

# LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE ALDEADAVILA

Dr. Ing. C. C. P. L. OLAGUIBEL

Vamos a limitarnos en estas breves notas, a señalar algunos aspectos de la construcción de la presa de Aldeadávila, elemento fundamental del salto del mismo nombre, en el río Duero, cuyo sexto grupo, que completa la potencia total de 720 000 kilovatios del aprovechamiento, ha sido puesto en servicio en los últimos días del pasado año.

Suponemos conocidas las características principales del salto, por haber sido objeto de varias publicaciones. En especial remitimos al lector a los dos artículos publicados en esta revista, diciembre 1962 y enero 1963, por el Ingeniero de Caminos, D. Pedro Martínez Artola, Subdirector y Jefe del Departamento de Ingeniería Civil de Iberduero, S. A., en que además de tratar el aspecto general del aprovechamiento del tramo internacional del Duero, hace una descripción completa de los distintos elementos del proyecto.

Indicaremos únicamente que la presa es vertedero, en bóveda gruesa de 140 m. de altura sobre cimientos y 250 m. de desarrollo en coronación, y que el volumen de hormigón de la misma es de 870 000 m.<sup>3</sup>, en cuya cifra está incluido el correspondiente a la obra de lanzamiento. Su coronación se establece en cota 333, con algo más de 5 metros de resguardo sobre el nivel máximo normal de embalse. El umbral del vertedero de coronación está en cota 320.

Indudablemente, las características topográficas del cañón granítico, extraordinariamente abrupto, en que está emplazada la presa, y la importancia de las aportaciones del Duero, en especial el régimen de crecidas del mismo, han sido factores que han tenido influencia fundamental en el desarrollo de los trabajos de construcción del Salto de Aldeadávila y muy especialmente de la presa.

Estos trabajos han sido realizados por administración pura, por el equipo de construcción de Iberduero, S. A.

Fig. 1.<sup>a</sup> — Vista general de la presa, terminada.  
Sketch No. 1. — General view of the finished dam.

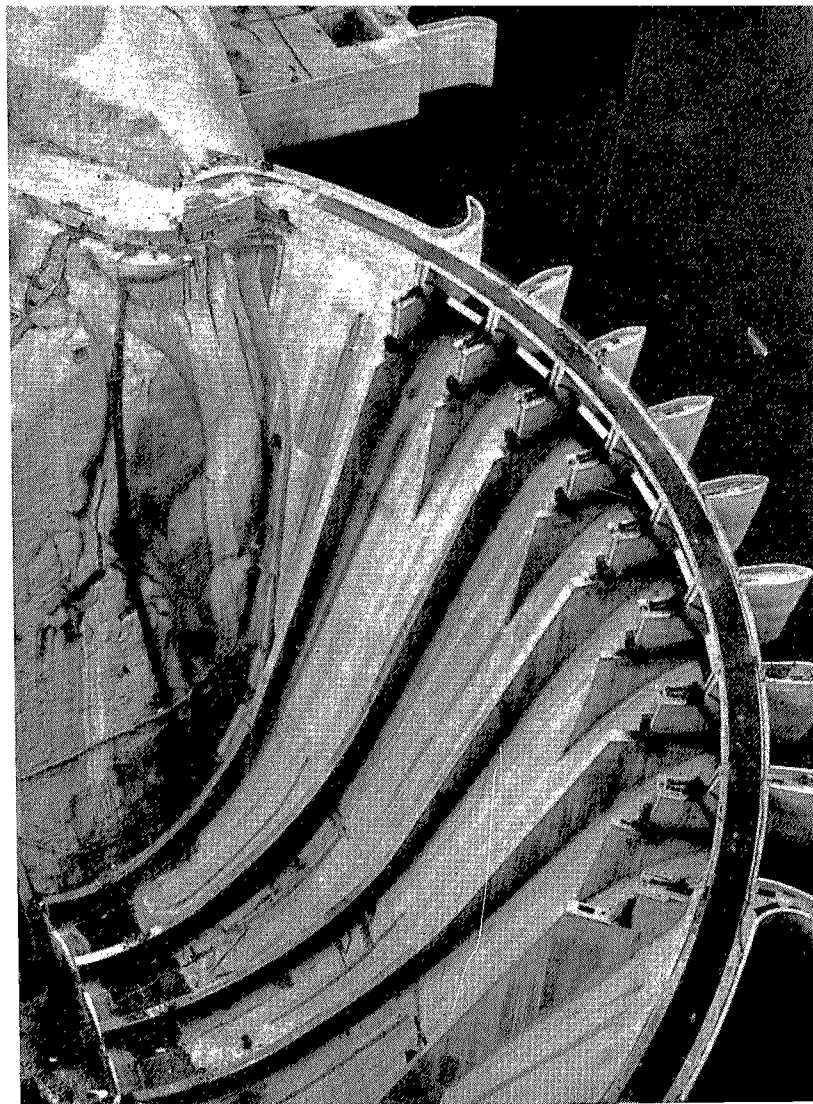


Figura 1.<sup>a</sup>

## ACCESOS Y DESVIACIÓN DEL RÍO.

El único acceso al salto es la carretera construída **20** al comienzo de los trabajos, que arrancando de las inmediaciones del pueblo de La Zarza de Pumareda (Salamanca), sigue la mayor parte de su trazado el arroyo del Ropinal, llegando, con una longitud de 12 Km., hasta la entrada de la galería de acceso a central, en el extremo de aguas abajo del aprovechamiento, en la margen izquierda, y a cota ligeramente superior al nivel del río en dicho punto.

