

Revisión General y Actuaciones en la Presa de San Esteban

Por J. CAJETE BALTAR

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Jefe del Departamento de Conservación

A. GIL GARCIA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Servicio Técnico de Explotación
Iberduero, S. A.

1. INTRODUCCION

Las presas son estructuras que tienen una vida útil larga pero están sometidas a acciones que exigen el establecimiento de un mantenimiento sistemático que pasa a tener un carácter corrector importante en determinadas ocasiones. Por otro lado, muchas de las obras están realizadas con anterioridad a la legislación vigente y requieren adaptaciones para su cumplimiento; con independencia de esto, es aconsejable la comprobación de las hipótesis y cálculos de proyecto.

Teniendo en cuenta el valor intrínseco de los aprovechamientos y sobre todo considerando la seguridad como idea prioritaria en la explotación de las presas, la empresa hidroeléctrica IBERDUERO, S. A. ha comenzado una revisión sistemática e integral de sus instalaciones para determinar su grado de idoneidad en todos los aspectos y fijar consiguientemente las modificaciones convenientes para su actualización.

Este repaso se centra fundamentalmente en el comportamiento de la presa, tomando como base los datos proporcionados por la auscultación, y en la operatividad y capacidad de los órganos de desagüe.

En presas antiguas es muy positiva una verificación de cálculos mediante la utilización de métodos modernos con datos más realistas. El tiempo transcurrido permite contar también con mayores series de caudales que posibilitan estudios hidrológicos para comprobación de las hipótesis iniciales o, en su defecto, determinación de la adecuación de los aliviaderos a las nuevas previsiones; del mismo modo es posible la intensificación del sistema de auscultación en base a hechos diferenciales que se consideren de interés y que, a veces, implican acciones importantes a efectuar en la obra.

La presa de San Esteban ha sido la elegida para encabezar la relación de instalaciones a revisar a tenor de su entidad, antigüedad y particularidades que presentaba.

Lo que sigue pretende describir someramente los estudios y realizaciones derivadas de los mismos. Algunas actividades se encuentran en desarrollo y de otras aún no se conocen su efecto en profundidad; no obstante, el grado de avance conseguido en los trabajos permite una caracterización completa de los objetivos marcados así como de los sistemas seguidos.

2. CARACTERISTICAS DE LA PRESA

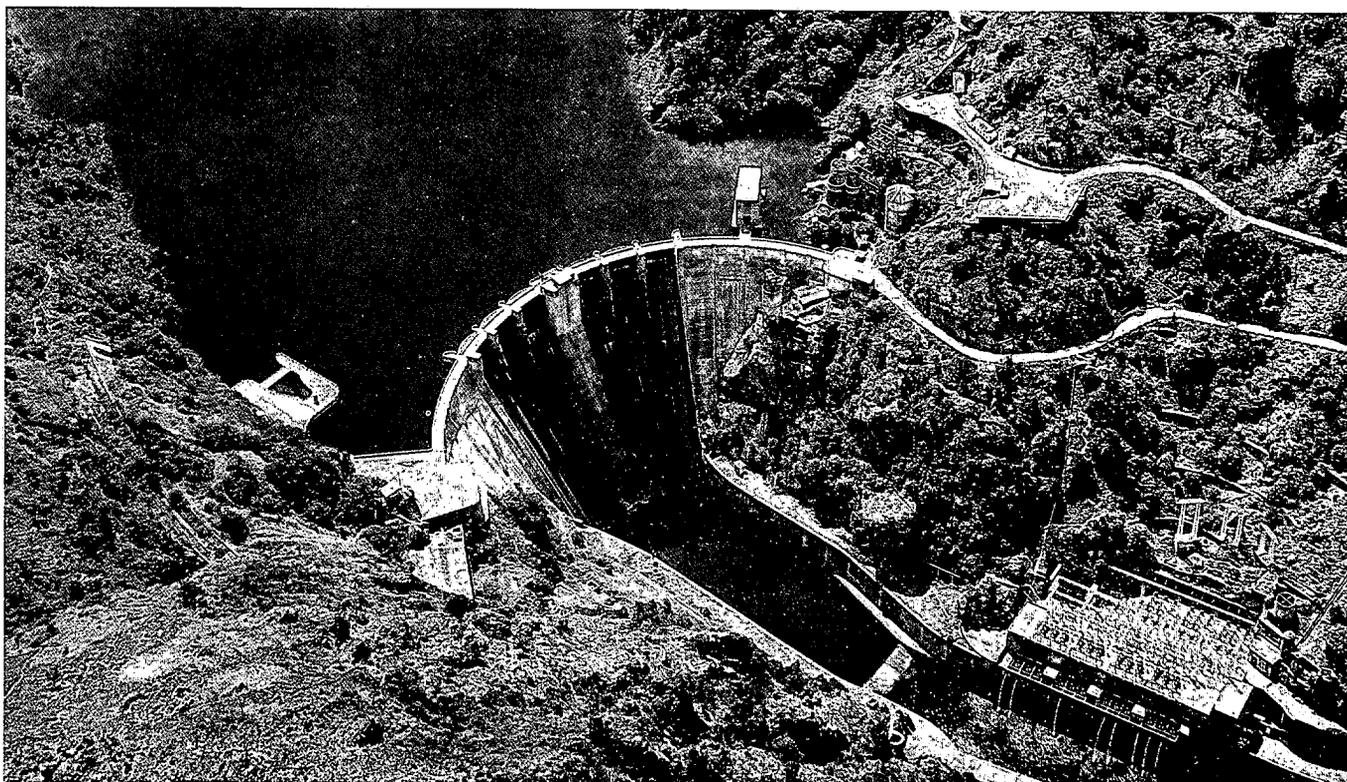
Situada sobre el río Sil, en el término de Nogueira de Ramuín (Orense) forma parte de un aprovechamiento hidroeléctrico de 266 Mw. con producción anual de 1.000 Gwh.

Su construcción finalizó en 1955. Es del tipo arco-gravedad con un único radio de curvatura de 120 m.; la altura es de 115 m. y su desarrollo en coronación de 295 m.

