

Presa de Caspe^(*)

Por **ANGEL ARAOZ SANCHEZ-ALBORNOZ**
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos

Se describe el proyecto y construcción de la presa de Caspe, sobre el río Guadalupe. Se trata de una presa de materiales sueltos con núcleo semigrueso de arcilla fina, 51 m. de altura y 81,6 Hm³ de capacidad, que se utilizará fundamentalmente para uso en regadíos.

EMBALSE

La Presa de Caspe se ubica en el tramo bajo del río Guadalupe, en termino municipal de Caspe, próximo a su límite en Alcañiz, de modo que la presa queda en la provincia de Zaragoza y la mayor parte del vaso en la de Teruel. Concretamente, la presa, se ubica en una cerrada situada en la partida denominada «**El Cojo Sancho**» con coordenadas geográficas 0° 12' 36" de longitud y 40° 55' 04" de latitud.

Forma el embalse de Caspe parte del denominado **PLAN GUADALOPE**, junto con el embalse de Santolea (54 Hm³) en la cuenca alta y con más de 50 años de explotación y Calanda (54 Hm³) en la cuenca media, con pocos años de explotación, terminada la obra en 1979.

El sistema Guadalupe agota la regulación del río, destinándose sus caudales a: 1. Mayor garantía de los riegos antiguos. 2. 10.000 Has de riego nuevas. 3. Refrigeración de la Central térmica «Teruel» de Andorra con 18 Hm³/año.

La capacidad de regulación del sistema, se está reconsiderando actualmente y, si restasen recursos, se modificaría ampliando la superficie de riego.

En estas zonas es lo más importante, la recuperación de consumos excesivos en regadíos, antiguos, tema que también está en estudio y es ajeno al objeto de este artículo.

Concretamente, Caspe regará 4.000 Has viejas de la antigua Acequia de Civán y 4.000 Has más de regadío nuevo, todo ello en T.M. de Caspe y en la margen izquierda. Caso de tener excedentes se regarían 400 Has más en la mar-

gen derecha, principalmente en T.M. de Maellla (Zaragoza).

LA PRESA

La presa tiene 51 m de altura, 81,6 Hm³ de capacidad y es de materiales sueltos. Con núcleo semigrueso de arcilla fina; filtro de arena fina; dren chimenea y manto filtrante y cuerpo de presa de zahorra compactada. El ancho de coronación es de 8,00 m y los taludes agua arriba 2,7 × 1,0 y agua abajo 1,7 × 1,0 con tres bermas de 3,50 m a cota 190, 204 y 219.

El tipo de presa y el diseño de su sección, viene condicionado por los materiales disponibles y la geología del terreno.

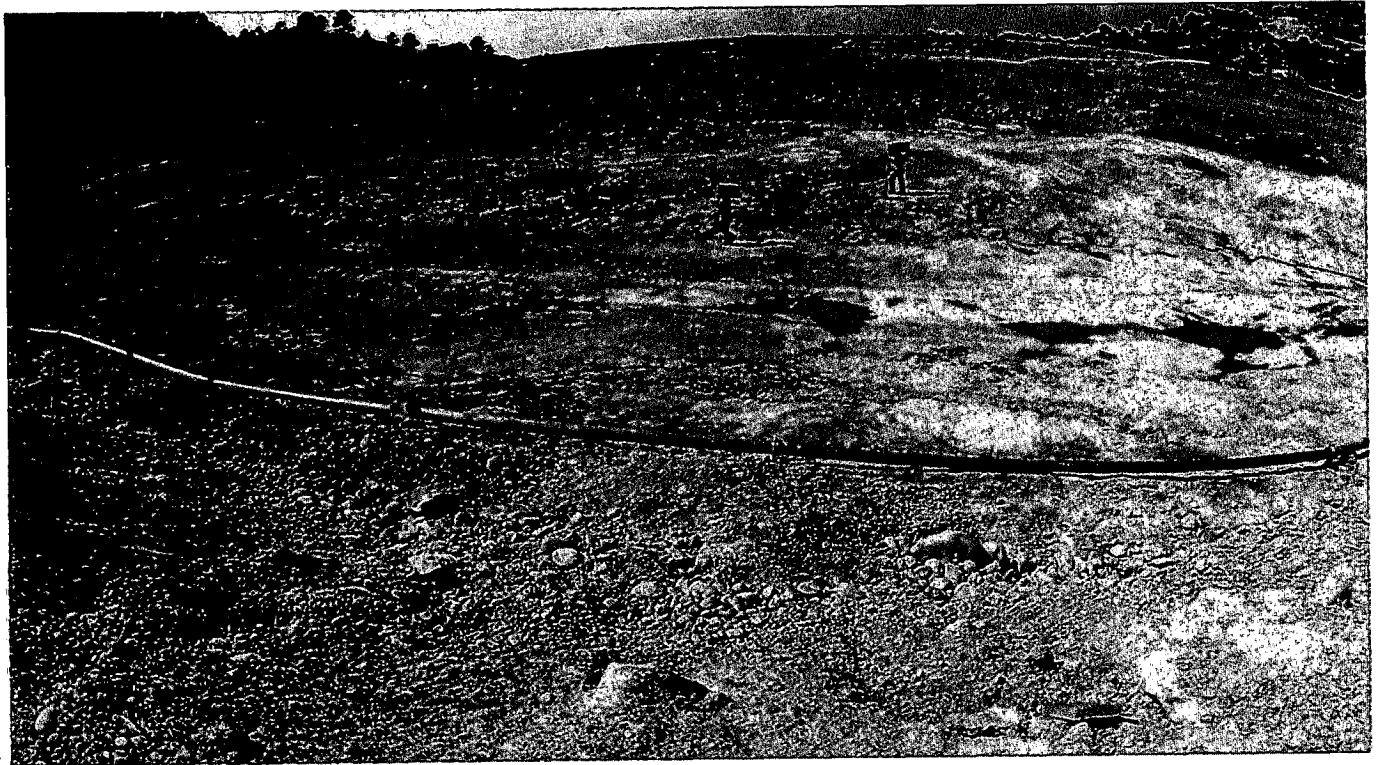
Su construcción fue adjudicada a la Empresa AUXINI el 22 de julio de 1983, estando hoy muy avanzada.

En las proximidades de la presa no disponemos de piedra de calidad, hasta el punto de que la escollera de protección agua arriba, se ha tenido que traer de más de 20 km siendo, en cambio, abundantes las graveras de origen aluvial con canto semiánguloso de muy buena granulometría y excelente aptitud para la obtención de terraplenes de alta resistencia y densidad. La resistencia al corte es 42° y la densidad Proctor Modificada 2,20 kg/dm³, siendo su único inconveniente, su relativamente alta impermeabilidad (10⁻⁴ cm/sg):

Las arcillas de la zona suelen ser de mala calidad, aunque abundantes, pues tienden a ser limosas y con fuertes contenidos de yeso o, en otros casos, moderadamente expansivas y también con exceso de yeso. Se ha conseguido localizar una cantidad limitada de arcilla de grano fino, plasticidad media (IP ≥ 12) y con-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de Agosto de 1989.

PRESA DE CASPE



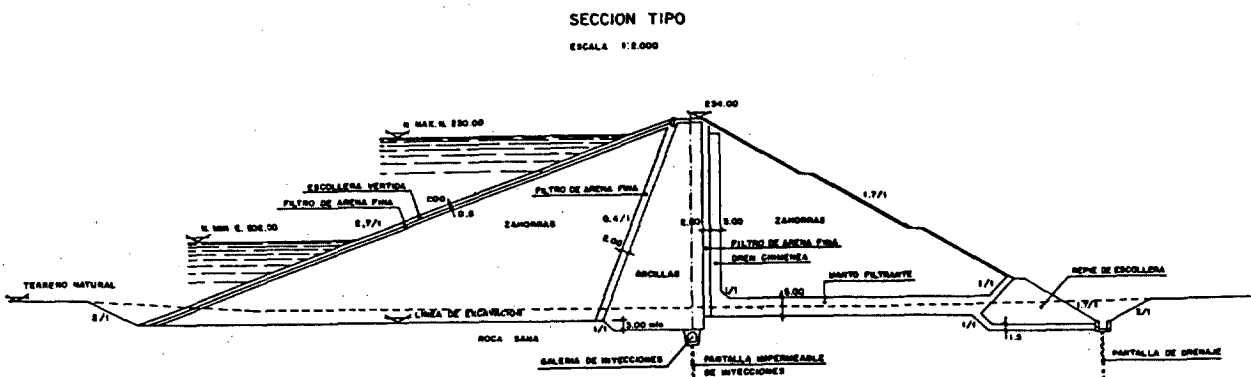
Tratamiento del asiento del núcleo de la presa.

tenido de yeso inferior a 3 al 5 por ciento (lo usual en la zona es 15 a 25 por ciento) con lo que se diseñó un núcleo semigrueso, conscientes de que hubiese sido mejor núcleo grueso, pero tenemos una suma de taludes 0,4, aunque hubiese sido lo óptimo suma 0,6.

