de reparto como desde el embalse, al depósito de agua bruta de la Central a través de una tubería de impulsión de 500 y 600 mm Ø.

2.2.2. Presa de Anllarinos

Es una presa de gravas compactadas con núcleo de arcilla, de las siguientes características:

- Tipo de presa: Gravas compactadas con núcleo de arcilla:
- Longitud de coronación 180,20 m
- Ancho de coronación 6,3 m
- Cota de coronación 937,00 m
- Cota de máximo embalse en explotación normal 935,50 m
- Cota de máximo embalse en avenidas 935,78 m
- Altura máxima sobre cimientos 18,5 m

- Taludes aguas arriba y aguas abajo 1/2,5 m
- Aliviadero libre en collado:
 - Ancho del aliviadero 50 m
 - Avenida máxima 17,5 m³/s

En relación con las características geológicas del emplazamiento, nos encontramos que la ladera izquierda está constituida por pizarras grises oscuras, más sanas en las proximidades de la cerrada que en la zona de aguas arriba del vaso.

Tanto la ladera derecha, como el curso del arroyo, está formada por gravas y bolos del Mioceno, con arcillas cuaternarias en algunas zonas, principalmente hacia la ladera derecha. En el cauce del arroyo las gravas y arenas están recubiertas en bastantes zonas por materiales orgánicos cuaternarios.

En las proximidades del emplazamiento de la

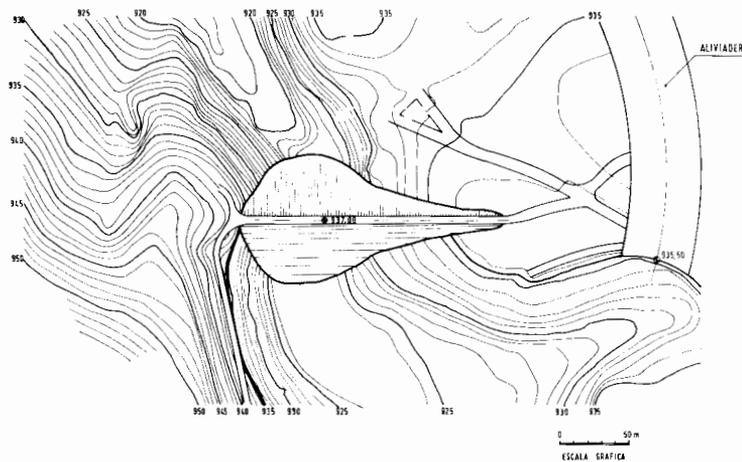


Figura 2.2.2. — (a) Planta.

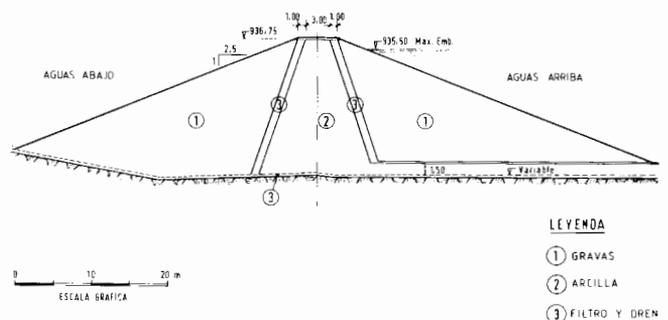


Figura 2.2.2. — (b) Sección tipo.

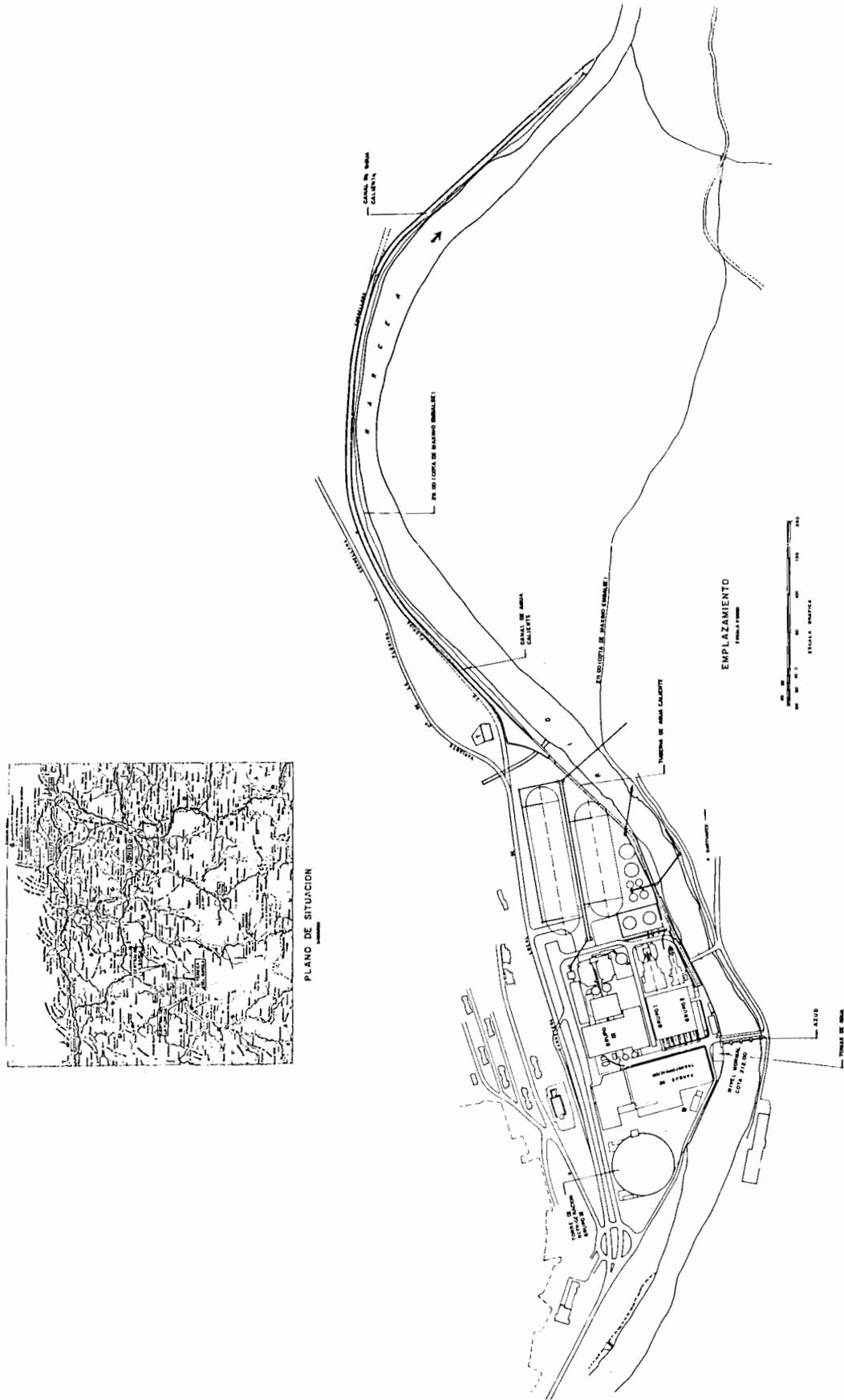


Figura 2.3. — Situación y emplazamiento.

Central existen arcillas con características adecuadas para constituir el núcleo impermeable de una presa de materiales sueltos.

Dadas las características geológicas del vaso, se ha considerado necesario tapizarlo en toda su superficie (140.000 m²) con un manto de arcilla de espesor variable entre 0,7 y 1,5 m, con objeto de limitar al máximo las pérdidas de agua.

El hecho de que el vaso del embalse en la zona situada más aguas arriba tuviese una pendiente muy pequeña, ha aconsejado limitarlo por un dique posterior, de las mismas características que la presa, pero de altura notablemente inferior.

Con la construcción de este pequeño dique se consigue una reducción notable del presupuesto, al disminuir una superficie importante del tapiz de arcilla a construir, con una pérdida de capacidad del embalse mínima (del orden del 4 por 100).

El hecho de que se plantease la necesidad de revestir el vaso con un tapiz de arcilla y la existencia de gravas y arcillas adecuadas, aconsejaron, en principio, una presa de gravas con núcleo de arcilla, ya que de esta forma los mismos equipos necesarios para construir el tapiz se utilizarían para la construcción de la presa.

Por otra parte, las excavaciones para implantar una presa de hormigón hubieran sido importantes, con lo cual su presupuesto aumentaría considerablemente.

La existencia de materiales adecuados en las proximidades del emplazamiento de las obras, unido a las condiciones geológicas a que hemos hecho referencia, y a que las dimensiones de las obras a realizar pueden ejecutarse en un período de verano (en cinco meses) en los cuales la climatología permite desarrollar las labores de compactación de las arcillas con una humedad muy próxima a la óptima, hacen que la solución más aconsejable sea la que se ha adoptado de presa de gravas compactadas con núcleo de arcilla, con sus correspondientes filtros y drenes.

Para controlar el comportamiento de la presa se dispone de un aforador triangular que recoge los caudales filtrados y de varios puntos de nivelación en coronación.

2.3. Central Térmica del Nárcea

2.3.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

La Central Térmica del Narcea, en Asturias, está situada en la margen izquierda de dicho río, junto a la aldea de Soto de la Barca, en el término municipal de Tineo.

La Central, construida sobre una plataforma en la cola del embalse de La Barca, a la cota 213, utiliza como combustible las antracitas de las cuencas mineras de la zona y consta de tres grupos de 65 MW, 140 MW y 350 MW, respectivamente.

El primer grupo de 65 MW se encuentra en explotación desde junio de 1965. Las necesidades de agua para la refrigeración de este grupo y demás servicios son de 2,5 m³/s. Para la obtención de este caudal se construyó un azud en el Narcea al lado de la Térmica y se instalaron unas bombas que suministran dicho caudal.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

En esta zona los caudales mínimos del río en estiaje son del orden de 3 a 4 m³/s, por lo que no fue necesaria ninguna otra obra hidráulica para asegurar el abastecimiento de agua a este primer grupo de la Térmica.

Para el segundo grupo de la Térmica, que ya se estaba proyectando, se pensaba utilizar también el agua del Narcea regulada por un gran embalse que se pensaba construir aguas arriba de la Térmica, para un aprovechamiento hidroeléctrico.

Por diversas circunstancias, este gran embalse de regulación no pudo construirse, por lo que cuando se construyó el segundo grupo térmico, de 140 MW, que entró en funcionamiento en febrero de 1969, hubo que buscar otra solución para cubrir las necesidades de agua de este segundo grupo, que eran de 3,75 m³/s que, sumados a los 2,50 m³/s del primer grupo, daban un total de 6,25 m³/s.

La solución adoptada para los períodos de tiempo en que el caudal del Narcea es inferior a 6,25 m³/s, consiste en hacer recircular el

agua de refrigeración, en el Embalse de La Barca, enfriándose allí fundamentalmente gracias a la evaporación superficial.

Para ello se construyó una conducción que transporta el agua caliente procedente del condensador hasta un punto del embalse de La Barca, situado a unos 1.400 m, aguas abajo de la Térmica.

El agua fría se toma directamente del embalse de La Barca, para lo cual es necesario mantener levantadas las compuertas del azud y el nivel del embalse por encima de la cota 210, a la cual se encuentran las tomas. Como la cota de máximo embalse es la 211, la explotación del Salto de La Barca queda supeditada a la de la Térmica durante las épocas de estiaje, disponiendo sólo en estas circunstancias de 1 m como carrera de embalse.

Por otro lado, a unos 8 km aguas arriba de la Térmica, existe otro pequeño aprovechamiento hidroeléctrico llamado de La Florida, que dispone de un embalse que permite una regulación diaria del Narcea.

En las épocas de estiaje también la explotación en este salto queda supeditada a la Térmica, en el sentido de suministrar más caudal durante el día, cuando la temperatura del agua es mayor, que durante la noche, que esta temperatura baja.

Para la refrigeración del tercer grupo de 350 MW, que empezó a funcionar en 1983, se construyó una torre de refrigeración de tipo natural para un caudal de agua de 25,139 m³/hora.

En resumen, los elementos fundamentales del sistema de refrigeración de los tres Grupos de la Central Térmica del Narcea son los siguientes:

2.3.2 Azud en Soto de la Barca

Está formado por cuatro compuertas, vagón de doble tablero, de 10,50 m de ancho por 8 m de altura cada una.

Las dos compuertas de los extremos van provistas de clapetas. El umbral está a la cota 205,50 y el nivel normal del agua a la 212.

Inmediatamente aguas arriba del azud, en la margen izquierda, se encuentran las tomas de agua y la cámara de bombas de impulsión.

Conducción de agua caliente del Grupo II.

Esta conducción está formada por una tubería enterrada de hormigón, de 2,50 m de Ø interior, de unos 380 m de longitud, que transporta el agua caliente procedente del condensador y que se prolonga mediante un canal descubierto, también de hormigón, de 5 m de anchura y una longitud del orden de 1 km, que discurre por la margen izquierda del Narcea, a media ladera y desagua en el embalse de La Barca.