La cimentación está constituida por gneis granítico y como accidentes fundamentales que le interesan figuran: un dique de diabasa casi vertical en el estribo derecho, sensiblemente normal al arco de la presa, y otro de aplita, perpendicular al río, que buza ligeramente hacia aguas abajo.

El embalse que crea asciende a 213 Hm³ con una superficie de 737 Ha. El nivel máximo de explotación está fijado por la cota 229,2 m. por debajo de la coronación.

Está dividida en 17 bloques y la recorren tres galerías principales longitudinales, dos de las cuales tienen salida al exterior a través de ramales transversales.



Presa de San Esteban.

El aliviadero principal es de superficie y está centrado en la presa. Lo componen seis vanos cerrados por compuertas segmento de $15 \times 6,30$ m. El vertido se efectúa sobre el paramento a un cuenco amortiguador. Con el nivel normal del embalse la descarga se eleva a $4.500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dispone de dos desagües de fondo circular de $\varnothing 2$ m. con dos válvulas de compuerta cada uno. La capacidad total es de $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS

Se han derivado de la reconsideración de los órganos de desagüe y del análisis del funcionamiento de la estructura y se dictaron básicamente como consecuencia de estudios hidrológicos y de datos proporcionados por la auscultación.

El túnel aliviadero, aliviadero principal, desagües de fondo y la propia fábrica han sido las partes de la instalación sobre las que se han desarrollado las modificaciones.

3.1. Organos de desagüe

Aliviadero lateral

En previsión de las averías que pudieran producirse durante el funcionamiento del aliviadero de la presa, se construyó un aliviadero auxiliar, en galería, en la margen derecha, aprovechado como tramo inferior del mismo el túnel de desviación utilizado para la construcción de la presa. El fin fundamental de este aliviadero, más que incrementar la capacidad de desagüe de la presa, era evacuar caudales importantes durante la época de aguas altas, permitiendo prolongar la campaña de reparaciones en el cuenco central en el caso de producirse alguna avería de importancia.

La embocadura se cerró con una compuerta de hormigón del tipo sector flotante. Su capacidad de descarga se elevaba a $550 \text{ m}^3/\text{s}$.

Como consecuencia de las averías producidas en el cuenco de la presa por la avenida de diciembre de 1959 se consideró necesario un reconocimiento del mismo y proceder a realizar algunas reparaciones de urgencia, para lo

que se puso en funcionamiento el aliviadero auxiliar. Sin embargo, la avenida había alterado el cauce del río aguas abajo de la presa, correspondiendo a los caudales evacuados por el túnel mayores niveles que los previstos en los ensayos en modelo reducido.

En estas circunstancias se originó el deterioro del revestimiento interior al que siguió un corrimiento de tierras en la vertical de una vaguada coincidente con el dique de diabasa ocasionando el vaciado de éste, que dio lugar a una chimenea que puso al túnel en comunicación con el exterior. La reparación consistió en el relleno del pozo mediante escollera e inyecciones de mortero; varias galerías que se abrieron en la ladera facilitaron estas labores. Persiguiendo el garantizar la normal transmisión de esfuerzos de la presa al estribo se construyó un macizo en la parte superior de la vaguada.

Todo lo anterior llevó a la determinación de dejar el túnel fuera de servicio, quedando enclavada la compuerta en su posición de cierre por relleno de su cámara de flotación.

Como medida ante el hipotético deterioro de la compuerta o posible sobre elevación del embalse en un régimen especial de avenida, en 1987 se procedió a taponar el túnel en su primer tramo mediante la construcción de una cúpula de hormigón armado.

Asimismo, las galerías excavadas en su día en la ladera se han acondicionado para su utilización permanente en la observación de esa parte del estribo.

Aliviadero principal

En el proyecto, los 4.500 m³/s. de capacidad de descarga sin sobre elevación del embalse se fijaron en relación a los correspondientes a la mayor avenida conocida, la registrada en 1909. Habiendo quedado inutilizado al aliviadero lateral y considerando la circunstancia de que las compuertas sobre presa cierran contra las vigas del paso sobre coronación y por tanto los vanos funcionarían en carga en caso de elevación de las aguas, como punto de partida se acordó el estudio hidrológico de avenidas en el río Sil en sus cursos medio e inferior.

Este análisis se llevó a cabo en base a mé-

todos empíricos y estadísticos y teniendo en cuenta los datos históricos conocidos, habiendo coincidido los resultados obtenidos a través de los distintos sistemas. Las avenidas registradas sobre las presas construidas en el río, las señales de riadas anteriores y otros indicios merecieron más confianza que la hipotéticas precipitaciones no registradas en la cuenca.

Los 4.500 m³/s. coinciden con el caudal de avenida de los 100 años en tanto que el de período de retorno 500 años asciende a 5.500 m³/s.

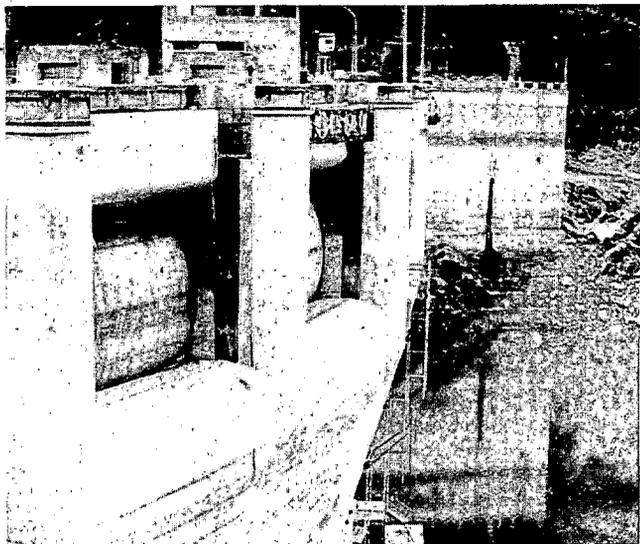
De lo anterior se deduce un dimensionamiento adecuado del aliviadero aunque sin margen alguno si no se consideran sobre elevaciones del embalse. Los ensayos en modelos efectuados en el Laboratorio de Hidráulica de IBERDUERO se centraron en la utilización de los 2 m que separan al nivel normal del embalse de la coronación. Los resultados se pueden resumir diciendo que la capacidad de desagüe hasta que los vanos entran en carga con 1,20 m. de sobre elevación del agua es de 5.562 m³/s.; a partir de esa situación el caudal no aumenta.

