

Suelos congelados en la construcción de las presas de Uzquiza y de Rianza

MOISÉS RUBÍN DE CÉLIX CABALLERO (*)
GUILLERMO GÓMEZ LAÁ (*)

RESUMEN Los materiales empleados en el cuerpo de presa de las de Uzquiza y Rianza, sufrieron un proceso de alteración de diversa intensidad, durante los fríos del Pleistoceno, por efecto de la congelación. Se trata de materiales detríticos del Plioceno, sometidos a diversas modificaciones en su textura, por efecto de permafrost o de perelotok.

Bien que sus características físicas fueran diferentes de las del material sin alterar y presentaran dificultades de puesta en obra, los espesores afectados han permitido su empleo conjuntamente con el resto de la formación, sin que el comportamiento de los rellenos se haya visto afectado.

FROZEN SOIL IN THE CONSTRUCTION OF THE UZQUIZA AND RIANZA DAMS

ABSTRACT The materials used in the main of the Uzquiza and Rianza dams, suffered an alteration process of diverse intensity, during the Pleistocene glacial epoch, because of the freezing process. They are detrital materials from the Pliocene epoch, subjected to diverse modifications in their texture from the effects of the permafrost or the perelotok.

Although the physical characteristics were different from those of the unaltered material and presented difficulties when it came to working with it, the layers affected permitted its use together with the rest of the formation, without any visible signs of the behaviour of the fills being affected.

Palabras clave: Suelos congelados; Presas; Construcción.

*That function is smothered in sleeping,
and nothing is but what is not. MACBETH.*

LOS PERSONAJES DE LA OBRA

La presa de Uzquiza, de tierras con altura de 65 m y longitud de 444 m en coronación, cubica 2,40 Hm³ de material detrítico; se construyó entre los años 1976 y 1979, en el río Arlanzón, su coronación alcanza la cota 1.104 y embalsa 75 Hm³ de agua con destino a riego y abastecimiento. La puesta en carga se comienza en diciembre de 1987, manteniéndose nueve años el embalse vacío.

La presa de Rianza, de escollera con núcleo ancho de tierras, tiene 36 m de altura y 160 m de coronación a cota 1.319. Cubica 0,1 Hm³ de escollera en espaldones y 0,06 Hm³ de tierra en núcleo impermeable. Actualmente está en fase adelantada de construcción, sobre el río Rianza y embalsará 1 Hm³, con destino al abastecimiento de población.

Los embalses se sitúan en terrenos impermeables; pizarras y cuarcitas silíceas en Uzquiza; esquistas y gneis hercinianos de Rianza. La particularidad que aconseja su tratamiento conjunto en este papel, consiste en la analogía de los materiales de núcleo en la segunda y de todo el cuerpo de presa en la primera: Se trata de materiales detríticos del Terciario Superior, gravas y arenas arcillo-limosas del Plioceno, resultado del desmantelamiento posalpino del relieve Paleozoico y Mesozoico, de la Sierra de la Demanda —presa

de Uzquiza— y de la Cordillera Central —presa de Rianza—. Ambas estructuras se sitúan sensiblemente en el meridiano de Madrid, con latitud 41°10' y 42°20' respectivamente, distantes entre sí 120 km.

Consiste la formación, en ambos casos en glacia finitercarios por denudación del relieve en la sub-meseta norte o altiplanicie del Duero, a cota comprendida entre la 1.000 y la 1.200; la distancia mayor o menor al relieve desmantelado, condiciona el tamaño máximo de las gravas y en general, la granulometría de ambos materiales; los caracteres mineralógicos en ambos casos, resultan perfectamente análogos: gravas y arenas fundamentalmente silíceas, limos también silíceos y arcillas caolinitas e illitas, con cuarzo y hematitas.

El material que se utilizó en la presa de Uzquiza es una "raña" en que cabe diferenciar tres horizontes de colores rojizos, con espesor de 15 a 20 m el superior, cuyo contenido en gravas alcanza del 30 al 50% con tamaño máximo de 200 mm; entre el 25 y el 50% pasan el tamiz 200 ASTM. Los dos horizontes siguientes, con espesor total entre 20 y 40 m tienen respectivamente, entre 30 y 40 % de gravas, 25 a 38 % que pasa el tamiz 200 y entre 5 y 8% inferior a dos micras, el superior; el inferior contiene 25 a 35% de gravas y entre 25 y 50 % inferior a 78 micras. En ambos casos el tamaño máximo es de 70 mm.