Poco antes de llegar a este sitio, arranca de la misma otro ramal, que subiendo de cota, constituye el acceso definitivo a coronación de presa; la última parte del trazado está constituido por dos túneles

de cerca de 400 m. de longitud cada uno, el segundo de los cuales termina en el mismo estribo de la presa.

Este acceso a coronación se acometió sin pérdida de tiempo, para poder iniciar desde el mismo, en su día, los trabajos en la obra de toma y en el estribo izquierdo de presa. Sin embargo, el mayor esfuerzo se concentró desde un principio en llegar al emplazamiento de la presa, a nivel próximo al del río e iniciar los trabajos de desviación, con la construcción de la galería y de la ataguía. Para eso fué absolutamente necesario cruzar el río con un puente situado en las inmediaciones de la entrada a la galería de acceso a central, y prolongar la carretera por la margen derecha hacia aguas arriba.

Este puente, de tres tramos rectos, mixto de acero y hormigón, proyectado para tráfico pesado, pues por él había de pasar la casi totalidad del cemento y áridos empleados en la construcción del aprovechamiento, se puso en servicio en enero de 1957.

Las obras de desviación del río, con capacidad para 650 m.<sup>3</sup>/seg., comprendían una galería de desviación única, en la margen derecha, una ataguía y la contrataguía. Esta última, debido a la fuerte pendiente del río en el tramo, era de escasa importancia, por lo que no la mencionaremos en lo sucesivo.

La galería de desviación, de unos 515 m. de longitud, tenía una sección útil de 110 m.<sup>2</sup>, sin revestimiento de ninguna clase, salvo en la embocadura, en las inmediaciones del pozo de cierre y en la boquilla de salida, así como en dos cortos tramos, en que se juzgó conveniente revestir, por el estado de la roca. Un pozo, situado cerca de la embocadura, permitiría en su día el descenso de la compuerta de cierre.

La mayor parte de la galería es excavó a plena sección desde la boca de salida, donde se iniciaron los primeros trabajos antes de llegar a la misma la carretera de acceso.

El comportamiento de la galería fué excelente, sin haber sufrido daño alguno, como pudo comprobarse al entrar en la misma en agosto de 1962, inmediatamente después de efectuado el descenso de la compuerta de cierre. Durante cerca de cinco años circuló por ella el agua sin interrupción, con velocidades que llegaron a ser superiores a 15 metros-segundo. La carga de agua durante la crecida de enero de 1962, llegó a 50 metros.

La ataguía se construyó del mismo tipo, que la construída anteriormente en Saucelle, de escollera, con parte del núcleo constituido por gaviones, impermeabilizada con doble hilera de tablestacas me-

tálicas y tratamiento mediante inyecciones. Su altura es de 24 metros y fué revestida mediante losas armadas de hormigón. Su perfil había sido cuidadosamente estudiado y ensayado en modelo, teniendo en cuenta las duras condiciones de vertido a que iba a estar sometida.

Su construcción comenzó en la segunda mitad de 1957, y no estando preparado entonces el acceso por carretera, el equipo auxiliar necesario se descendió mediante cabrestantes por la vaguada inmediata en la margen izquierda, salvando un desnivel de más de 400 metros. La ataguía quedó prácticamente concluída en la primavera de 1958, pero las inyecciones del pie de la misma, hubieron de prolongarse durante el resto del año.

El comportamiento de la ataguía fué también inmejorable, no siendo necesario en ningún momento hacer reparación alguna.

Un segundo puente de menor importancia, situado en las inmediaciones de la boquilla de salida de la galería de desviación, completó más adelante el acceso al cauce en la zona de presa, facilitando también acceso a las galerías de ataque a la parte superior de las cavernas de central y de transformadores.

#### EXCAVACIONES.

Las excavaciones de presa dieron comienzo en julio de 1958, iniciándose las de los estribos desde coronación en sentido descendente. La nota más sobresaliente fué la extraordinaria verticalidad de ambas laderas, que obligó a efectuar los trabajos en condiciones extremadamente duras y con toda clase de precauciones, pues a pesar de la magnífica naturaleza de la roca, la existencia de lastras y lajas superficiales obligó a sanear las laderas desde cotas muy superiores a la de coronación.

La perforación se hizo con martillos ligeros de aire comprimido ATLAS COPCO y barrenas enterizas con boca de metal duro Sandvik Coromant. La carga del escombros tenía lugar en el cauce, desde plataformas establecidas sucesivamente en diferentes cotas, empleándose dos palas Menck de 2,5 m.<sup>3</sup>, camiones Euclíd de 14 toneladas y Le Tourneau Westinghouse de 20 toneladas.

De un modo general, en los estribos la excavación fué poco profunda, pero en la parte inferior tuvo más importancia, llegando el volumen total de excavación a superar ampliamente los 200 000 metros cúbicos en perfil. Desde el punto de vista

de duración de los trabajos hay que añadir a este volumen el de las excavaciones de embocadura del túnel aliviadero y de la obra de toma, ya que el

20  
cias en que éstos hubieron de desarrollarse, además de retrasar sensiblemente la terminación de los mismos. En especial, señalamos la total paralización