Otro condicionante fue la geología de la cerrada (el vaso no parecía tener problemas). Todo el vaso y cerrada se ubican en terrenos terciarios de la depresión del Ebro, quizá Mioceno Lacustre, formados por areniscas, margas y limolitas con todas las transiciones intermedias de margas, arenosas y areniscas más o me-

nos arcillosas. La estratificación es sub-horizontal, con buzamientos muy suaves (máximo 10 por ciento) pero de rumbo y orientación no sistemáticos, existiendo en todas las formaciones capas de yeso sub-horizontales centimétricas; según los estratos y diaclasas o grietas de retracción rellenas de yeso cristalizado de segunda deposición. También hay limolitas o margas limosas en pequeños estratos.

Este terreno, aunque impermeable en las interestratificaciones arenisca-margosa con yeso y marga o limolita muy floja en la interfase. En los primeros informes geológicos, desde el ini-



cial de Clemente Sáenz de 1954 hasta el de GEOCISA del proyecto de 1976, se hacía notar el riesgo de erosiones internas aún con gradientes moderados, por lo que se llegó a un diseño de presa poco convencional, que detallaremos a continuación.

La sección tiene, como hemos indicado, núcleo de arcilla semigruesa de talud agua arriba vertical y agua abajo $0,4 \times 1$ con ancho en coronación 6,00 m.; filtros de arena fina de 2,00 m de ancho y amplios espaldones de zahorra con las dimensiones de ancho en coronación taludes anteriormente indicados. Como la grava es relativamente impermeable se ha dispuesto un dren chimenea y manto filtrante. Existe protección de escollera agua arriba.

Conscientes de la importancia del filtro, se ha dispuesto cuidadosamente la granulometría del filtro fino y, ante la imposibilidad matemática de cumplir las condiciones de Terzaghi, se ha dado como tamaño mínimo 0,3 mm y máximo 25 mm y una granulometría muy estricta, hasta el punto de que en obra se necesitó procesar el filtro en las mismas instalaciones de producción de áridos del hormigón, lo que influyó en

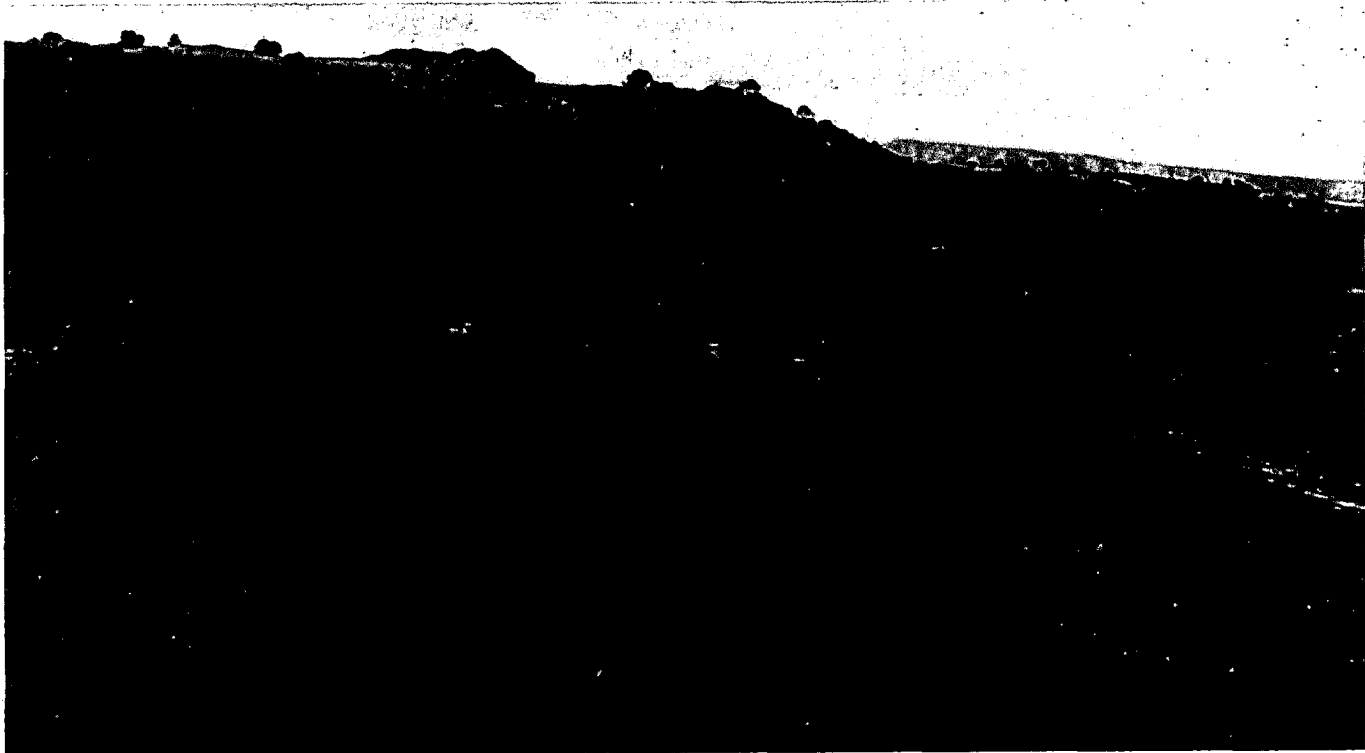
el ritmo de ejecución del cuerpo de presa.

La presa va dotada de la correspondiente galería de inyecciones, desde la que se ha realizado un tratamiento exhaustivo de inyección, que describiremos más adelante, pero la pantalla de drenaje se ubica, de modo atípico, en el pie del talud agua abajo, con el propósito de aumentar el gradiente de las líneas de corriente en sentido horizontal, dificultando la erosión interna. Para anular posibles sub-presiones en el espaldón de aguas abajo, se extiende el manto filtrante, con dimensiones muy reducidas, a todo el fondo del ancho valle.

Más adelante, veremos que este diseño se ha modificado en obra para tener mejores garantías contra filtraciones y erosiones internas, (ver Construcción).

Con aquellas modificaciones y el resultado de las excavaciones de cimienta reales, tenemos una presa, de 47 m sobre el cauce; 52 m sobre el cimienta; 385 m de longitud de coronación y del eje mencionado ancho de 8 m; con taludes exteriores $1,70 \times 1,0$ aguas abajo y $2,7 \times 1,0$ agua arriba, que suponen un volumen de presa de 1.590.019 m³ que se descomponen

Construcción de la presa en fases.



en: núcleo 215.810 m³ filtros finos 63.146 m³; manto filtrante 72.482 m³; escollera de repie agua abajo 32.637 m³ y 1.163.887 m³ de espaldones de zahorra, siendo el volúmen de excavación de 510.654 m³ y la protección de escollera agua arriba 42.057 m³.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Entendemos como obras complementarias todas las necesarias para el funcionamiento del embalse, es decir, los órganos de desagüe en obra civil y mecanismos. Estos fueron subcontratados por AUXINI, los del aliviadero a THOMAS SALA, S. A. y los del desagüe de fondo y tomas de riego, a MAQUINISTA Y FUNDICIONES DEL EBRO, S. A.

Aliviadero

Hemos ubicado el aliviadero en la margen derecha del embalse, fuera de la cerrada, en un collado lateral de cota adecuada.

La capacidad de aliviadero para máxima avenida de 500 años laminada, era de 1.796 m³/sg y la capacidad de aliviadero hasta nivel de retenida (230) era de 1.840 m³/sg con sección de control formada por tres compuertas de 10 m de ancho y umbral a cota 222,50, es decir, compuertas de 7,50 x 10,00 de retenida, concebidas como compuertas que admiten verti-

do por encima de las mismas desde cota 230. (más adelante nos extenderemos en ello).