2.3.3. Presa de La Barca

La presa de La Barca, de tipo bóveda, está ubicada en un cañón de cuarcitas ordovicenses, con estratos que buscan casi paralelamente al río y dan origen a una cerrada asimétrica con ladera izquierda muy escarpada, mientras que la derecha tiene pendiente menos acusada. Los datos principales de la misma son:

— Cota de coronación	213,50 m
— Cota de máximo embalse	211,00 m
— Altura sobre cimientos	75,50 m
— Altura sobre el cauce	62,50 m
— Espesor de coronación	4,00 m
— Espesor a la cota del cauce	13,56 m
— Radio medio en coronación	76,00 m
— Radio medio a la cota del cauce	32,40 m
— Angulo central en coronación	840 m
— Angulo central a la cota del cauce	740 m
— Volumen total de hormigón (incluido aliviadero)	113.000 m ³



Foto 2.3.3.— Vista general.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

Los estudios geológicos y geofísicos del terreno incluyeron sondeos, prospecciones sísmicas, reconocimientos en galerías y medidas con gatos de columna para determinar el módulo de deformación de la roca.

Dada la asimetría de la cerrada, se proyectó el aliviadero en la margen derecha sobre un estribo de gravedad enlazado con la bóveda mediante transición adecuada. Se consigue así que en la ladera derecha, donde la capacidad resistente de la roca es algo menor por afectar la descompresión a capas más profundas, se repartan los empujes de la bóveda sobre una zona amplia gracias al estribo de gravedad. Además, esta disposición permitió disponer la Central al pie de la presa, con la consiguiente reducción de conducciones.

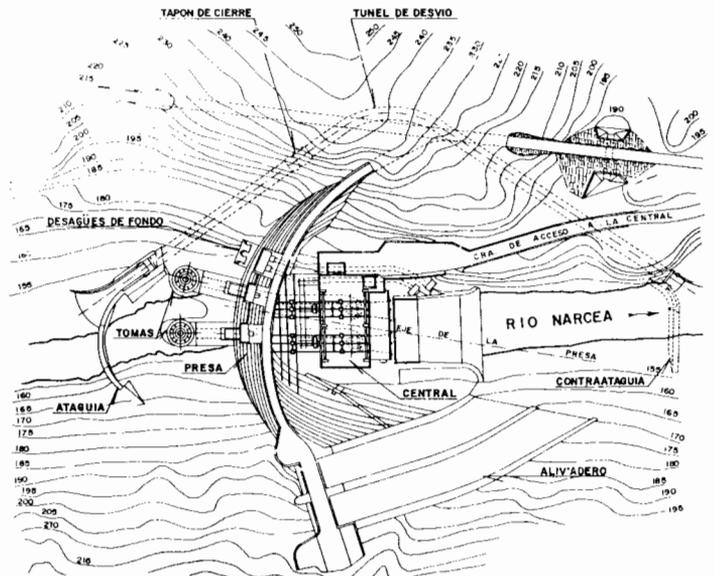
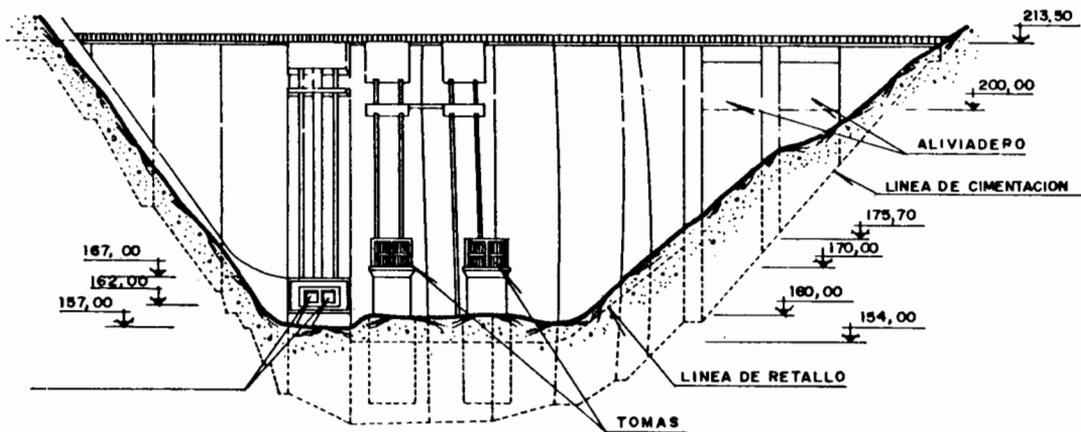
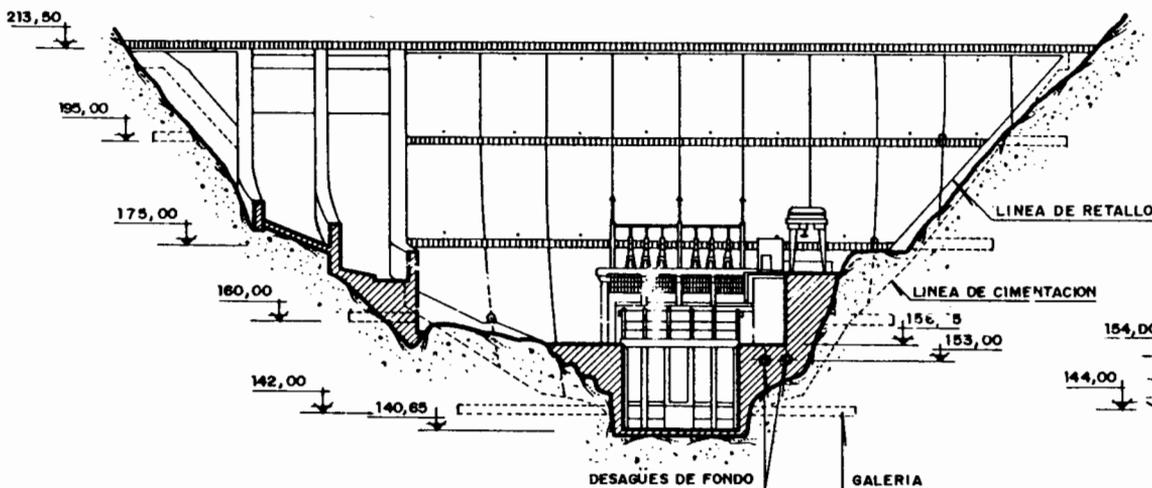


Figura 2.3.3.-(a) Planta general.

ALZADO AGUAS ARRIBA



ALZADO AGUAS ABAJO



SECCION

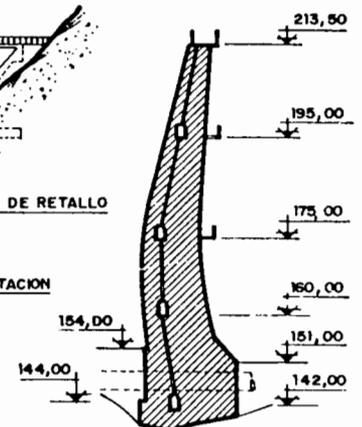


Figura 2.3.3.-(b) Alzado aguas arriba-abajo.

Todos los arcos tienen buena incidencia en el terreno y, en particular, en la ladera derecha son sensiblemente normales a los estratos.

La comprobación de la bóveda se hizo mediante cálculo con ordenador y, además con ensayo en modelo elástico.

Tanto los desagües de fondo, como las tomas, tienen tuberías que atraviesan la zona baja del cuerpo de presa y están cerrados aguas arriba por compuertas vagón adosadas al paramento de presa y accionadas desde coronación. Los cierres aguas abajo son de válvula mariposa.

El aliviadero, situado sobre el estribo derecho, consta de dos vanos de 12 m de ancho, cada uno, dotados con sendas compuertas Taintor,

de 12 x 9 m, con una capacidad total de desagüe de 2.300 m³/s.

La capacidad del embalse creado es de 32,2 Hm³ y la superficie del mismo de 1,94 km².

2.3.4. Presa de La Florida

La presa de La Florida, situada a unos 8 km aguas arriba de la Térmica del Narcea, es de tipo gravedad y crea un embalse en el Narcea con una capacidad del orden de 1 Hm³, siendo la cota de máximo embalse la 246,40 y la cota de restitución la 213,35.

El aliviadero ocupa la totalidad de la coronación de la presa. Consta de dos vanos de 15 m de ancho, cada uno, dotados de sendas compuertas de 5,50 m de altura y un vano denominado aliviadero de fondo, de 5 m de ancho, dotado con una compuerta de 8 m de altura. La capacidad máxima de desagüe en los dos vanos del aliviadero es de 860 m³/s y en el aliviadero de fondo de 184 m³/s con máximo nivel de embalse.

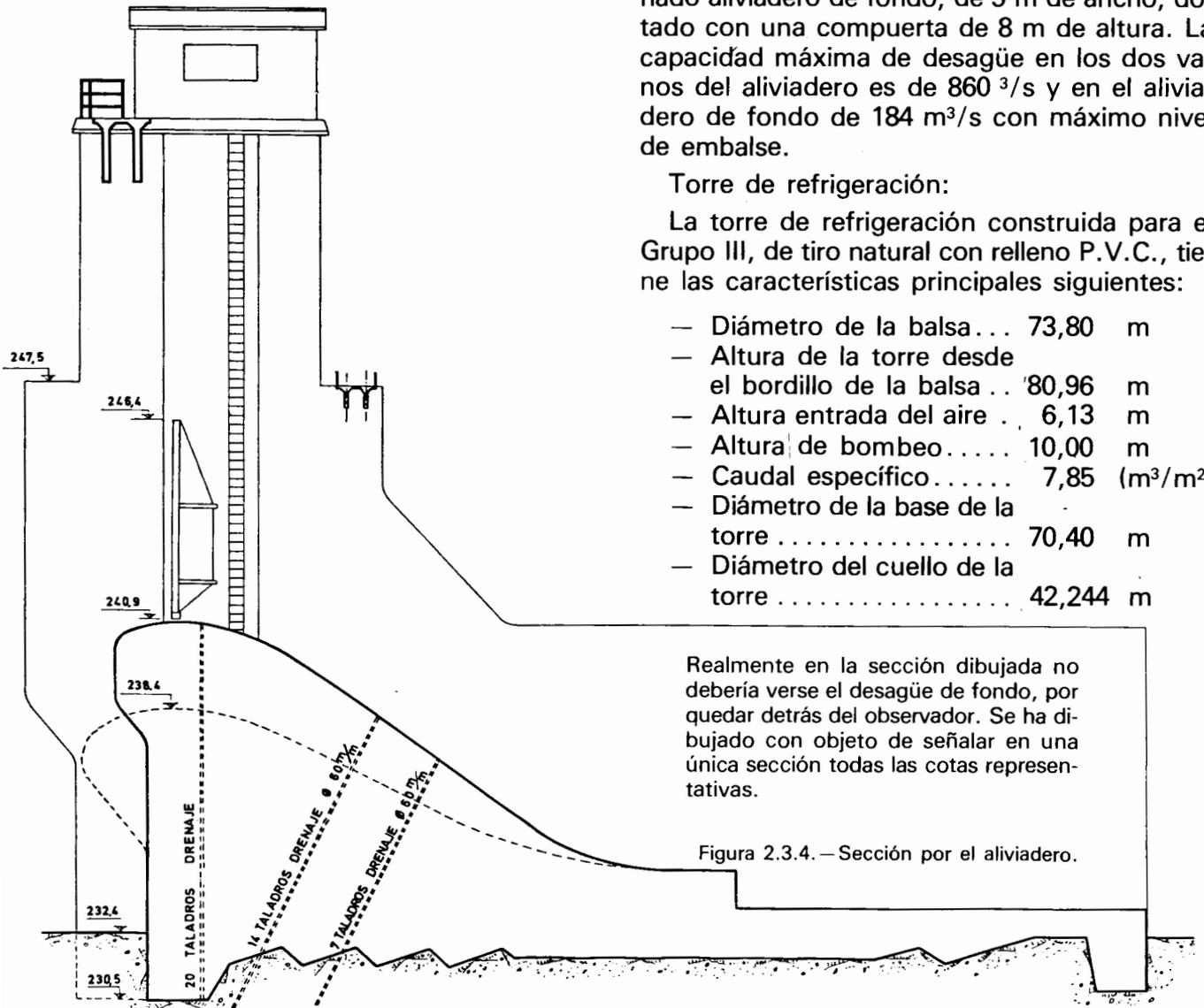
Torre de refrigeración:

La torre de refrigeración construida para el Grupo III, de tiro natural con relleno P.V.C., tiene las características principales siguientes:

- Diámetro de la balsa... 73,80 m
- Altura de la torre desde el bordillo de la balsa... 80,96 m
- Altura entrada del aire... 6,13 m
- Altura de bombeo... 10,00 m
- Caudal específico... 7,85 (m³/m²)
- Diámetro de la base de la torre... 70,40 m
- Diámetro del cuello de la torre... 42,244 m

Realmente en la sección dibujada no debería verse el desagüe de fondo, por quedar detrás del observador. Se ha dibujado con objeto de señalar en una única sección todas las cotas representativas.

Figura 2.3.4.— Sección por el aliviadero.