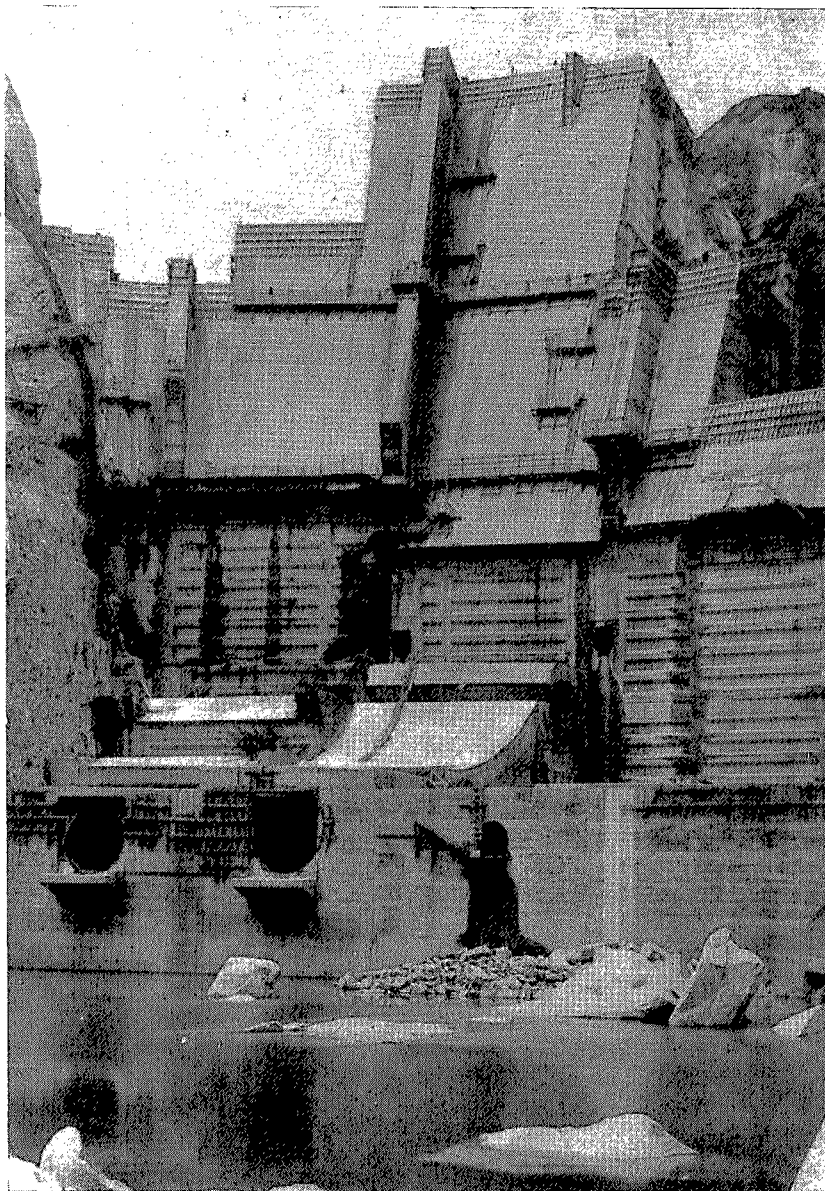


Figura 2.<sup>a</sup>

escombro procedente de las mismas hubo de ser cargado, en su mayor parte, en la misma zona de presa.

La extraordinaria abundancia de las aportaciones del río en los dos años que duraron los trabajos de excavación, aumentó la gravedad de las circunstan-

de los trabajos, desde primeros de diciembre de 1959 hasta mediados de abril de 1960.

Los trabajos de excavación subterránea en presa, comprendieron, por una parte, las galerías de reconocimiento e inyección, que son prolongación, en ambas márgenes, de las galerías de visita, y el pozo

Fig. 2.<sup>a</sup> — Presa. Vista desde aguas abajo en 26 de abril de 1962.  
Sketch No. 2. — Dam. Downstream view on the 26th April 1962.

de acceso a las mismas; y, por otra, los tres pozos inclinados y la galería, que hubo que hacer como tratamiento de una importante diaclasa en la margen derecha. Nos limitamos a mencionarlos, ya que además han sido descritos en el artículo citado.

A primeros de julio de 1960, pudieron darse por terminados los trabajos de excavación, continuando hasta mediados de mes la última limpieza.

#### HORMIGONADO.

El cálculo de la presa y los ensayos en modelo reducido hechos en el Laboratorio Central de Madrid, y en el Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil de Lisboa, con resultados sensiblemente concordantes, señalaban como máxima carga de trabajo, teniendo en cuenta la presión hidrostática y el peso propio, la de 47 Kg./cm.<sup>2</sup>.

Esta carga de trabajo y las condiciones de impermeabilidad y durabilidad necesarias nos obligaron a estudiar cuidadosamente los hormigones a emplear, y en especial el hormigón de núcleo, que constituye una gran parte del volumen total.

Como árido era forzoso emplear el procedente del machaqueo de granito, ya que disponíamos del procedente de las excavaciones, de excelente calidad (solamente las obras subterráneas del salto suponían un volumen de excavación de más de 600 000 metros cúbicos), y, además, no existían en las proximidades del emplazamiento ningún yacimiento de gravas o arenas naturales.

La instalación de producción de áridos tenía como elementos fundamentales de machaqueo los siguientes: una machacadora primaria de mandíbulas Allis-Chalmers, tipo A1 de 60" X 48"; una machacadora secundaria giratoria Allis-Chalmers Superior de 24" X 60"; dos molinos Symons "Standard" de cuatro pies; dos molinos Symons "Short Head" de cuatro pies.

Para completar la producción de arena fina, se instaló un molino de bolas Humboldt, de que se disponía, que aunque no era la máquina más adecuada para ello, cumplió su cometido.