Se comprobó que la solución para conseguir la continuidad de la curva de gasto consistía en la adopción de unas superficies que guiasen las venas en los dinteles. Así, con el embalse en coronación la descarga total pasaría a ser de 6.090 m³/s., mayor que la avenida de 1.000 años, resultando un aumento de caudal de 528 m³/s. respecto a la capacidad antes indicada.

Se comprobó la estabilidad de la presa ante un aumento de carga. Finalmente, durante 1986, en los vanos se acomplaron unas pantallas metálicas de coste reducido y montaje sencillo que actúan como guías de flujo permitiendo la progresividad de los vertidos.

Por último, mencionaremos los deterioros originados en el cuenco durante la avenida de diciembre de 1959, que se elevó a 3.600 m³/s. La solera quedó destruida en una gran zona de aguas abajo. La escasa longitud del cuenco provocaba la salida del agua a gran velocidad con turbulencias y la entrada de rocas al mismo ocasionó el incidente.

Se reconstruyó el cuenco ampliando su longi-



Pantallas guía en los dinteles del aliviadero.

tud y altura, observándose desde entonces un correcto comportamiento.

Desagües de fondo

En ellos se apreciaban dos particularidades a solucionar, una referente a su funcionalidad y otra de mantenimiento aunque no por ello más simple.

La aireación común para los dos desagües se efectuaba a través de un conducto vertical de \varnothing 500 mm. que en la cámara de accionamiento pasaba a ser de \varnothing 200 mm. bifurcándose en dos ramales del mismo diámetro que se inyectaban en la clave de los desagües, delante de las compuertas de agua abajo.

Los desagües se pusieron en funcionamiento durante el primer llenado del embalse y ya se apreciaron entonces ruidos y vibraciones fuertes durante las maniobras de apertura y cierre. Esto ha llevado a reconsiderar el circuito de aireación y a modificarlo en el sentido de aumentar el caudal de aducción.

Se mantiene el alimentador común de \varnothing 500 mm., y los ramales se cambiaron a \varnothing 400 mm. A su vez los codos y pantalones rectos se sustituyeron por otros en curva. Con la disposición de válvulas en los dos conductos particulares de aireación independizando las alimentaciones, que evitan que la entrada de agua de un desagüe en funcionamiento impida la aireación en el otro, se dió por concluida la actualización.

Pruebas posteriores con la carga máxima han demostrado un comportamiento muy satisfactorio sin los problemas anteriores.

La otra particularidad se centraba en la llave de toma, común, del by-pass para el llenado de las cámaras entre compuertas, sometidas permanentemente a la carga del embalse.

Desde hacía tiempo presentaba fugas en la estanqueidad del eje, lo que llevó a hormigonar su cuerpo ante el peligro de una rotura. Normalmente se mantenía abierta, cerrando el circuito las dos válvulas posteriores de alimentación de las cámaras.

En 1987 y aprovechando una situación de embalse bajo, hombres rana colocaron tapones provisionales en los orificios de toma, aguas arriba de las primeras compuertas, que permitieron el cambio de la válvula por otra de mayor garantía, comprobándose el deterioro de la lenteja de la primera. Asimismo se procedió a la instalación de otra válvula, esférica de varias vías, en la cruz formada por el colector general y los dos ramales de alimentación. Las piezas en contacto con el agua son de acero inoxidable.

Un último aspecto es la adquisición de una segunda bomba para el accionamiento de las compuertas de los desagües, como reserva de la existente.

3.2. Estructura

En este apartado se incluye el análisis de su comportamiento, que ha dado lugar a la actualización de la auscultación, estudio detallado del estado del hormigón y a trabajos de conservación particulares.

Sistema de auscultación

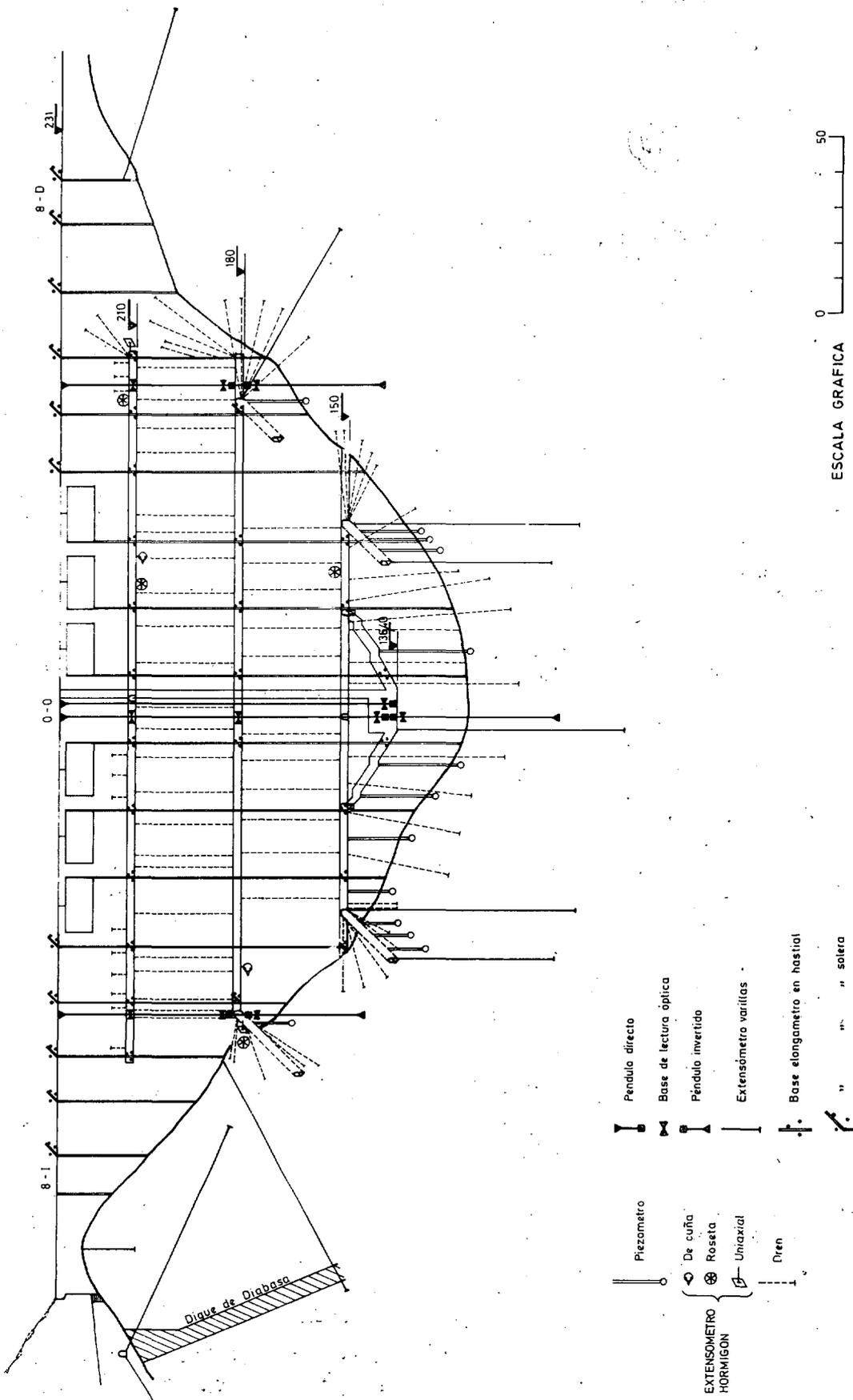
Desde la construcción se fueron añadiendo controles de tal forma que hace media docena de años se disponía de un péndulo directo con única base de lectura, colimación angular sobre la coronación de tres bloques para seguimientos de desplazamientos radiales, observación geodésica, control en coronación de juntas laterales, drenaje y piezometría.