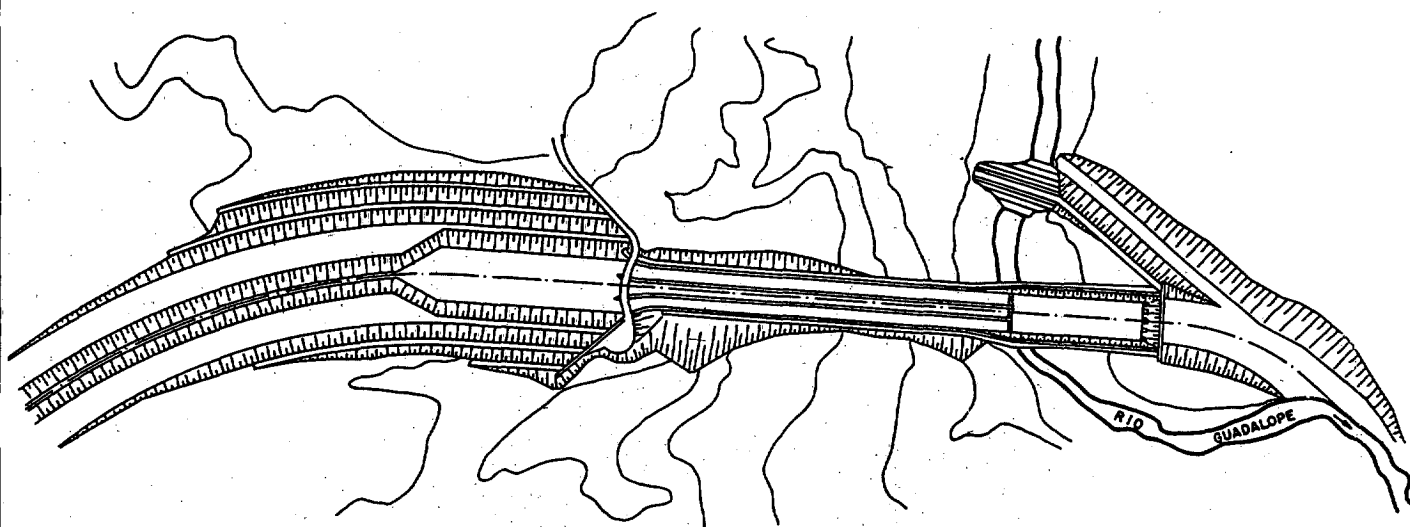
Aunque este dispositivo se ha mantenido en la obra, en el segundo modificado, aún teniendo seguridad en lo adecuado y conservador de los cálculos, se ha modificado ligeramente el diseño, aumentando en un metro la altura de cajeros y elevando los goznes de compuertas Taintor otro metro, así como la apertura de compuertas casi tres metros, de modo que el aliviadero admita sin problemas el caudal correspondiente a 233,50 (-0,50 de coronación) que es de 2.260 m³/sg ampliamente superior a la avenida de 5.000 años.

Tenemos así un diseño mucho más seguro y con muy poco coste pues, en esta inverosímil hipótesis, no hemos tomado resguardos y, sobre todo, tenemos un diseño coherente, en el que todos sus elementos tienen el mismo grado de seguridad, pues sería ilógico que habiéndonos librado del vertido en coronación por escaso margen, se nos destruyese o dañase gravemente el aliviadero.

En cuanto a detalles de diseño, el proyecto preveía un amplio canal de entrada, una embocadura abocinada, un azud de 5 m de anchura con sus pilas, un canal de evacuación con tres canales independientes y un cuenco amortiguador clásico, tipo de resalto hidráulico.

Luego veremos que este diseño se ha modi-

ALIVIADERO - PLANTA





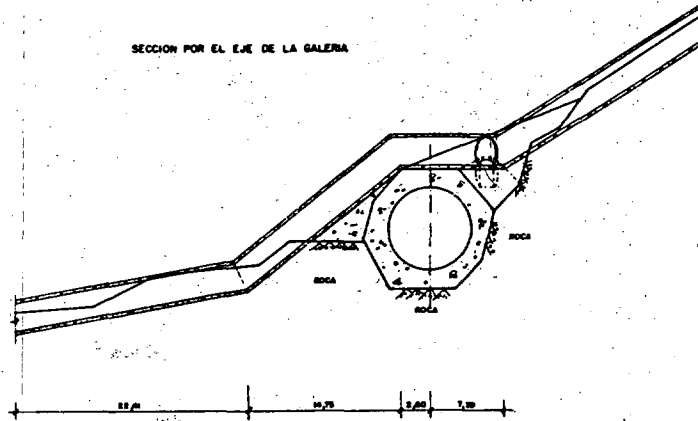
Colocación de extensómetros en contacto entre fases 1.^a y 2.^a del núcleo.

ficado, simplificado y abaratado, como consecuencia de los ensayos en modelo e investigaciones geológicas.

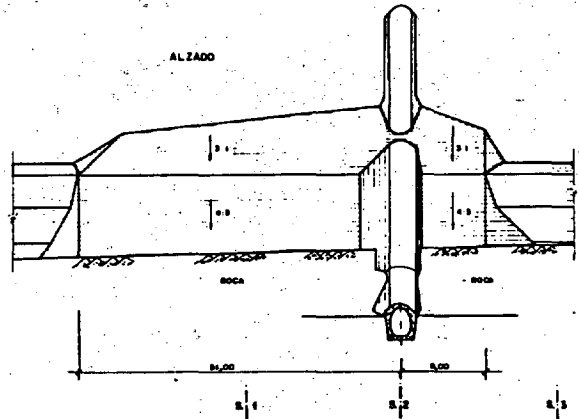
Desvío del río y desagüe de fondo

Como suele ser usual, ambos elementos se disponen en la misma galería.

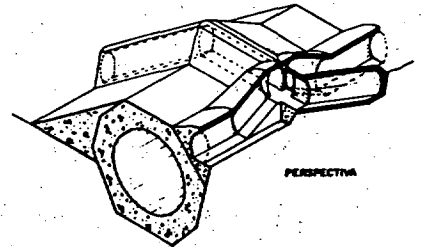
SECCION POR EL EJE DE LA GALERIA



ALZADO



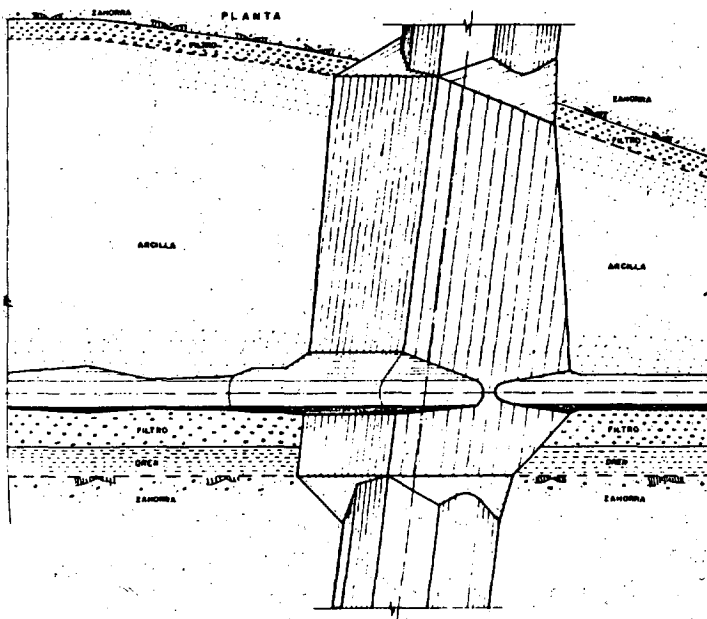
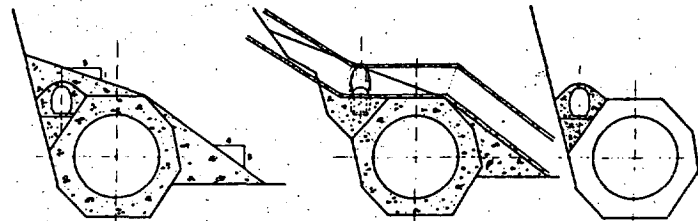
PERSPECTIVA



SECCION 1

SECCION 2

SECCION 3



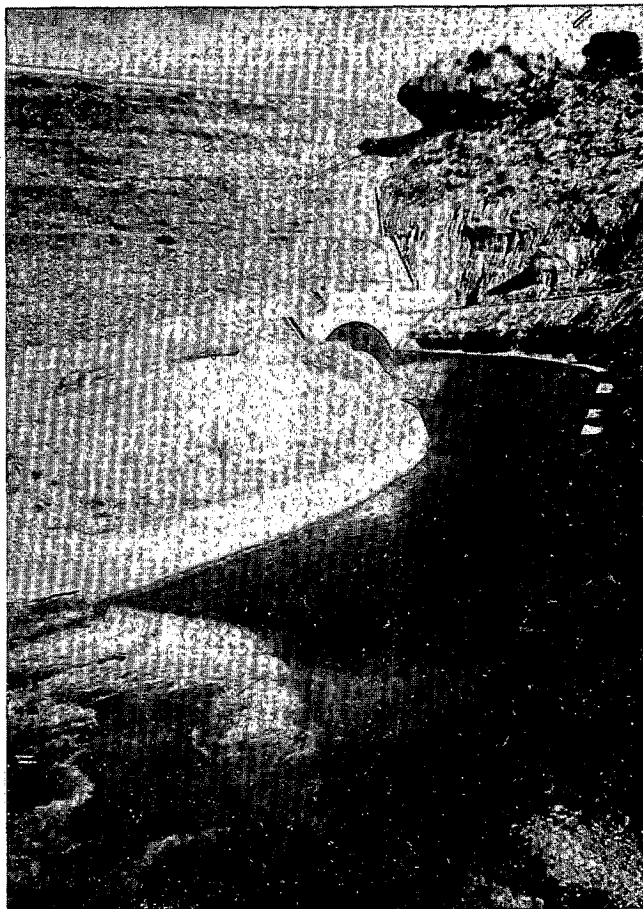
PRESA DE CASPE

La galería de desvío de río y desagüe de fondo, es circular de diámetro interior 8,00 m con planta mixtilínea, formada por una suave curva a la entrada y el resto recta. Va precedida de una amplia boquilla abocinada y seguida de un tramo de canal a cielo abierto, igualmente en curva, en su salida. La galería se sitúa en la margen izquierda estrictamente encajada en la topografía, de modo que no origine problemas de asiento diferencial en su paso bajo al núcleo, aunque se ha precisado añadir cuñas de hormigón en masa para suavizar por completo la geometría del conjunto, como puede verse en la figura adjunta.

