LA PRESA DE VALMAYOR EN EL RIO AULENCIA (*)

Por EMETERIO CUADRADO
Ingeniero Director de las obras
CARLOS DE LEMUS
Ingeniero Auxiliar a pie de obra.

Se describen en este artículo las principales características de la presa de Valmayor, que construye el Canal de Isabel II para el abastecimiento de Madrid, deteniéndose especialmente en la ejecución del cuerpo de escollera de la presa, que ha sido un récord de velocidad en nuestro país, dando a conocer el procedimiento y resultados obtenidos. Para un segundo artículo se deja la construcción de la pantalla impermeable, cuya iniciación se realiza actualmente.

I

El cuerpo de presa

La solución del problema de abastecimiento de agua potable al Area Metropolitana de Madrid nunca se ha podido dar por terminada de un modo definitivo. El crecimiento de la población de la capital de España es tan vertiginoso, que las curvas de población en función de los años transcurridos se quedan siempre por debajo de lo previsto.

Por ello, en trance de aprovechamiento máximo de los ríos captados de la Sierra de Guadarrama, al norte de Madrid, ya se estudian las posibilidades de aprovechamiento de los ríos del macizo de Gredos. Entre los últimos ríos del Sistema Norte aprovechados se dispone del caudal del río Guadarrama, con una cuenca alimentadora de 261,5 Km^2, y una aportación media anual en veinticinco años de 116 Hm^3. Sin embargo, es este un río con márgenes muy pobladas por colonias y urbanizaciones de veraneo, sin un emplazamiento conveniente para la ubicación de una presa de embalse de gran capacidad. En cambio, el río Aulencia, afluente del primero, dispone de un magnífico valle en roca granítica, impermeable, con posibilidades de situación de una presa y su embalse. Por ello, la base de lo que llamamos Sistema Guadarrama-Aulencia lo constituye una pequeña presa-vertedero en el río Guadarrama, que mediante un túnel de trasvase de 5 Km de longitud puede verter al embalse del Aulencia un caudal de 30 m^3/seg.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de julio de 1973.

Lámina I. — Presa de Valmayor. Paramento de aguas abajo.

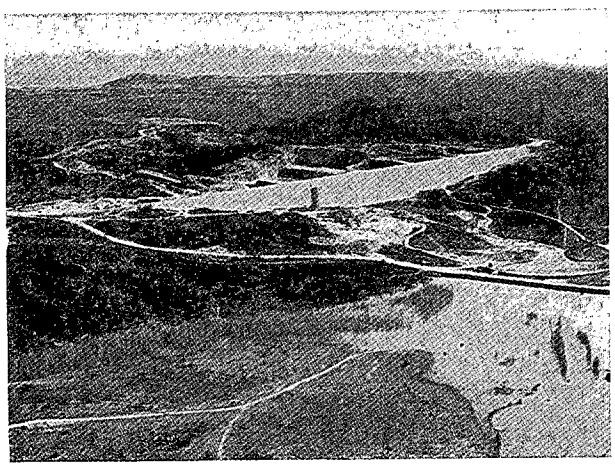

Lámina II. — Presa de Valmayor. Paramento de aguas arriba, antes de la pantalla impermeable.

La presa del Aulencia (lám. I y II), que llamamos de Valmayor, se ha proyectado de escollera, con pantalla impermeabilizante aguas arriba, de hormigón asfáltico. El interés de esta presa estriba en que será por ahora la más alta de estas características, construida en la actualidad en España.

Por su parte, el río Aulencia también aportará su caudal, pues aunque su cuenca es más pequeña (101,41 Km^2), en veinticinco años produce una aportación media de 35 Hm^3. Las características fundamentales de presa y embalse son las siguientes:

Embalse.

Situación: Al norte de Valdemorillo (Madrid).
Máxima avenida en quinientos años: 260 metros cúbicos por segundo.
Cota máxima de embalse: 831 m.
Capacidad máxima: 124,5 Hm^3.

Presa (figs. 1 y 2).

Ancho de coronación: 9 m.
Talud aguas arriba: 1,75 × 1 m.
Talud aguas abajo: 1,3 × 1 m, con dos bermas de 4 m de ancho.
Longitud: 1.214 m.
Altura máxima: 60 m sobre el cauce.
Volumen de escollera: 2.100.000 m^3.

La elección del tipo de presa se debió principalmente a que en un emplazamiento muy abierto, con cota máxima de 60 m y más de un kilómetro de coronación, resultaba más económica la escollera que el hormigón, aunque se tratase de una presa de contrafuertes, puesto que se disponía de cantera inmediata en la margen derecha del río y aguas abajo de la cerrada. Por otra parte, las bajas temperaturas en el lugar de la presa, donde se llega a — 12° C en invierno, hubieran obligado a suspender el hormigonado, mientras que la escollera, aun con lluvia o baja temperatura, aseguraba la continuidad del trabajo en todo tiempo.

Como ya hemos dicho, tanto el vaso como el emplazamiento de la presa está en granito, y los ocho sondeos realizados a lo largo de la cerrada, un reconocimiento sísmico y el estudio geológico consiguiente, dieron como resultado la suposición de una roca de cimentación de excelente resistencia, que sólo quedaba afectada por algunas fallas y sistemas de diaclasas que podrían influir en la permeabilidad del terreno.

Tal como se había supuesto, la cimentación resultó de buena calidad, admitiéndose zonas de granito en descomposición; pero exigiéndose una mediana compacidad, fue necesario profundizar una media de 3 m. La aparición de algunos manantiales en el fondo de la excavación nos hizo necesario conducirlos al exterior mediante canalillos rellenos de piedra, y lo mis-

