

Scizième Congrès
des Grands Barrages
San Francisco, 1988

THE ASPHALT FACING OF THE ROCKFILL SECTION OF THE NEGRATIN DAM AND ITS JOINT WITH THE CONCRETE SECTION (*)

J. DELGADO GARCIA

*Civil Engineer (Ph. D.)
Confederación Hidrográfica del Guadalquivir*

SPAIN

1. INTRODUCTION

The need to control Spanish rivers becomes greater in the southernmost region, Andalusia, due to the enormous irregularity of rainfall, that causes two opposing phenomena: floods and droughts.

The river, Guadalquivir, that means "large river", occupies a 50 000 km² basin covering land ranging from the typically Mediterranean eastern section to the outlet into the Atlantic Ocean to the West.

It was necessary to build the Negratin Dam on the river Guadiana Menor, the tributary with the largest basin area, in order to complete control of the Guadalquivir at its headwater.

Work on the Negatin Dam (Fig. 1) was completed in 1985 and it has a reservoir capacity of 546 hm³, (ranking nineteenth among Spanish reservoirs) and totally controls inflows from a catchment area covering 3 877 km², with average inflows of 362 hm³; it is used for irrigation and power generation purposes. The dam's main contractor has been the Spanish company OCISA.

The complicated geological structure of the damsite, which was the only one possible along the course of the river, made detailed geological and geotechnical investigations necessary, in order to select the optimum location and to determine dam foundation characteristics.

(*) *Le masque en béton bitumineux de la partie en enrochement du barrage de Negratin et son raccordement avec la partie en béton.*

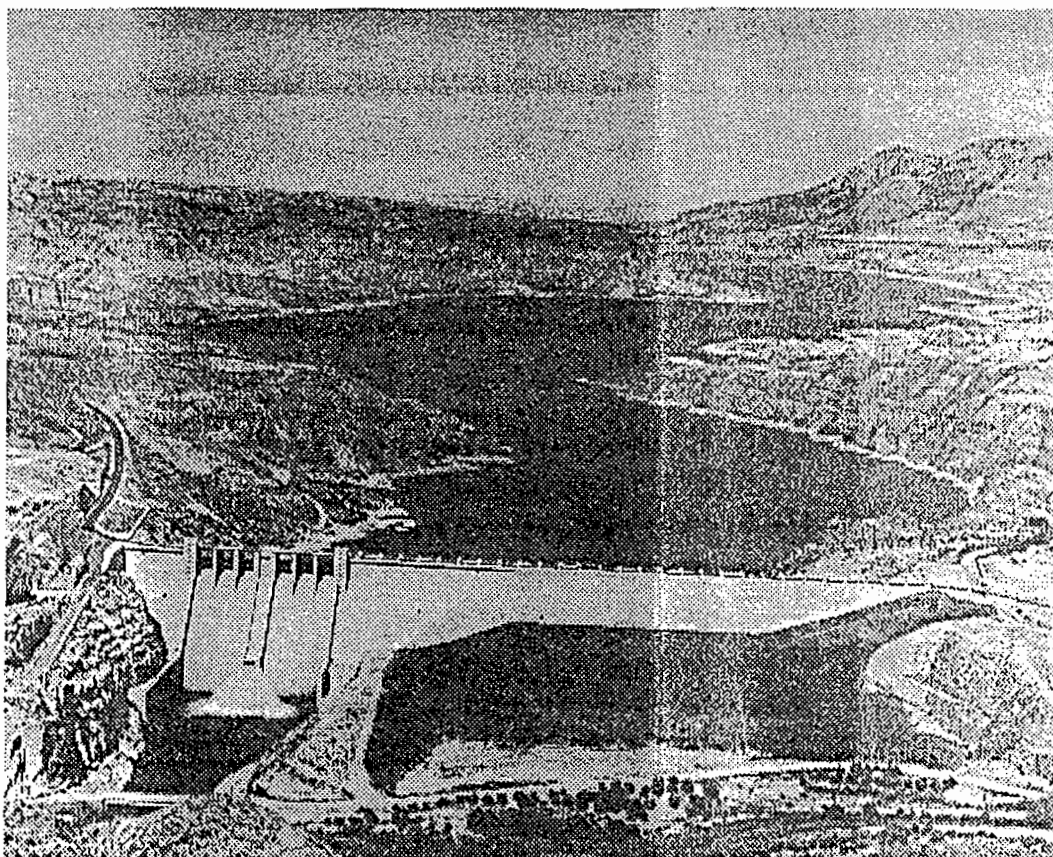


Fig. 1

Negratin dam - General view from downstream

Barrage de Negratin - Vue générale de l'aval

The geological structure of the damsite selected (Fig. 2) essentially consists of a Triassic substrate (Keuper) with red clays and gypsum, a tertiary sandstone fill (molasse), which supports marls on the left-hand bank, with a conglomerate attributable to the upper Miocene crowning the structure.

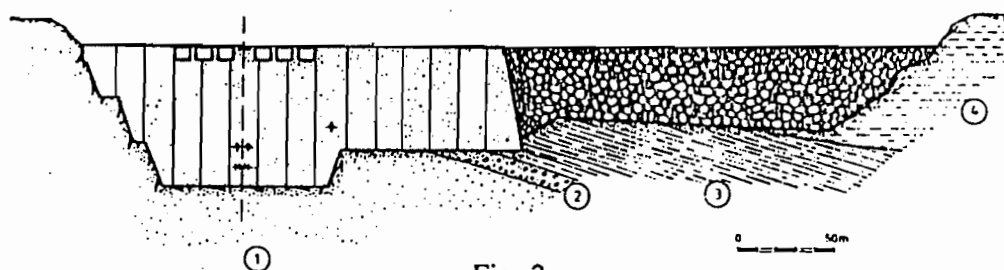


Fig. 2

Negratin dam - Longitudinal section

Barrage de Negratin - Coupe longitudinale

- (1) Sandstone (Molasse)
- (2) Transition zone
- (3) Marls
- (4) Conglomerates

- (1) Molasse
- (2) Zone de transition
- (3) Marnes
- (4) Conglomérats

2. TYPE OF DAM SELECTED

The lack of damsite geological symmetry led to consideration of a mixed solution for the dam from the very beginning, utilising the sandstone as the foundation of a gravity dam, on which the spillway would be located, closing off the rest of the damsite with a rockfill dam supported on the left-hand abutment conglomerates and marls.