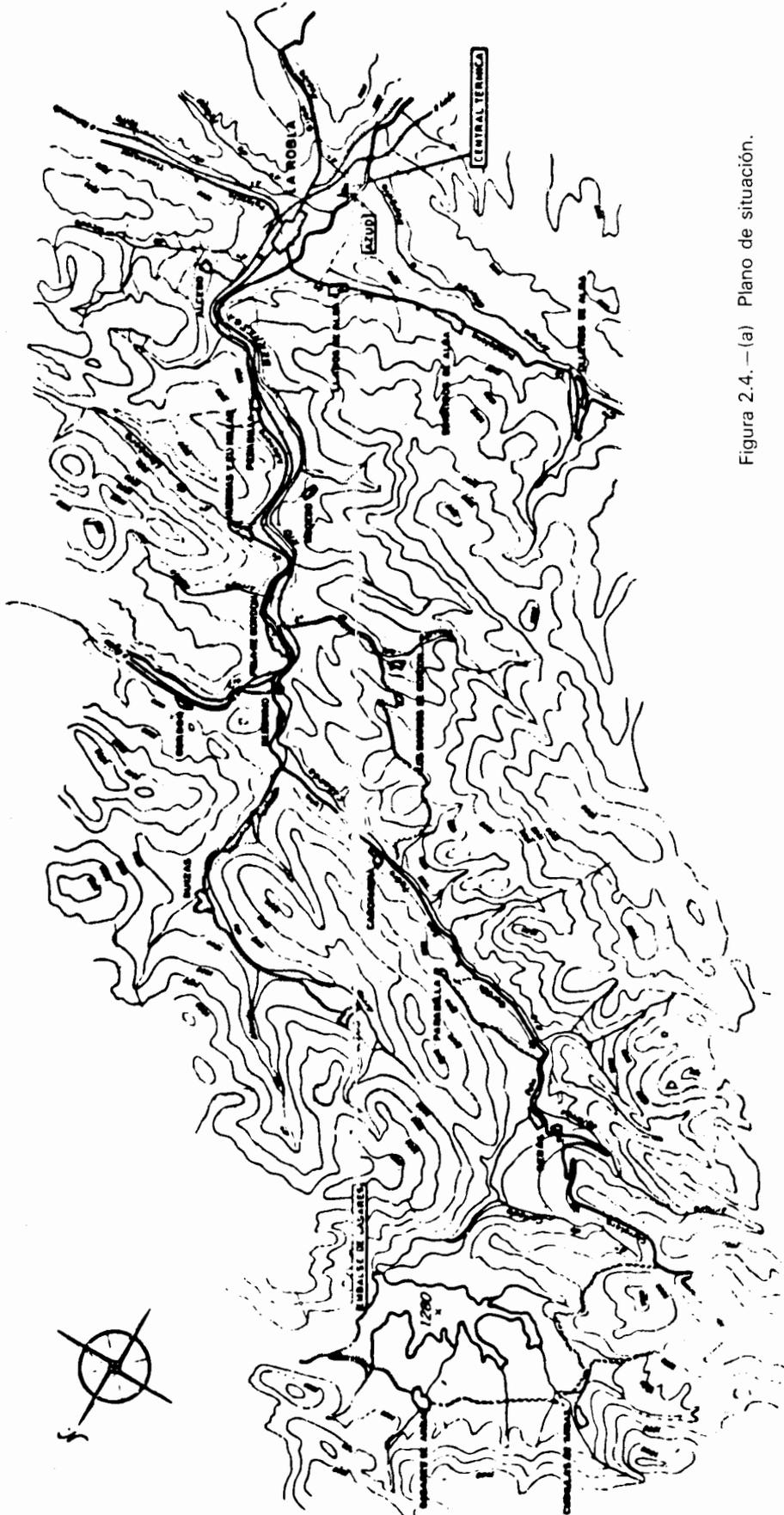


Figura 2.4. — (a) Plano de situación.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

- Diámetro de salida de la torre 45,588 m
- Caudal de agua 25.139 (m³/h)
- Salto térmico 15,02° C
- Temperatura del aire termómetro seco 19,38° C
- Temperatura del aire termómetro húmedo 17,56° C
- Humedad relativa 83,8 %
- Agua fría 25,17° C
- Agua caliente 40,19° C

Toma de agua:

La toma de agua, situada en la margen izquierda, inmediatamente aguas arriba del azud de Soto de La Barca, consta de las siguientes bombas de impulsión:

Grupo I:

Dos bombas de 143 CV y caudal de 77.200 l/m.

Grupo II:

Dos bombas de 236 KW de potencia y caudal de 8.290 m³/h.

Grupo III:

Tres bombas de servicio de 127,5 CV y caudal de 800 m³/h y dos bombas para soporte de emergencia de 40 CV.

2.4. Central Térmica de La Robla

2.4.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

Desde 1970, funciona en La Robla (León) un grupo térmico de 270 MW, que utiliza como combustible la hulla que se obtiene en la cuenca minera de las proximidades y, posteriormente se ha construido un segundo grupo de 350 MW que emplea el mismo combustible.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

Ambos grupos, dotados de un sistema de refrigeración en circuito cerrado, toman el agua necesaria para suplir pérdidas y otros usos del río Bernesga, en cuya margen izquierda están ubicados.

Durante el funcionamiento de un solo grupo (hasta 1984) no se presentaron problemas de escasez de agua de refrigeración y por ello solamente fue preciso instalar una caseta de bombas en el pequeño embalse creado por un azud, que se construyó junto a la Central.

Sin embargo, como el comportamiento natural del río Bernesga ya no garantiza, durante el estiaje, el suministro de los 400 l/s que se pre-

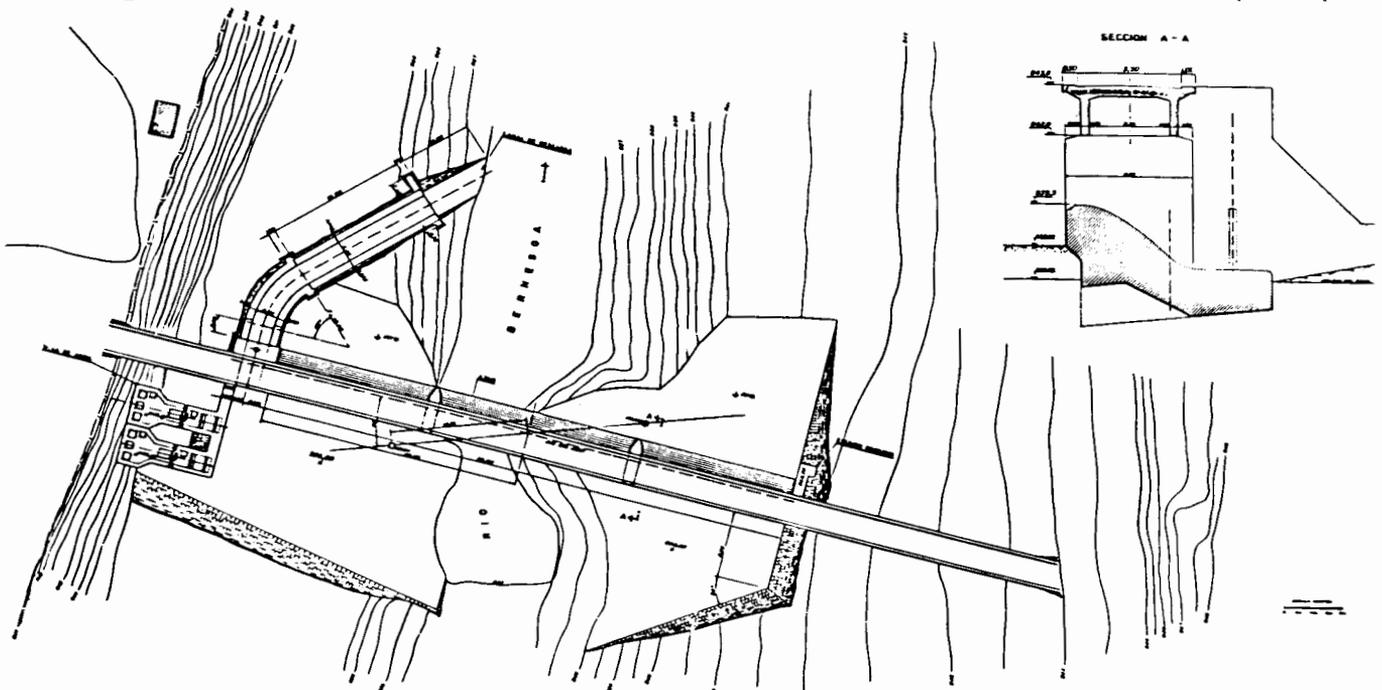


Figura 2.4.-(b) Planta general.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

cisan para refrigerar el segundo grupo, ha sido necesario construir el embalse de Casares, situado en el río del mismo nombre, que es afluente del Bernesga.

Las aguas almacenadas en el mismo se vierten, durante el estiaje al río, para que lleguen al primitivo embalse de La Robla, situado a 22 km aguas abajo, de donde se toman con una nueva instalación de bombas.

En consecuencia, los elementos fundamentales del sistema de refrigeración de la Central Térmica de La Robla son:

- Embalse de Casares de 7 Hm³ de capacidad.
- Azud de La Robla.



Foto 2.4.2. — Vista general.

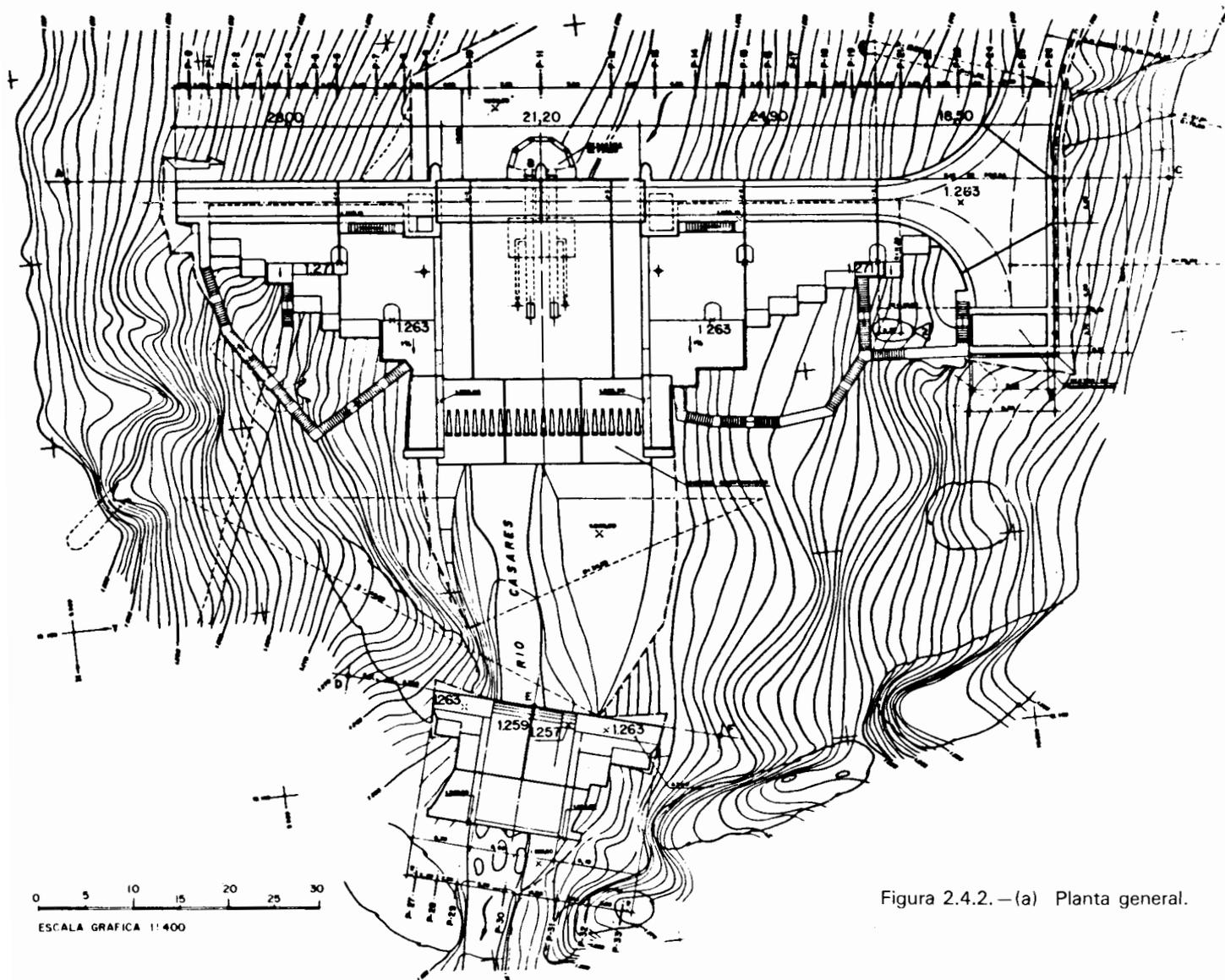


Figura 2.4.2. — (a) Planta general.