Aunque estos diseños tienen fama de ser conflictivos, en la primera prueba de llenado, el comportamiento de esta zona ha sido excelente.

Funcionando como desvío de río, este dispositivo, es capaz de evacuar $860 \text{ m}^3/\text{sg}$ o con altura de ataguía y se impuso por Vigilancia de Presas al alcanzar, con laminación y altura de embalse, a evacuar la riada de 500 años entre el 15-9 y 15-11 fechas en que aparecen las riadas, lo que condicionaba fuertemente el proceso constructivo. Hay que decir que, dado el torrencial régimen mediterráneo del río, la avenida de 500 años con el desvío de río en servicio, podía alcanzar cotas de 220 m próximas a las de coronación de aliviaderos, y embalsar 40 Hm^3 , es decir, que la rotura de la presa en estas condiciones hubiese sido una auténtica catástrofe, máxime con las condiciones restringidas de agua abajo.

El desagüe de fondo se ubica en la misma galería del desvío de río, formándose por dos conductos gemelos $1,20 \times 1,50 \text{ m}$, con embo-

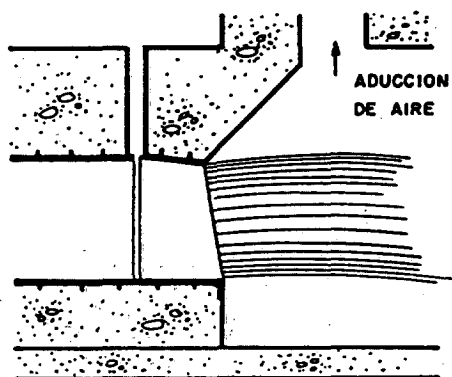


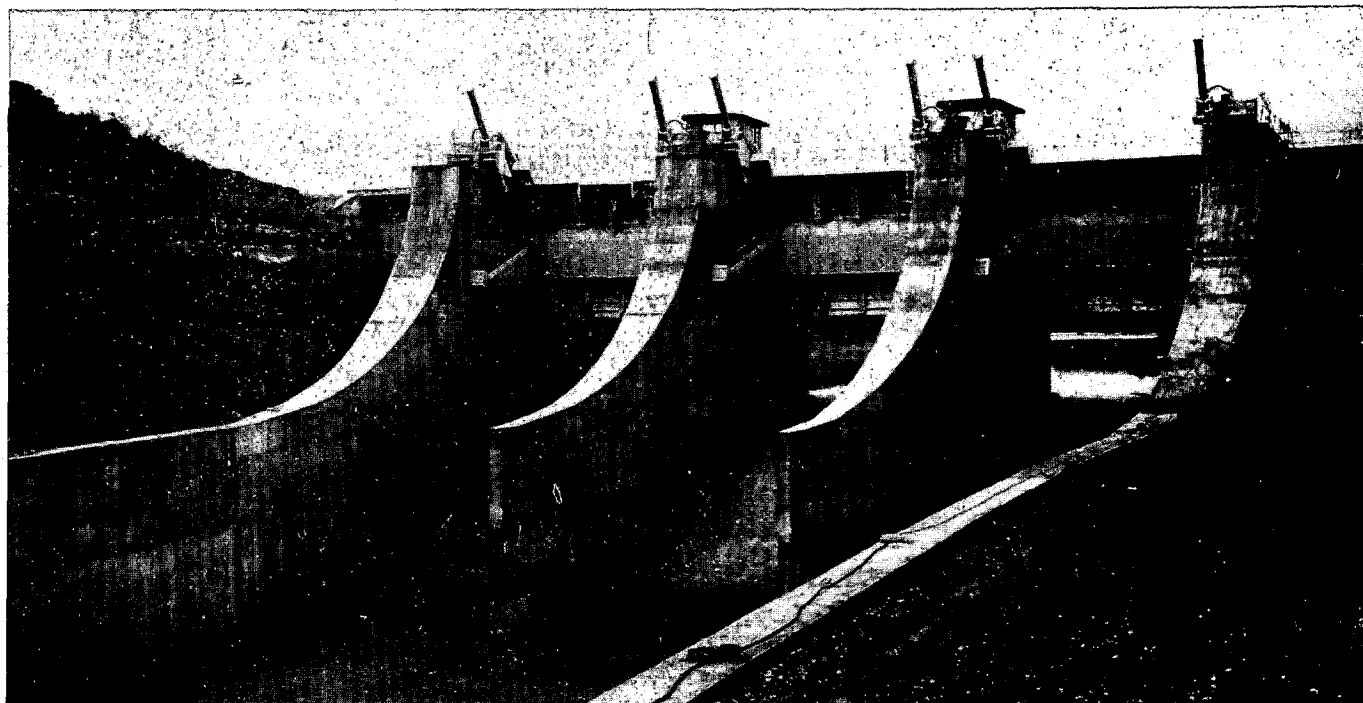
Salida del desagüe de fondo

cadura agua arriba, formada por cuartos de elipse; cierre de doble compuerta Bureau y vertiendo a la galería directamente.

El diseño de la zona de aguas abajo, es muy cuidado, análogo a los de Calanda y Pena, y consiste en un corte carrete que estrangula la sección, dando presión positiva en toda la zona de aguas abajo, al tiempo que conforma unos chorros que circulan despegados por completo de hastiales y solera en varios metros, de modo que, cuando inciden suavemente en éstas, los chorros estén aireados y no sean susceptibles de originar cavitaciones.

Este dispositivo ya ensayado en Calanda, donde ha funcionado regulando caudales tres años sin el menor síntoma de cavitación o erosión, se ha perfeccionado en Caspe mediante ensayos en modelo, acortando el carrete y mejorando el diseño, de modo que funcione sin inconvenientes, incluso en aperturas muy pequeñas o muy próximas al 100 por ciento.





Aliviadero.

Complemento de este diseño, es una buena y abundante aireación con caudales de aire, comparables a los de agua. Concretamente se ha exigido un caudal de aire Q_a igual al caudal Q de agua por un coeficiente adimensional $\alpha = 0,10 [\sqrt{F - 1}]$, donde F número de Froude que supone $\alpha = 0,72$ y $Q_a = 61,6 \text{ m}^3/\text{sg}$ que exigen aducciones directas muy amplias.

Tomas de riego

Las tomas de riego se ubican en la margen izquierda, por medio de un túnel, y tienen dos niveles de servicio: 1. Toma inferior a cota 198,40 que sirve a la «Acequia de Civán Vieja». 2. Toma superior, a cota 216,60 m que sirve a la denominada «Acequia de la margen izquierda del Guadalupe en Caspe» o «Nuevo Canal de Civán» y que corresponde a los regadíos nuevos de 4.000 Has.

La toma se forma por una trinchera de entrada con 200 m de longitud, rejillas, embocadura y túnel circular de 837,62 m de longitud y diámetro 2,90 m que discurren a la cota inferior (199,00) de cuya galería toma en una derivación lateral hacia arriba la galería de toma superior, formándose una especie de galería de carga a la inversa, puesto que la mayor parte

de la conducción va a la cota inferior, subiendo al final.

A la salida de ambas galerías, se dispone unos cortos tramos en tubería $\phi 1,80 \text{ m}$ que conduce los caudales a sendos edificios de toma de fábrica de ladrillo visto y cubierto de hormigón armado en los que se alojan los mecanismos que luego describiremos.

Mecanismos

Dada la importancia de los mecanismos de un embalse, hemos preferido dedicarles un apartado dentro de las obras complementarias, pues en el proyecto y diseño suele prestárseles escasa atención, dejando su proyecto a concurso entre especialistas que no conocen la hidráulica.

En la presa de Caspe, las características principales de los mecanismos, se definen todo lo posible, pero sin entrar en detalles de diseño propiamente de taller.