Another decisive factor in damsite selection was the construction of the spillway, given the size of the catchment area (3 877 km²) and the rainfall characteristics of the zone, making a spillway with a capacity of 2 500 m³/s necessary. Apart from the spillway, the gravity dam section also includes the bottom outlets, the hydropower plant offtake structure and the classic arrangement of auxiliary outlets. (Fig. 3).

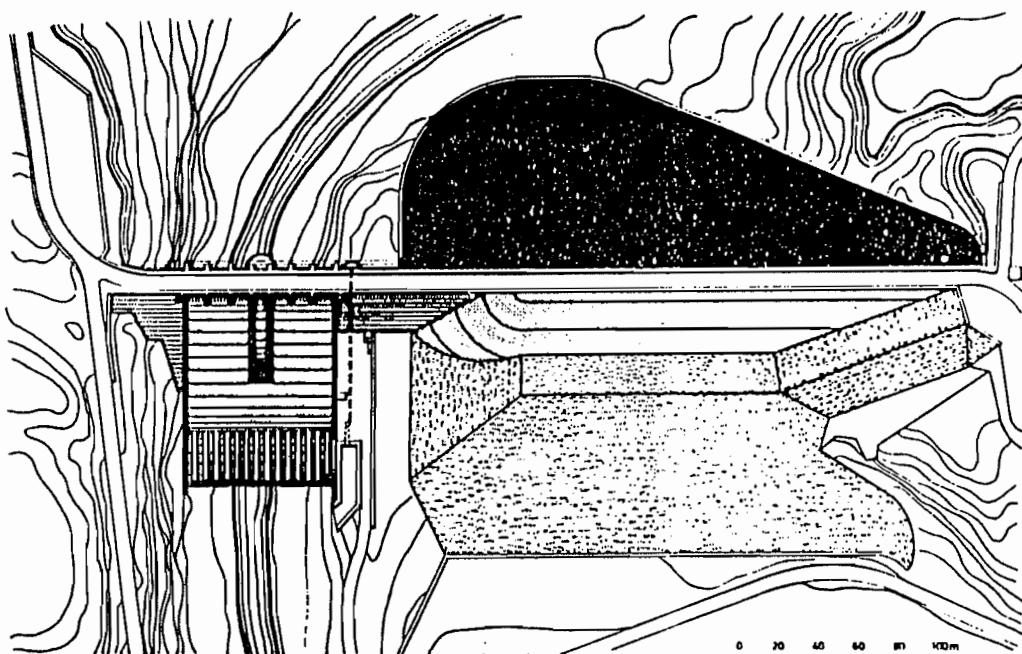


Fig. 3

Negratin dam - Plan view
Barrage de Negratin - Vue en plan

The most important construction problem of this mixed solution for the dam is the joint between the concrete and the rockfill zones, which has been studied in great detail and is described below.

3. BARRIER SYSTEM

Two alternatives were considered for sealing the rockfill zone: a clay core, or an upstream facing.

The clay core solution was rejected, because all clays near the dam had a high gypsum content and soil morphology required the embankment slopes to be as steep as possible to ensure a correct fit between the concrete and the rockfill, which was achieved by applying the barrier to the upstream facing.

The possibilities considered for this solution included: concrete, plastic or asphalt sheets and in situ asphalt concrete. The latter was chosen, given its advantages of better adaptation to settlement and improved guarantee of safety.

The classis three layer facing was employed, with two impervious outer leaves and a porous intermediate layer for seepage control.

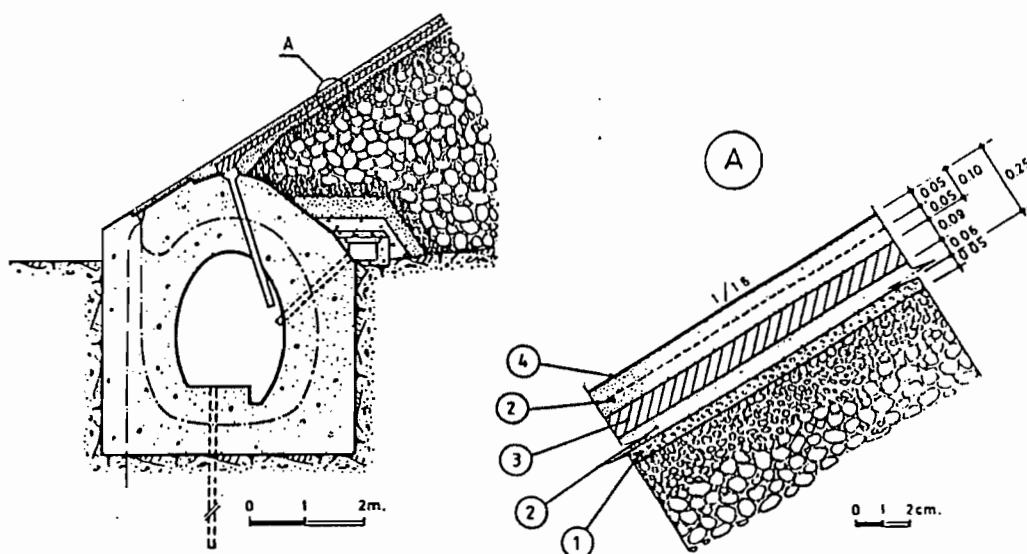


Fig. 4

Asphalt facing - Typical section

Masque en béton bitumineux - Coupe type

- (1) Binder
- (2) Impervious asphalt concrete
- (3) Porous asphalt concrete
- (4) Protective mastic

- (1) Binder
- (2) Béton bitumineux imperméable
- (3) Béton bitumineux poreux (drainant)
- (4) Mastic de protection

The joint between the asphalt facing and the ground adopted the usual practice of a plinth with an inspectable gallery, which also allowed facing seepage to be monitored, the execution of a ground drainage system and grouting of relatively unconsolidated or pervious zones (Fig. 4).