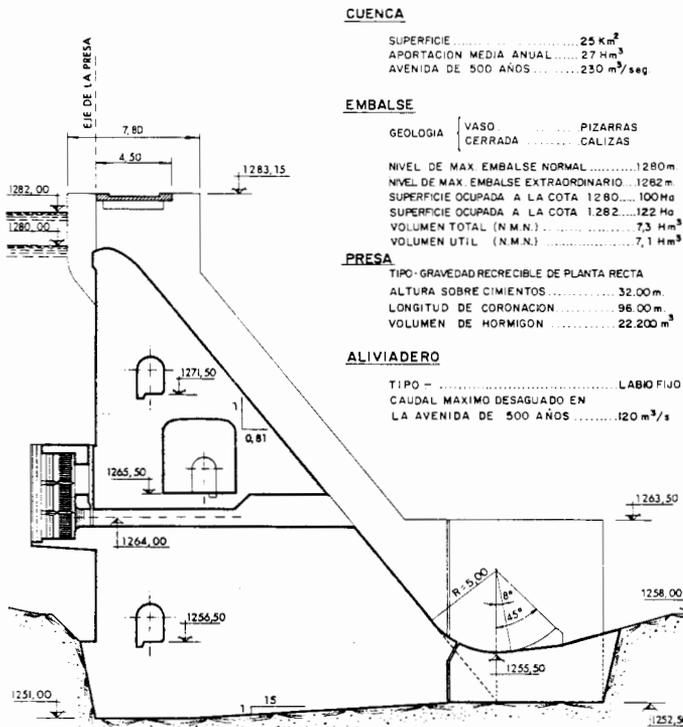


Figura 2.4.2. — (b) Cuenca, embalses, presa, aliviadero.

- Caseta de bombas del Grupo I, dotada de dos bombas de 100 CV y otras dos de 50 CV cada una.
- Caseta de bombas del Grupo II, dotada de dos bombas de 250 CV cada una y otra, de emergencia, de 40 CV.

2.4.2. Presa de Casares

Para crear el embalse de Casares se construyó una presa de gravedad recercible, cuyas características principales aparecen en el croquis adjunto.

El aliviadero, situado en la zona central de la presa, está formado por dos vanos de 10 m de luz cada uno y permite verter un caudal de 120 m³/s con 2 m de sobreelevación. La disipación de la energía se realiza en un cuenco amortiguador, creado por un pequeño azud.

El desagüe de fondo también se ha ubicado en la parte central de la presa y está formado por una estructura de toma y dos conductos de 100 × 80 cm². En ambos conductos existen dos compuertas, tipo Bureau, entre las cuales se ha injertado una tubería de 30 cm de diámetro, que con sus correspondientes compuertas regularán los pequeños caudales de estiaje.

Tanto para la inspección como para drenaje, existen en la Presa de Casares dos galerías horizontales de 1,50 × 2,25 m² que se prolongan en el terreno. El drenaje se completa con una pantalla de drenes de Ø 65 mm a 5 m de distancia, que está situada en el plano de las galerías y que se extiende prácticamente desde la cota 1.280 (M.E.N.) hasta profundizar entre 7 y 12 m en el terreno de la cimentación.

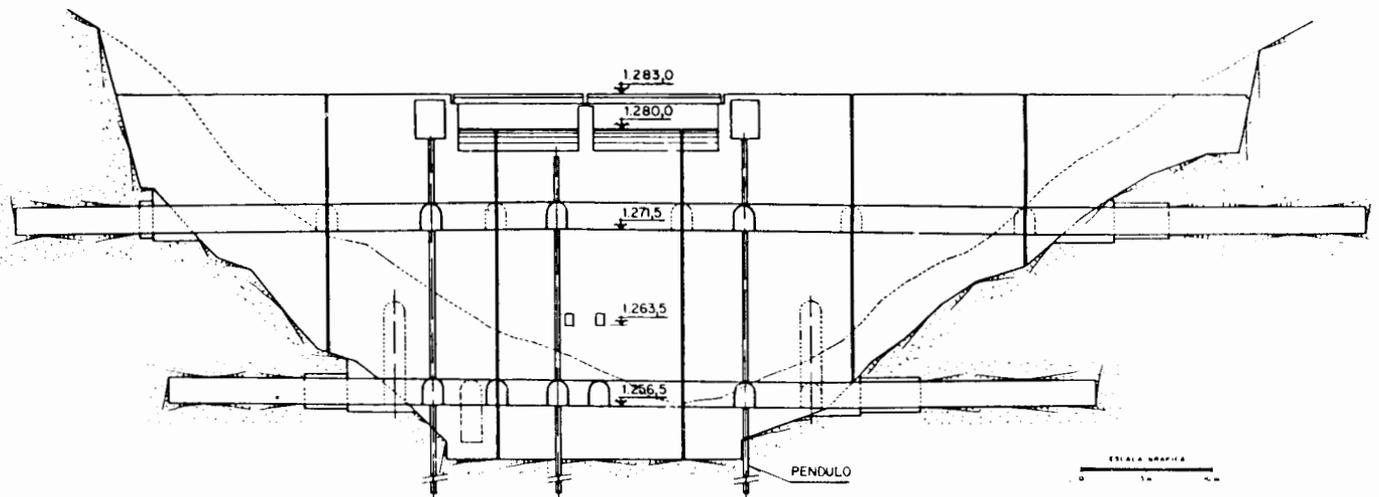


Figura 2.4.2. — (c) Perfil longitudinal por eje galerías.

Además de los caudales de filtración, se controlan los desplazamientos absolutos de los tres bloques de mayor altura por medio de tres péndulos invertidos y ocho planchetas de lectura, los movimientos relativos entre bloques con siete medidores de juntas colocados en la intersección de éstas con las galerías y la subpresión con 14 piezómetros.

El hormigonado se realizó por tongadas de 1,5 m de altura, tratándose las juntas de construcción con chorro de agua y capa de mortero.

Una vez decidida la dosificación más adecuada (250 kg de cemento PA-350 por m³) ésta se controló automáticamente en la planta de hormigonado.

Cada 3 m³ de hormigón puesto en obra, se hizo un ensayo del cono de Abrams, arrojando la mayoría de ellos un resultado de $3,5 \pm 1$.

Para determinar la resistencia a compresión, se ensayaron unas 4.500 probetas, obteniéndose una resistencia a 90 días de 325 ± 25 en la mayor parte de los ensayos.

Con objeto de conocer la evolución térmica del hormigón, se colocaron 10 pares termoeléctricos en una de las primeras tongadas que se hormigonaron. A pesar de haberse alcanzado temperaturas próximas a los 50 °C e incrementos del orden de los 25 °C, en el continuo y exhaustivo examen de todo el hormigón, no se ha apreciado ninguna grieta.

Finalmente, también se controlaron otras magnitudes, como peso específico, permeabilidad, etc, obteniendo resultados totalmente satisfactorios.

2.4.3. Azud de La Robla

La finalidad de este azud es la creación de un remanso, que facilite la toma de agua de las dos estaciones de bombeo que suministran el agua para suplir las pérdidas producidas por la evaporación en las torres de refrigeración y para otros usos (refrigeración de diferentes elementos, sanitarios, etc.).

El azud de 73 m de longitud y 4,5 m de altura sobre cimientos, está formado por un perfil Creager, dividido en tres vanos por los apoyos del puente construido sobre el mismo. La cota de máximo embalse normal es de 939,5 y la

mínima la 937,1, ya que, a este nivel, está el umbral del desagüe, situado en la margen izquierda, que se cierra por una compuerta de 2,4 × 3,0 m.

2.5. Central Térmica Nuclear de Almaraz

2.5.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la central

La Central Nuclear de Almaraz está situada en el término municipal de Almaraz, provincia de Cáceres, junto a un embalse que se ha creado para su refrigeración sobre el arroyo Arrocampo, afluente del Tajo.

La técnica elegida ha sido la del reactor de agua ligera a presión (PWR) con tres lazos de refrigeración.

El tipo de combustible es dióxido de uranio enriquecido en U-235.

Consta de dos reactores de potencia térmica 2.696 MWt y potencia eléctrica bruta 930 MWe. Se disponen tres generadores de vapor por reactor y una turbina tipo «tandem-compound» de cuatro flujos.

El alternador con una potencia de 1.034 MVA refrigerado por hidrógeno y las bobinas del estator refrigeradas por agua.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

Se otorgaron dos concesiones, una del aprovechamiento de 18 m³/s de aguas superficiales del río Tajo en el Embalse de Torrejón, y otra para derivar 90 m³/s del Embalse de Arrocampo para la refrigeración de la C.N.A.

En la margen izquierda del arroyo Arrocampo y adyacente a la presa, se dispuso una central de bombeo que consta de cinco bombas, de las cuales tres son suficientes para el abastecimiento normal y las otras dos de reserva para caso de avería.

El caudal de proyecto de cada una de las bombas es de 6 m³/s.

En el embalse de Arrocampo se dispuso otra toma para la refrigeración de la C.N.A. con capacidad máxima de 90 m³/s, que después de

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

pasar por los condensadores vuelve al embalse para su refrigeración.

En este mismo embalse se dispuso una pantalla de separación térmica para facilitar la disipación de la temperatura del agua utilizada en la refrigeración de los condensadores; separa la circulación de aguas frías y calientes y obliga a un mayor recorrido del agua vertida.

2.5.2. Presa de Arrocampo

La presa se asienta sobre un basamento rocoso, constituido por pizarras arcillosas, entre las que se intercalan niveles de pizarras silíceas, cuarcitas y algunas areniscas.

La presa es del tipo de gravedad, planta recta, con una altura desde cimientos de 36 m, una longitud de coronación a la cota 258,00 de 217,50 m y una anchura en coronación de 8 m. La cota del embalse normal es la 255,00.

La presa se ha dividido en un total de 14 bloques con dimensiones que oscilan entre 15,00 y 17,50 m de anchura en el eje. La impermeabilización de las juntas entre bloques se ha conseguido mediante un dispositivo que comprende los siguientes elementos, relacionadas de aguas arriba a aguas abajo:

- Una junta de P.V.C. de 0,40 m de anchura a 0,50 m del paramento.
- Un pocillo cuadrado de 0,15 m de lado, relleno de mastic asfáltico a 1,10 m del paramento. Centrada en él hay una tubería de 3/4 de pulgada de diámetro que permite el calentamiento del mastic para que éste fluya y rellene los huecos en caso necesario.
- Un pocillo de 200 mm de diámetro para captar filtraciones y conducir las a las galerías.
- Una junta de P.V.C. de 0,40 m de anchura a 0,50 m del paramento de aguas abajo.

La presa dispone de dos galerías de servicio horizontales a las cotas 226,00 y 240,50, comunicadas entre sí por una galería perimetral y con el exterior en coronación y en la explanada de la central de bombeo. Estas galerías se han prolongado en el interior de las márgenes, dejándolas sin revestir con objeto de facilitar la inspección del comportamiento del terreno.

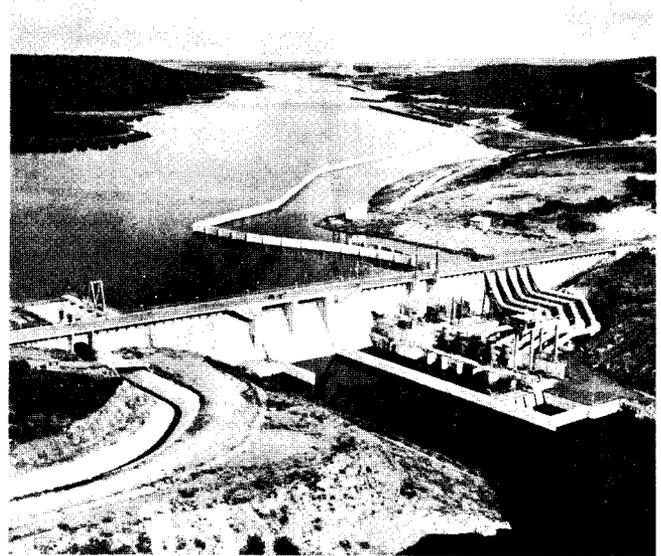


Foto 2.5.2. — Vista general.

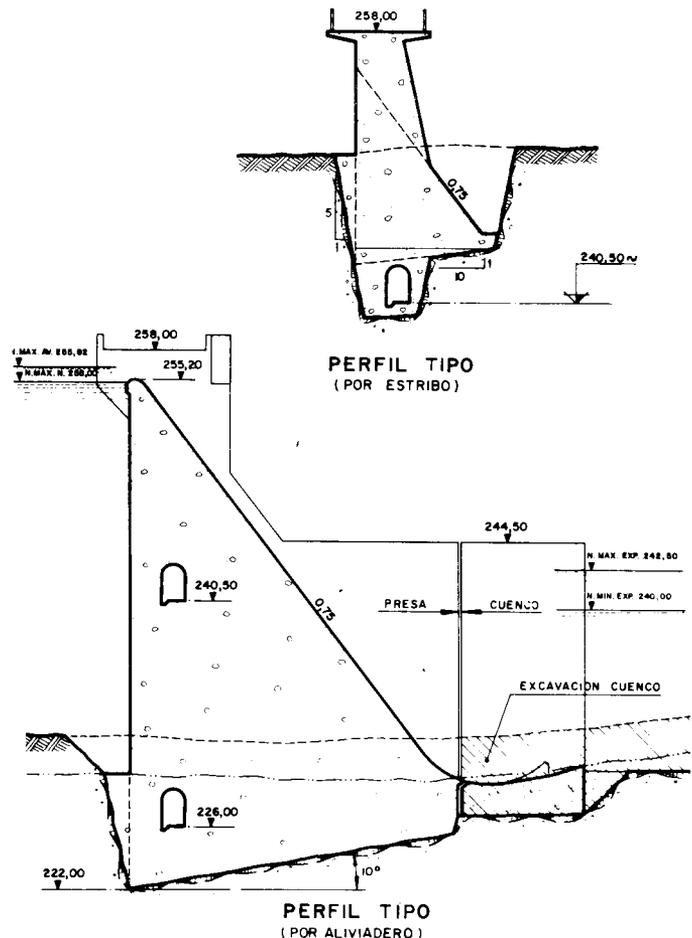


Figura 2.5.2. — (a) Perfiles transversales.