La clasificación se hacía con un equipo de cribas vibrantes Allis Chalmers, tipo RIPL-FLO, de uno o dos pisos y varios tamaños. Las aperturas cuadradas de las cribas eran de 135, 70, 30, 15, 7 y 2 milímetros.

El árido quedaba clasificado en seis tamaños.

La arena fina pasaba por dos lavadores tipo Bavaria, que eliminaban gran parte del polvo, dejando la proporción conveniente. Antes de su entrada

en los silos, esta arena era desprovista de una parte de su humedad en el secadero, simple plataforma ligeramente inclinada y con buen drenaje, donde la arena se iba empujando con "bull-dozer" hacia la cinta alimentadora de silos.

Para cada uno de los dos tipos de arena se disponía de tres silos iguales, provistos de un buen drenaje, estableciéndose un sistema de rotación, de forma que en cualquier momento un silo se estaba llenando, otro estaba drenándose y el tercero alimentando la instalación de hormigonado. Este dispositivo permitió alimentar la instalación de fabricación de hormigón con arenas ya drenadas, con humedad moderada y, por lo tanto, estable.

El funcionamiento general de la instalación fue satisfactorio, señalándose como defecto principal la falta de lavado del árido grueso.

La separación de las arenas funcionó también satisfactoriamente, obteniéndose composiciones muy uniformes, que se mantenían sin disgregación en los silos, debido al estado de humedad. Consideramos, sin embargo, preferible el empleo de un sistema de clasificación hidráulico.

La producción en los meses de gran intensidad de hormigonado se mantuvo por encima de las 100.000 toneladas, con un máximo mensual de 118.000 toneladas de áridos clasificados. La instalación podía dar producciones superiores si se exceptúa la limitación de producción de arena fina, que hubiera podido subsanarse con el empleo de algún molino de barras, preferiblemente simétrico, de entrada simultánea por ambos extremos y salida periférica central.

El transporte de los áridos clasificados a la torre de hormigón se hacía mediante una cinta transportadora de varios tramos.

El cemento empleado era portland, de excelentes características, procedente de la fábrica de CEHOSA.

El transporte del mismo se hizo a granel, empleándose el ferrocarril desde fábrica (junto a Venta de Baños) hasta un apartadero establecido en Lumbrales. Desde este punto hasta los silos de obra se emplearon tractores Autocar con semirremolques "Trailmobile" de 25 toneladas de carga útil y descarga posterior con tornillo sin fin. La distancia de transporte era de 263 Km. por ferrocarril y 44 Km. por carretera.

Los vagones empleados eran especiales para el transporte a granel de cemento, de tres ejes, con 44.650 Kg. de carga útil. Durante el período de gran intensidad de transporte se disponía de dos composiciones de 12 unidades cada una, con las

cuales se estuvo recibiendo en el apartadero una composición diaria, salvo festivos.

En las proximidades de la torre de hormigón estaban situados los dos silos de cemento, de 3.000 toneladas de capacidad cada uno, a donde se elevaba el cemento por aire comprimido, desde una tolva de recepción. Desde los silos se enviaba cemento a la torre por medio de aeroalimentadores "Fuller Huron".

El transporte de cemento se desarrolló con toda normalidad, sin que en ningún momento hubiera falta del mismo. Durante muchos meses consecuti-

el resultado de las determinaciones hechas. Las básculas se contrastaban periódicamente, manteniéndose siempre ajustadas dentro del orden de sensibilidad de las mismas y tomando toda clase de medidas para reducir en lo posible los errores sistemáticos de pesada. **20**

El comportamiento de la instalación fué excelente, alcanzándose normalmente un ritmo de 125 a 140 m.<sup>3</sup>/hora. La máxima producción diaria fué de 2.801 m.<sup>3</sup> en veintiuna horas de trabajo.

El transporte del hormigón se hacía con dos cables-grúas gemelos Nordstrom Linbanor de 15

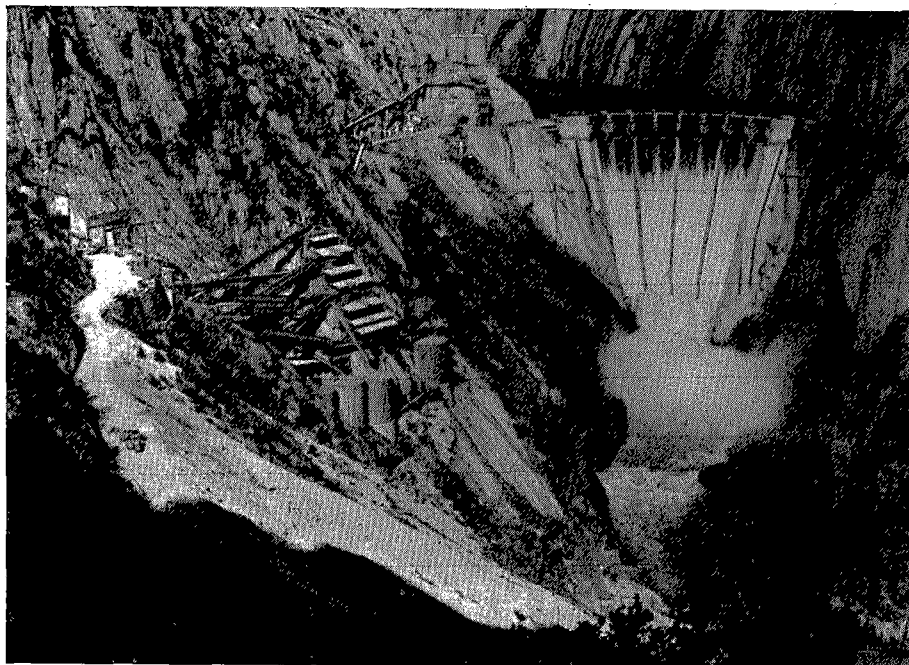


Figura 3.<sup>a</sup>

vos se mantuvo un ritmo de transporte de 11.000 toneladas mensuales, habiendo sido las cifras máximas alcanzadas: 12.568 toneladas transportadas en un mes por ferrocarril y 12.255 toneladas por carretera.