4. JOINT BETWEEN THE ASPHALT FACING AND THE CONCRETE DAM

The most important question raised for the Negratin dam was the joint between the concrete and rockfill zones. The solution chosen, after many studies and structural and geological considerations, was that the rockfill dam

was to turn its shoulders upstream and downstream according to cones of revolution, housing the end blocks of the gravity dam zone and joining the asphalt facing to the concrete on a generator of the cone, whose 1:1.6 gradient is the same as the facing slope. (Fig. 3).

The idea of building a containing wall perpendicular to the concrete dam was rejected, as this increased the cost of the works considerably and did not facilitate joint execution.

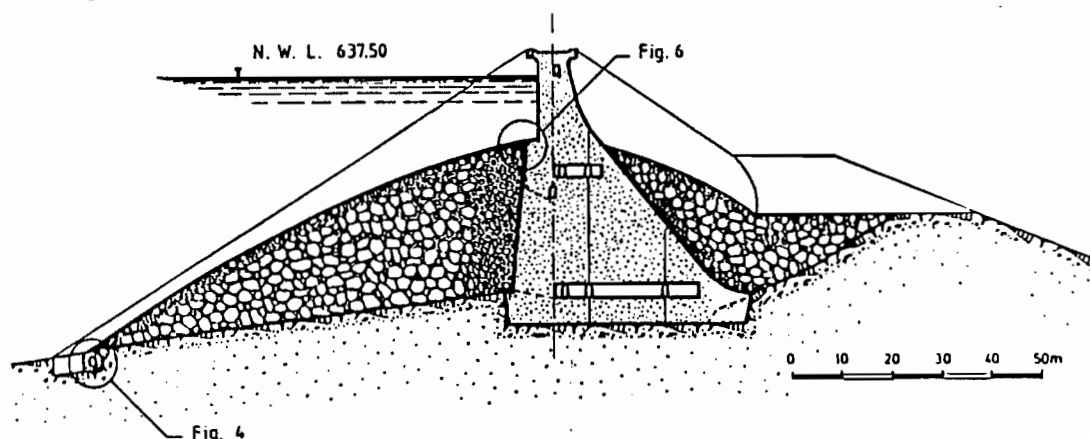


Fig. 5

Joint zone - Cross section
Zone de raccordement - Coupe transversale

To improve the fit between rockfill and concrete, the gravity dam blocks in the zone that are protected by rockfill change their typical section, reducing the slope downstream and increasing it upstream, with the twin aim of making the joint symmetrical and diminishing rockfill settlement under the joint, on being supported on a 1:5 sloping surface, instead of being vertical. (Fig. 5).

All rockfill forming the upstream cone of revolution was compacted in 0.60 m. lifts, maximum rock size is 0.50 m and the selected aggregate was used in the 4 m. of width in contact with the concrete face, having sizes of between 5 and 30 mm., firmly compacted in 0.40 m lifts with a density of nearly 2.40 in order to reduce settlement under the joint to a minimum.

The asphalt facing is supported along the length of the joint on a special profile of concrete blocks, in order to achieve a joint similar to that of the facing with the plinth (Fig. 5).

In order to increase adherence and allow for minor settlement, the bearing layer on the concrete was 2.5 m of asphaltic concrete. Initially it was thought that this whole zone should be impervious asphaltic concrete, similar to that of the facing, as for the facing-plinth joint; however, as the thickness was so great, there was the danger of creep along the support generator.

Many tests were carried out in the Roads and Geotechnology Laboratory in Madrid and in the laboratory of the facing construction com-

pany Strabag-Bau in Cologne (W. Germany) to study optimum joint arrangement, examining different types of asphaltic concrete and complementing this with theoretical calculations of joint stability, on the basis of the laboratory tests.

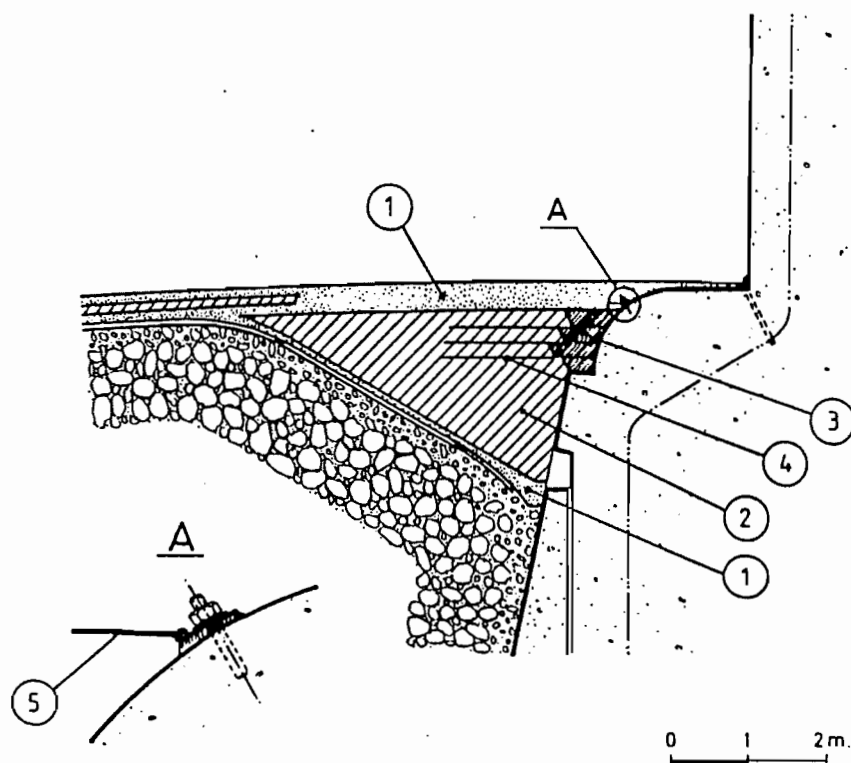


Fig. 6

Concrete-Asphalt facing joint. Cross section

Raccordement masque bitumineux-béton. Coupe transversale

- | | |
|-----------------------------------|--|
| (1) Impervious asphaltic concrete | (1) Béton bitumineux imperméable |
| (2) Porous asphaltic concrete | (2) Béton bitumineux poreux (drainant) |
| (3) Asphaltic concrete core | (3) Noyau en béton bitumineux |
| (4) Synthetic fabrics | (4) Géotextile |
| (5) Copper sheet | (5) Lamé de cuivre |

These studies showed that given its high bitumen content the asphaltic concrete used in the facing should not be employed for thicknesses greater than those of the facing in order to avoid creep. Consequently the arrangement shown in Fig. 6 was chosen, where the two impervious asphaltic concrete layers are separated by porous asphaltic concrete having a lower bitumen content and greater rigidity. This porous asphaltic concrete allows joint seepage to be monitored and adapts to any rockfill settlement.