Se dispuso de una pantalla de drenaje de taladros verticales de 65-75 mm de diámetro distantes entre sí 3,00 m.

Hay un aliviadero principal a lámina libre situado sobre la presa, con dos vanos de 10 m de luz cada uno, cuyos labios están a la cota 255,20. El caudal máximo teórico vertido en la laminación de la crecida es de 21,40 m³/s, valor muy reducido debido a la gran capacidad de embalse, frente a su cuenca vertiente.

Al pie del aliviadero principal se dispone de un cuenco amortiguador con dientes cuyo funcionamiento se investigó en modelo reducido.

Situado en la margen derecha hay un aliviadero auxiliar con una embocadura de cuatro módulos, los cuales están provistos de compuertas de funcionamiento automático con flotadores que desaguan 35 m³/s con la cota máxima normal. Se dispone de un canal de sección trapezoidal de 1,20 m de base y taludes 3:2 en los cajeros cuya altura es de 2,10 m. La restitución al río Tajo se realiza mediante una rápida, provista de dados en todo su recorrido y que proporciona unos resultados de disipación de energía óptimos.

La presa tiene dos desagües de fondo con conducciones blindadas de 1 m de diámetro interior y con compuertas de 0,80 × 1,00 m como elementos de cierre. Las conducciones son horizontales con su eje a la cota 237,00, siendo capaces de desaguar un caudal de 11,70 m³/s.

Normas para la explotación, conservación y vigilancia de la Presa de Arrocampo:

Se lleva un registro de los datos meteorológicos, tanto de pluviometría como de temperaturas.

En cuanto a aforos se miden las aportaciones de la cuenca, los niveles de embalse y los caudales desaguados.

Se observan las deformaciones, tanto longitudinales como transversales al eje de la presa. Igualmente se observan los movimientos de los bloques en las juntas.

Se miden los caudales de las filtraciones, analizándose las aguas de filtración y las del embalse.

También se registran las presiones en taladros de drenaje.

Se revisa el estado de conservación de las fábricas, así como la inspección y conservación de compuertas, realizando ensayos de funcionamiento periódicamente.

Para la medición de estas observaciones se han dispuesto los siguientes aparatos:

- Anteojos
- 1 Mira fija
- 15 Miras móviles
- 1 Limnógrafo
- 1 Péndulo invertido
- 1 Coordinómetro
- 3 Bases de coordinómetro
- 1 Plancheta
- 1 Clinómetro
- 5 Bases para clinómetro
- 11 Medidores de juntas
- 9 Aforadores triangulares
- 16 Acoplamientos para manómetro
- 1 Termómetro de ambiente y 16 termómetros de hormigón.

2.6. Central Térmica Nuclear de Valdecaballeros

2.6.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

La Central Nuclear de Valdecaballeros está situada en el término municipal de Valdecaballeros, en la provincia de Badajoz, junto a un embalse, creado para su refrigeración, sobre el río Guadalupejo en la cola del embalse de García de Sola.

La técnica elegida para esta Central ha sido la del reactor de agua ligera en ebullición (BWR). El tipo de combustible es dióxido de uranio enriquecido en U-235.

Se han previsto dos reactores de potencia térmica 2.984 MWt y potencia eléctrica 975 MWe.

Acoplada a cada reactor se dispone una turbina tipo «tandem-compound» de cuatro flujos, con un cuerpo de alta presión y dos cuerpos de baja presión.

El generador tiene una potencia de 1.032 MVA, con un factor de potencia de 0,9, está refrigerado por hidrógeno y el estátor por agua.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

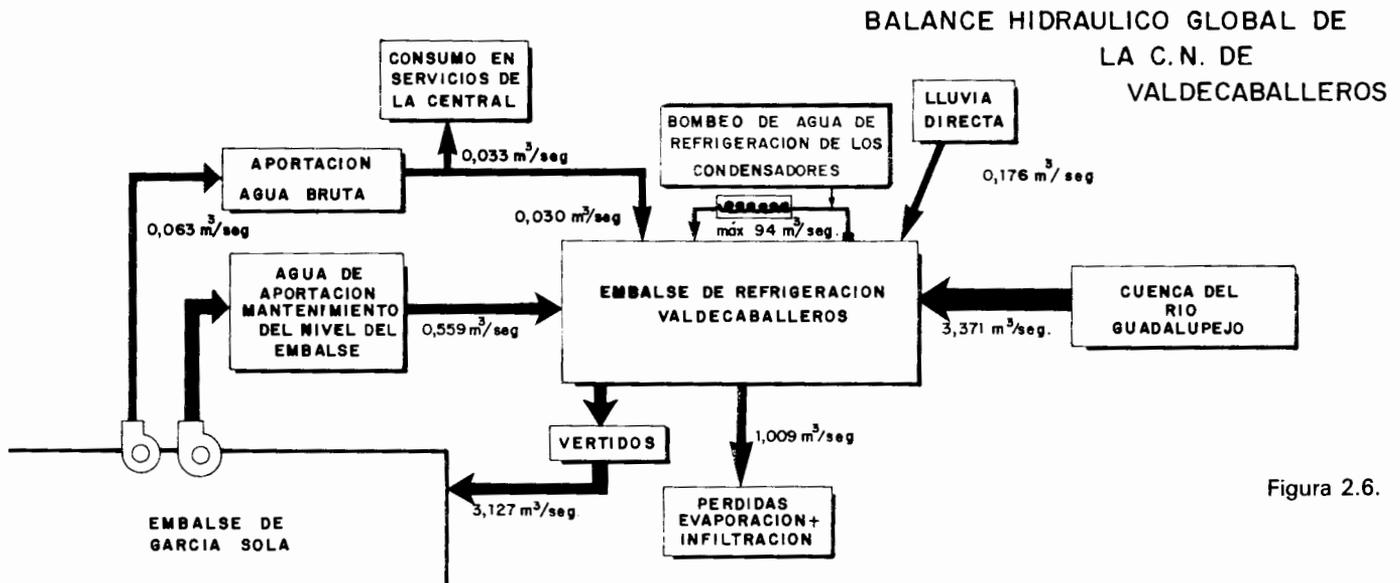


Figura 2.6.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

Los caudales máximos que se concedieron con destino al uso de refrigeración y servicios de la C.N.V. son de $94 \text{ m}^3/\text{s}$ para la refrigeración de los condensadores, $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ destinados al mantenimiento de nivel de embalse de Valdecaballeros y a la aportación de aguas frescas al mismo, y $0,101 \text{ m}^3/\text{s}$ destinados a las necesidades y servicios de la explotación de la C.N.V.

El caudal consuntivo anual se distribuye de la siguiente forma:

- Evaporación media anual $31,70 \text{ Hm}^3/\text{año}$
- Infiltración anual $0,13 \text{ Hm}^3/\text{año}$
- Consumo en servicios $1,04 \text{ Hm}^3/\text{año}$

TOTAL $32,87 \text{ Hm}^3/\text{año}$

Este valor equivale a un caudal de $1,042 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el nuevo embalse creado por la Presa de Valdecaballeros se dispone de una toma capaz de utilizar un caudal máximo, no consuntivo de $94 \text{ m}^3/\text{s}$, con destino a la refrigeración de los condensadores. Este caudal regresa de nuevo para su refrigeración al Embalse de Valdecaballeros.

Del embalse de García de Sola se toman los caudales máximos de $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,101 \text{ m}^3/\text{s}$ que están destinados al mantenimiento del embalse de Valdecaballeros y a las necesidades y servicios de la Central, respectivamente.

2.6.2. Presa de Valdecaballeros

Trabajos previos:

Se realizaron investigaciones detalladas de tipo geológico, hidrogeológico, tectónico, etc., para conocer las características de la cerrada y el vaso. A continuación se describen parte de los resultados obtenidos.

La presa se asentaría sobre un basamento rocoso, constituido por pizarras y grauvacas con intercalaciones de cuarcita. La zona superior de este basamento se hallaba alterada y descompuesta sin sobrepasar generalmente $4,5 \text{ m}$ de profundidad a partir de la cota del terreno. En la zona reconocida del cauce existían depósitos de acarreo de unos $3,0 \text{ m}$ de espesor. Como consecuencia se determinó la profundidad a excavar hasta la roca sana.

Los valores medios del coeficiente de permeabilidad del basamento estaban comprendidos entre 10^{-4} y 10^{-5} cm/s , existiendo algunos puntos en la margen derecha con coeficiente de permeabilidad grande, por lo que se previó realizar una pantalla de impermeabilización.

El valor medio de la resistencia a la compresión es de 426 kg/cm^2 , por lo que no existían problemas de capacidad portante y deformabilidad.

En cuanto a los trabajos de desvío venían influenciados por la explotación del embalse de García de Sola, por lo que debían admitirse ni-

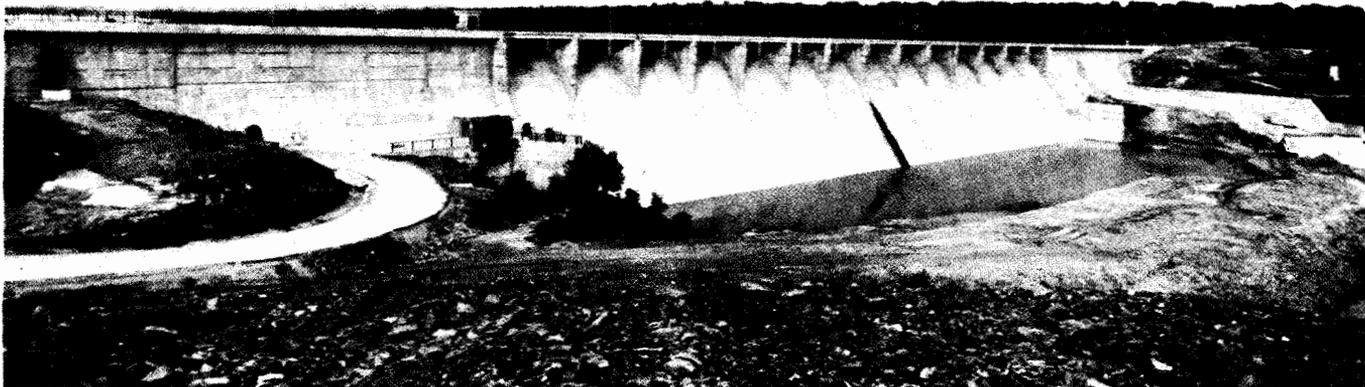


Foto 2.6.2. — Vista general.

veles hasta la cota 372,50. El período de retorno elegido para la desviación fue de 25 años. El desvío se llevó a cabo por un canal a cielo abierto excavado en la margen izquierda. Los bloques de presa afectados por el canal tenían unos huecos, para dejar pasar el agua, que se rellenarían al final de la obra. Las características principales fijadas mediante un estudio económico fueron:

- Caudal de punta de avenidas
T = 25 años 750,00 m³/s
- Caudal laminado 536,60 m³/s
- Ancho del canal de desvío 20,00 m
- Cota de coronación de la ataguía 376,65 m
- Cota de coronación de la contrataguía 373,00 m
- Cota del umbral del canal de desvío 370,00 m

Al comenzar la explotación del embalse deberían retirarse de forma parcial la ataguía y la contrataguía para no perturbar el funcionamiento normal de los desagües de fondo, aliviaderos y estación de bombeo.

Características generales:

Se trata de una presa de una estructura de gravedad de hormigón en masa, la cota de coronación es la 291. La longitud total de coro-

nación es de 398 m. La altura de la presa es de 35 m.

Esta dotada de dos galerías horizontales que la recorren de estribo a estribo, enlazadas por dos ramales perimetrales paralelos a la cimentación de los estribos. Desde la galería inferior se realizan las operaciones de tratamiento del terreno, perforación de la pantalla de drenaje, etcétera.

Se construye en 29 elementos independientes. Las juntas entre elementos están dotadas de dispositivos de estanqueidad, constituidos por láminas de CPV, pozo de betún y pocillo de drenaje.

Los elementos de mayor altura se construyen en dos bloques, para evitar problemas de retracción, inyectándose la junta de construcción desde las galerías de la presa. Se dota a la junta de artesas para asegurar la unión de ambos bloques y la transmisión de esfuerzos.

Se han dispuesto dos aliviaderos para la evacuación de avenidas. El aliviadero principal, en la zona central de la presa, consta de 14 vanos de 12,50 m de ancho cada uno, de labio fijo y sin compuertas, y pilas de separación entre ellos de 0,80 m sobre las que apoya el puente de coronación.