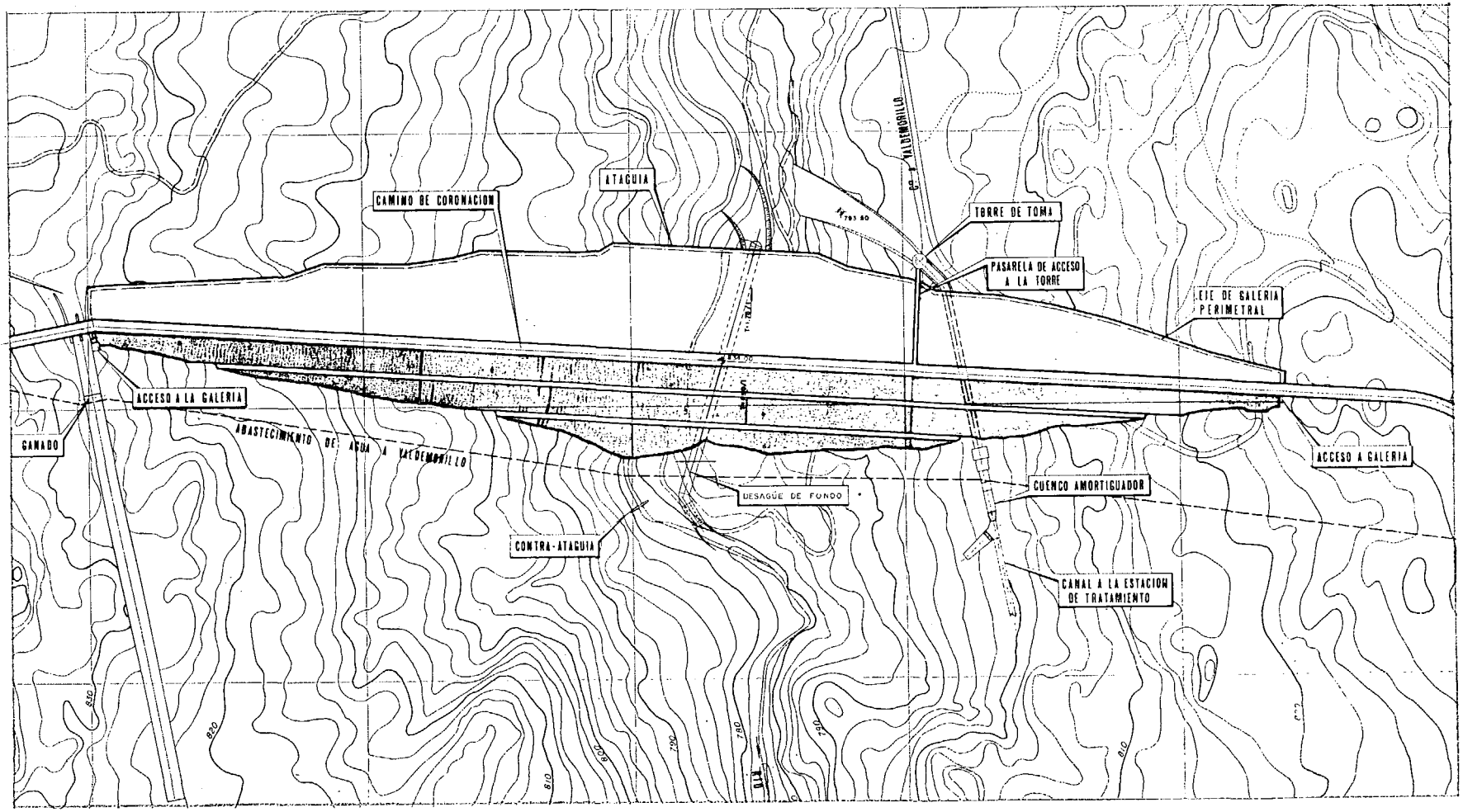

Fig. 1. — Presa de Valmayor. Planta.

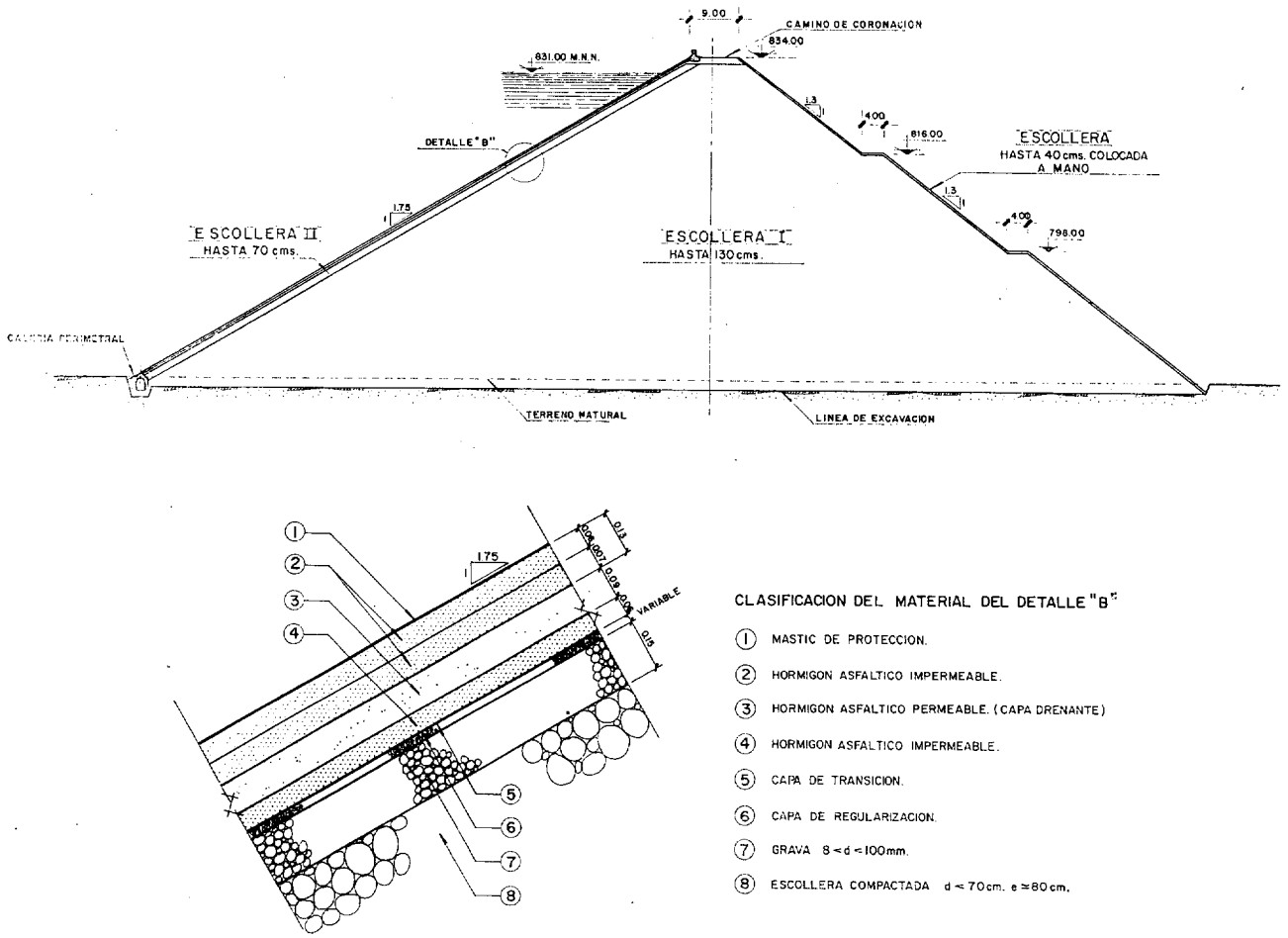

Fig. 2. — Perfil tipo de la presa.

mo ocurrió con los puntos bajos en las zonas donde fue necesario profundizar. Estos puntos se unieron con cunetones, que en todo momento permiten evacuar las aguas que en ellos se depositan a través de la escollera.

El sistema de ejecución de ésta, que figuraba en proyecto, admitía rocas de hasta 1,30 m de diámetro con un máximo de finos de hasta el 20 por 100. Se preveía el riego de la misma, con un mínimo de 500 l/m³. Para la compactación se exigía un mínimo de cuatro pasadas con rodillos vibrantes de 10,5 Tm estáticas, aumentando este número hasta que los descensos diferenciales obtenidos fueran inferiores a 2 cm. Fueron necesarias cuatro pasadas, pero se decidió llegar a seis. La densidad de la escollera compactada había de ser superior a 1,90 Tm/m³.

Adoptamos como se ve el mismo criterio que en las presas de Gepatsch (Lauffer y Schober, 1964), Saint Cécile d'Andorge (Villemagne y Bourriot), Salagou, Venemo (Kjaernsli y Torblaa, 1966) y Santillana, en los que se llegó a la conclusión de que el mejor sistema de compactación era con rodillo vibrante de unas 10 Tm y riego a presión.