A special 0.50 m layer of asphaltic concrete similar to that used in asphalt cores is laid onto the concrete to improve adherence between the facing and the concrete. This layer has an intermediate rigidity between porous and impervious and is reinforced with synthetic fabrics to guarantee stability, which are anchored to a length of 1.50 m in the rigid porous asphalt concrete.

The joint between the asphalt facing and the concrete is completed with a corrugated copper sheet fixed to the concrete by galvanised steel strips secured with bolts and sealed with silicone and neoprene strip.

This arrangement, which takes into account the experience of the construction company in forming barriers together with the many studies and tests carried out for this specific case, attempted to obtain a joint fulfilling the following requirements:

1. That settlement of rockfill under the joint should be reduced to a minimum.
2. That the facing layer thickness in the joint zone should be capable of absorbing minor settlement, should this occur.
3. That adherence between the asphalt facing and the concrete is guaranteed to a maximum.
4. That in the event of minor cracking, this is detected immediately by the drains and is then inspected and repaired.

5. ASPHALT FACING EXECUTION

The asphalt facing and its joint with the concrete dam were executed between April and September 1984, in four stages.

The first stage was the laying of the facing and execution of the joint with the concrete dam in the cone of revolution zone, except for the last seven metres at the top, due to the need to leave a space for the asphaltic concrete spreading machines. (Fig. 7 and 8).

The second stage was the third section next to the left-hand abutment, which was carried out with the classic system. Meanwhile, placing of the rockfill was completed for the upper part of the cone and access ramp.

The third stage was the central zone, employing the normal system. (Fig. 9).

The fourth stage was the execution of the last 7 m of facing and joint of the cone of revolution, that was almost carried out by hand.

The facing was laid in vertical strips by spreading carriages dragged up from the crest. The successive layers are from bottom to top:

1. Primer
2. Binder levelling layer (3 cm)
3. New binder layer to complete surface levelling (2 cm)
4. Impervious asphaltic concrete layer (6 cm)
5. Porous asphaltic concrete layer (9 cm)
6. First impervious asphaltic concrete layer (5 cm)
7. Second impervious asphaltic concrete layer (5 cm)
8. Asphaltic mortar protecting the facing from the sun's rays (no dimension).

The aggregates used in the asphalt mixes were strictly controlled during construction, after being washed and graded, and the quantities of bitumen, asbestos and cement in the asphaltic concrete was carefully batched and monitored by executing test pieces and extracting in situ specimens.

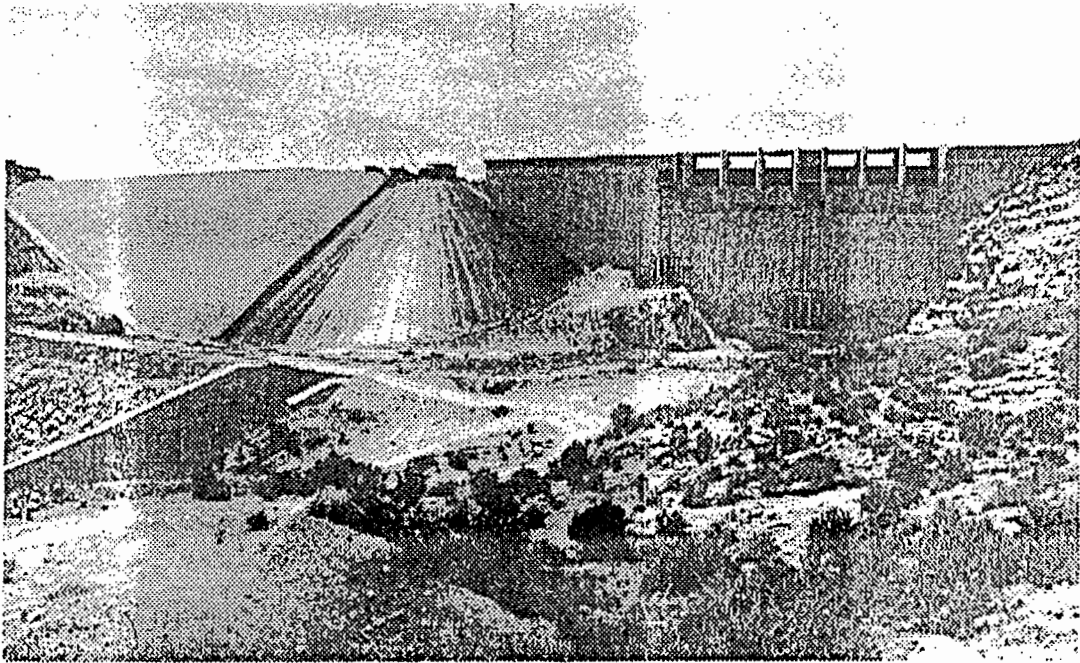


Fig. 7

Laying the facing (stage 1)
Mise en place du masque d'étanchéité (1^{re} phase)