El perfil del vertedero es de tipo Bradley pa-

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

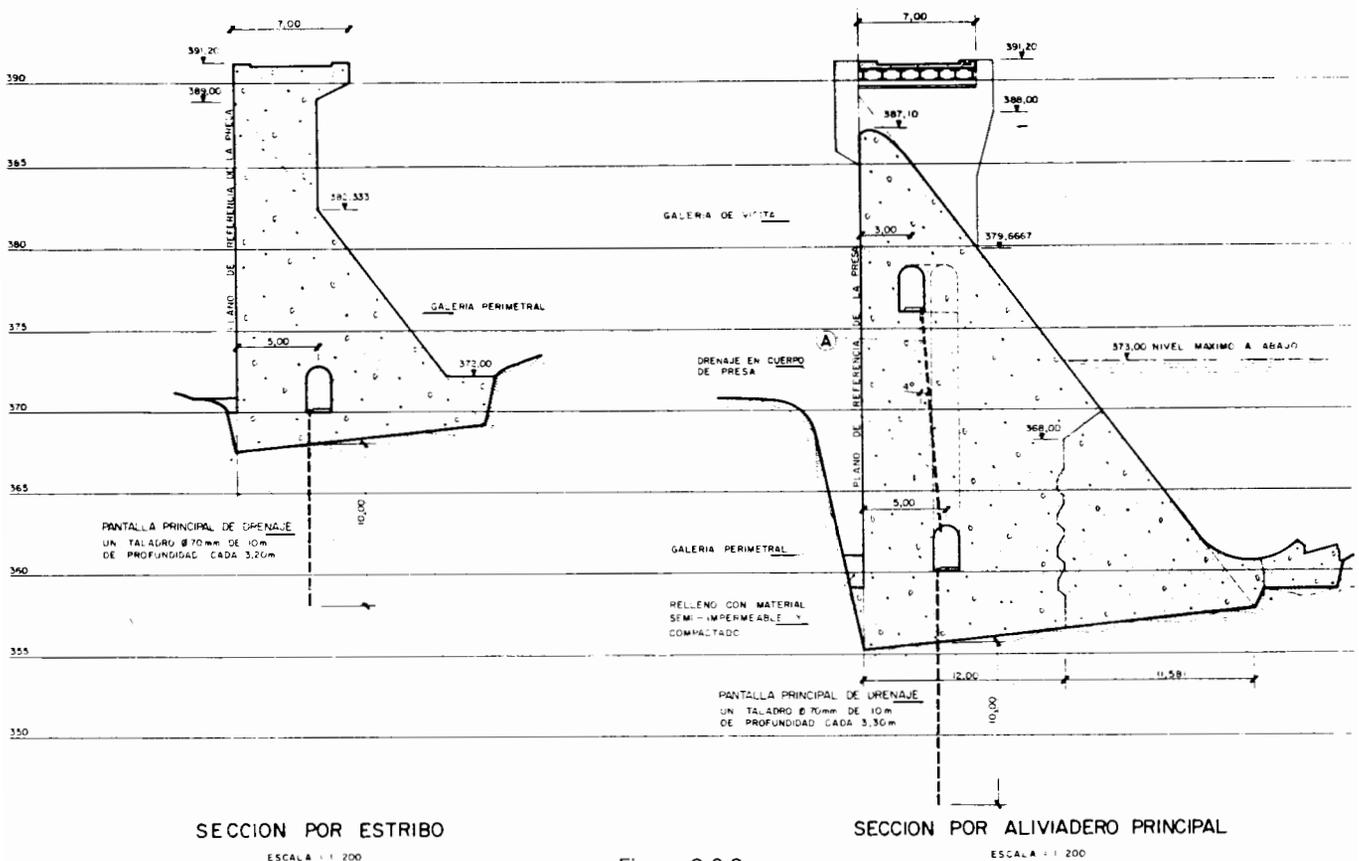


Figura 2.6.2.

ra un caudal de 663,57 m³/s. El aliviadero termina en un cuenco amortiguador mediante trampolín sumergido, en cuya salida se ubican 264 dientes deflectores.

En el estribo izquierdo se dispone el aliviadero en sifón constituido por una batería de seis sifones cuya sección en garganta es de 3,40 m de ancho por 1,95 m de alto y umbral a cota 387, con una capacidad de 57 m³/s cada uno. Los sifones se construyen de hormigón armado y blindados en la zona de presiones negativas.

Los sifones descargan en un cuenco de 23,40 m de ancho, en el que se sitúan 11 deflectores para la amortiguación de los 342 m³/s de capacidad total que, sumada a la del aliviadero central, equivale a la avenida de período de retorno de 500 años.

El nivel en el cuenco viene determinado por un vertedero cuyo umbral se sitúa a la cota 373, mediante el cual se efectúa la restitución al embalse de García de Sola a través de un canal

de 27,02 m de ancho con trampolín a la cota 367,68.

Se han dispuesto dos desagües de fondo de sección blindada de 1,60 m de diámetro. Los conductos se cierran aguas arriba mediante una ataguía de 1,80 × 1,25 m, y una compuerta vagón de 1,70 × 1,20 m accionada con pistón de aceite.

Aguas abajo se dispone en cada desagüe de fondo una compuerta de segmento de 1,40 × 1,30 m y 2,00 m de radio para regulación, también accionable con pistón de aceite.

El caudal evacuable por cada uno de estos desagües es de 25 m³. Las tomas están a la cota 373,45.

La observación de los movimientos de los bloques de la presa se realiza por medio de una colimación a lo largo de la coronación. Se dispone asimismo de un recorrido de nivelación de precisión de los puntos más significativos de la estructura.

Las filtraciones se aforan en un conjunto de seis arquetas-vertedero correspondientes a distintas zonas de la presa, lo que facilita la determinación del origen de eventuales caudales anormales. Todos los drenes van equipados con boquillas en forma de T, que permiten el aforo individual de cada uno y la medición de la subpresión.

Se instalaron termómetros en varios bloques para observar la evolución de la temperatura interna del hormigón y escoger el momento más adecuado para la inyección de juntas.

Para la medida de acciones exteriores se dispone de dos limnigrafos y de una estación meteorológica. También se mide la temperatura del agua en el embalse a varias profundidades, así como aguas abajo.

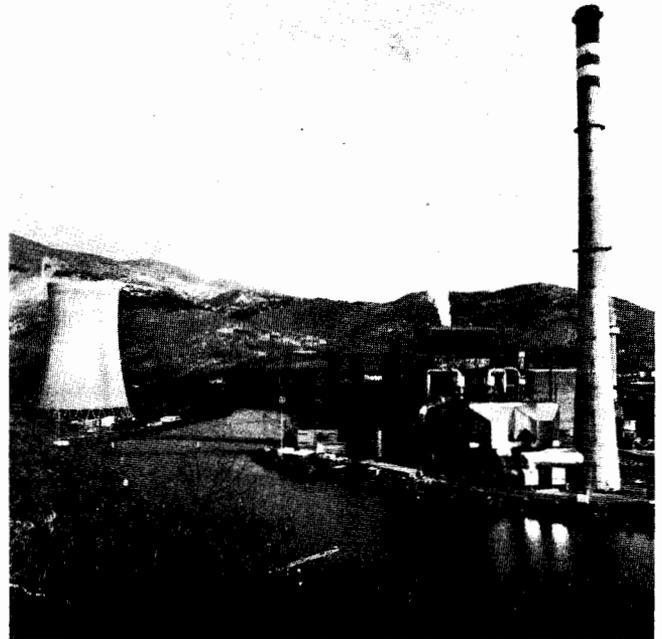


Foto 2.7.—Vista general.

2.7. Central Térmica de Velilla del río Carrión

2.7.1. Suministro de agua a la Central

A) Descripción de la Central

La Central Térmica de Velilla del Río Carrión se encuentra situada en el término municipal del mismo nombre, provincia de Palencia, sobre la margen izquierda del embalse de Villalba en el río Carrión, habiéndose elegido dicho emplazamiento por la proximidad a los yacimientos de antracita y hulla de la zona de Sabero, Guardo y La Pernia.

La Unidad 2 se ha construido adyacente al Grupo I de 148 MW de potencia, puesto en marcha en junio de 1964.

La caldera, que utiliza una mezcla de 30 por 100 de hulla y 70 por 100 de antracita, es de circulación natural, con hogar equilibrado.

La turbina, tipo «tandem-compound», condensación y doble escape, de dos cuerpos con tres cilindros y recalentamiento intermedio, está acoplada a un alternador de 3.000 r.p.m., que con una tensión de generación de 20 kV y un factor de potencia 0,90 tiene una potencia de 350 MW. La energía anual media producible es de 1.800 GWh.

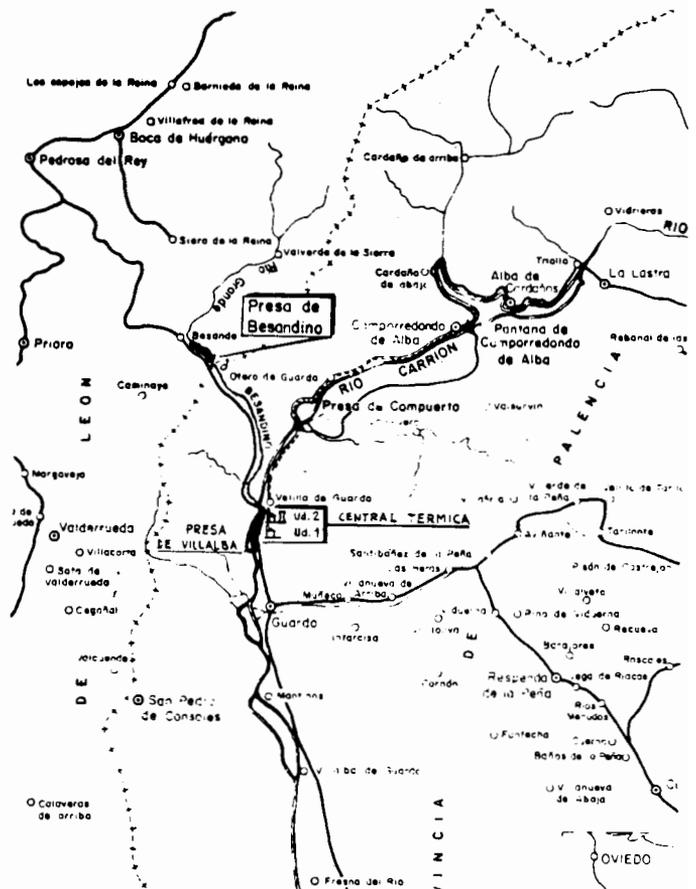


Figura 2.7.—Suministro de agua. Planta general.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

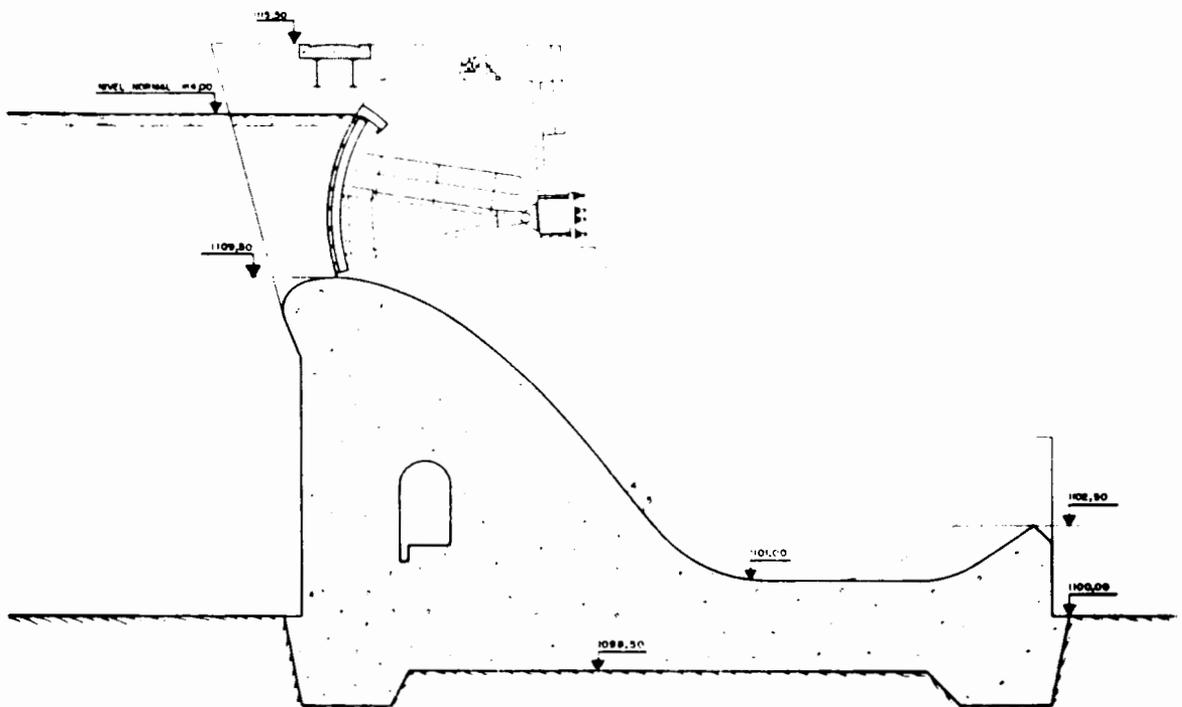
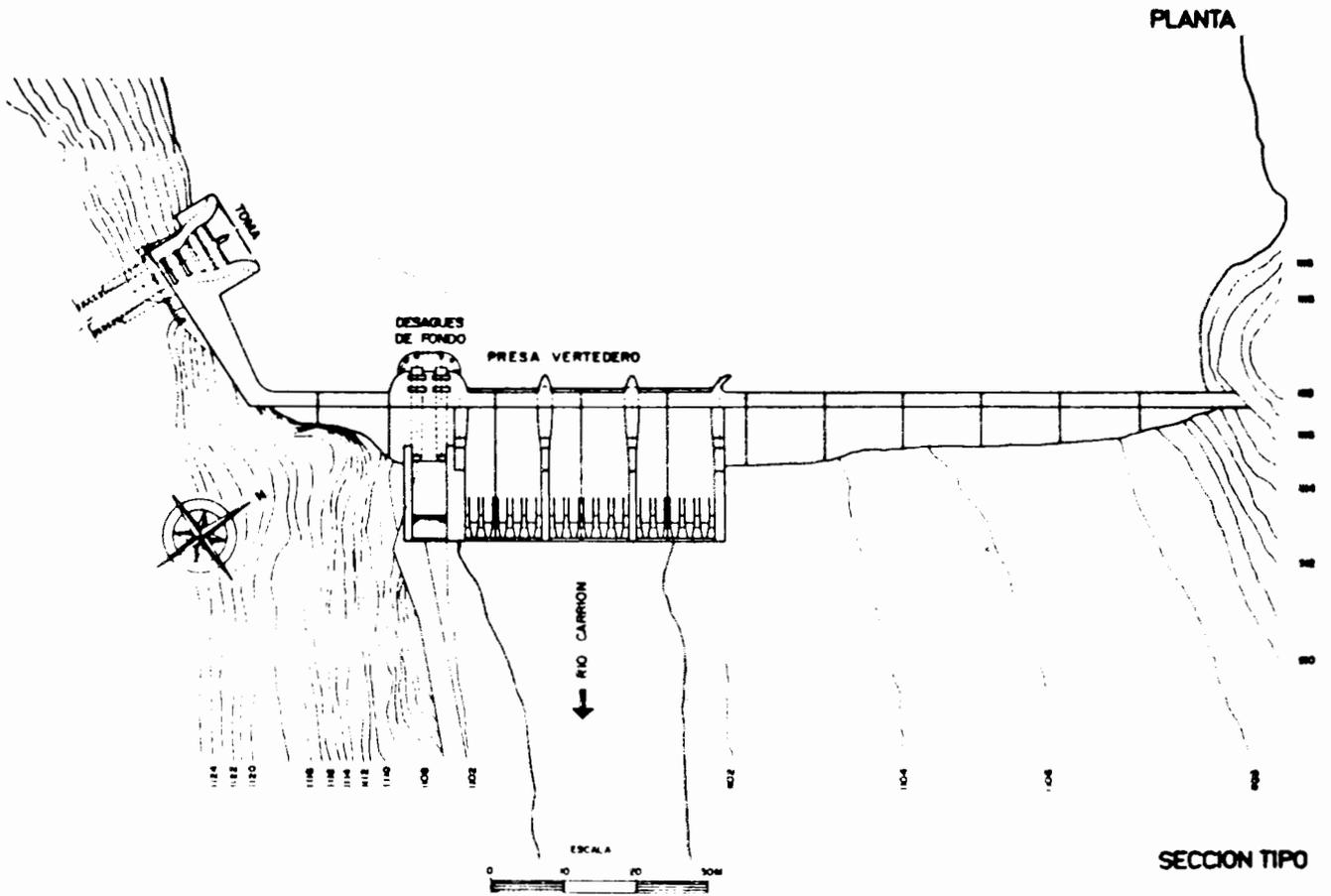