Un primer contratiempo lo ofreció la cantera, que a pesar de que se había reconocido con ocho sondeos profundos, al abrir el frente de ataque, apareció con una montera de granito descompuesto, que llegó en algunos puntos a 6 m de profundidad. Si bien hasta 2 m esta montera se hubiera considerado normal, no podía suponerse en los precios contratados que hubiera que retirar como inaprovechables cerca de 500.000 m³, cantidad que resultó de una serie de catas distribuidas por toda la zona de

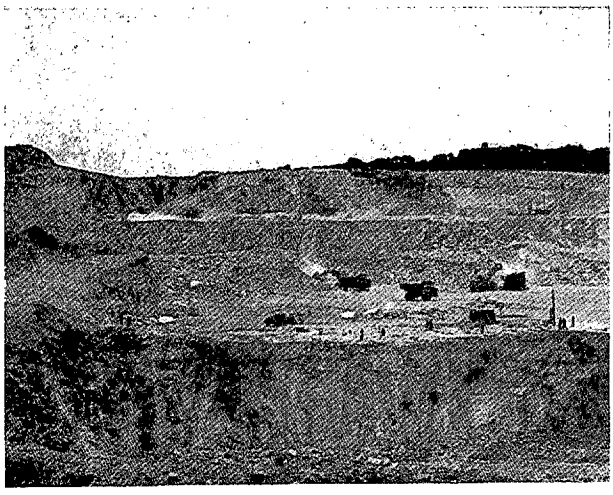

Lámina III. — La cantera, en plena explotación.

la cantera considerada, después de retirar la capa superficial: un problema análogo ocurrió en la presa de Pedu (Malasia). Por debajo de esta montera aparecía un granito excelente, aunque, a veces, diaclasado con rellenos de jabre y vetas de clorita (lám. III).

El abandono de cantera no resultaba aceptable porque supondría un alejamiento de la presa que influiría grandemente en su coste, por lo que la Administración prefirió convenir un precio con la Contrata, para abonar los materiales no aprovechables, incluso su transporte a vertedero, que se situó al otro lado del río. La solución fue acertada, puesto que se ha dispuesto así de un granito de primera calidad.

La explotación de cantera se ha realizado con tres frentes escalonados, de los que el superior era el de menor calidad.

Se dispusieron voladuras semanales, que abastecieron las necesidades de la presa y la estación de machaqueo para los hormigones.

Los tres frentes que se abrieron de arriba a abajo, con una longitud de unos 200 m y una altura de 15, se iniciaron cuando podía llevarse un decalaje de unos 70 m. El segundo banco se abrió a la cota 785, y el tercero, a la 770, con lo que se penetraba unos 6 m por debajo del río.

El volumen a excavar, con un fondo de cantera de unos 250 m, permitía de sobra conseguir los 2 Hm^3 necesarios para la escollera.

Aunque no ha sido posible fijar una voladura tipo, por las vetas, jabre y clorita que se presentaban de vez en cuando, sí podemos considerar una voladura de tipo medio.

Con la altura del banco de 15 m se hicieron los barrenos con una inclinación de 18° y una perforación por debajo de la plaza de cantera de 0,80 m. Se utilizaron cinco perforadoras G. Denver ATD-3100 A, con diámetro de taladro de 3″ y sistema de varilla extensible. Para la disposición de barrenos se perforó —a lo largo del frente— una fila separada de éste 2,70 m y a distancias de 3,20 m. Otra fila posterior a 2,70 m de distancia, e igual separación entre barrenos, se coloca al tresbolillo, en relación con la primera fila, llegando del mismo modo hasta establecer cinco filas. La voladura indicada produce 200 × 2,70 × 5 × 15 = 40 a 50.000 m^3 sobre perfil.

La caña se llenaba con la carga de fondo, la carga de columna y el retacado. La carga de fondo se hacía con dinamita goma, conteniendo a través de todo el explosivo, y hasta la boca del barreno —donde se colocaba el detonador—, una mecha detonante. Constituían la carga de fondo 10 cartuchos de dinamita goma de 50 cm de longitud y peso por cartucho de 2,5 kilogramos. La carga de columna se hacía con "Nagolita" a base de 4,4 Kg/m. l. en 10 m de altura. El resto del barreno, una vez colocado el detonador, se retacaba con tierra, es decir, 1,3 m, aproximadamente.

Resulta de este modo una carga de explosivo por barreno de 25 Kg de goma + 44 de nagolita, es decir, 69 Kg por tiro, y en total, 69 × × 330 = 22.770 Kg por voladura. El rendimiento por metro cúbico resultó de 0,123 Kg de goma y 0,330 de nagolita.

En los casos de abundantes fallas o de agua abundante (los perforadores van dándose cuenta de la dureza del terreno), es lógico disminuir las cargas, no sólo la de fondo, sino incluso el peso por metro lineal, lo que se consigue poniendo separadores entre los cartuchos de columna. En caso de agua, se ha empleado la "nagolita" en cartucho de plástico, puesto que es soluble en agua. El resumen de la experiencia obtenida es de que en terreno duro y seco el consumo es de 380 a 400 gr/m^3 de explosivo, y en terreno blando y húmedo, de 270 a 310 gr/m^3.

Las frecuentes vetas de materiales desechables obligaban a comprobar el tanto por ciento

de finos, enviando a vertedero los que pasaban del límite permitido. Los ensayos se reiteraban en las tongadas de escollera ya compactadas. Igualmente se enviaba a vertedero el material de mala calidad. A estos efectos, y una vez que el representante de la Administración rechazaba una zona de material en cantera, la Contrata prefería introducir un equipo especial dedicado a la carga y transporte del mismo, constituido por una pala más pequeña que las utilizadas en la carga normal, y camiones de unas 15 Tm de carga útil. Estos camiones, conocida previamente su tara, pasan a báscula, para llevar mediante *tickets* una contabilidad de material desechado.

La carga y transporte a pie de obra se realizó con la siguiente maquinaria: tres palas Caterpillar 988, incrementadas después por dos retroexcavadoras Orenstein y Koppel RH-25 y 14 camiones Haulpak LW-35 de 35 Tm de carga útil, para acopio de escollera a presa.

Para la compactación y transporte se dispuso de:

Dos tractores Caterpillar sobre orugas, D-8 y D-6, que en determinados momentos y para todas las faenas de la obra llegaron a aumentarse a 4 D-8 y 4 D-6. Uno o dos compactadores vibrantes ABG arrastrados con tractor D-6 (lámina IV), y para el riego de la escollera se produjo un pequeño embalse utilizando como ataguía la misma galería perimetral que servirá de base a la pantalla asfáltica. Esta ataguía es un muro triangular de 15 m de altura máxima y 148 m de longitud, en cuya coronación se aloja la galería perimetral, que se prolonga por ambas laderas empotrada en el terreno. La cimentación para llegar a la roca sana también hubo de hacerse profunda. Con ellos se ha mantenido un embalse de 900.000 m^3, que ha suministrado el agua necesaria para la compactación.

Lámina IV. — Compactación con rodillos vibrantes.