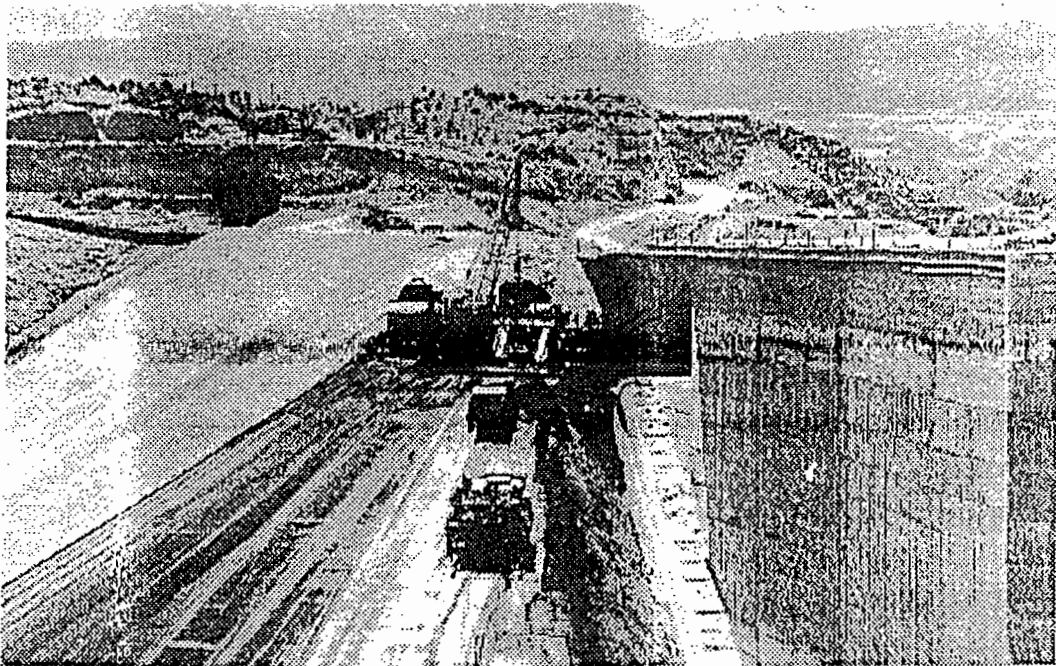


Fig. 8

Joint detail (stage 1)
Détail du raccordement (1^{re} phase)

Apart from correct batching, density and imperviousness were also checked in the laboratory. A check was also carried out to ensure that there was no creep of the asphaltic concrete with the proportions used, employing test pieces laid on the slope of the facing itself and subjected to furnace temperatures considerably higher than those that the facing will actually have to withstand.

The facing was carefully joined to the plinth and special care was taken with the joint between adjacent vertical strips, heating them with blowlamps and painting them with primer to ensure perfect adherence.

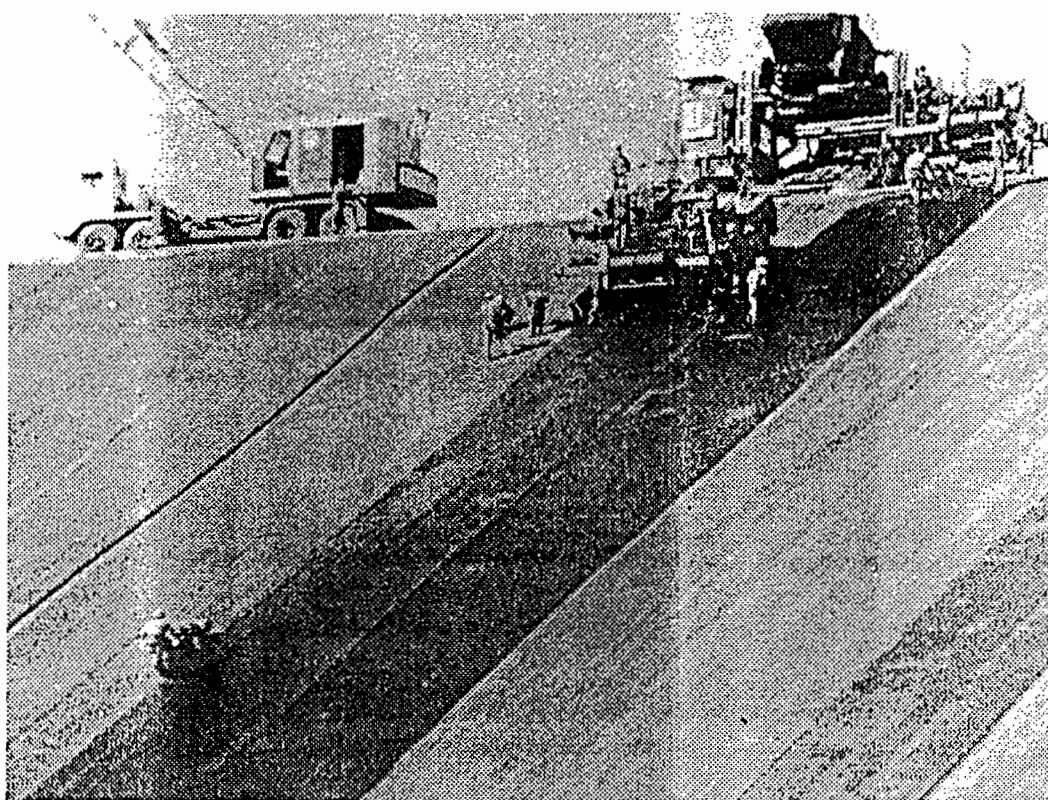


Fig. 9

Execution of the facing (stage 3)

Mise en place du masque d'étanchéité (3^e phase)

Stringent workmanship was applied to the joint between the facing and the concrete dam, treating the concrete surface with flame projectors and hot applying the primer paint, with special compaction of the strips and the joints between them. (Fig. 10).

Apart from the laboratory tests, in situ density tests were carried out at many points with the Troxler nuclear measuring device, executing permeability tests with a vacuum pump.

Asphalt concrete density was 2.50, with virtually no variation between points, and permeability was zero.



Fig. 10

Joint execution

Exécution du raccordement

6. ASPHALT FACING BEHAVIOUR

The reservoir was initially filled in January 1985, having reached half way up the dam during the last three years; this level has not been raised as the expropriation of the upper part of the reservoir is not yet complet. (Fig. 11).

Hydraulic settlement cells were placed at three levels in the rockfill under the joint to monitor facing behaviour.

Precision levelling points were also placed in the plinth of the facing and at the crest.

A complete control was also carried out of possible seepage through the facing and the joint.

The result of these controls allows us to state that behaviour of the facing and joint is completely satisfactory so far.

The rockfill settled during construction prior to laying the facing, reaching a maximum of 40 cm; subsequent to the facing being laid and its partial loading, settlement measured by the hydraulic cells was 4 cm.

Maximum settlement by precision levelling at the plinth was 0.4 cm, and the crest measurements were 2 cm.