Los registros de deformaciones denotaban una progresión de la presa en dirección al em-

REVISION GENERAL Y ACTUACIONES EN LA PRESA DE SAN ESTEBAN

M.I.

M.D.



balse, creciente hacia la margen derecha, que en coronación se cifraba en casi 1 mm/año como valor medio. De las juntas controladas, sólo tres tenían movimientos; una del lado derecho observaba aperturas irrecuperables en tanto que la contigua mostraba remanencias en el deslizamiento.

Lo único de resaltar en la auscultación hidráulica consistía en algunas filtraciones provenientes de los recintos de aguas arriba de las juntas radiales limitados por los pozos entre galerías, sin duda por rotura de las chapas de estanqueidad, cuyas reinyecciones con lechada de cemento tenían una efectividad corta, y los caudales de varios drenajes del hormigón que intersectaban retomas y en las que las inyecciones convencionales tampoco constituían una solución definitiva.

Por otro lado, el paramento visto presentaba en su parte superior, y más intensamente en los laterales, numerosas uniones de tongadas con humedades así como una cierta fisuración en el estribo derecho. La galería más alta, en su tramo bajo el aliviadero, dejaba notar fisuras en los hastiales coincidentes con retomas.

Considerando estas singularidades y la escasa auscultación se decidió actualizar el control, ampliando los sistemas establecidos, modificándolos convenientemente e instalando otros nuevos; actualmente se dispone de los siguientes:

- Con independencia del antiguo, tres péndulos combinación de directos e invertidos. Los pozos de \varnothing 315 mm. para los hilos de los nuevos se perforaron enteramente desde coronación, alcanzando el central un desarrollo de 150 m., siendo necesarias aperturas de nichos en las galerías para la instalación de bases de lectura. A su vez la galería superior se prolongó hacia la margen derecha en la longitud de un bloque en el que se sitúa uno de los péndulos laterales. Todas las excavaciones se llevaron a cabo utilizando cemento expansivo.
- En paralelo con el sistema antiguo de medida de movimiento de coronación hay establecida una bisección topográfica para todos los bloques.
- Una red geodésica extendida a todo el

paramento con un control eficaz de las referencias y un correcto centrado del teodolito informático en los pilares.

- Dos itinerarios de nivelación de precisión. Uno de ellos se extiende por coronación y laderas y el segundo recorre la galería inferior.
- Los movimientos del cimientto se siguen por medio de extensómetros de varilla de varios anclajes. Los instalados en la galería más baja funcionan, además, como referencias para la nivelación que en ella se efectúa.
- Bases de elongómetro controlan todas las juntas en sus partes alta y baja.
- El drenaje del cimientto y cuerpo de presa así como la piezometría han sido aumentados y las profundidades en la roca prolongadas.