El criterio para ésta fue modificándose en las primeras tongadas de escollera, que tenían un límite de espesor de 1,30 m. La Administración, con las experiencias obtenidas en la presa de Santillana, también para el abastecimiento de Madrid, estimaba indispensable el riego de la escollera en el momento de su vertido y durante la compactación. La Contrata creía preferible la compactación en seco. La Administración se encontraba al principio con productos de cantera que, si bien dentro de los límites del Pliego de Prescripciones Técnicas, contenían finos que se acercaban al máximo. Estos finos no deben impedir el contacto directo de los grandes bloques, cuyo conjunto habría de constituir el esqueleto resistente de la presa, y sí debían rellenar los huecos entre ellos para conseguir la máxima densidad de la escollera. Parecía, pues, conveniente regar el frente de vertido para limpiar los grandes bloques y facilitar su deslizamiento hasta conseguir una trabazón perfecta. A esto oponía la Contrata la necesidad de conseguir una superficie de rodadura para sus camiones que desaparecía con este riego, al dejar sin finos la superficie. Lo contrario suponía un gran gasto de neumáticos. Se pensó entonces en no regar durante el vertido, y sí durante la compactación, para introducir los finos en los huecos, después de la primera pasada. Esta operación resultaba molestísima, porque las tuberías de los monitores obstaculizaban el paso de los camiones. Comprobamos además que al verter los camiones en el frente de la tongada caía primero la piedra gruesa y al final los tamaños menudos, que se habían depositado en la caja del camión durante el transporte, y que al retroceder éste se vertían sobre la escollera ya compactada, con lo que quedaba entre capa y capa de escollera una delgada tongada, en la que la proporción de arcilla procedente de la descomposición de los feldespatos resultaba impermeable en algunos sitios. La conveniencia de mantener una completa permeabilidad en toda la escollera nos hizo recurrir a otro sistema, que se generalizó y adoptó como el idóneo para nuestro objetivo.

Ha consistido el sistema en instalar los mo-

nitores delante del frente de vertido, sobre la tongada anterior. Tres monitores se empleaban en regar y lavar la escollera que vertían los camiones. Los otros tres, de mayor caudal, se dedicaban a regar la capa inferior anterior, compactada en seco. El agua de estos monitores con presión de 3,7 a 2,2 Kg/cm^2, introducía los finos en los huecos de la escollera, y con la fuerza de lanzamiento producían una erosión superficial de la tongada (lám. V).

Se usaron monitores Stang. Dos del tipo MW Intelligiant de 4″ y uno de 6″, más dos lanzas monitoras con mando de palanca y base de alimentación plegable (lám. VI). La tubería de distribución de enganche rápido supuso 250 m y 3″ de ϕ. Se alimentaba con tres bombas centrífugas eléctricas marca Worthington de 60 CV, que daban caudales de 90, 100 y 108 m^3/h para alturas de 100, 106 y 94 m, respectivamente.

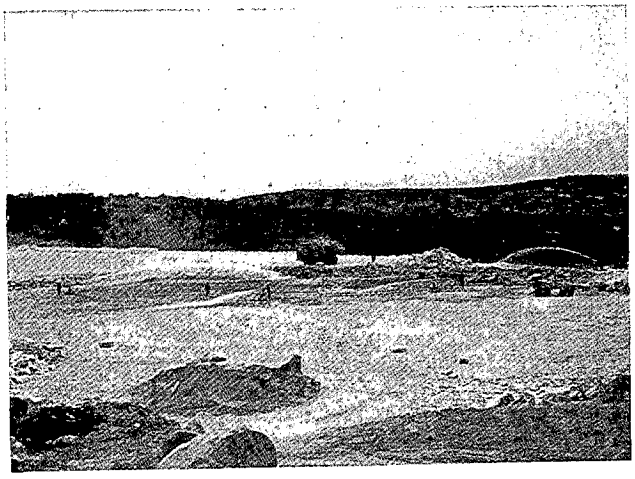

Lámina V. — Riego de la escollera durante la compactación.

Lámina VI. — Los monitores para el riego.

El riego se continuaba siempre por delante del avance de la capa superior, de modo que cuando los camiones vertían, ya estaba la capa inferior empapada en agua y con la escollera sin finos ni charcos en la superficie. La compactación de la capa superior se practicaba a continuación con la piedra mojada, pero sin regar durante la operación.

De este modo los resultados obtenidos se indican en los cuadros siguientes, teniendo presente que los límites establecidos por las condiciones del contrato eran:

Densidad mínima: 1,90.

Asientos diferenciales máximos: 2 cm.

Porcentaje de finos menores de 25 mm: 20.

Los procedimientos empleados para determiminar estos datos, han sido muy sencillos. En el primer caso, pesando sobre camión toda la escollera que entra en una tongada o un número elevado de camiones y después cubicando su volumen después de compactar. El cociente de ambos datos nos da el peso específico.

En general se hacía una retícula de puntos nivelados de la capa inferior (malla de 5 × 5 m), y una vez compactada la siguiente, se repetía la cuadrícula en superficie y por perfiles transversales o multiplicando la superficie por el espesor medio, se determinaba el volumen de la escollera.

Los ensayos de densidad obtenidos para compactación de distinto número de pasadas se indican en el gráfico 1. Vemos en él, que con sólo el vertido, distribución y paso de camiones, la densidad de la escollera era superior a dos, siguiendo aumentando en curva suave, que para seis pasadas nos da 2,11 y 2,15 para siete, a partir de la cual ya no aumenta sensiblemente.

Se ha controlado también la densidad obtenida en 26 tongadas sucesivas, antes de compactar, y con seis pasadas de rodillo. En el gráfico 2 se ve, que entre las tongadas 4 y 11 desciende notablemente la densidad. Sin compactar se está por debajo de 1,9 y compactado por el orden de 2, siendo la 9 la que pasa poco de

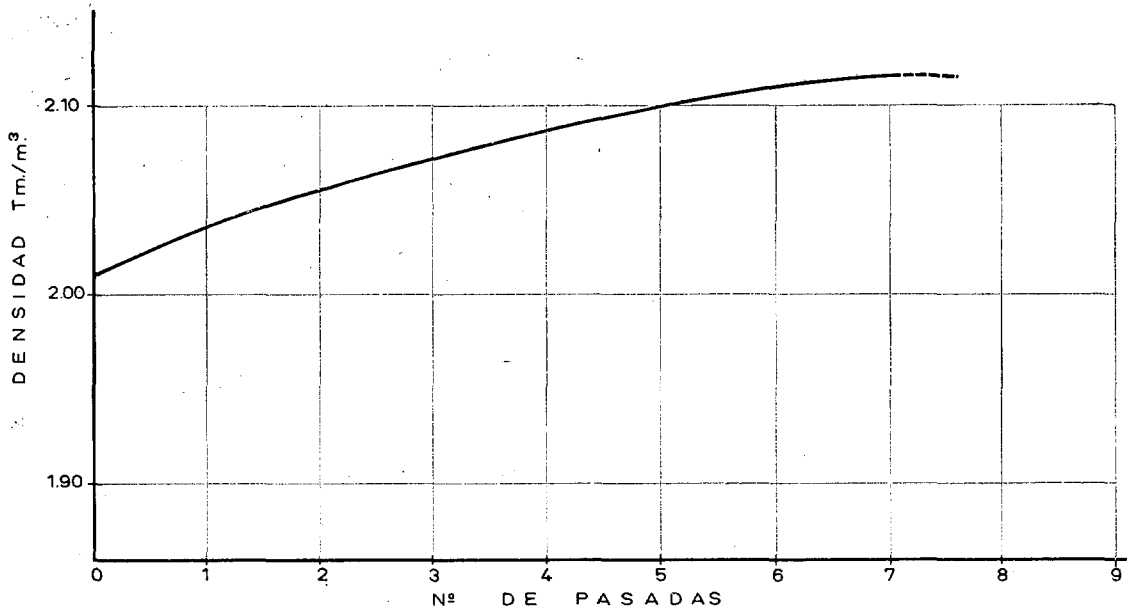

Gráfico 1. — Densidad media obtenida.