Figura 2.7.2.—Planta y sección tipo.

B) Descripción del sistema de suministro de agua

El sistema de refrigeración es de circuito cerrado con torre de refrigeración de tiro natural.

Las necesidades de agua, que se toma del río Carrión en el embalse de Villalba, tanto para reponer las pérdidas del sistema de refrigeración como para atender a los distintos servicios de la Central, se han evaluado en 0,19 m³/s con funcionamiento a plena carga, con un consumo anual de 3,9 Hm³/año. En marzo de 1981 se solicitó a la Comisaría de Aguas del Duero la concesión de aguas necesaria para atender las pérdidas indicadas. La Comisaría indicó que el río Carrión estaba ya cerrado a tales efectos, por lo que dicho caudal sólo podía ser concedido mediante la regulación de excedentes, de forma que no significara pérdida de caudal para riegos.

Con tal motivo se estudiaron los emplazamientos posibles para una presa que formara un embalse de 2,2 Hm³/año, que se consideró suficiente por ser el consumo aproximado de seis meses. Entre los emplazamientos posibles se seleccionó el existente en el alto de Las Portillas, en el río Grande o Besandino, pues si bien presentaba problemas de impermeabilidad era, desde el punto de vista administrativo, el que ofrecía menores problemas, por estar desechada por la Confederación Hidrográfica del Duero la construcción de un embalse de regulación, con presa de mayor altura en el mismo emplazamiento, como consecuencia del informe sobre la permeabilidad del vaso realizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas.

Los caudales regulados por este embalse, así como las aguas con curso subterráneo procedentes de esta cuenca, van a parar al embalse de Villalba, donde mediante bombeo se utilizan en la refrigeración y otros usos de la Térmica.

2.7.2. Presa de Villalba

Situada en el término municipal de Velilla del Río Carrión, provincia de Palencia, se trata de una presa de gravedad con las siguientes características:

- Longitud de coronación 139,5 m
- Altura máxima desde cimientos 20 m

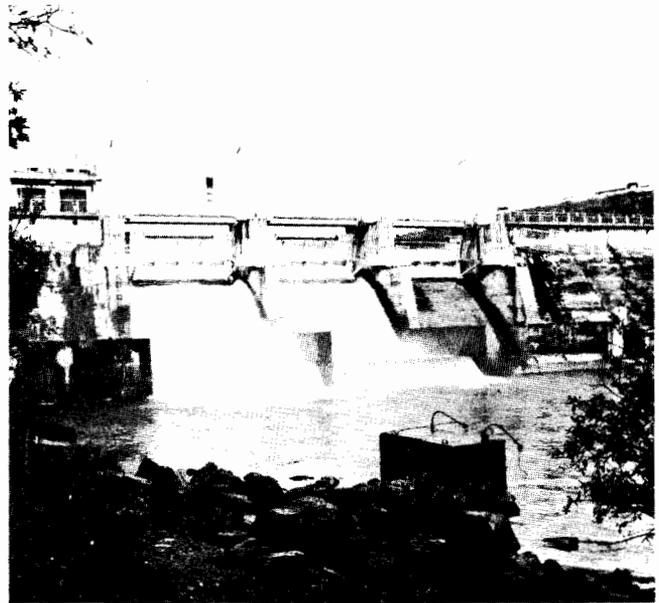


Foto 2.7.2. — Vista desde aguas abajo.

- Cota de coronación 1.115,20 m
- Taludes: Vertical aguas arriba; 4/5 aguas abajo.
- Aliviadero: De tres vanos con compuertas de segmento de 10 × 4,5 m. Capacidad máxima de desagüe de 704 m³/s.
- Volumen de fábrica 8.650 m³

La presa dispone de un doble desagüe de fondo de Ø 1,5 m con compuertas de vagón y una capacidad máxima de descarga de 42 m³/s.

El embalse creado tiene una capacidad total de 1,8 Hm³, con un nivel máximo normal a la cota 1.114 y un nivel máximo extraordinario a la 1.115 m.

2.7.3. Presa de Besandino

La presa de Besandino se encuentra situada en el término municipal de Boca de Huérgano, provincia de León, justo en el límite de esta provincia con la de Palencia. Se trata de una presa de hormigón de arco gravedad que tiene las siguientes características:

- Longitud de coronación 75 m
- Altura máxima sobre cimientos 35,5 m

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

- Cota de coronación 1.246 m
- Cota de máximo embalse en explotación normal 1.242,5 m
- Cota máxima de embalse en avenidas 1.245 m
- Ancho de coronación 2 m
- Taludes: Vertical aguas arriba: 0,6/1 aguas abajo.
- Aliviadero: De lámina libre, con tres vanos y cota de coronación a la 1.242,5. Con capacidad de 215 m³/s mediante una sobreelevación de 2,50 m.
- Volumen total de hormigón utilizado 13.500 m³

El material utilizado en su construcción ha sido hormigón en masa de 200 kg de cemento con árido de 80 mm en el cuerpo de presa, aumentando la dosificación y reduciendo el tamaño de árido en zonas armadas.

La presa dispone, asimismo, de un doble desagüe de fondo de 0,50 m de diámetro y un desagüe intermedio de 0,5 m de diámetro con un by-pass de 0,25 m de diámetro, realizado a través del túnel de desviación del río, que cumplen con las necesidades de regulación del llenado y vaciado del embalse, así como con la regulación de los caudales a desaguar impuestos por las necesidades de la Central Térmica. Los desagües de fondo están provistos de doble válvula de cierre, una de mariposa y la otra de chorro hueco, accionadas desde la galería de la presa. El desagüe intermedio con dos válvulas tipo mariposa en serie y by-pass para pequeños caudales.

La alimentación para el accionamiento de estos elementos se prevé mediante línea de 45 kV y un grupo electrógeno de reserva como segunda fuente de energía.

La cimentación de la presa no presenta ninguna dificultad por estar situada en un cañón estrecho en forma de U cerrada situado en la zona de cuarcitas, habiéndose conseguido la adecuada impermeabilidad por medio de una campaña de inyecciones.

Embalse:

El embalse creado tiene una capacidad total de 2,7 Hm³, de los cuales 2,22 Hm³ se utiliza-

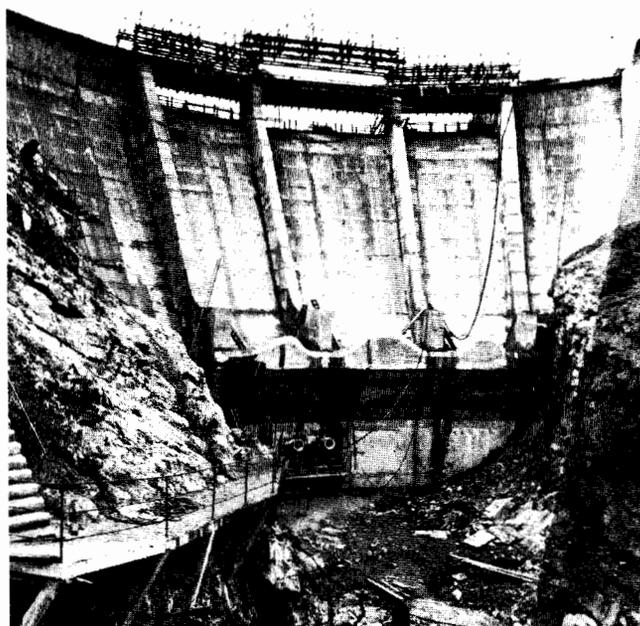


Foto 2.7.3.—Vista desde aguas abajo.

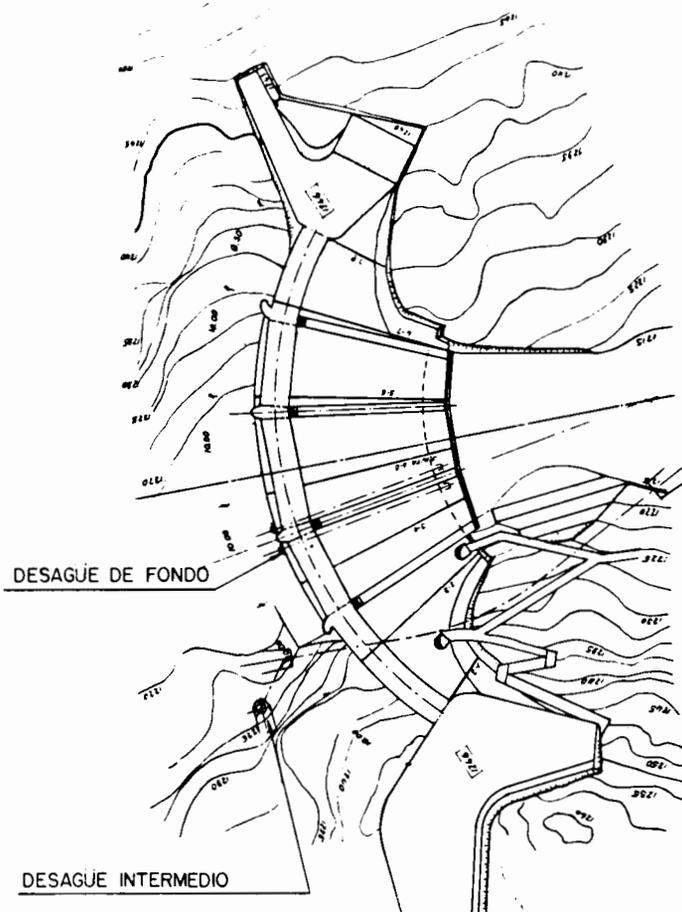


Foto 2.7.3.—(a) Planta.