La fabricación del hormigón tenía lugar en una torre Johnson-Koehring, con tres hormigoneras de tres yardas cúbicas de capacidad y dosificación automática en peso de los nueve componentes (seis tamaños de árido, cemento, agua y producto de adición).

Las básculas de arena estaban provistas de dispositivo de corrección de la humedad, modificándose periódicamente el índice correspondiente según

toneladas de carga útil y 685 m. de luz. Eran del tipo de sector, con un pivote común en la margen derecha y una torre desplazable en la margen izquierda, batiendo toda la planta de la presa. Normalmente trabajaban los dos cables con absoluta independencia en bloques distintos de acuerdo con programas previamente estudiados.

Se emplearon cazos Blaw Knox de seis yardas cúbicas nominales, de descarga por aire comprimido, producido por el propio cazo. El transporte del hormigón desde la torre al muelle de cazos se hacía mediante dos vehículos especialmente contruidos para este fin, con descarga accionada también por aire comprimido.

Fig. 3.<sup>a</sup> — Presa de Aldeadávila.

Sketch No. 2. — Aldeadávila Dam. General view.

Los bloques se hormigonaban de un modo continuo por tongadas de 2 m. de altura, efectuándose la extensión del hormigón mediante un "bull-dozer" ligero en capas de 0,40 m. de espesor. Otro "bull-dozer" análogo, desprovisto de la hoja y portando en su lugar una batería de cinco vibradores pesados Vibro-Verken, efectuaba a continuación la pervibración de la capa. Al hacer esta operación, las puntas de los vibradores penetraban en la capa inferior para asegurar el monolitismo y homogeneidad del bloque.

con sonda del cuerpo de la presa, además de proporcionarnos los datos de más garantía de resistencia y peso específico, nos permitieron comprobar la perfecta consolidación conseguida y el monolitismo y homogeneidad del conjunto.

Dada la importancia de las tensiones debidas a cambios de temperatura y las demás circunstancias que concurrían, se decidió desde un principio refrigerar el hormigón de la presa para poder hacer la inyección de las juntas con el hormigón a una temperatura de 12°, ligeramente inferior a la tempera-

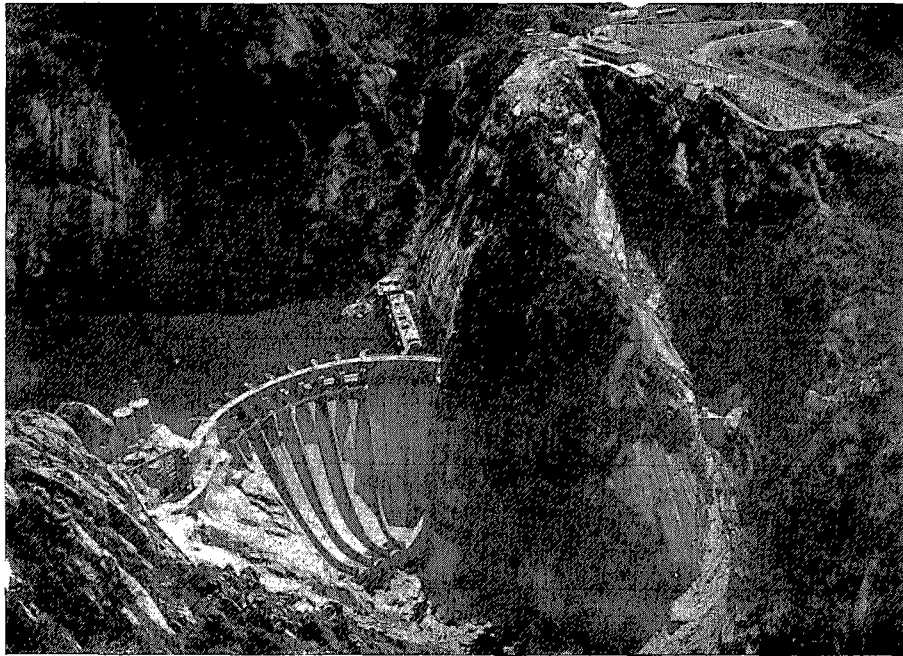


Figura 4.<sup>a</sup>

Este sistema mecanizado de extensión y vibración del hormigón lo consideramos el más adecuado para obras de gran volumen. Fué empleado por primera vez en Mauvoisin, y hemos tenido ocasión de verlo utilizar en varias ocasiones en diferentes presas suizas. Requiere un cierto ritmo de colocación de hormigón, pues al vibrar una capa no ha debido iniciarse el fraguado de la inferior.

De esta forma pudieron colocarse hormigones de "slump" prácticamente nulo, con tiempos superiores a veinte segundos en el ensayo VE-BE y dosificaciones de agua inferiores a 115 litros por metro cúbico, a pesar de la aspereza del árido de machaqueo, con la única adición de cantidades moderadas de un agente aireante.

Numerosos testigos de gran diámetro, sacados

Fig. 4.<sup>a</sup> — Vista aérea.

Sketch No. 4. — Aerial view.

tura media anual prevista para el cuerpo de la presa.