1,9. Como puede verse, en general, se pasa de 2, llegando a 2,25. Las tongadas de menor densidad, anterior a la 11, sufrieron las consecuencias de los diversos ensayos para adoptar el método definitivo de compactación.

Otro estudio que realizamos fue el de la densidad conseguida, según el espesor de la tongada. Se refleja en el gráfico 3, en que se incluyen 16 tongadas, de espesores variables de 1,3 a 1,6 m. Las densidades disminuyeron con el espesor de la tongada. Prescindiendo de los resultados excesivos, la curva dibujada nos da 2,15 Tm/m³ para 1,30 de espesor y 2,04 para 1,50. No convenía, pues, aumentar los espeso-

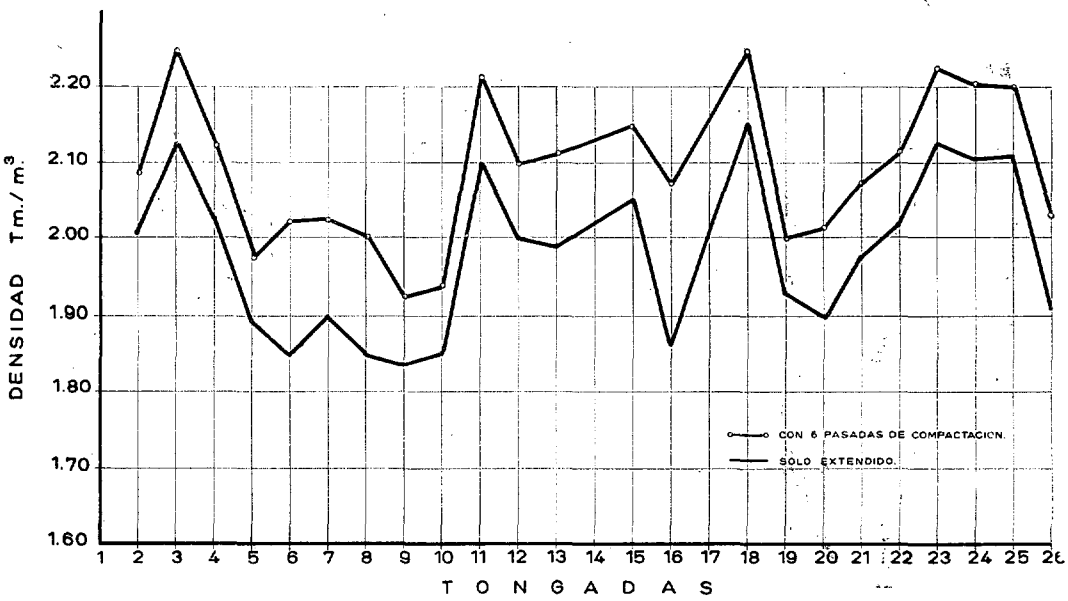

Gráfico 2. — Aumento de la densidad producido por compactación.

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA

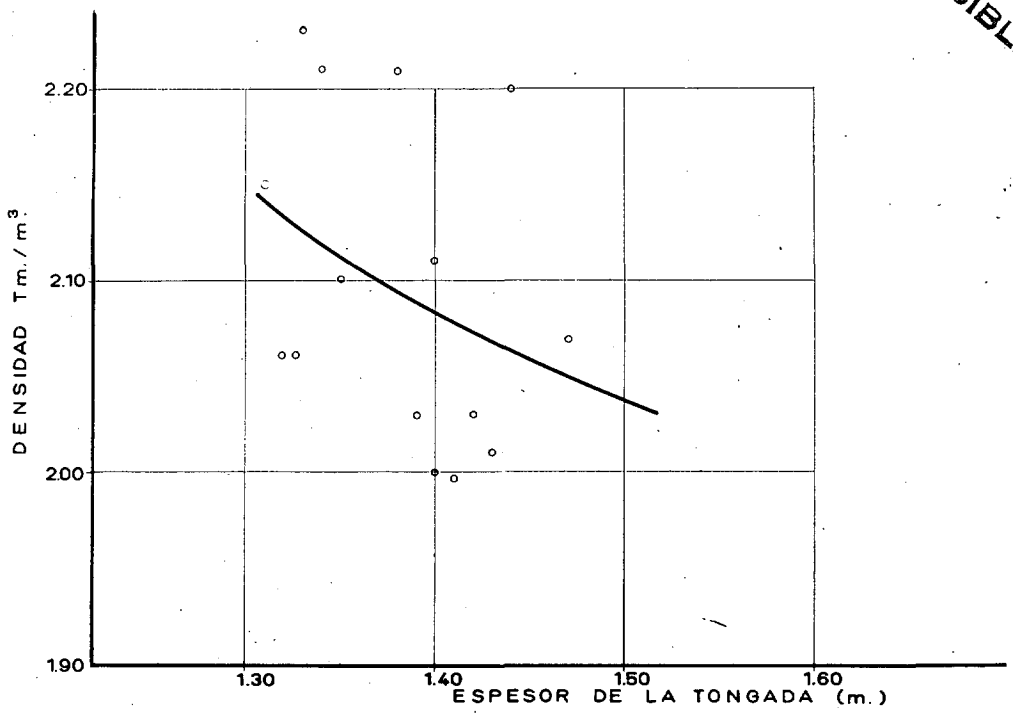

Gráfico 3. — Densidad espesor de la tongada.

res de tongada, con los medios de compactación de que disponíamos para no bajar de 2 toneladas métricas por metro cúbico.