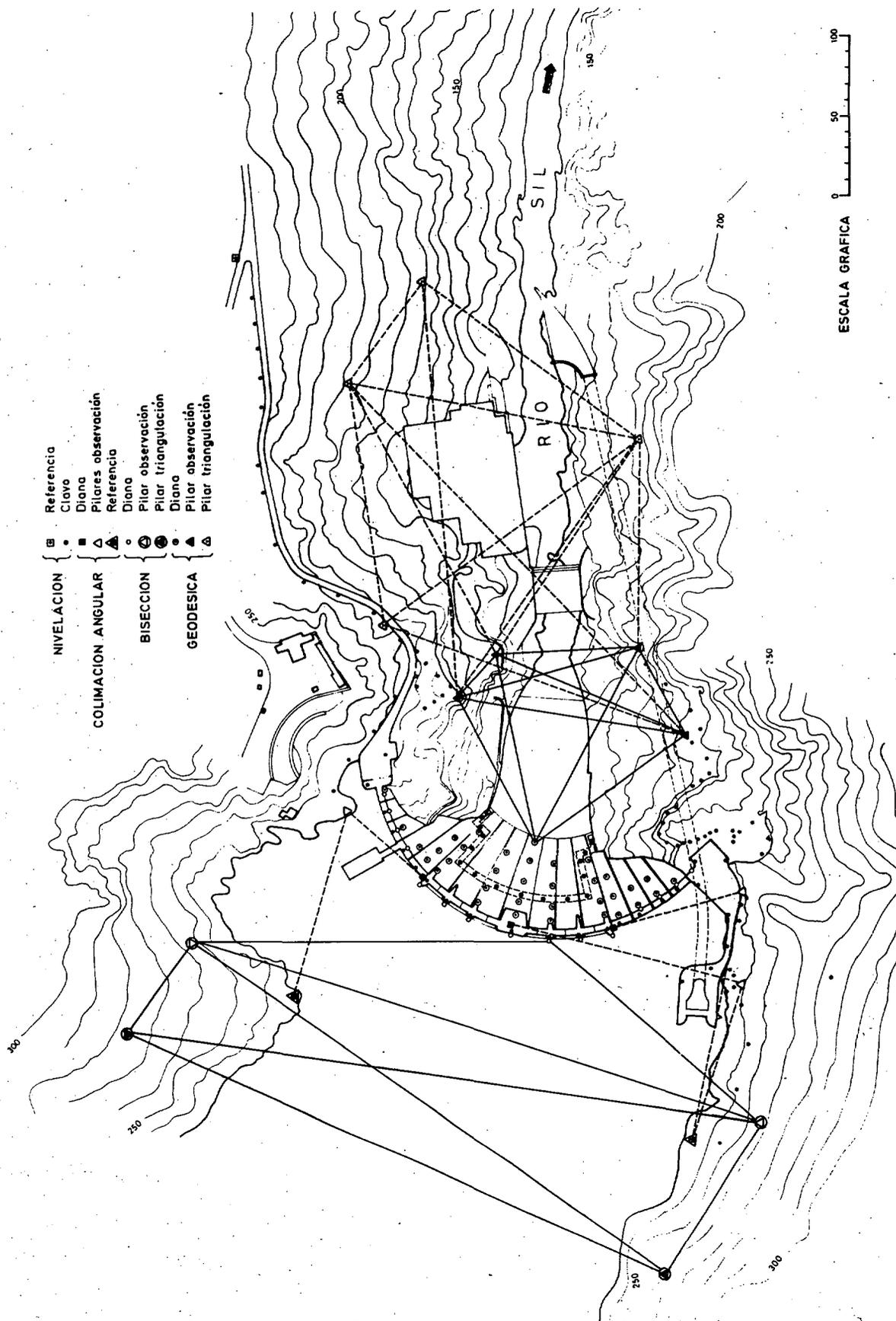
Con toda esta instrumentación se han confirmado los fenómenos irreversibles antes apuntados, apreciándose una ligera y progresiva elevación de la estructura, más marcada en los bloques del estribo derecho en cuyo exterior se observan algunas fisuras. Las juntas en las galerías se presentan cerradas y con movimientos estacionales apenas perceptibles y el comportamiento del cimientto, incluyendo accidentes particulares, es correcto.

Después de contemplar un buen número de causas que pudieran haber dado origen a todas las singularidades vistas, la existencia de una reacción expansiva en el seno del hormigón parecía tener consistencia y en base a ella se encaminaron los trabajos que a continuación se describen.

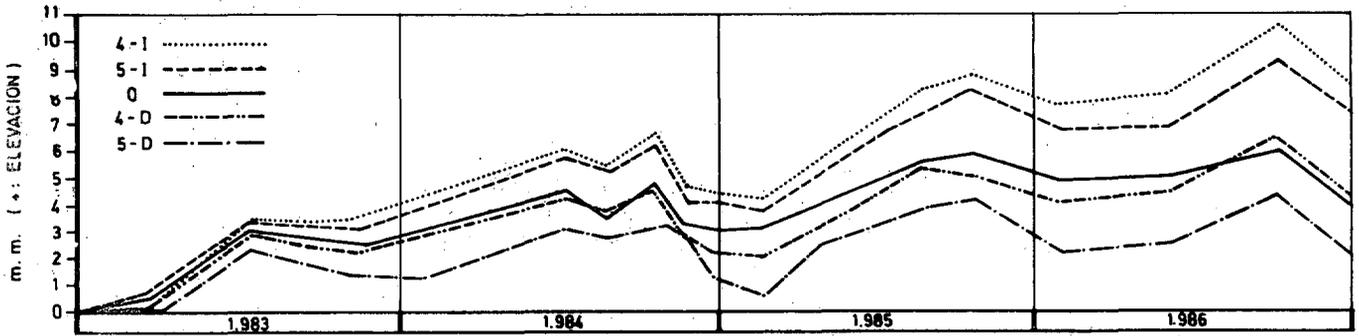
Estudio del hormigón

Como labor complementaria se realizó una prospección vertical de cada bloque mediante sondeo, efectuando pruebas sistemáticas de permeabilidad, observándose múltiples zonas con coqueas y la ausencia de pasta y finos en bastantes uniones entre tongadas.

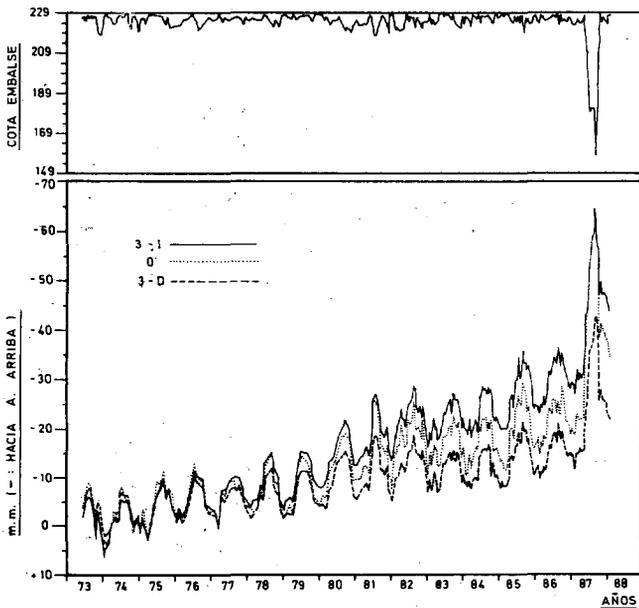
También se pudo observar que las juntas activas sólo lo son en sus 15 m. superiores y que las fisuras de la galería más alta están más cerradas cerca de los paramentos, particularidad que apunta hacia la confirmación de una ex-



Controles topográficos.