En esencia, el sistema adoptado para la refrigeración fué el mismo estudiado a fondo y empleado por primera vez en los Estados Unidos con ocasión de la construcción de la presa de Boulder y empleado posteriormente en muchas otras presas con variaciones más o menos grandes.

En cada tongada quedaba embebido un serpiente de tubo de acero sin soldadura, de 23 mm. de diámetro interior y 1 mm. de espesor. Este serpiente se sometía a prueba con circulación de agua del río antes de hormigonar el bloque correspondiente. Durante el hormigonado se interrumpía la circulación de agua, que se restablecía a las veinticuatro horas, manteniéndose ininterrumpidamente durante

un cierto tiempo. De esta forma la refrigeración reducía también algo la temperatura máxima alcanzada por el hormigón. En una segunda fase se hacía circular por el serpentín agua refrigerada a 4°, obtenida en una instalación especialmente dispuesta para este fin.

- Medidas de desplazamientos por observaciones topográficas de precisión y péndulos. **20**
- Medidas de subpresión.
- Medidas de deformaciones, tensiones, juntas y temperaturas con equipo eléctrico Carlson.

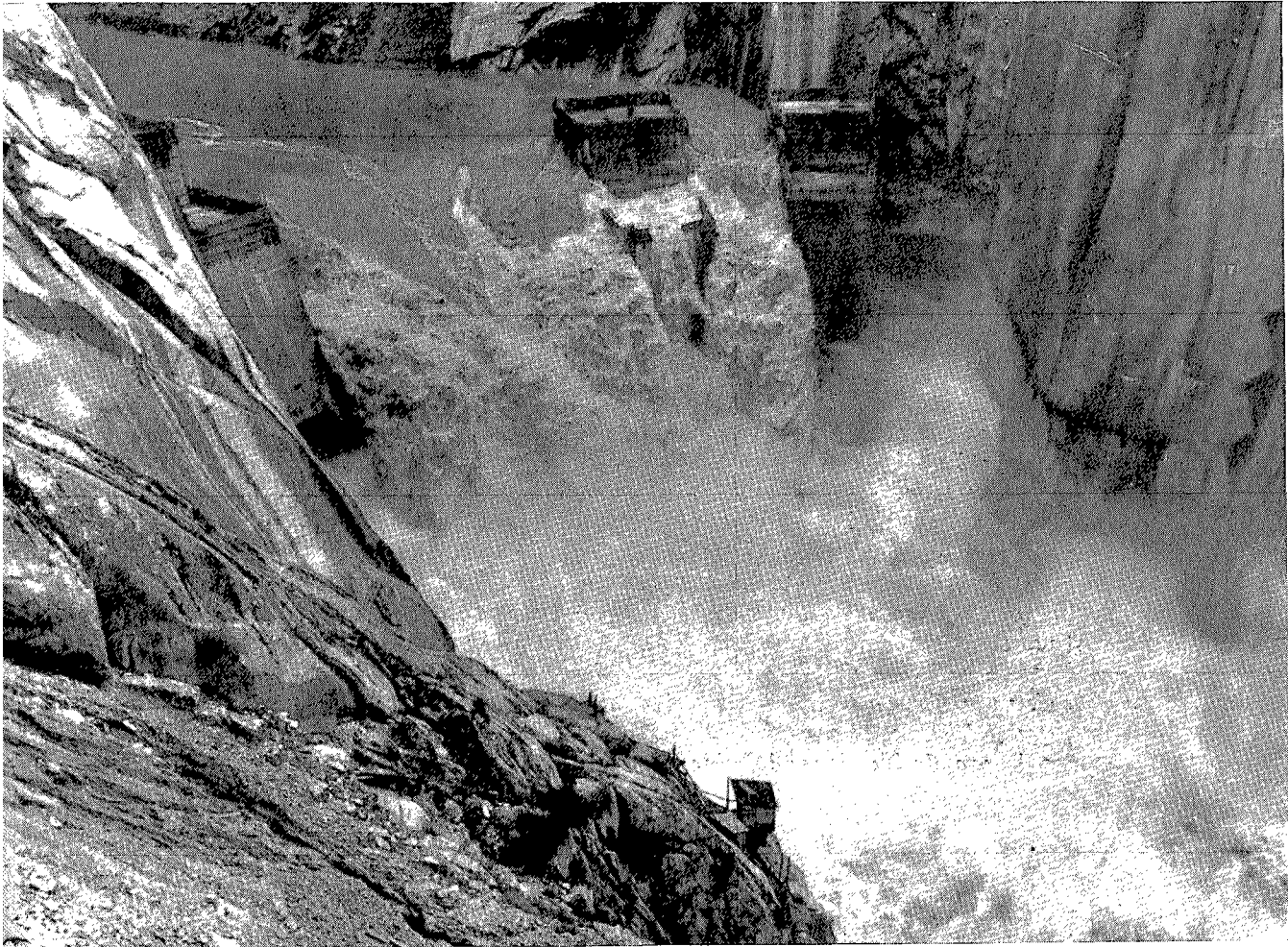


Figura 5.<sup>a</sup>

En todo momento se mantuvo un control riguroso de temperaturas mediante mediciones sistemáticas en los propios serpentines y termómetros de resistencia instalados en algunos bloques piloto. El sistema funcionó con toda normalidad y sensiblemente con arreglo a lo previsto.

Se instaló también en la presa un sistema completo de medida y auscultación permanente estudiado por el Laboratorio Central de Madrid, que comprendía:

- Medidas de juntas con deformímetros Huggenberger.