Para determinar los asientos se realizaba un cuadriculado de la superficie, marcando los vértices con pintura sobre piedras. Se hacía una nivelación ordenada de los mismos, y se daba la primera pasada de rodillo. Se volvían a nivelar los puntos, y así sucesivamente hasta seis pasadas. El asiento medio obtenido tenía que

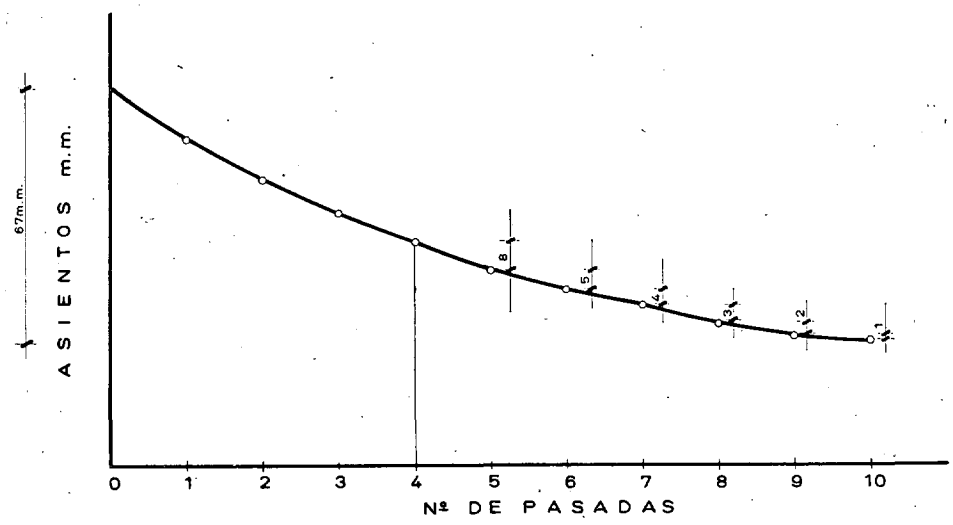

Gráfico 4. — Compactación. Descensos medios obtenidos en 20 ensayos en función del número de pasadas.

ser en la última pasada inferior al tolerado en el Pliego. Periódicamente se continuó en el ensayo hasta las 10 pasadas.

Con los datos obtenidos en 20 ensayos se ha dibujado la curva del gráfico 4, indicando los asientos medios obtenidos en cada pasada hasta la 10.

Se observa que desde la 1.ª pasada, y sólo por el paso de camiones y *bulldozer,* la compactación era tal, que ya se cumplía que el descenso era inferior a los 2 cm exigidos en el Pliego como máximo entre dos pasadas. La curva dibujada en nuestro gráfico tenía una marcada tendencia a mantenerse paralela al eje de abscisas, es decir, que a partir de la 10.ª pasada el descenso conseguido de 67 mm se mantenía constante.

Para calcular el tanto por ciento de finos se han utilizado los procedimientos tradicionales y la planta de machaqueo. Los primeros consisten en pesar una cantidad de escollera extraída con pala de una tongada ya compactada, y separarle el fino mediante una criba o mediante un chorro de agua a presión. Después se recoge el sobrante y se vuelven a pesar, bien los finos (caso de criba) o los gruesos (caso del lavado a presión), obteniendo el tanto por ciento del peso eliminado.

Aprovechando la instalación de machaqueo en su parte de clasificación, una vez pesada la muestra se introduce en el sistema de transporte por cinta, quedando separados los distintos tamaños por las cribas. Previamente se separan con pala y a mano los tamaños superiores a 150-330 mm. Pesados los distintos tamaños, no sólo se puede determinar el porcentaje de finos, sino la dosificación de la escollera.

La marcha de la escollera, teniendo presente que aguas arriba estaba contenida por la galería perimetral-ataguía, y que bajo ella se contenía la galería de desagüe de fondo y la de toma, se ha llevado a la velocidad suficiente para que ninguna de estas obras produjese una solución de continuidad en la escollera, de modo que todas las tongadas, y en todo su espesor, se realizaron de extremo a extremo, lo que ha dejado el conjunto sin puntos débiles.

Motivo de particular atención han sido los dos paramentos, que, como indicamos al principio, tienen taludes de 1,3 × 1 aguas abajo y 1,75 × 1 aguas arriba. El primero que lleva dos bermas de 4 m estaba proyectado para regular su superficie mediante una capa de 0,50 m de espesor de grava de unos 10 cm. La Contrata propuso, en sustitución de la misma, la colocación a mano de una capa de piedra de tamaño medio de unos 30 cm. Las pruebas realizadas resultarón satisfactorias desde el punto de vista estético, pues proporcionaba un color uniforme a todo el paramento. Como el inconveniente de la grava era la proximidad de su talud natural al del paramento, con peligro de degradación, se aceptó el sistema propuesto, pero con una consolidación de rodillo vibrante. Las pruebas produjeron un asiento excesivo, y se decidió compactar sin vibrar con rodillo de 8 Tm (lámina VII).

Lámina VII.

No obstante, y por temor a que la compactación fuera contraproducente se admitió, finalmente, dejar el paramento sin consolidar.

El paramento de aguas arriba requiere una mayor atención, puesto que en él habrá de asentarse la pantalla asfáltica. En proyecto se pensaba en una capa de grava de 8-100 mm de espesor para regularizar la superficie. La Contrata propuso un sistema análogo al de aguas abajo con una capa mínima de grava para rellenar huecos, ya que la experiencia demostraba ciertas dificultades ofrecidas por esta grava al extender la primera capa asfáltica (fig. 3).

Realizadas las pruebas, que en este caso exigían el rodillo vibrante, se ofrecieron asien-

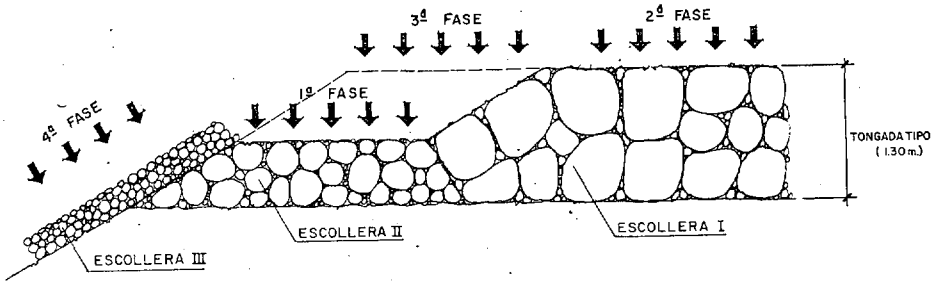

Fig. 3. — Ejecución del paramento de aguas arriba.

tos apreciables, porque la grava era engullida materialmente por la piedra de mayor tamaño. Ello obligó a aumentar el espesor de grava. No obstante, se espera a la iniciación de las obras de la pantalla, puesto que la compactación del paramento conviene hacerlo poco antes de iniciar la impermeabilización. Entonces se recargará la superficie con la grava necesaria.

Terminada la escollera en 31 de agosto de 1972, se ha diferido la ejecución de la pantalla unos seis meses, hasta que pase la época de lluvias, tiempo en que la escollera puede presentar algunos asientos a corregir a continuación.

El plazo previsto para ejecutar la escollera era de doce meses, y fue de ocho. Se terminó el 31 de agosto de 1972, lo que nos da una media de coloración diaria en doscientos días de trabajo de 10.000 m³. Esto supone un excelente rendimiento. Una vez organizados los trabajos, y al aumentar camiones y palas, se consiguió un rendimiento de 14.000 m³/día —mantenido durante los cinco meses últimos— y un máximo de 18.000 m³/día.