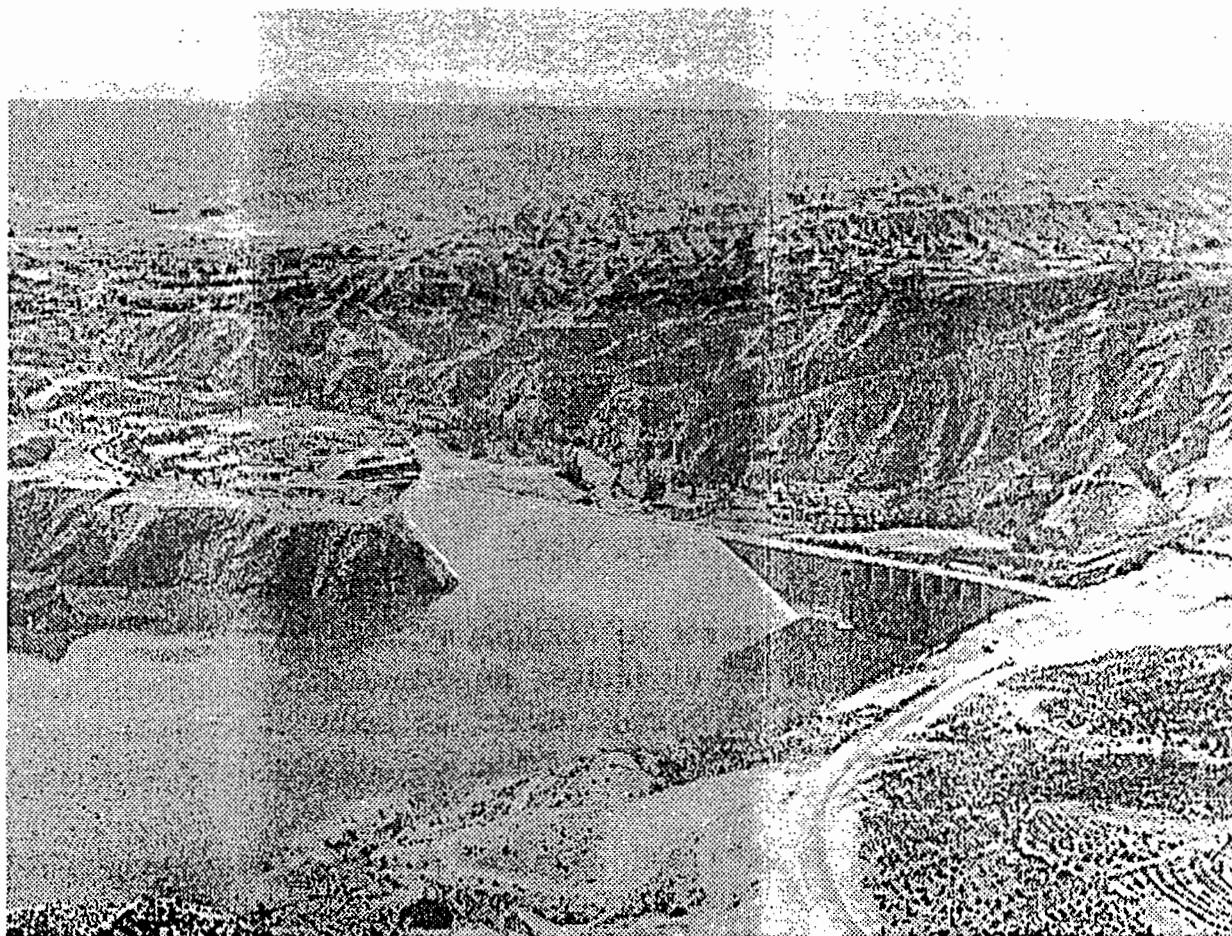


Fig. 11

Negratin dam - General view from upstream
Barrage de Negratin - Vue générale de l'amont

No seepage whatsoever has been measured either in the facing or in the joint, nor has there been any creep in the asphaltic concrete of the joint, despite having withstood two summers exposed to the sun.

Minor seepage has been observed in the plinth foundation drilled drain holes, which shows something that was already known, i.e. that the ground is relatively unconsolidated and is partly pervious; a design project has been

performed for the consolidation and sealing of the plinth foundation, and execution is scheduled for this year, in order to guarantee stability and avoid any settlement that could affect the facing.

SUMMARY

The Negratin Dam is a typical example of foundation geology conditioning the structural solution selected, which consists of a composite dam with an asphalt facing on its rockfill section.

The different barrier systems possible are analysed, together with the tests and studies carried out for the design of the joint between the asphalt facing and the concrete dam.

A detailed description is given of the construction techniques employed and the site and laboratory tests that have been performed to ensure correct execution of the works.

Lastly, a description is given of the controls carried out to observe joint and facing behaviour, which has been completely satisfactory to date.

RÉSUMÉ

Le barrage de Negratin est un exemple type où la nature géologique du terrain de fondation a été un facteur important dans le choix du type d'ouvrage, qui consiste en un barrage mixte, en béton et en enrochement, avec un masque amont d'étanchéité en béton bitumineux dans la partie en enrochement.

On analyse les différentes solutions possibles d'organe d'étanchéité et les essais et études réalisés pour la conception du raccordement du masque bitumineux avec le barrage en béton.

On décrit en détail les techniques de construction employées, ainsi que les essais en laboratoire et sur le chantier, qui ont été réalisés en vue d'assurer une exécution correcte des travaux.

Enfin, on fait connaître les contrôles effectués pour observer le comportement du masque et de son raccordement, qui jusqu'à présent est totalement satisfaisant.

LA PANTALLA ASFALTICA DE LA PRESA
MIXTA DEL NEGRATIN Y SU JUNTA
CON LA PRESA DE HORMIGON

J. DELGADO GARCIA

Dr. Ingeniero de C.C. y P
Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

1. INTRODUCCION

La necesidad de regulación de los ríos españoles se acentúa en la región más meridional, Andalucía, por la enorme irregularidad de las precipitaciones, que provocan dos fenómenos contrapuestos: inundación y sequía.

El río Guadalquivir, que etimológicamente significa "rio grande", ocupa una extensa cuenca de 50.000 km², que discurre desde las tierras orientales típicamente mediterráneas, hasta la desembocadura al oeste en el Océano Atlántico.

Para completar la regulación del Guadalquivir en su cabecera, era necesario la construcción de la Presa del Negratín, sobre el río Gadiana Menor, que es el afluente que tiene una mayor superficie de cuenca.