Recubriendo superficialmente cada horizonte, se presenta un material amarillento que penetra el subyacente con cuñas, bolsas en forma de caldero y otras formas de

(*) Doc. Gl. de Obras Hidráulicas. (MOPTMA).

crioturbación, como gravas rotas en lascas y guirnalda de deformadas. El espesor de este recubrimiento no excede de 2 ó 3 m y de uno o dos metros las cuñas y bolsadas.

Como material de presa se utilizó la raña superior para las zonas exteriores semipermeables y el rojizo superior para el interior impermeable, sin retirar el amarillento sino en su horizonte de suelo orgánico, inferior a 30 cm de espesor. La carga con pala excavadora, en frente de 4 ó 5 m de alto, permitió una mezcla homogénea de los materiales rojos y amarillos.

En la presa de Rianza se utiliza, para el núcleo la análoga "raña" cuyas características son, tamaño máximo 50 mm, contenido en gravas 26 al 43 %, menor de 75 micras de 26 a 50%. Los espesores explotados no exceden de ocho metros y, paralelamente al caso anterior, esta raña rojiza presenta una capa superficial amarillenta, de espesor medio de un metro, con cuñas y bolsadas análogas a las descritas anteriormente.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Los materiales que nos importa diferenciar son, en la presa de Uzquiza, la raña, el rojizo superior, el rojizo inferior y el amarillento, tanto en superficie como en cuñas y bolsadas. De forma análoga, en Rianza, la raña rojiza y el amarillento en sus diversas situaciones.

El Gráfico 1 de plasticidad de Casagrande permite comparar las correspondientes fracciones finas, pudiendo apreciarse la diversa plasticidad de los materiales, así como sus analogías.

Las características de compactación de Uzquiza dieron densidad Proctor normal de 1,95 a 2,05 para el rojizo superior, con humedad óptima de 11 a 12%, mientras que el amarillento no excedió de 1,70 gr/cm³ con humedad de 17%. Los valores análogos en Rianza son densidad 1,77 gr/cm³ con humedad de 17% para el amarillento, y 1,85 gr/cm³ con humedad óptima de 19,7% para la raña rojiza.

Los contenidos arcillosos para los materiales rojizos dan diferencias asimismo apreciables: mientras los amarillentos presentan 75% de arcillas, mitad illitas y mitad caolinitas, los materiales rojizos no pasan de 60% de minerales arcillosos: 40% illitas y 20% caolinitas. El resto consiste en 3 ó 4 % de hematites y, en los amarillentos 22% de cuarzo que pasa a 38% en los rojizos.

Los elementos fundamentales en las porciones finas son hierro, calcio, potasio y sodio, con mayor contenido en Ca. para los rojizos que para los amarillentos: respectivamente en torno a 400 ppm y 220 ppm. Los otros dos cationes solubles K y Na marcan también diferencias, no tan ostensibles. En cuanto al hierro es más abundante en el amarillento: 80 ppm, que en los materiales rojizos: 50 ppm.

The migration of moisture during freezing and thawing, en tiempos pliocenos, son el mecanismo responsable de estas diferencias, pudiendo comprobarse las buenas condiciones de drenaje durante las fases de hielo y deshielo, que se reflejan en el mayor contenido de caolinita en los materiales supuestamente congelados y en la ausencia de montmorillonita.

En cuanto a la formación de gelitas o piedras sometidas a un proceso de crioclastia, se produce con mayor intensidad en las piedras más porosas —areniscas— que en las más compactas —cuarcitas—. En las zonas de estudio no se ha apreciado la existencia de pingos u oquedades, que hemos podido comprobar en formaciones cercanas, más coherentes y compactas, de forma que el hueco se ha mantenido, durante el Cuaternario reciente, sin producirse el colapso.

COMPORTAMIENTO

Este capítulo queda limitado a la Presa de Uzquiza y, de modo concreto, a los asientos medidos en la zona del supuesto núcleo, aguas arriba del dren chimenea, así como en el terraplén u espaldón aguas abajo del referido dren. El control se realizó mediante ocho tubos telescópicos, situados