El desagüe de fondo (fig. 4) está formado por dos tuberías de 1,50 m de ϕ y longitud de 200 m, alojadas en una galería de 5,80 × 3,40 m. La bóveda semicircular se ha construido con enco-

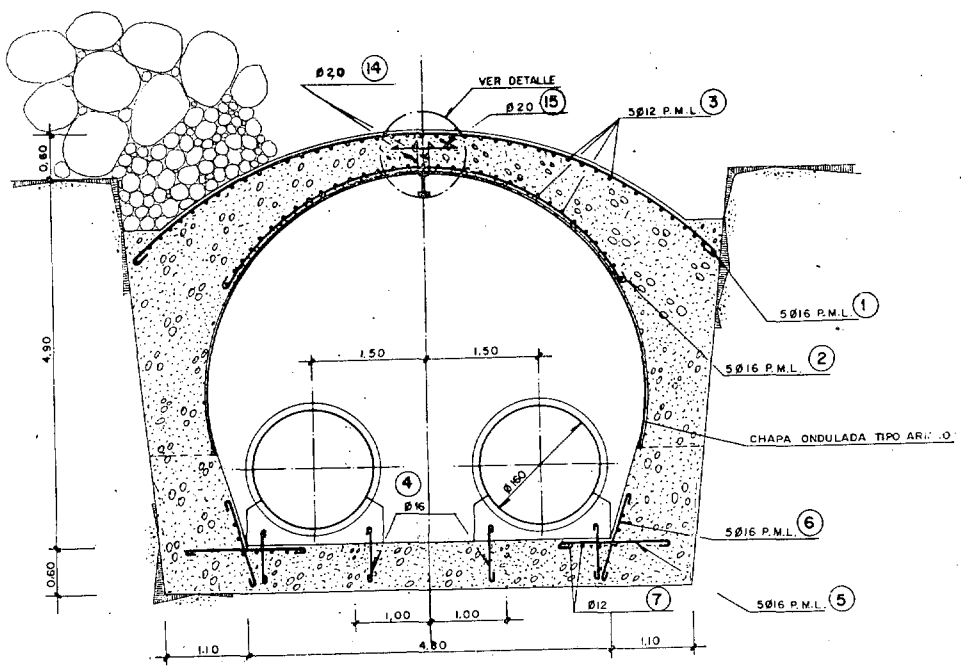

Fig. 4. — Sección tipo del desagüe de fondo.

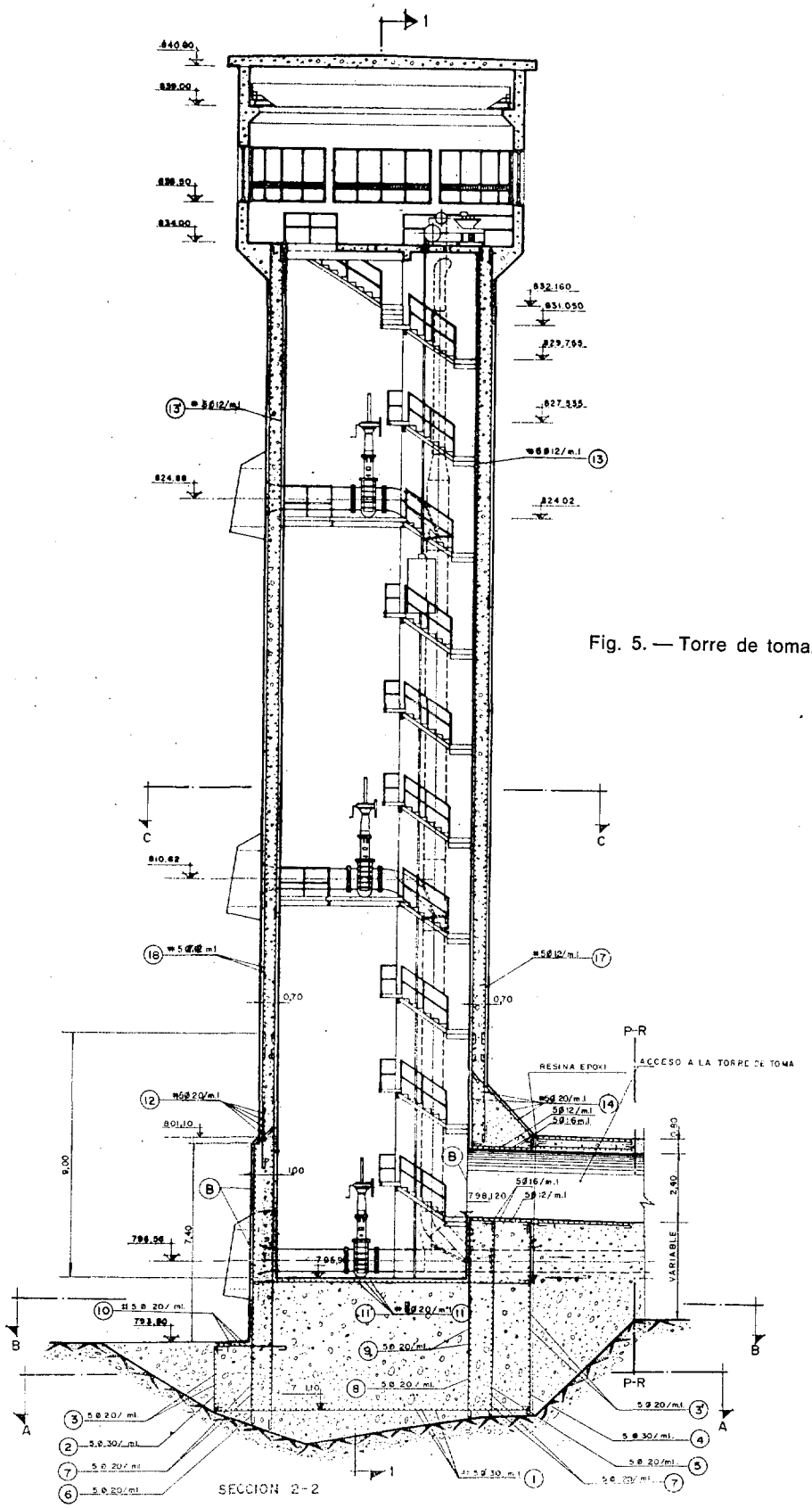

Fig. 5. — Torre de toma.

frado interior perdido de chapa galvanizada ondulada, considerada como elemento resistente, con lo que las armaduras se redujeron a las de las claves. Los muros laterales son de hormigón, y en ellos asienta la chapa ondulada de encofrado sobre un angular longitudinal, que se impermeabilizó por el exterior con un cordón asfáltido.

Las tuberías van provistas de compuertas tipo Bureau, alojadas en una cámara accesible desde la galería perimetral y desde el exterior, y en sus extremos llevan válvulas de chorro hueco.

Las tomas se realizan mediante una torre situada aguas arriba (fig. 5) y separada totalmente de la presa, lo que nos obligó a proyectar el acceso a la cámara superior por una pasarela de 71,20 m de longitud. Estas dimensiones, necesarias para no situar apoyos que perforaran la pantalla impermeable, han obligado a proyectarla de acero pretensado, procedimiento que ha resuelto el problema. Como la pasarela se apoya en un punto fijo de la torre y en la coronación de la presa de escollera, que pudiera tener un asiento, en este lugar se intercalan gatos que puedan mantenerla horizontal.

La torre, de altura sobre cimientos de 50 m., tiene tres tomas formadas por dos ventanas, de las que parten tuberías de 0,80 m de ϕ, que se unen a otras dos generales verticales, empotradas en la torre, con válvulas-compuerta movidas por sistema oleohidráulico. Estas dos tuberías de acero se alojan bajo la escollera en un macizo de hormigón que constituye la solera de la galería de toma (fig. 6), también con salida al exterior y a la parte inferior de la torre. Un montacargas facilita la comunicación entre todos los pisos de la misma. El cuerpo de ésta, proyectado cilíndrico, para realizar el hormigonado con encofrado deslizante, ha permitido construir en siete días sus 30 m de altura. La total de la torre es de 50 m, contando base y cabina superior.