El embalse del Negratín, (fig. 1), cuyas obras finalizaron en 1985, tiene una capacidad de embalse de 546 Hm³, (ocupa el lugar 19º entre los embalses españoles) regula totalmente las aportaciones de una cuenca vertiente de 3.877 km² de superficie, con unas aportaciones medias de 362 Hm³, y su destino es el riego y la producción de energía. El constructor principal de las obras ha sido la empresa española O.C.I.S.A.

La complicada estructura geológica del lugar de ubicación de la presa, que era el único posible en todo el cauce del río, ha obligado a realizar detenidos reconocimientos geológicos y geotécnicos de la cerrada, para determinar la situación más adecuada y las características del terreno de cimentación.

La estructura geológica de la cerrada elegida (fig. 2) está esencialmente constituida por un substratum triásico (Keuper) con arcillas rojas con yesos, un relleno terciario de arenisca (molasa), sobre el que se apoyan, en la margen izquierda, margas, coronando el conjunto un conglomerado atribuible al mioceno superior.

2. TIPO DE PRESA ELEGIDO

La disimetría geológica de la cerrada, hizo pensar desde el primer momento en una presa mixta, aprovechando las areniscas para cimentar una presa de gravedad, sobre la que se situaría el aliviadero y completar el cierre con una presa de escollera, que se apoye sobre las margas y conglomerados del estribo izquierdo.

Otro factor decisivo en la elección del tipo de presa, fue la construcción del aliviadero, dada la extensión de la cuenca vertiente (3.877 km²) y el régimen pluviométrico de la zona, lo que obliga a disponer de un aliviadero con una capacidad de 2.500 M³/seg.

En la zona de gravedad se sitúan además del aliviadero, los desagües de fondo, la toma de la central hidroeléctrica y los desagües auxiliares con la disposición clásica (fig. 3).

Este tipo de presa mixta, tiene como problema constructivo más importante la unión entre la zona de fábrica y la de materiales sueltos, aspecto que ha sido estudiado con gran detenimiento y que se describe en los párrafos siguientes.

3. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION

Para la impermeabilización de la zona de escollera se consideraron dos posibilidades alternativas: núcleo de arcilla, o pantalla en el paramento de aguas arriba.

La solución de núcleo de arcilla se desechó porque todas las arcillas próximas a la presa tenían un alto contenido de yeso, y porque la morfología del terreno obligaba para un correcto encaje entre el hormigón y la escollera, a que los taludes de la presa de materiales sueltos fueran lo más empinados posible, lo que se conseguía con pantalla de impermeabilización en el paramento de aguas arriba.

Dentro de esta alternativa se consideraron las posibilidades, de hormigón, láminas asfálticas o plásticos y aglomerado asfáltico "in situ", decidiéndose por esta última, que presentaba las ventajas de mejor adaptación a posibles asientos y una mayor garantía de seguridad.

El tipo de pantalla empleado ha sido la clásica de tres capas, impermeables las de los extremos y porosa la intermedia para control de filtraciones.

La unión de la pantalla asfáltica con el terreno se hace como es usual mediante rastrillo con galería visitable, que permite además del control de filtraciones de la pantalla, la ejecución de una red de drenaje del terreno, y eventual inyección de las zonas permeables o poco consolidadas (fig. 4).

4. UNION ENTRE LA PANTALLA ASFALTICA Y LA PRESA DE HORMIGON

La cuestión más importante planteada en la Presa de Negratín es la unión entre las zonas de fábrica y escollera. La solución elegida, después de numerosos estudios y consideraciones geológicas y estructurales ha sido que la presa de escollera gira sus espaldones según conos de revolución, aguas arriba y aguas abajo, que abrigan los últimos bloques de la zona de gravedad, realizándose la unión de la pantalla asfáltica con el hormigón sobre una generatriz del cono, cuya inclinación 1:1,6 es la misma que la pendiente de la pantalla. (fig. 3).

Se desechó la solución de construir un muro de cierre perpendicular a la presa de hormigón, que encarecía notablemente la obra, y no facilitaba la realización de la unión.

Para mejorar el encaje entre la escollera y el hormigón, los bloques de la presa de gravedad en la zona que son abrigados por la escollera, cambian su sección tipo, disminuyendo el talud de aguas abajo y aumentando el de aguas arriba, con el doble objetivo de hacer simétrica la unión y disminuir los asientos de la escollera que se va a colocar debajo de la junta, al apoyarse sobre una superficie de talud 1:5 en vez de vertical. (fig. 5).

Toda la escollera que forma el cono de revolución de aguas arriba se ha compactado

en tongadas de 0,60 m. de espesor, el tamaño máximo de la roca es de 0,50 m. y en los 4 m. de anchura en contacto con el paramento de hormigón, se empleó árido seleccionado con tamaños comprendidos entre 5 y 30 mm., compactados enérgicamente en tongadas de 0,40 m., con una densidad próxima a 2,40 para disminuir al máximo los asientos debajo de la junta.

La pantalla asfáltica se apoya a lo largo de toda la junta, sobre un perfil especial de los bloques de hormigón, para conseguir una unión parecida a la de la pantalla con el rastrillo (fig. 5).

Con objeto de aumentar la adherencia y permitir pequeños asientos, el apoyo de la pantalla con el hormigón se hace con un espesor de aglomerado asfáltico de 2,5 m. Se pensó en principio que toda esta zona fuera de aglomerado asfáltico impermeable similar al de la pantalla, como se hace en la unión pantalla-rastrillo, pero al ser grande el espesor, podría existir el peligro de fluencia a lo largo de la generatriz de apoyo.

Para estudiar la disposición más conveniente de esta unión, se han hecho numerosos ensayos en el Laboratorio de Carreteras y Geotécnia de Madrid, y en el de la empresa ejecutora de la pantalla STRABAB-BAU en Colonia (Alemania), con distintos tipos de aglomerado asfáltico, completados con cálculos teóricos de la estabilidad de la junta, a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio.

Estos estudios han puesto de manifiesto que el aglomerado asfáltico empleado en la pantalla, dado su alto contenido de betún, no se debía emplear en espesores mayores que los de la pantalla, para evitar su fluencia, llegándose a la disposición representada en la fig. 6, donde las dos capas de aglomerado asfáltico impermeable están separadas por aglomerado asfáltico poroso, de menor contenido de betún y mayor rigidez. Este aglomerado poroso permite el control de filtraciones de la junta y adaptarse a los posibles asientos de la escollera.