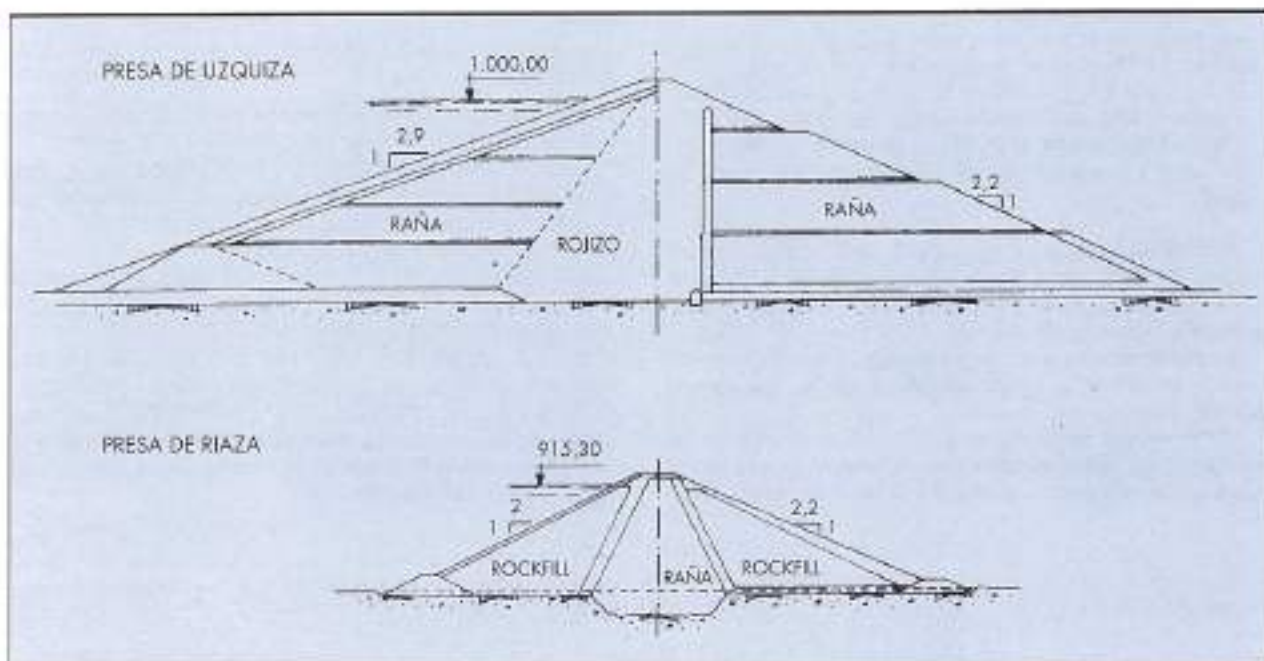


FIGURA 1. Secciones de ambas presas.