El hormigonado de la presa comenzó el día 14 de julio de 1960, en los bloques centrales. El ritmo inicial fué lento, pues al alcanzar cada bloque una altura de 6 ó 7 m. se suspendía el hormigonado del mismo, con el objeto de hacer un tratamiento de la roca de cimentación.

Este tratamiento se hizo necesario por la presencia de diaclasas subhorizontales debidas a efectos de

Fig. 5.<sup>a</sup> — Paso de la crecida sobre la presa en construcción, 3-I-1963.

Sketch No. 5. — Overflowing of the dam under construction on the 3rd Jan., 1963.

descompresión, y se extendió a toda la roca de apoyo en una profundidad variable entre 10 y 15 m., de acuerdo con las pruebas efectuadas. Comprendía un lavado a presión de las diaclasas y su posterior inyección con cemento. Sobre este tratamiento, así como sobre los trabajos efectuados debidos a la presencia de otra diaclasa en la margen izquierda, hemos tenido ocasión de presentar un informe al VIII Congreso Internacional de Grandes Presas.

El día 24 de octubre del mismo año, cuando estaba prácticamente terminada la primera fase de este tratamiento, en la zona de presa propiamente dicha, saltó el agua la ataguía, y los trabajos quedaron completamente paralizados durante casi cuatro meses, pues no pudieron reanudarse hasta el 15 de febrero del año siguiente. En esta fecha se reanudó el hormigonado, que ganó rápidamente un ritmo aceptable, pues la siguiente etapa del tratamiento se hizo desde las galerías inferiores, y además se fué ampliando el número de bloques, extendiendo también el hormigonado a la obra de lanzamiento.

En agosto de 1961 se alcanzó un volumen máximo de 50.860 m.<sup>3</sup> de hormigón colocado en el mes, que ya no fué superado.

En principio habíamos establecido exigir como mínimo al hormigón de núcleo una resistencia característica de 235 Kg./cm.<sup>2</sup> a noventa días en probeta cúbica de 30 × 30 cm. (a alcanzar, al menos, por el 80 por 100 de las probetas). Contando con un coeficiente de variación del 15 por 100, esto representaba cargas medias de rotura del orden de 270 Kg./cm.<sup>2</sup>, que en base de los ensayos hechos esperábamos conseguir con dosificaciones inferiores a 200 Kg. de cemento por metro cúbico.

Al iniciar el hormigonado, por razones de seguridad, y teniendo en cuenta además que no estaban ultimados algunos detalles de la instalación, entre ellos el drenaje de las arenas, se colocó exclusivamente hormigón con una dosificación de 250 Kg. de cemento por metro cúbico, sensiblemente más alta que la estudiada para tener la resistencia prevista.

Al reanudar el hormigonado en febrero de 1961, subsanadas las deficiencias antes apuntadas, puesto a punto el sistema de colocación, reajustada la composición granulométrica y reducido el contenido de agua del hormigón, se obtuvo un apreciable aumento de resistencia del mismo y una reducción de la dispersión. Se redujo entonces la dosificación de cemento para el hormigón de núcleo a 225 Kg. por metro cúbico, manteniendo la dosificación anterior para el hormigón de paramento. Posterior y sucesivamente se bajó la dosificación del hormigón de núcleo a 210 y 200 Kg. de cemento por metro cúbico. Esta última dosificación se mantuvo hasta

el final, y la resistencia media obtenida con ella, para todo el período de su utilización, fué de 304 Kg. por centímetro cuadrado a los noventa días en probeta cúbica de 30 × 30 cm.

Al acercarse el invierno de 1961-62, muy adelantado ya el hormigonado de la presa, los dos bloques centrales se mantenían mucho más bajos, para dar paso al agua en caso de crecida. El día primero de año todo estaba preparado para evacuar un caudal de 5.600 m.<sup>3</sup>/seg., sin interrumpir para nada los trabajos.

Pero la crecida que tuvo lugar en los primeros días del año superó con mucho este valor. Durante cincuenta y tres horas el caudal fué superior al valor indicado, saltando el agua sobre la presa por encima de otros cuatro bloques e inundando todas las galerías interiores. La punta máxima sobre la presa tuvo lugar a las trece horas del día 2 de enero, con un caudal superior a los 8.500 m.<sup>3</sup>/seg. En ese momento la lámina vertiente sobre el bloque más bajo de la presa era de 27,20 m. A las cinco horas del día 3 el agua se llevó los tramos central y lateral derecho del puente sobre el Duero y un gran volumen del pedraplén de acceso al estribo izquierdo del mismo.

Afortunadamente, no hubo que lamentar daños en los estribos de la presa ni en el hormigón de la misma, pero los trabajos de hormigonado quedaron totalmente paralizados, ya que con la inundación de galerías quedaron interrumpidos los servicios de agua, aire comprimido, energía eléctrica y sistema de refrigeración, y con la destrucción del puente quedó cortado el transporte de cemento y de parte de los áridos a la instalación. Inmediatamente comenzaron con toda intensidad los trabajos de reparación para la reanudación del hormigonado.

Para la reconstrucción del puente se pidió ayuda al Ejército, que la proporcionó rápida y eficazmente. La Jefatura de Ingenieros del Ejército, con material y fuerzas de la Agrupación Mixta de Ingenieros de la División de Caballería de Alcalá de Henares, tendió sobre el vano central, de 34 m. de luz, un tramo metálico doble triple sistema Bailey. El día 17 llegó por ferrocarril el material del mismo, y el día 19 se hizo el lanzamiento, dándose paso por el puente dentro del mismo día. El pedraplén de acceso y el tramo lateral derecho se habían reconstruido previamente con medios propios, reparándose también la parte superior de pilas y estribos.