Para mejorar la adherencia entre la pantalla y el hormigón, se coloca pegado al hormigón un aglomerado asfáltico especial de 0,50 m., de espesor parecido al empleado en los núcleos asfálticos, de rigidez intermedia entre el

poroso y el impermeable y para garantizar su estabilidad va armado con telas sintéticas, que se anclan en una longitud de 1,50 m., en el aglomerado poroso rígido.

Se completa la unión entre la pantalla asfáltica y el hormigón con una banda de cobre ondulado que se fija al hormigón mediante pletinas de acero galvanizado, sujetos con pernos, completadas con silicona y banda de neopreno.

Con esta disposición, en la que se ha tenido en cuenta la amplia experiencia en impermeabilizaciones de la empresa constructora y los numerosos estudios y ensayos realizados para este caso concreto, se ha tratado de conseguir una junta que cumpla estos tres requisitos:

1. Que los asientos de la escollera debajo de la junta sean lo menos posible.
2. Que el espesor de las capas de la pantalla en la zona de la junta sean capaces de absorber pequeños asientos, si estos se produjeran.
3. Que la adherencia entre la pantalla asfáltica y el hormigón esté garantizada al máximo.
4. Que en caso de producirse una pequeña fisuración, sea detectada inmediatamente por los drenes y proceder a su inspección y reparación.

5. EJECUCION DE LA PANTALLA ASFALTICA

La ejecución de la pantalla asfáltica y su junta con la presa de hormigón se realizó desde abril a septiembre de 1984, en cuatro fases.

La primera corresponde a la ejecución de la pantalla y junta con la presa de hormigón en la zona del cono de revolución, salvo los últimos 7 m, superiores debido a la necesidad de contar con un espacio para colocar las máquinas para el extendido del aglomerado asfáltico (figs. 7 y 8).

La segunda corresponde al tercio situado junto al estribo izquierdo, que se realiza por el sistema clásico. Durante este tiempo se completa la escollera de la parte superior del cono y rampa de acceso.

La tercera, la zona central, por el sistema normal (fig. 9).

La cuarta fase corresponde, la ejecución de la pantalla y la junta en los últimos 7 m, del cono de revolución, que se realiza casi artesanalmente.

La pantalla se realizó por bandas verticales mediante carretones extendedores arrastrados desde la coronación. Las capas sucesivas son de abajo a arriba:

1. Riego de imprimación.
2. Capa de binder de regulación (3 cm)
3. Nueva capa de binder para completar la regulación de la superficie (2 cm)
4. Capa de aglomerado asfáltico impermeable (6 cm)
5. Aglomerado asfáltico poroso (9 cm)
6. Primera capa de aglomerado asfáltico impermeable (5 cm)
7. Segunda capa de aglomerado asfáltico impermeable (5 cm)
8. Mortero asfáltico de protección de la pantalla frente a los rayos solares, (sin dimensión).

Durante la construcción, se llevó un exhaustivo control, de los áridos empleados en las mezclas asfálticas, previamente clasificados y lavados, de las cantidades de betún, amianto y cemento de los aglomerados asfálticos mediante la ejecución de probetas y extracción de testigo "in situ".

En especial se controló en laboratorio, además de la correcta dosificación, la densidad e impermeabilidad. También se comprobó que para las dosificaciones utilizadas no se producía fluencia del hormigón asfáltico, mediante probetas que colocadas con la misma pendiente de pantalla, se sometía a temperaturas en la estufa muy superiores a las que ha de soportar la pantalla.

Se realizó con esmero la unión de la pantalla con el rastrillo y se cuidó especialmente la unión entre bandas verticales contiguas, calentando con sopletes la unión y aplicando pinturas de imprimación para conseguir una perfecta adherencia entre ellas.

En particular, en la junta, entre la pantalla y la presa de hormigón se cuidó al máximo la calidad de ejecución, tratando con lanza de llama el hormigón superficial, aplicación en

caliente de pinturas de imprimación y especial compactación de las bandas y su unión entre ellas (Fig. 10).

Además de los ensayos de laboratorio se realizaron "in situ" pruebas de densidad con el medidor nuclear Troxler, en numerosos puntos e igualmente pruebas de permeabilidad mediante la bomba de vacío.

La densidad del hormigón asfáltico fue de 2,50 sin apenas variaciones de unos puntos a otros y la permeabilidad nula.

6. COMPORTAMIENTO DE LA PANTALLA ASFALTICA

Se inició el primer llenado del embalse en enero de 1985, habiéndose alcanzado en estos tres últimos años, hasta la mitad de la altura de la presa, no habiéndose elevado este nivel por no estar completado el proceso de expropiación de la zona alta del embalse (fig. 11).

Para el control del comportamiento de la pantalla se situaron células hidráulicas de asiento en tres niveles, dentro de la escollera por debajo de la junta.

También se colocaron puntos de nivelación de precisión en el rastrillo de la pantalla y en la coronación.

Igualmente se ha llevado un completo control de las posibles filtraciones de la pantalla y de la junta.

El resultado de estos controles nos permite afirmar, que el comportamiento hasta el momento presente de la pantalla y junta es totalmente satisfactoria.

Los asientos de la escollera se produjeron durante la construcción antes de la realización de la pantalla, y alcanzaron un máximo de 40 cm, posteriormente a la realización de la pantalla y a su puesta parcial en caga, los asientos medidos en las células hidráulicas han sido de 4 cm.

Los asientos máximos por nivelación de precisión en el rastrillo han sido 0,4 cm, y los medidos en coronación han sido 2 cm.

No se ha observado filtración alguna ni en la pantalla ni en la junta, ni fluencia en el aglomerado de la junta a pesar de haber soportado dos veranos expuesto al sol.

En los taladros para drenaje de la cimentación del rastrillo se han observado pequeñas filtraciones, lo que pone de manifiesto, como ya era conocido, que este terreno está poco consolidado y es en parte permeable, habiéndose redactado un proyecto de consolidación e impermeabilización del terreno de cimentación del rastrillo, cuya realización está prevista para este año, con objeto de garantizar su estabilidad y evitar posibles asientos que pudieran afectar a la pantalla.