Las tuberías de toma, al salir al exterior, se terminan en válvulas Howell-Bunger de chorro cilíndrico, que vierte a un cuenco amortiguador, que sirve de origen a un canal oval de 2.000 m de longitud, que lleva el agua a la estación de tratamiento, siendo el caudal máximo previsto de 6 m³/seg.

El aliviadero tiene una luz libre de 12 m, dividida en dos vanos de 6 m, provistos de compuertas de sector, para conservar un nivel máximo de embalse a la cota 831. El canal de desagüe ensayado en modelo reducido verterá directamente al cauce del río Aulencia, mediante un trampolín de lanzamiento.

El escaso caudal de este río en los últimos meses de verano y en el otoño de 1971, permitió suprimir cualquier desvío del cauce, construyendo la galería-ataguía en todo su ancho y dejando un buzón central, por el que se agotaron con bomba las aguas fluyentes. Las primeras avenidas del año 71, ya pasaron por el desagüe de fondo. Por la misma razón no fue necesario la contra-ataguía.

La pantalla proyectada, cuya sección se indica en la figura 2 se compondrá de las siguientes capas: capa asfáltica de regularización de espesor variable; capa asfáltica de transición; hormigón asfáltico impermeable de 6 cm de espesor; hormigón asfáltico permeable de 9 cm de espesor, comunicado a los drenes que vierten a la galería perimetral; dos capas de hormigón asfáltico impermeable de 7 y 6 cm de espesor, y, por último, un mástic de protección.

El mástic empleado en algunas presas da a la pantalla un color terroso oscuro, hemos visto en algunos casos que la parte de pantalla que sobresale del agua, junto al botaolas de la coronación, se ondula ligeramente, tal vez por el ex-

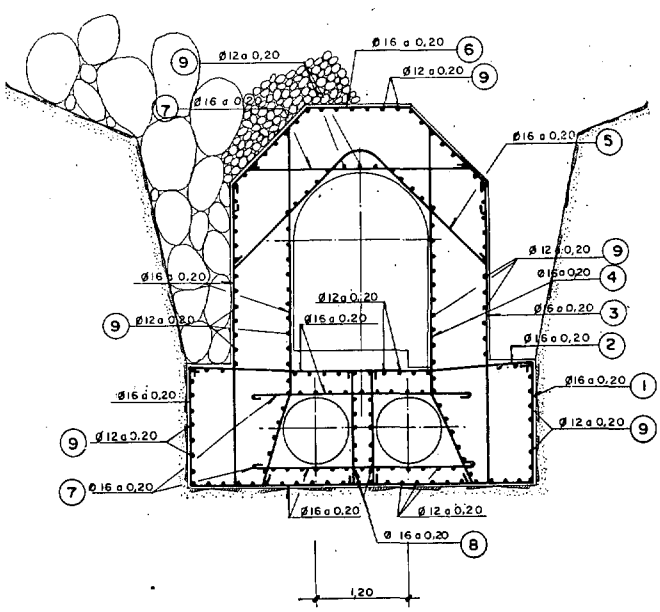

Fig. 6. — Sección tipo de la galería de toma.

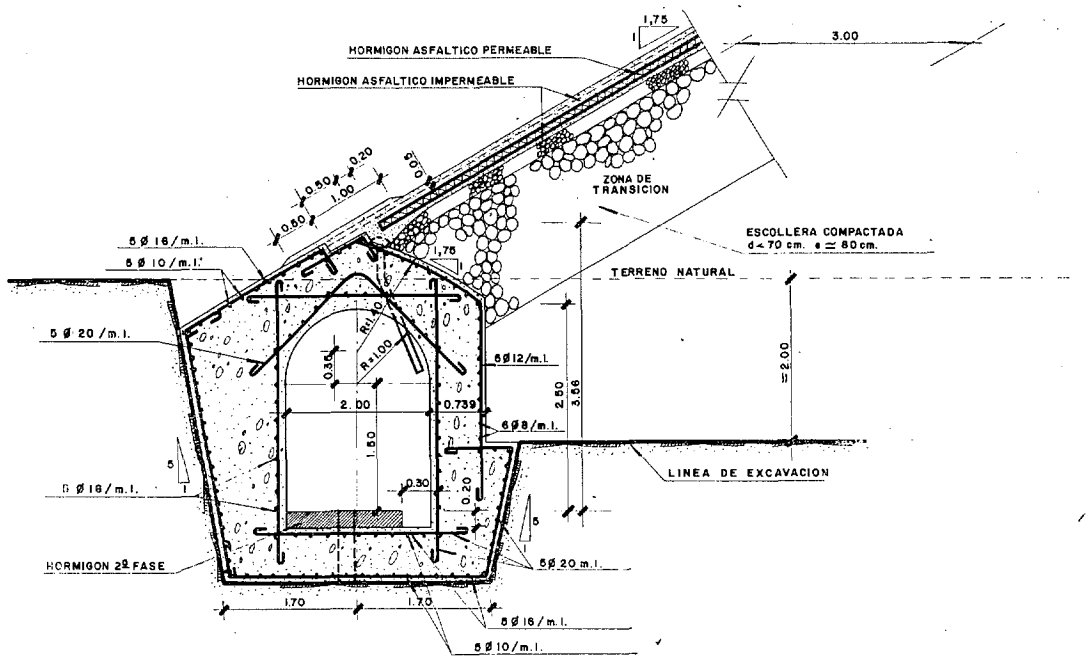

Fig. 7. — Sección tipo de la galería perimetral.

cesivo calor del verano en nuestras latitudes, que puede llegar a 42º al sol o más, lo cual puede que tal vez fluidifique la superficie de la pantalla. Para evitarlo hemos pensado dar a este mástic una coloración blanquecina o tal vez mezclarle polvo de aluminio.

La pantalla, como dijimos, se apoyará en la galería perimetral, y su zona permeable dividida en sectores por bandas impermeables, verterán las posibles filtraciones a los drenes que afloran en la galería, permitiendo así detectar cualquier fuga (fig. 7).

El progreso de este tipo de presas en los últimos años ha sido extraordinario, y el buen resultado de la pantalla asfáltica ha movido a muchos técnicos a proponer no sólo la supresión de la galería perimetral visitable, sino hasta la parte permeable de la pantalla. Nosotros reconocemos ser conservadores, y preferimos no escatimar lo necesario para un buen control de las instalaciones, considerando indispensable la observación de las posibles fugas, así como los movimientos y asientos de la escollera durante la explotación.

Como resultados finales de interés, y aunque en el momento de redactar este artículo la presa no está terminada, podemos adelantar unos datos aproximados como, por ejemplo, los siguientes:

Coste del metro cúbico de escollera: 104,5 pesetas.

Coste del metro cuadrado de pantalla: 1.232,70 pesetas.

Coste del metro cúbico de capacidad de embalse, incluyendo presa de derivación, túnel de trasvase y expropiaciones: 12 pesetas el metro cúbico.

Coste total de la presa y sus instalaciones: 465.000.000 pesetas.