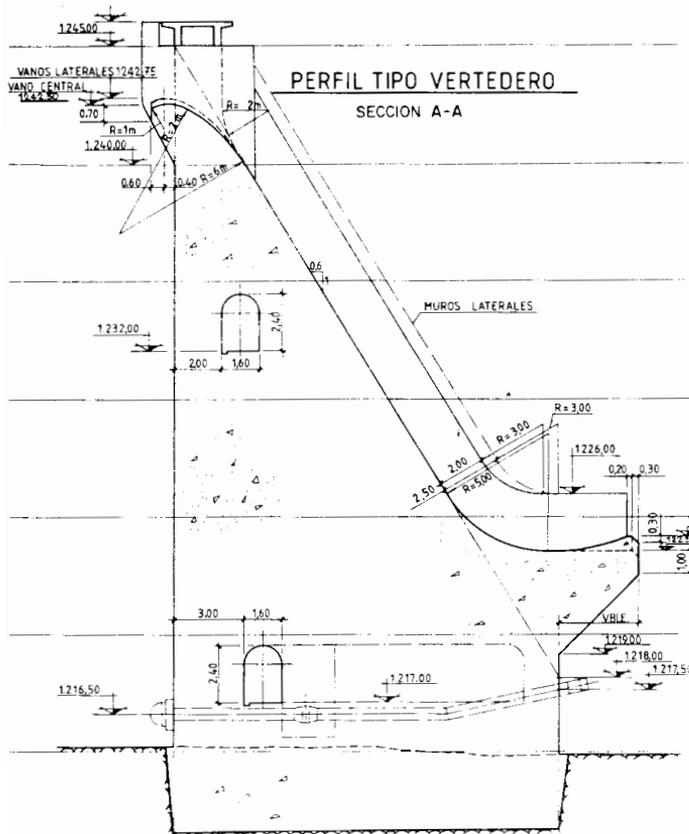


Figura 2.7.3. — (b) Sección tipo.

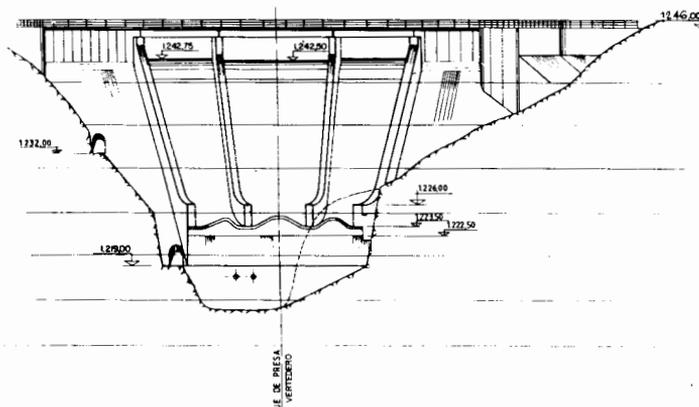


Figura 2.7.3. — (c) Alzado desde aguas abajo.

rán como compensación de pérdidas de la Central Térmica.

En relación con las características geológicas del emplazamiento, nos encontramos con cuarcitas compactas del Devónico, impermeables y resistentes, en la margen izquierda, y con calizas de montaña del Carbonífero, altamente kársticas, en la margen derecha, encontrándose entre ambas formaciones una capa de pizarras blandas de unos 40 m de potencia.

En el centro del vaso se encuentra un potente Mioceno de bolos cuarcíticos y matriz arcillosa recubierto por limos aluviales, mientras que las laderas se recubren con coluviales cuaternarios de cuarcitas y calizas, respectivamente.

Las características geológicas de la margen derecha admitían serias dudas sobre la impermeabilidad del vaso. Por ello, tras una intensa campaña de investigaciones, que puso al descubierto la gran irregularidad de los techos del Mioceno y de las calizas, así como la importancia de los espesores de gravas coluviales, se de-

idió proceder a la impermeabilización de la ladera derecha.

Una vez estudiadas diversas soluciones se consideró como la más apropiada proceder a la realización de un tapiz de material arcilloso en la zona más aguas abajo, donde la carga de agua sería mayor, y una pantalla impermeable vertical de cemento bentonita en la parte más aguas arriba, dejando por fin sin ningún tratamiento la cola del embalse, donde la carga de agua era muy pequeña y el vaso se encontraba recubierto por unas terrazas cuaternarias de baja permeabilidad.

El tapiz de arcilla realizado tiene una longitud aproximada de 800 m y recubre la ladera con un talud de 2,5/1, teniendo un espesor mínimo de 1 m en su coronación y de 3 m en su zona inferior. El tapiz tiene su coronación en una explanada situada a la cota 1.245 y desciende hacia el centro del vaso, empotrándose 0,5 m en el Mioceno situado bajo el aluvial del mismo. Su superficie se ha protegido mediante una capa de 1 m de escollera.

Para su construcción se ha utilizado el material obtenido de un préstamo situado en el centro del vaso en la zona aguas arriba del embalse. El material colocado se ha compactado a un 95 por 100 de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor normal y tiene un coeficiente de permeabilidad inferior a 5×10^{-6} cm/s. Su construcción ha supuesto la colocación de más de 275.000 m³ de material arcilloso y 55.000 m³ de escollera.

La pantalla de impermeabilización de cemento

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

Q. CUATERNARIO - GRAVAS, BOLOS Y ARENA ARCILLOSA
M. MIOCENO - ARCILLA, ARENA, GRAVAS Y BOLOS
CM. CALIZA MONTAÑA - (CARBONIFERO INFERIOR)
Dp. PIZARRAS DEVONICO
Dq.a. CUARCITAS Y ARENISCAS - DEVONICO
Dq. CUARCITAS - DEVONICO

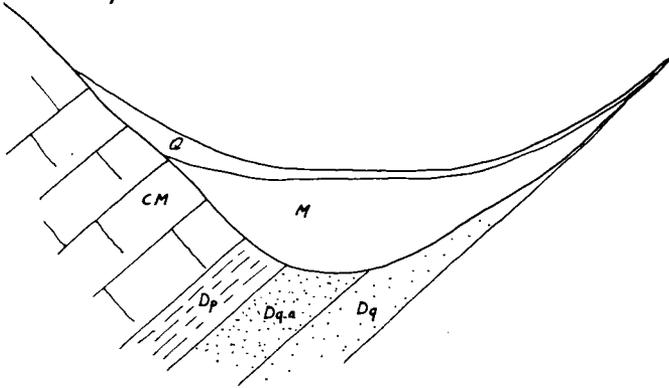


Figura 2.7.3.-(d) Corte geológico típico.

bentonita, situada aguas arriba del tapiz, se ha realizado de un espesor de 0,65 m, empotrándose 1,5 m en el Mioceno impermeable. Su profundidad media es de 12,5 m y la máxima de 18 m, habiendo totalizado su construcción un volumen total de aproximadamente 10.000 m³ de lechada.

La mezcla fraguada produce un hormigón plástico de elevada deformabilidad, cuyo coeficiente de permeabilidad es inferior a 10⁻⁶ cm/s.

Auscultación y control:

Para la auscultación de la presa y de la impermeabilización del embalse se han dispuesto los siguientes elementos.

Durante el hormigonado termopares suficientes en todos los bloques para seguimiento de la temperatura y control de los movimientos consecuentes.

Un péndulo directo entre las dos galerías de la presa y un péndulo invertido en la galería inferior.

Dispositivo de medidas geodésicas mediante triangulación desde puntos de observación, situados en zona no influenciada, sobre puntos situados en la presa, en la explanada de coronación del tapiz y en el talud del mismo.

Referencias para nivelaciones de precisión en el interior de las galerías y en coronación de presa.

Se han dispuesto piezómetros en los drenes de las galerías de presa y en dos puntos más aguas abajo, así como en el interior del tapiz, estando acompañados estos últimos de células de presión total. Asimismo, tras el tapiz se han efectuado taladros para la medición de los niveles freáticos.

Se han colocado elongómetros para determinación de los movimientos de las juntas de presa.

Se ha previsto la colocación de un limnógrafo en el embalse sobre el paramento de la presa.

Con objeto de conocer en todo momento el caudal de regularización que se está vertiendo en el río, se ha previsto instalar un vertedero horizontal en pared delgada, lo suficientemente le-

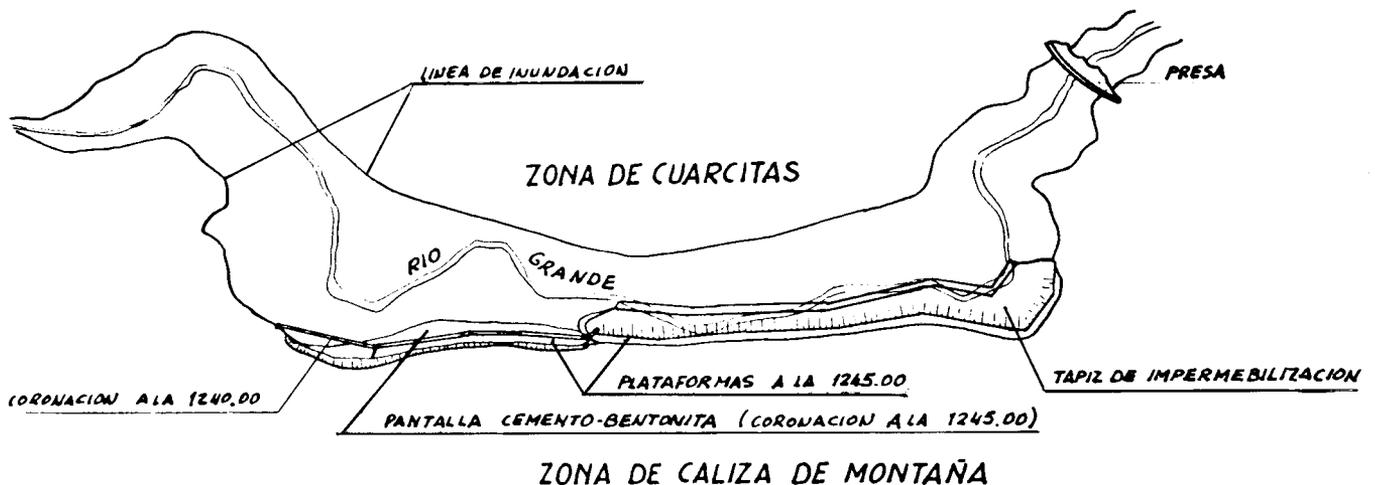
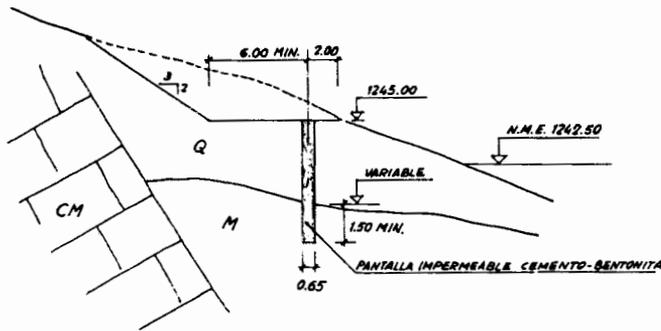


Figura 2.7.3.-(e) Impermeabilización. Planta general.

LAS PRESAS COMO COMPLEMENTO DE LAS CENTRALES TERMICAS

SECCION TIPO-PANTALLA



SECCION TIPO-TAPIZ

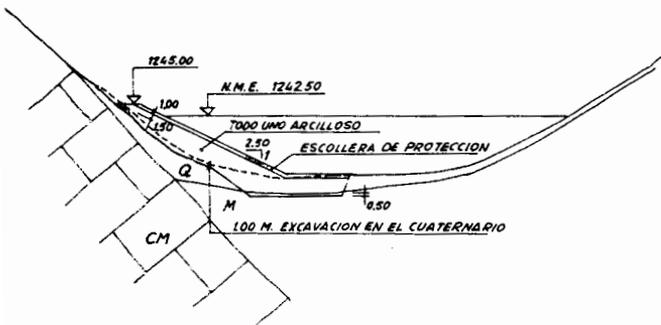


Figura 2.7.3. — (f) Sección tipo.

jos de la presa, para no interferir en los vertidos, ni en los drenajes de las cámaras de válvulas.

3. CONCLUSION

Hemos mostrado una serie de ejemplos de centrales térmicas, tanto convencionales como nucleares, en los que las presas son un elemento fundamental para la solución adecuada del sistema de abastecimiento de agua para refrigeración y otros usos en la Central.

Las diversas circunstancias específicas de ca-

da Central, y su entorno, hacen que, como es natural, las soluciones de presa sean muy variadas, utilizando algunas veces embalses de presas construidas también para otras funciones y, con mayor frecuencia, otras veces construyendo presas y embalses con una función específica de elemento integrante del sistema de abastecimiento de la propia Central Térmica.

Poco puede señalarse de común en las presas proyectadas y construidas con esta función, ya que sus características, como estructura, dependen más de las condiciones topográficas y geológicas del emplazamiento que se encuentre y se escoja en el entorno de la Central Térmica, que de la función que vaya a desarrollar como elemento del sistema de abastecimiento y refrigeración de la misma.

Por ello, el tipo de presa escogido es tan variado como lo son las características de los emplazamientos escogidos.

Únicamente podríamos destacar que, en estos casos, las dimensiones de la presa están dentro de alturas discretas, ya que, por una parte, no suelen ser necesarios grandes volúmenes del embalse y, por otra, en general, y en cualquier caso, para conseguir el volumen adecuado suele ser más conveniente el desarrollo en superficie que en profundidad del embalse.

Puede llamarse también la atención como nota, ciertamente común en estas presas, que, por una parte, la simplicidad y, por otra, la conveniencia del mantenimiento automático de determinadas condiciones en las cotas del embalse, hacen que el aliviadero principal sea preferentemente proyectado de labio fijo, en lámina libre.

Con estos ejemplos hemos querido destacar únicamente la importancia que las presas tienen, también, en el campo de la producción de energía térmica, tanto convencional como nuclear, además de la muy conocida en el de la energía hidroeléctrica.