El día 12 de enero se reanudó el hormigonado, que alcanzó rápidamente su ritmo normal, colocándose en el mes de enero más de 22.000 m.<sup>3</sup>. En los siete meses siguientes el ritmo medio de hormigo-



nado fué de 46.500 m.<sup>3</sup> mensuales, llegando a fin de agosto de 1962 a 812.531 m.<sup>3</sup> el volumen total de hormigón colocado en presa, incluida la obra de lanzamiento. A partir de esta fecha el ritmo de colocación desciende ya rápidamente por falta de bloques disponibles.

con temperaturas del hormigón ligeramente superiores a las definitivas, según estaba previsto para ganar tiempo, contando con hacer posteriormente una inyección secundaria y con la menor importancia de las tensiones debidas a cambios de temperatura en el arco superior, por la menor rigidez del mismo.

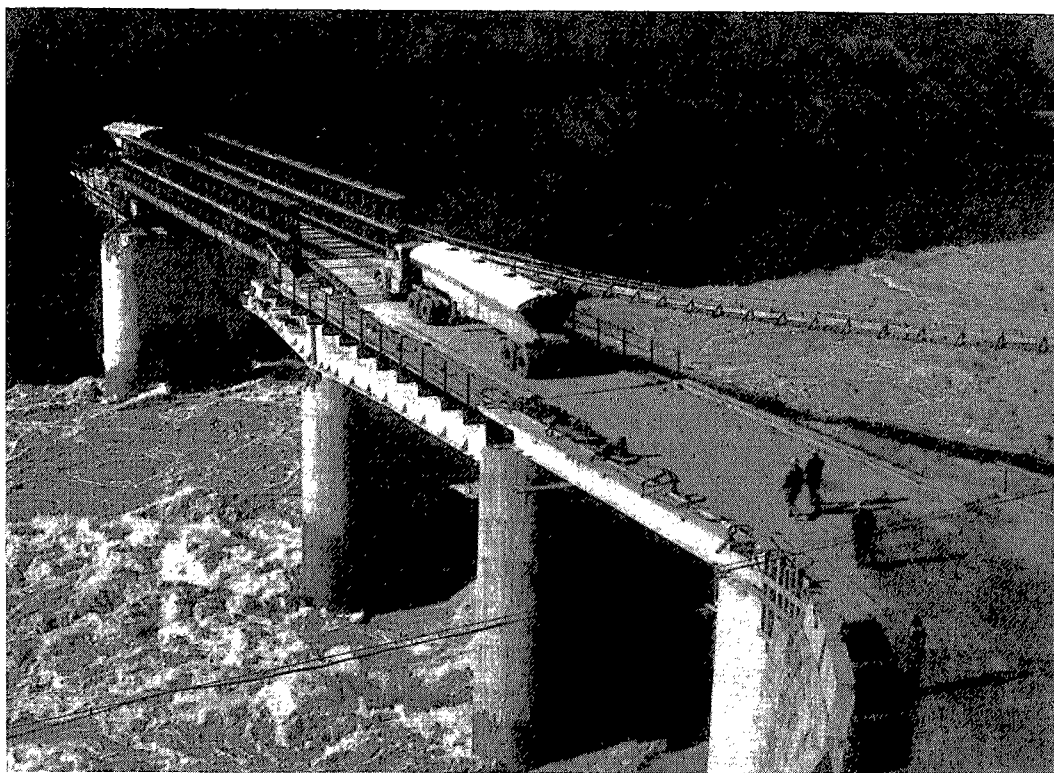


Figura 6.<sup>a</sup>

El 25 de agosto de 1962 se realizó la operación de cierre del túnel de desviación, bajando la compuerta prevista a tal fin con toda normalidad. A continuación se reconoció el túnel aguas abajo de la misma, se recogieron las filtraciones y se construyó primeramente un tapón provisional de hormigón y más adelante el tapón definitivo, que quedaba terminado el 25 de octubre del mismo año, a falta únicamente de las inyecciones, que se llevaron a cabo en su primera fase en abril del año siguiente, una vez alcanzada por el hormigón la temperatura prevista.

El día 5 de noviembre de 1962 estaba completo el hormigonado de la estructura resistente de la presa e inyectadas las juntas de la misma hasta la cota 300, habiéndose llevado a cabo la inyección con el hormigón a la temperatura prevista. Se inyectaron entonces rápidamente las juntas de la zona superior,

Al mismo tiempo se procedió a la subida gradual del nivel del embalse, accionando con los desagües de fondo, elevando el mismo desde la cota 253 que tenía el 5 de noviembre a la 305 alcanzada el día 15 del mismo mes.

Este mismo día entró el agua en la turbina del primer grupo, comenzando las pruebas del mismo. Dos días más tarde, el día 17, dicho primer grupo quedaba en servicio, trabajando normalmente, con altura de salto ligeramente reducida.

En septiembre de 1963 se completó el montaje de las compuertas del aliviadero de coronación, quedando establecido el nivel normal del embalse y completa, por tanto, la altura de salto disponible.

Sucesivamente habían ido entrando en servicio los grupos restantes, haciéndolo el último el día 30 de diciembre.

Fig. 6.<sup>a</sup> — Puente sobre el Duero, construido con un tramo "Bailey" en el vano central.  
Sketch No. 6. — Bridge on the Duero built with a "Bailey" section on the central span.