Evolución de los movimientos en altura de varios bloques a nivel de coronación.



Desplazamientos radiales en tres bloques obtenidos de la observación topográfica de coronación.

pansión del hormigón. A su vez, por el lado del embalse, y en correspondencia con la zona deteriorada superficialmente en el paramento de aguas abajo, se detectó una familia de fisuras que resultaron tener una profundidad escasa.

A continuación se confeccionó un plan de investigación del estado tensional basado en pruebas de liberación de tensiones utilizando células planas y triaxiales.

Los ensayos se localizaron relativamente próximos a los dos paramentos y a tres niveles. La base del estudio la constituían los biaxiales, destinados al conocimiento del estado del plano longitudinal de la presa, a cuya finalización se

podía concluir lo siguiente:

- Por la lógica de sus resultados, en general, los ensayos se consideran válidos.
- Los ensayos biaxiales ofrecen resultados con mayores garantías, como ya se sospechaba en un principio.
- La magnitud y signo de las tensiones obtenidas no denotan nada que señale un estado particularmente anormal. Las compresiones son correctas y las tracciones casi nulas, lo que está de acuerdo con los cálculos desarrollados por elementos finitos.
- En la galería superior, por encima y debajo de las fisuras, se acusa una tensión horizontal normal en tanto que bajo ellas no existe componente vertical y por encima se observan tracciones.

Al objeto de seguir la evolución tensional se colocó una serie de aparatos de cuerda vibrante, que proporcionarán datos sobre la evolución de las deformaciones internas y tensiones. Se han dispuesto medidores de tensión del tipo cuña, extensómetros uniaxiales de gran base y rosetas planas de pequeños extensómetros, todos ellos alojados en taladros rellenos con mortero sin retracción.

Pasando al estudio del material en sí, se trazó un plan de análisis de los áridos y del hormigón sobre testigos extraídos en cantera y presa.

La investigación sobre patología de los hormigones de presas se ha comenzado a abordar recientemente, no existiendo una metodología contrastada. No hay dictados remedios

ante determinada sintomatología, que en la generalidad de los casos esta provocada por la interacción entre árido y pasta del cemento en presencia de agua.

Un inconveniente que se encuentra al abordar el análisis de un hormigón antiguo está en la recogida de sus antecedentes de los expedientes de obra, a veces dispersos, y de las fábricas de cemento que, en ocasiones, tienen dificultades para la consecución de datos.

Todo ello lleva a una carencia de bases de partida que hace que el estudio del material pase a tener el carácter de una investigación pura.

Inicialmente se realizaron unos análisis y ensayos, tanto para áridos como para hormigones, que se dirigieron hacia unas completas caracterizaciones mecánicas, físicas y químicas, algunas de ellas mediante técnicas específicas de diafractometría de rayos X y termogravimetría. Las conclusiones más interesantes extraídas de los resultados fueron:

En los áridos: granitos, diabasas y esquistos. Concurren varias circunstancias que los hacen sospechosos de reactividad.

Las deformaciones resultantes del ensayo de estabilidad de volumen en agua son elevadas.

El contenido en cemento es alto, con la consiguiente repercusión en el caso de que intervenga en una reacción perniciosa.

Todos los resultados relativos al hormigón son cualitativamente homogéneos, sin dejarse notar las distintas zonas de estudio.

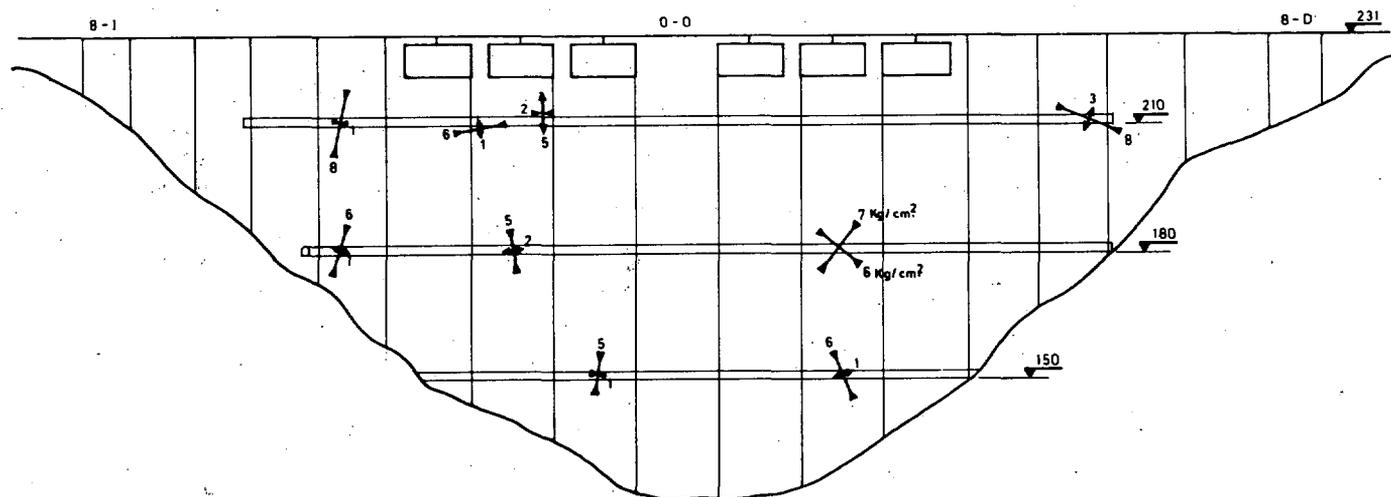
Varios métodos coinciden en señalar un alto contenido en cal que, lógicamente, no debe tener un porcentaje sensible en su forma anhidra, o sea potencialmente activa. Una presencia masiva de este compuesto puede dar lugar a una peculiar reacción con los silicatos del árido.

Los indicios de existencia de una interacción entre pasta y árido han aconsejado intensificar la investigación sobre la misma. Este análisis más específico, que no ha hecho sino comenzar, introduce nuevos métodos para el establecimiento del grado de reactividad del árido y utiliza, además, técnicas basadas en microscopía electrónica combinada con espectrometría de dispersión de energía de rayos X.