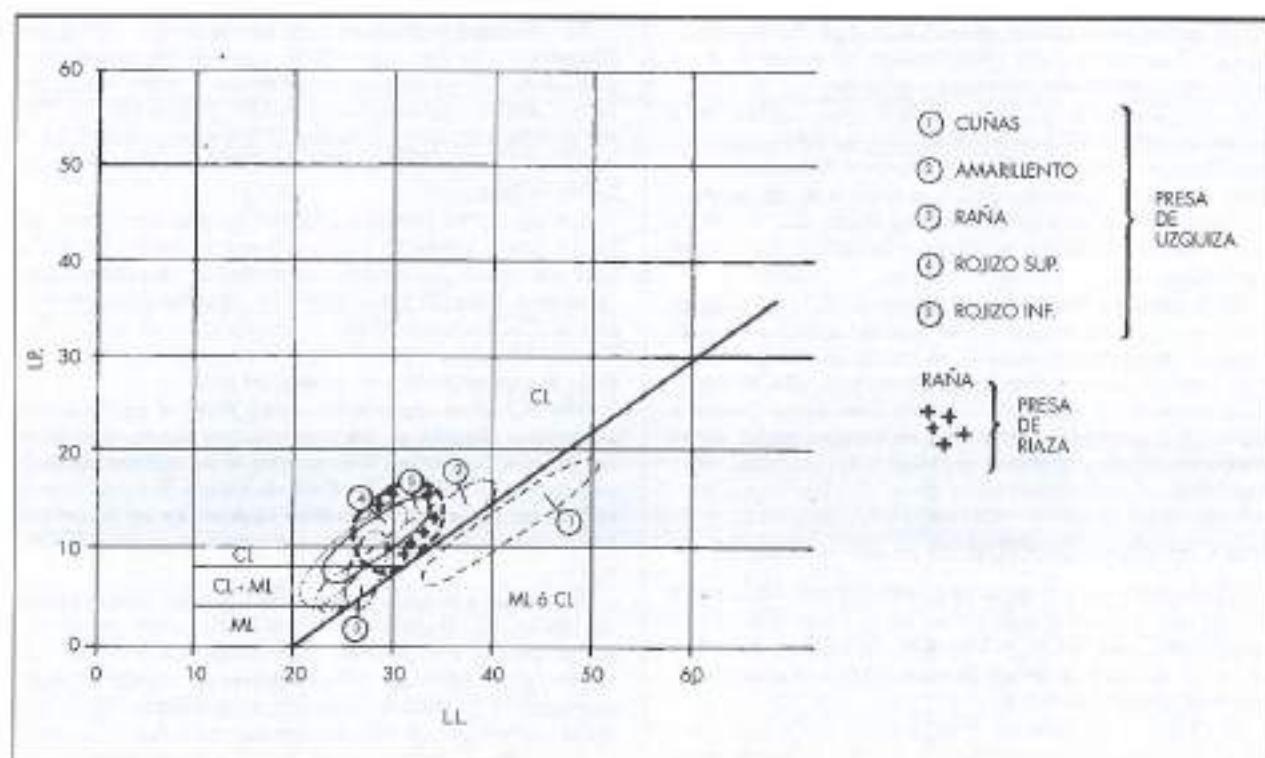


GRÁFICO 1.

en cinco perfiles; cinco de los dispositivos salen a coronación, cota 1.194, y los otros tres a una berma, a cota 1.090.

Durante la fase de construcción cabe diferenciar:

- Asientos durante la fase de terraplenado, con un módulo edométrico entre 2.500 y 8.000 ton/m^2 en la zona de núcleo impermeable, y entre 4.000 y 10.000 ton/m^2 para el espaldón de aguas abajo.
- Asientos diferidos variables entre 0,10 o/o y 1,10 o/o al mes. Estos valores se corresponden con los años 1977, 1978 y 1979, diferenciándose las fases de parada, anterior a mayo de 1977, entre noviembre de 1977 y mayo de 1978 y después de julio de 1978, de las épocas de actividad, entre mayo y noviembre de 1977 y entre mayo y agosto de 1978.

El embalse permanece vacío entre 1979 y 1987, comenzándose la puesta en carga en diciembre de 1987. En estos nueve años se mantienen los asientos con orden de magnitud inferior a uno por mil al mes.

La puesta en carga, con escalones de 15 m cada mes, da asientos del orden de magnitud del milímetro, que corresponde a la precisión de lectura.

Las presiones intersticiales en el suelo se acusan en los piezómetros próximos al cimiento, con retraso de seis meses respecto a la subida de embalse. En el espaldón aguas abajo

varían sólo con la cota del río aguas abajo. No se aprecian filtraciones en el pie del drenaje aguas abajo.

El asiento total de la coronación, en los 16 años de presa terminada, ocho con embalse vacío y siete de explotación, es a lo sumo de 10 cm.

En conclusión, el empleo de materiales gelivados no ha supuesto problema en el comportamiento de la presa de Uzquiza.

REFERENCIAS

- GIMÉNEZ SÁNCHEZ, E. Uzquiza dam. The dam-ground couplin 13. CIGBICOLD Q. 48, R. 65 New Delhi 1979.
- TOMILLO GARCÍA-ROVES, C. y FOYO MARCOS, A. Propiedades geomecánicas, mineralógicas y químicas de las formaciones Plio-Cuaternarias de Uzquiza, Burgos. Congreso Nacional de Geología, Segovia 1984.
- JIMÉNEZ SALAS, J. A. Problemas de Geología para Ingeniero en las Cimentaciones sobre Suelos. Revista de Ingeniería Civil n° 62. CEDEX 1987; pp 105 a 107.
- JIMÉNEZ SALAS, J. A. y GÓMEZ LAÁ, G. Discusión. Revista de Ingeniería Civil n° 65. CEDEX 1988; pp 105 a 107.
- GÓMEZ LAÁ, G. y TOMILLO GARCÍA-ROVES, C. Algunos efectos de la congelación sobre el terreno. Comunicación n° 2.03. Simposio sobre el agua y el terreno en las infraestructuras viarias. Torremolinos 1989.

AUXINI CONSTRUYE SOLUCIONES



Hay obras que requieren unos tratamientos específicos y un equipo de profesionales,
con sólidos recursos técnicos, para llevarlas a cabo.

Auxini construye con un sistema de calidad total, que garantiza la seguridad
en todas sus áreas de trabajo.



SOLUCIÓN A GRANDES OBRAS

LA UNIÓN HACE LA

FUERZA



EL COMPROMISO
U.E.E.

AHORRO

en costes y tiempo

CERCANÍA

a cada obra, en toda España

EJECUCIÓN

sencilla, capaz, limpia

EXPERIENCIA

más de cien años

FACILIDAD

nuestros técnicos se ocupan de todo

INGENIO

la eficacia dirigida

TÉCNICA

método, especialistas, un proyecto

PROBLEMA

resuelto

SATISFACCIÓN

por las cosas bien hechas

SOLUCIÓN

la mejor garantía



UEE

**UNIÓN
ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS, S.A.**