Aliviadero

Se exigían compuertas Taintor de $7,50 \times 10 \text{ m}$ en forma de vigas cajón susceptibles de resistir y ser izadas desde un solo servomecanismo

PRESA DE CASPE

y admitir vertido sobre compuerta a máximo nivel extraordinario, tanto en cuanto a resistencia mecánica como hidráulica (ventilación por agua abajo de la lámina para evitar vibraciones). Concebidas como de vertido normal sobre coronación, se pedía que pudiesen maniobrase con un metro de lámina.

Al modificarse el aliviadero, estas condiciones se acomodaron de nuevo al nivel excepcional (234 en lugar de 232,50) se incorporan al diseño de las compuertas, exigiéndoseles, además máxima apertura hasta 0,50 m por encima de la lámina de agua correspondiente a este nivel excepcional.

En las condiciones impuestas, las compuertas y sus mecanismos de accionamiento, se definían métodos de cálculo, coeficientes de seguridad, calidades de todos los materiales y elementos, es decir, cuanto es necesario para asegurar la calidad de los elementos metálicos, cuyo proyecto de suministro y montaje se encomendó a una casa especializada, sucediendo lo mismo con los demás mecanismos.

Desagües de fondo

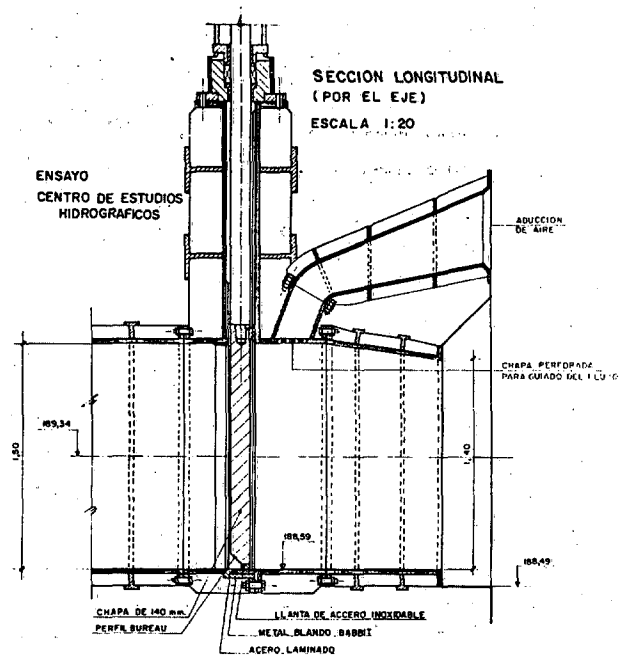
Además de los detalles de diseño del conducto ya explicados y de detallar las condiciones de los materiales y elementos, se ha hecho especial énfasis en: exigir una buena aireación según las teorías expuestas; pedir que los blindajes resistan sin colaboración del hormigón y tengan 2 mm de exceso de espesor de chapa; imponer coeficientes de seguridad altos en los esfuerzos de maniobra y exigir acero inoxidable en todos los elementos móviles (barra del indicador de apertura, eje del crik...). También se ha exigido que todos los elementos eléctricos de maniobra, sean adecuados para funcionar en ambiente muy húmedos, incluso bajo goteo de agua.

Las compuertas son tipo Bureau, pero con diseño original, consistente en una compuerta de chapa maciza de gran espesor (140 mm) que supone menos vibraciones en la compuerta y mucho menos anchura de ranuras que originan, de este modo, menor perturbación en la corriente.

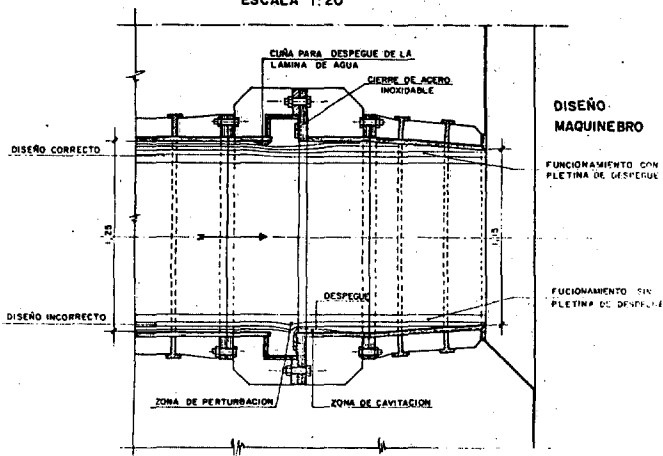
El diseño de ranuras se ha ensayado en modelo reducido, a gran escala 1:2 en el Centro

de Estudios Hidrográficos del CEDEX con resultado favorable.

Sustituye el antiguo diseño Bureau por unas cuñas de chapa soldadas en la cara agua arriba de la ranura que aseguran la no incidencia del chorro expandido en la cara de salida y eviten cavitaciones, demostrándose en el ensayo que el régimen de presiones oscilantes agua abajo es aceptable y siempre en presiones positivas, mientras que, sin la cuña, existían fuertes oscilaciones de presión con valores casi siempre sub-atmosféricas. Tenemos que tener en cuenta que este nuevo diseño es más adecuado para construcciones soldadas que el antiguo clásico del Bureau, pensado para cons-



PLANTA (SECCION POR EJE C. 189,34)
ESCALA 1:20



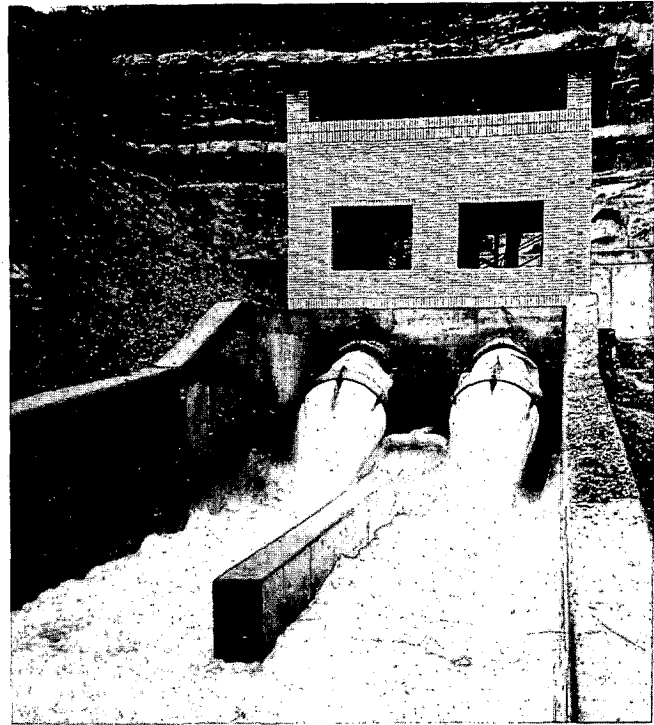
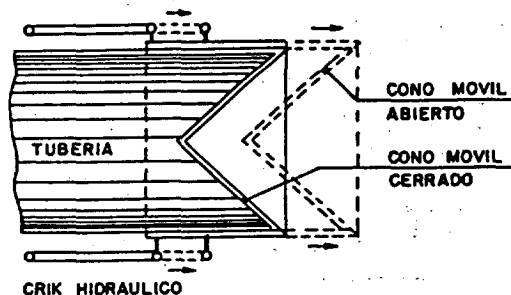
trucciones de acero moldeado o fundición gris y que éste ensayo podría muy bien servir de prototipo.

Tratamos de conseguir, y esperamos haberlo hecho, unos desagües de fondo operativos al cien por cien, como se hizo con el anterior proyecto de la Presa de Calanda, cuyos desagües de fondo han servido los caudales de riego de forma satisfactoria y sin problemas durante varios años, con cargas del orden del 60/70 por ciento de embalse y aperturas inferiores al 10 por ciento. Es más, queríamos que este artículo contribuya en lo que pueda a desterrar el «mito» de temor a los desagües de fondo como un mecanismo «maligno» que tenemos que evitar.

Tomas de riego

En las tomas de riego tenemos, en cambio, unos diseños más convencionales, debido a que son elementos de menores dimensiones y diseños mucho más convencionalmente conocidos. Creemos que esto se debe a que las tomas necesariamente se han usado poniendo al día y corrigiendo sus diseños, mientras que en los desagües de fondo, su escaso o nulo uso, ha hecho que se conserven vicios de diseño y la misma falta de uso, ha hecho que cuando se han puesto en marcha haya habido problemas que han llegado, falsamente, a confirmar el digamos «carácter maligno» de aquéllos mecanismos.