Por último en este apartado apuntaremos el establecimiento de un modelo matemático para potenciar los medios de cálculo no lineal de estructuras por elementos finitos que se aprovecha para el estudio del fenómeno de expansión. En la actualidad se está rodando para esta presa.

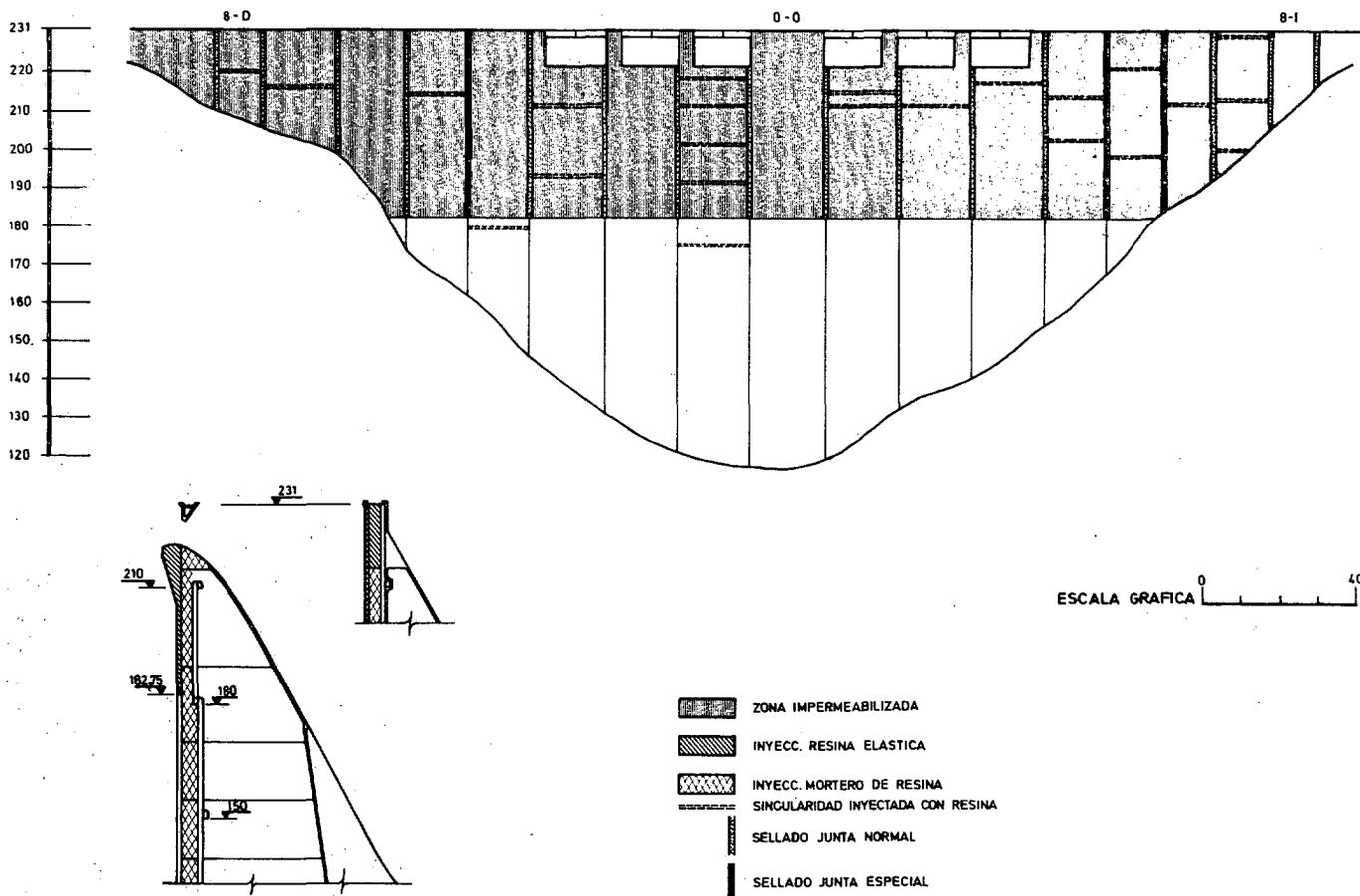
Impermeabilización general

Se llevó a efecto en el verano de 1987 a tenor de las filtraciones existentes en juntas y retomas, considerando además las comunicaciones delatadas en el cuerpo de la presa y la seria sospecha de una reacción expansiva que exige presencia de agua. El tratamiento se limitó a la parte superior de la presa, en donde más intensamente se observan las singularidades descritas.



Tensiones principales obtenidas a partir de algunos de los ensayos biaxiales realizados en el plano de las galerías.

REVISION GENERAL Y ACTUACIONES EN LA PRESA DE SAN ESTEBAN



Tratamiento de impermeabilización en paramento, junta y uniones entre tongadas.

Las labores tuvieron lugar en el paramento, juntas radiales, retomas y fisuras.

La pared se trató en sus 50 m. superiores, quedando impermeabilizada una vez chorreada con arena y tras el sellado de juntas y retomas especiales con sistemas epoxídicos de fuelle. La aplicación estaba constituida por capas a base de resina epoxi combinadas con material de fibra de vidrio que totalizaban 5 mm. de espesor. Como complemento de este trabajo, las juntas radiales se habían inyectado con resina elástica entre el paramento y la primera chapa de estanqueidad, disponiendo un tapón en la parte baja de la zona tratada, al objeto de impedir la ascensión de agua y su distribución por fisuras por detrás de la impermeabilización general.

Las juntas de construcción se inyectaron en su recinto de aguas arriba con mortero de resina no adherente, en toda su altura; este tratamiento se extendió a la totalidad de la super-

ficie de las tres juntas singulares más abiertas. Hay que hacer la salvedad de las partes altas de los bloques laterales, coincidentes en cota con el aliviadero y nunca inyectadas, que se rellenaron con un material epoxídico elástico con funciones exclusivas de impermeabilización.

Fueron 23 las retomas elegidas para su inyección con epoxi en todo su plano. El tratamiento se realizaba para cada una en dos fases, comprobando en la segunda la calidad de la anterior mediante extracción de testigos. Las fisuras de la galería superior así como las aparecidas por agua arriba en el lateral derecho también se rellenaron. Al final de este trabajo se perforaron nuevos drenes entre galerías en sustitución de los inutilizados por las inyecciones.