Los mecanismos proyectados son: a) Compuerta vagón tipo «paramento» en cabeza del túnel de tomas con ataguía de seguridad de dimensiones $2,00 \times 2,60$ m; b) Dos válvulas compuerta de maniobra hidráulica $\phi 1,20$ para seguridad y dos válvulas HOWEL-BUNGER de regulación en la toma inferior y c) Cuatro



Toma inferior.

compuertas tipo Bureau de $1,00 \times 1,25$ (*) en los conductos gemelos de la toma superior. Las válvulas HOWEL-BUNGER, que se han incorporado al proyecto en una de sus modificaciones, se diferencian de las denominadas de «Chorro Hueco tipo Bureau» en que el cono móvil que obtura la tubería se sitúa por el exterior de la misma, quedando igualmente por fuera accesible y revisable el mecanismo oleohidráulico de maniobra, por lo que su mantenimiento es más fácil, seguro y económico que los primitivos diseños del Bureau, en los que el cono móvil y los mecanismos son interiores.

CORRECCIONES DEL TERRENO

Las correcciones del terreno (asiento del núcleo de presa y pantalla de impermeabilización) y el tratamiento del entorno de la galería de tomas, estaban previstas en proyecto de modo muy general, por no tener en el momento del proyecto conocimientos suficientes de las características del mismo, limitándonos a exigir relleno de grietas o diaclasas en el asiento del núcleo y una pantalla de inyecciones conven-

(*) Son las mismas del primer proyecto.

PRESA DE CASPE

cional en la presa y un esquema, también clásico, de inyección de relleno y cosido en el entorno de la galería.

En la ejecución de las inyecciones, se ha mantenido el criterio de tratar de no quedarnos cortos en los tratamientos, intentando evitar, en lo posible, reinyecciones sucesivas tan frecuentes desgraciadamente en nuestro país. Ello ha supuesto admitir presiones próximas a las de «clacaje» e inyectar con cuidado, con mucha densidad de taladros y en varias fases, comprobando sistemáticamente la permeabilidad Lu-gueon antes y después del tratamiento y tanto en los taladros inyectados como en taladros intermedios de prueba, cerrando siempre con mezclas fluidas y máxima presión que no origine «clacaje».

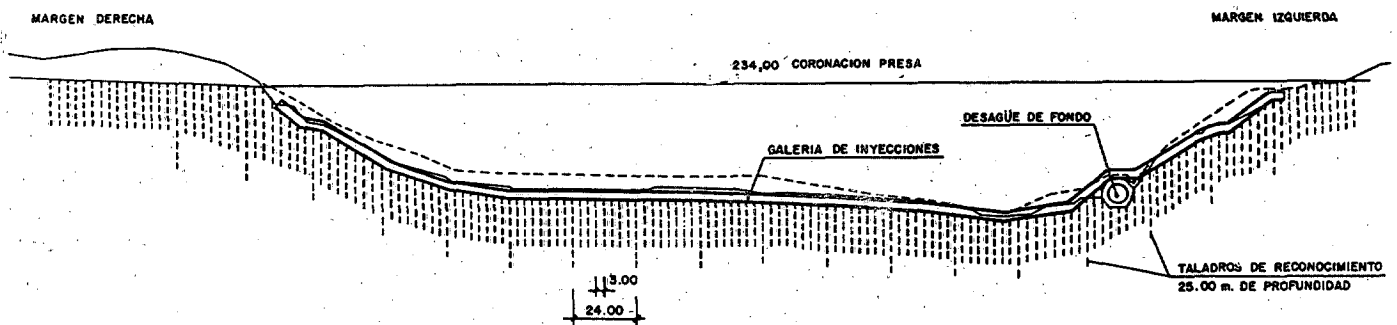
El resultado de esta política ha sido un primer llenado hasta cota 222,50 (aliviadero) sin el menor problema de filtraciones y con un excelente comportamiento del cemento y del asiento núcleo terreno, según los aparatos de auscultación (las filtraciones han sido despre-

ciables) y ello pese a las malas características del terreno que se han acusado en una filtración con erosión progresiva en el cierre de un túnel antiguo de la Acequia Vieja de Civán, que discurre por la margen izquierda muy lejos de la presa.

Es decir, que podíamos sacar como conclusión la necesidad de tratamientos de impermeabilización amplios, sistemáticos, bien estudiados y, por supuesto, más «caros» que el usual y decimos «caros» entre comillas, pues los costes de las correcciones, directos e indirectos, son mucho más importantes que un primer tratamiento bien estudiado, sin hablar de la cuestión de «imagen» que dan los parcheos.

Hacemos especial énfasis en este tema por entender que las tendencias actuales en España y más concretamente en nuestro Ministerio, han solido siempre minusvalorar la necesidad de tratamiento de corrección, como lo demuestra el alto número de presas que han requerido varias campañas de inyecciones después de puestas en servicio.

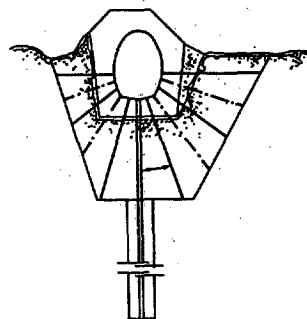
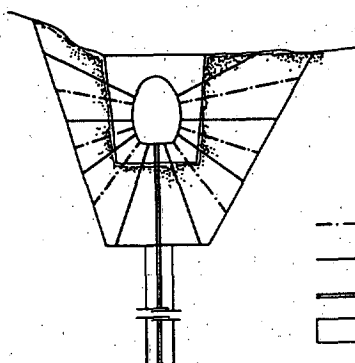
PERFIL POR EL EJE DE LA GALERIA DE INYECCIONES



GALERIA DE INYECCIONES

SECCION ENTERRADA

SECCION SEMIENTERRADA

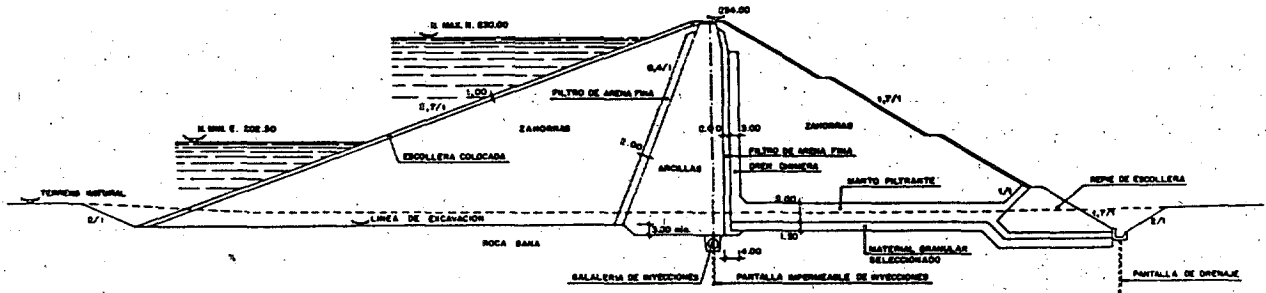


- TALADROS PARES
- TALADROS IMPARES
- PANTALLA
- ZONA CONSOLIDADA

PRESA DE CASPE

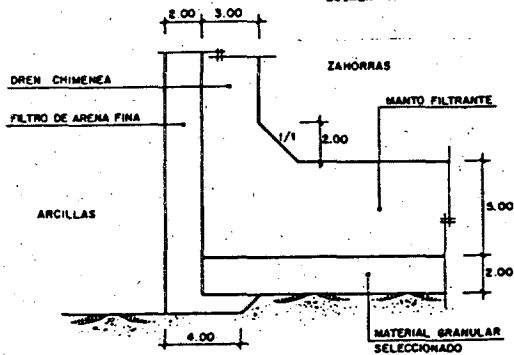
SECCION TIPO

ESCALA 1:8.000



DETALLE FILTRO

ESCALA 1:40



No queremos alargar esta exposición con detalles técnicos, sobre reparación de taladros, admisiones, etc., pues serían casos particulares y creemos más importante exponer nuestra, digamos «filosofía» de los tratamientos.

En la página siguiente, se incluye el esquema de inyecciones del Modificado n.º 2, en el que lo único no convencional, es la inyección a baja presión de una «aureola» alrededor de la galería perimetral.

Digamos finalmente, que se tiene previsto y pendiente de redactar el correspondiente Proyecto, una ampliación de tratamiento en la zona superior del estribo derecho que podía con-

dicionar el llenado completo del embalse, ya que en esta zona se han encontrado dos grandes diaclasas y se aprecia un fuerte grado de agrietamiento y decompresión. Este tratamiento, no se hizo con cargo al proyecto por razones presupuestarias y se piensa realizar, tanto desde galería como en superficie y en la medida en que el llenado lo haga necesario.

OBRAS ACCESORIAS

Incluimos en este apartado las obras no estrictamente necesarias, tales como Auscultación. Acceso, Edificaciones... etc.

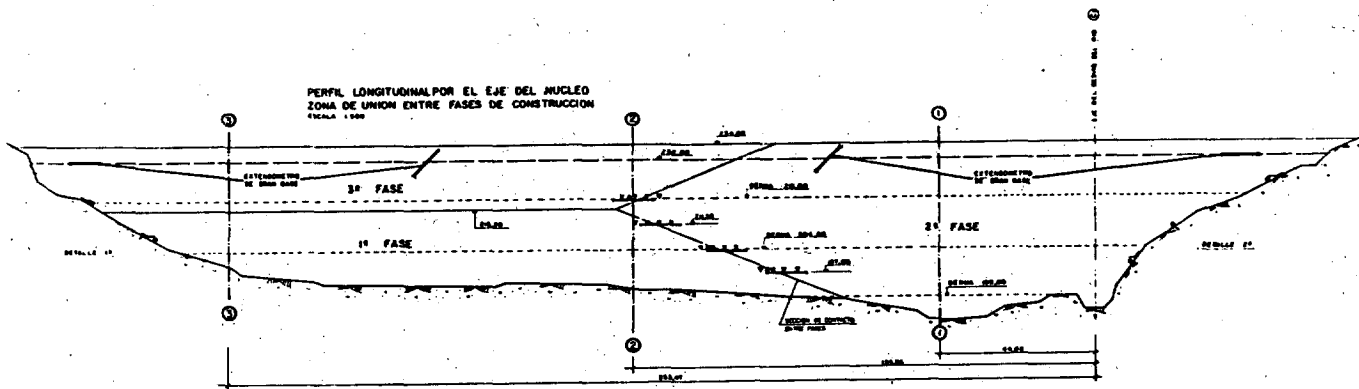
Auscultación

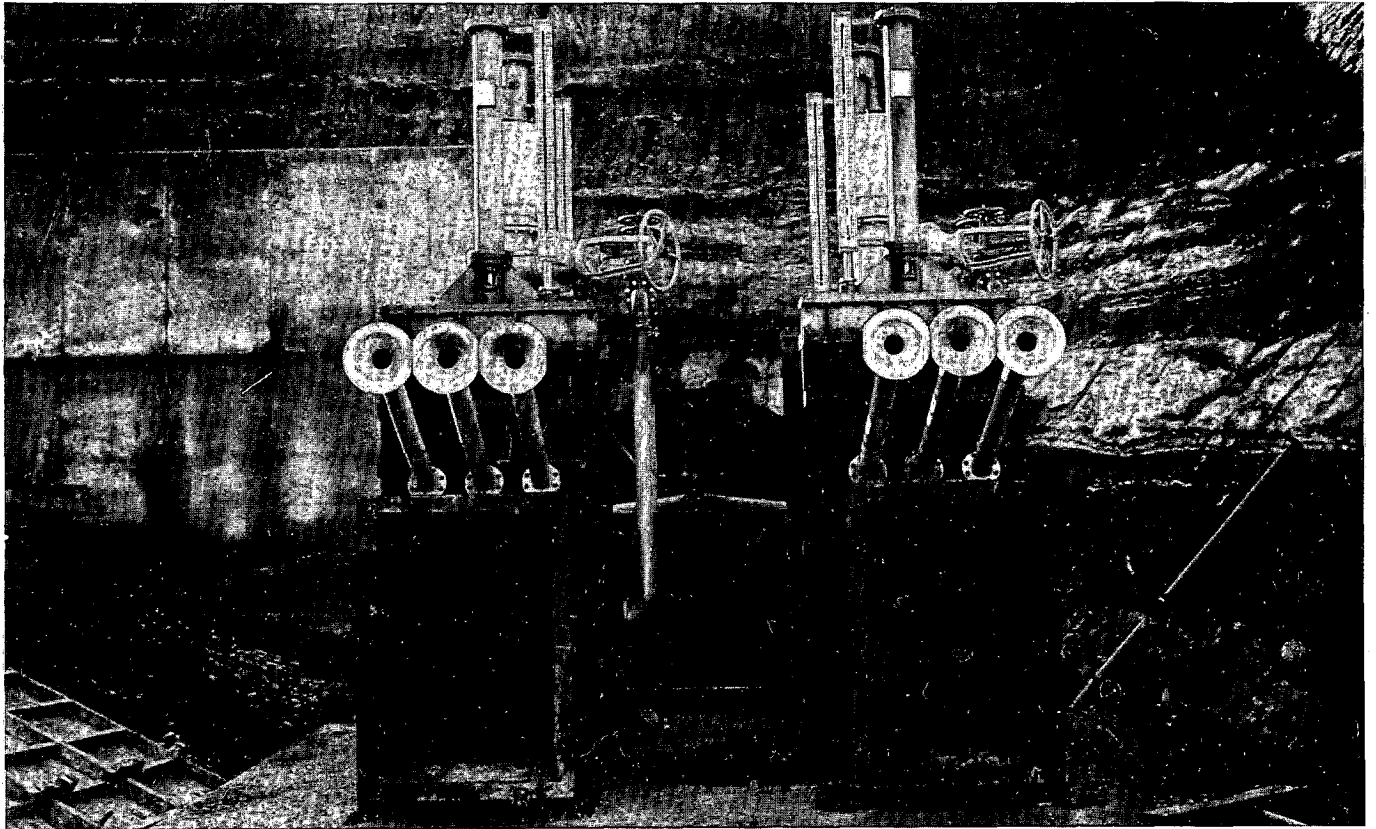
Es un elemento importante, especialmente en las presas de materiales sueltos, pues nos permite comprobar, no sólo el comportamiento real de la presa, sino la concordancia entre resultados reales y previsiones teóricas, pues las teorías de estas presas aún no están afinadas en muchos aspectos.

En la auscultación de Caspe, se han instrumentado 4 secciones, una de ellas la junta de construcción (ver apartado correspondiente

PERFIL LONGITUDINAL POR EL EJE DEL NUCLEO ZONA DE UNION ENTRE FASES DE CONSTRUCCION

ESCALA 1:500





Montaje de mecanismos de la toma superior

más adelante). Se intenta medir: **Cimiento**, presiones intersticiales sólo. **Núcleo**, Presiones intersticiales y totales (por tanto, presión efectiva) en el núcleo, su asiento y el deslizamiento, núcleo cimiento en puntos críticos. **Cuerpo de presa**. Deformaciones mediante asentómetros hidráulicos, en todo el cuerpo de presa, incluso núcleo y deformaciones en coronación por medio de extensómetros de gran base.

Se han instalado 151 aparatos, de ellos, 59 piezómetros de cuerda vibrante, 24 células de presión total, 48 asentómetros hidráulicos, 16 extensómetros de gran base y 4 deslizómetros de contacto electro magnético.

Accesos

Se ha proyectado un camino de acceso desde la carretera de Alcañiz a Caspe, con 21,2 km de longitud de sección de 6,0 m de plataforma, con firme de material granular y riego bi-capa. Las características del camino, son de camino local con radios mínimos de 50 m y normales de 100 ó 200 m y pendiente máxima del 6 por

ciento, aunque existe un corto tramo de pendiente 9 por ciento. Además, se han proyectado caminos interiores a las tomas y el aliviadero situados, como indicamos, fuera de la cerrada.

Edificaciones

Se proyectó y construyó un edificio de dos plantas con 404 m² en total para oficina y Laboratorio.

Acometida de energía

En el primer modificado se ha incluido el acondicionamiento de una antigua línea de 30.000 V y 14 km que se construyó para un bombeo de regadíos.

CONSTRUCCION

Estando, como hemos indicado, muy avanzadas las obras, hasta el punto de que el pasado mes de marzo, se inició la primer puésta

PRESA DE CASPE

en carga parcial, creemos útil referir las incidencias de obra y las pequeñas variaciones tenidas, respecto a la construcción en los más importantes aspectos técnicos.

En la misma presa, se han introducido muy pocas variaciones, salvo girar muy ligeramente el eje de la misma, para tener una implantación más sana en el estribo derecho y la sección se ha modificado mínimamente, como puede verse en la figura adjunta, si se compara con la de la página (5). Vemos que se ha prolongado ligeramente el filtro fino hacia aguas abajo del núcleo para cortar posibles filtraciones próximas al apoyo del mismo y se ha interpuesto una capa de zahorra fina más impermeable, pero no procesada, para cortar posibles filtraciones desde el terreno hacia el manto filtrante, manteniendo, como puede verse todas las demás características, salvo pequeños detalles del diseño de coronación.