A título informativo se resumen las principales unidades realizadas:

Perforación: 1.040 m. con martillo ligero, 594 m. con supermartillo y 5.370 m. con sonda.

Inyección de resina: 58.905 Kg. de mortero, 6.825 Kg. de relleno elástico y 104.865 Kg. de producto de varias viscosidades.

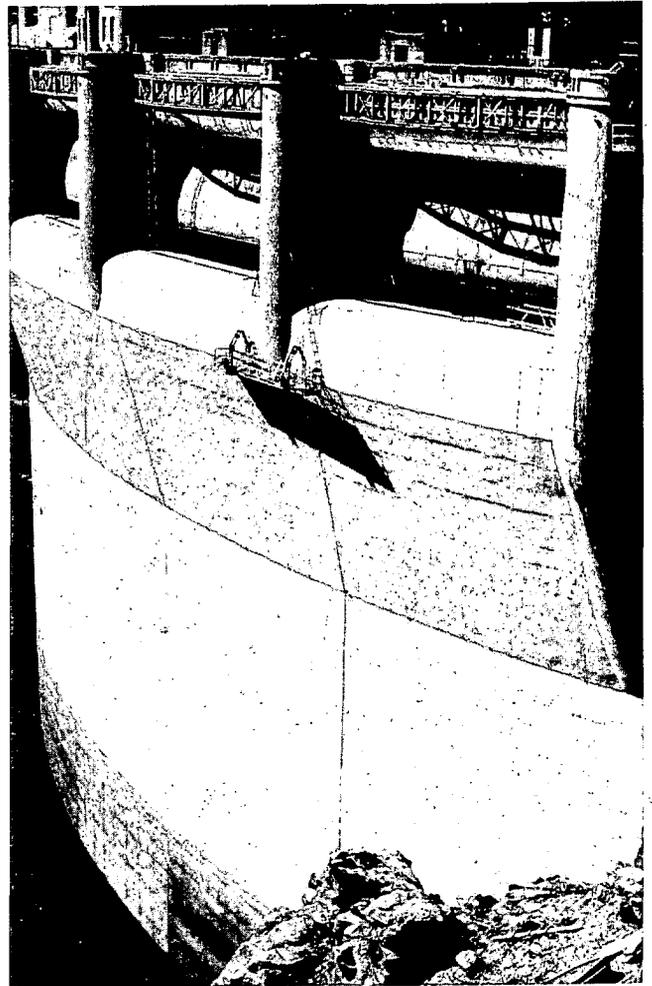
Impermeabilización del paramento: 11.822 m². de aplicación en superficie, 656 m. de sellado en juntas y 2.115 m. en fisuras y uniones entre tongadas.

La ejecución de estos tratamientos tan especiales obligó a un control de calidad exhaustivo en obra y a repetidas modificaciones en las características de las resinas, requeridas por las circunstancias del ambiente y de los accidentes a tratar.

El resultado de la obra ha sido satisfactorio por cuanto en la actualidad no se observan humedades en el paramento de aguas abajo, las filtraciones interiores del cuerpo de presa y juntas se han reducido en un 98 por 100 y los movimientos en fisuras y retomas son nulos.



Trabajos de inyección en uniones entre tongadas desde el lado del embalse.



Aplicación del tratamiento superficial en el paramento.

3.3. Desagüe de central

Aunque no se enmarque en la propia presa, queremos indicar la labor efectuada en el cauce, aguas abajo, con vistas a mejorar el rendimiento de las turbinas.

Se venía observando un rápido a una distancia relativamente reducida de la central, de manera que con un caudal turbinado de 200 m³/s. se había medido una sensible diferencia de nivel entre la cola del embalse de San Pedro, siguiente al de San Esteban, y la salida de la central. Esta reducción de salto podría suponer una pérdida de 5 Gwh/año.

Se comprobó la existencia en el río de una barra de escombros y en 1986 se procedió a retirar de la misma un volumen de 11.000 m³., previo descenso del nivel de aguas abajo y parada de máquinas durante dos semanas.

4. CONCLUSIONES

La primera que se deduce es la conveniencia, y en algunos casos la necesidad, de la revisión de las presas antiguas. Por otro lado del estudio se derivan recomendaciones a tener en consideración en futuros proyectos.

Así, el estudio hidrológico del río y el funcionamiento hidráulico del aliviadero han intervenido en la decisión de la inutilización definitiva del túnel aliviadero y del acoplamiento de unas guías de flujo en el aliviadero sobre presa que han aumentado la capacidad de vertido total y mejorado su comportamiento hidráulico. Se ha demostrado que los dinteles no son aconsejables y que los resguardos en los embalses no siempre son útiles. El sistema de los desagües de fondo se ha actualizado, dejándose patente la exigencia de una alta calidad en los elementos del circuito de operación en contacto con el agua así como de una generosa aireación.

La utilidad de la auscultación combinada con las inspecciones personales ha quedado demostrada. La actualización de los controles es del todo factible en presas antiguas, en las que es fácil la instalación de procedimientos topográ-

ficos, ahora muy eficaces por la incorporación de la informática. No creemos que se deba escatimar en sistemas de observación en una nueva construcción, aunque en una explotación normal se intensifiquen los análisis sólo en ciertos aspectos; es de una utilidad enorme disponer de un control completo en caso de que surjan singularidades. Otro tanto podemos decir del número de galerías, vitales para observación y labores de mantenimiento.

El estudio de los materiales es dificultoso por el desconocimiento del tema. La patología en el hormigón se ha comenzado a tratar recientemente, bien porque las presas van teniendo edad y los efectos de estos fenómenos suelen manifestarse con cierto retraso, bien porque se ha detectado al potenciar la auscultación en los últimos tiempos, o por las dos circunstancias a la vez.

Por último, la impermeabilización aplicada a la presa ha dado un primer resultado muy satisfactorio y habrá que esperar para ver su alcance, sobre todo cara a la reducción de la posible expansión del hormigón. La índole de los trabajos desarrollados exige su realización a través de especialistas y un serio control de calidad.