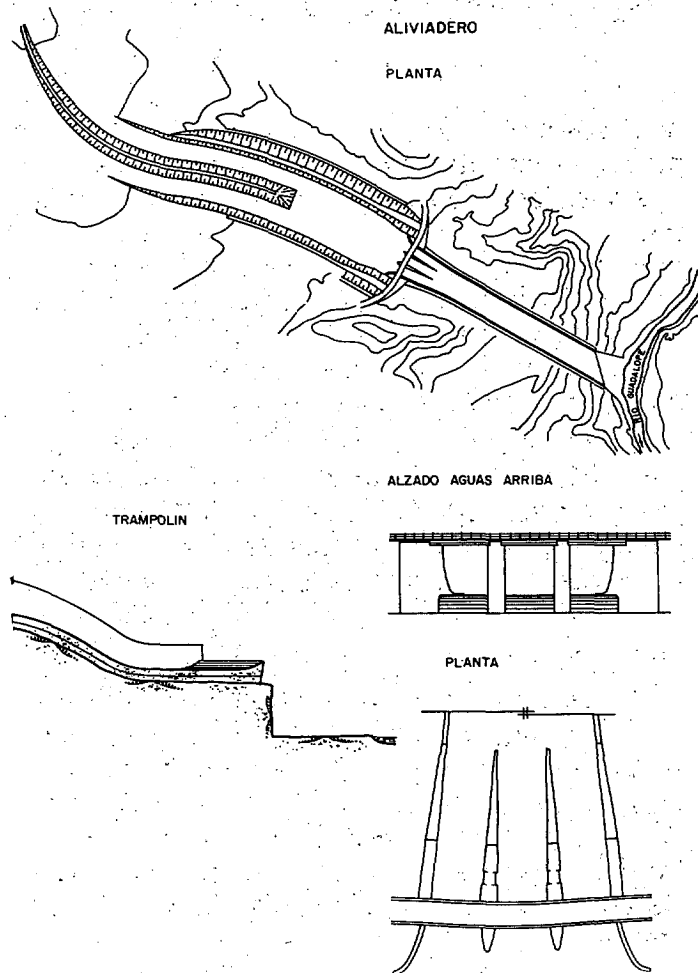
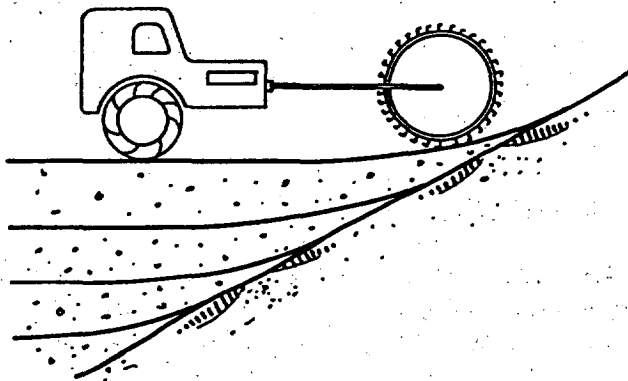
La modificación más importante fue de tipo constructivo pues, debido a dificultades en la construcción de la galería del desvío de río y para cumplir la condición de alcanzar entre 15-11 de un año y 15-9 del siguiente, cota suficiente para evacuar la riada de 500 años (cota 222) se decidió construir la presa primera hasta tal cota en la margen derecha (el río discurre pegado a la margen izquierda); luego el reducido cierre y finalmente, la zona superior según vemos en la figura superior, para anular los asientos relativos a esta fase. Hemos instrumentado la sección quebrada de contacto con piezómetros y extensómetros, comprobándose su correcto funcionamiento en el primer llenado.

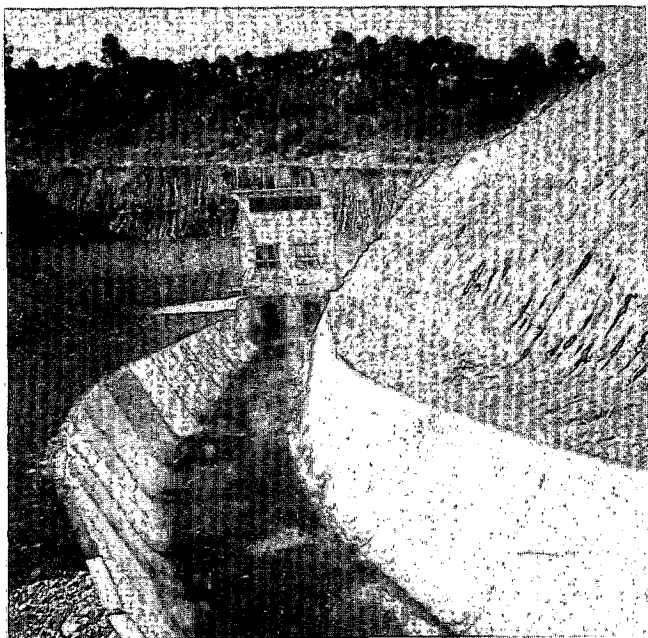
El enlace entre zona nueva y vieja fue muy cuidado, levantándose el terraplén del núcleo hasta zona sana con la misma humedad de

compactación y colocándose la segunda zona solapada y compactando contra el talud antiguo, como puede verse en la adjunta figura, para sellar perfectamente el contacto entre terraplén nuevo y antiguo.

En cuanto a obras complementarias, la variación más importante ha sido la del aliviadero; en el que se ha modificado, como consecuencia de los ensayos en modelo reducido, el canal de entrada y zona de compuertas, suprimiéndose por ensayo en modelo y por razones geológicas, los muros intermedios, pensados para dar rigidez a la sección frente a posibles expansiones de las margas que, finalmente, no aparecieron en asiento del canal. Además, hemos sustituido el amortiguador de resalto por una solución mucho más económica de trampolín de lanzamiento de sencillo y fácil diseño.

Las demás obras auxiliares no han tenido incidencias, ni modificaciones dignas de mención, excepto la excavación del túnel de tomas (4,20 m de diámetro y 837,62 m de longitud) en la





Toma de riegos superior.

que el método previsto de excavación con ro-zadura tuvo que ser substituído por explosivos y precorte, pues aparecían estratos de una arenisca no rozables, pese a su escasa resistencia (200/600 kg/cm²) y que la tenacidad quedaba, francamente dentro de los límites de rozabilidad, atribuyéndose esta incidencia al alto contenido de gravas de sílice dura de tamaño 0,5/2,0 mm pese a que estuviese mediana o escasamente cementados como prueban las resistencias a compresión.

PRIMER LLENADO PARCIAL

Estando muy avanzadas las obras, y una vez colocado el desagüe de fondo, las posibilidades de un llenado indeseado, eran evidentes (recordemos que con túnel ϕ 8,00 m podíamos tener llenado hasta la cota 222 y unos 40 Hm³), por lo que se consideró oportuno iniciar, cuanto antes, un primer llenado controlado, aprovechando que venía un año hidráulicamente bueno, de modo que los posibles pequeños problemas, se presentasen en una situación controlada y digamos «serena».

El llenado parcial se comienza en marzo de 1988, con la presa recién coronada y el aliviadero susceptible de funcionamiento, pero sin nu-

merosísimos remates, entre ellos, el montaje de mecanismos que no fuesen desagüe de fondo.

El llenado hasta cota 222,50 de labio de aliviadero, e incluso casi un metro de vertido, no ha presentado en la presa más incidentes que unas pequeñas filtraciones en la torre de compuertas de desagüe de fondo, rápidamente subsanadas, siendo el comportamiento estructural de la presa bueno y las filtraciones enteramente despreciables (menos de dos litros segundo) y filtraciones aún en tratamiento, en un antiguo túnel de la Acequia Vieja de Civán de Caspe.

Ha existido una filtración con erosión progresiva hacia el antiguo túnel de la Mina Ciega, hoy controlada y en tratamiento, sobre la que aún no tenemos información definitiva.

Angel Araoz Sánchez-Albornoz



Ingeniero de Caminos de la promoción de 1955. Su primer destino es en RENFE hasta marzo de 1959. Posteriormente, en el Instituto Nacional de Industria, interviene en la construcción de la central térmica de Ceuta hasta que, en junio de 1959, ingresa en el Estado siendo destinado en la Confederación Hidrográfica del Ebro, donde está actualmente destinado. En la Con-

federación Hidrográfica del Ebro proyecta y dirige las obras del Canal de Cinca y principales canales derivados, siendo autor, en colaboración con don Carlos Fernández Casado del proyecto del gran acueducto sobre el río Alcanadre, que es aún record de luz y dimensiones en vigas lanzadas por el sistema «Leonardt» que usa como viga de lanzamiento la propia estructura con la consiguiente economía. Destinado al Departamento de Explotación en 1967, interviene en la restauración y puesta a punto de los mecanismos de varias presas del Bajo Aragón, dirigiendo la explotación de los Riegos del Alto Aragón, con cuatro grandes embalses, dos grandes canales (Cinca y Monegros) y 75.000 Has. de regadío. Destinado de nuevo al Departamento de Obras, interviene en el estudio del Plan Guadalupe proyectando y dirigiendo las obras de las dos presas del sistema, Calanda en período de primer llenado y explotación provisional y Caspe en construcción, proyectando asimismo el Tramo I del Canal Calanda-Alcañiz, derivado de la presa del mismo nombre y obras derivadas. Ha proyectado, asimismo, la presa de Pajarres en el río Piqueras (La Rioja) y próximo a licitarse. Tiene encomendado el proyecto de los de Valdeprado (Río Alhama - Soria) y Aoiz de Navarra.