

Región Industrial

The background of the cover is a photograph of an industrial setting. It features several large, orange robotic arms, likely from the brand ABUS, which are positioned around a large, metallic, curved component. The scene is brightly lit, and the overall atmosphere is one of modern industrial technology.

Nº30
JUNIO 2004

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia

Innovación y Desarrollo

Seguridad en los Embalses

Jesús H. Alcañiz Martínez (*)

Frases muy habituales en la calle o en los medios de comunicación son "los embalses se van, se hunden, revientan, se salen, se caen,... etc."

ha habido un problema grave en un embalse, en una balsa, en esos depósitos de acumulación de agua para riego e incluso para suministro de agua potable.

Se dan distintas circunstancias que provocan este tipo de siniestros: Sifonamientos (en suelos más arenosos), apertura de conductos inferiores (tubificación), rotura de láminas impermeables, desajustes en redes de desagües de fondo, rotura de bridas de conexión, asientos del terreno en el fondo del vaso, asientos en los diques, irregularidades de taludes, rebosaderos obstruidos, aparición de grietas por hundimiento del terreno, saturación de los suelos por pérdidas de agua, grietas en coronación, erosión del terreno, consecuencias surgidas por posibles defectos en el camino de servicio de coronación perimetral, incorrectos vallados y sus cimentaciones, etc.

Causas más habituales

A la vista de distintas experiencias cercanas y analizando minuciosamente los orígenes de estos daños, podemos afirmar sin ningún género de



Proceso de nuevo terraplenado y compactado, en el momento de la determinación de la densidad y humedad "in situ" por el Método de Isótopos Radiactivos, para comprobar los niveles de compactación del dique reparado.

duda, que la mayor parte de ellos son debidos a un defecto de proyecto o un problema de ejecución, salvo los propios de escaso o nulo mantenimiento, con lo que queda clara la responsabilidad del técnico o técnicos intervinientes, sin olvidar la propia responsabilidad de la Propiedad en el mantenimiento y conservación del embalse. Existen muchos y variados motivos que provocan estos siniestros, que por resumir, los agrupamos en:

- A. Inadecuado diseño
- B. Defectos de cálculo
- C. Incorrecto uso de los materiales del movimiento de tierras. (Aptitud del material y de su nivel de compactación)
- D. Inadecuada impermeabilización
- E. Escaso o nulo mantenimiento.

Vamos a desarrollar ahora cada uno de estos capítulos, indicando los aspectos que consideramos de mayor interés de cara a poder evitarlos.



Aspecto general y detalle del deficiente aspecto de compactación que presenta un embalse en proceso de ejecución.



Aspecto general de un embalse donde se ha producido una importante rotura por "tubificación" en el fondo del vaso.

Inadecuado diseño

Claramente es responsabilidad del proyectista de la obra. Es imprescindible estudiar y definir minuciosamente el tipo y forma del embalse que necesitamos. Estudiar su emplazamiento. Disponer y analizar la topografía del terreno (debe ser suficientemente amplia y sobre todo fiable) y elegir el emplazamiento más adecuado, que no siempre coincide con las necesidades o exigencias del cliente.

Se hace necesario conocer el entorno geológico de la parcela, fallas y otros accidentes geológicos y geográficos, naturales o artificiales (ramblas, ramblizos, viales, conducciones, edificaciones, líneas eléctricas, etc.) y sus características geotécnicas (capacidad portante, asientos previsibles, etc.)

Defectos de cálculo

También otra clara responsabilidad del proyectista, que en numerosas ocasiones utiliza perfiles de diques no adecuados, aunque pudieran resultar estándar, generalistas, "todos iguales", independientemente de su altura, de la capacidad a embalsar o del emplazamiento donde se vaya a situar.

Con mucha frecuencia no calculados o calculados de forma incorrecta con un inapropiado proceso de cálculo, utilización de programas informáticos

no adecuados, parámetros resistentes que no se corresponden con la realidad, etc.

La labor del cálculo de estabilidad de taludes es muy delicada y de gran responsabilidad, por lo que es imprescindible se realice con toda fiabilidad, no disponiendo siempre el Proyectista de las herramientas necesarias para ello, pudiéndolo encargar a consultores externos, especialistas en este tipo de trabajo.

Incorrecto uso de los materiales de movimiento de tierra. (Aptitud del material y de su compactación)

Para evitar esta circunstancia es necesario actuar en dos fases, una previamente al inicio de la obra, incluso en periodo de redacción del proyecto y otra fase durante la ejecución de la misma.

Primera fase. Para este tipo de obra, es imprescindible conocer de antemano el tipo de material a utilizar, para poder realizar un correcto cálculo de la estabilidad de los diques. Para ello se hace necesario un Estudio Geotécnico previo, en base a unos sondeos en profundidad y a una campaña de calicatas, con toma de muestras alteradas, para conocer la aptitud del material. Los sondeos necesarios se realizarán a profundidad variable, según las cotas previstas de excavación y terraplenado.

De las muestras alteradas se realizarán como mínimo los siguientes Ensayos de Aptitud, para conocer sus características, a través de:

- Análisis Granulométrico por tamizado
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado.
- Contenido de Materia Orgánica
- Contenido de Sulfatos
- Hinchamiento en "Aparato Lambe"
- Corte Directo sobre muestra remodelada (Compactada con el mismo grado de compactación y humectación exigido en el Pliego de Condiciones del Proyecto).

Segunda fase. Durante la ejecución de la obra se deben realizar los siguientes trabajos:

- Inspección visual detallada del proceso, con una constante vigilancia "in situ" por un encargado de nuestra confianza o por equipo externo contratado al efecto, si fuera necesario.
- Aprovechamiento de los materiales de la zona, utilizando solo el material adecuado previamente comprobado.
- Elegir el subcontratista de movimiento de tierras más adecuado, que disponga de los medios humanos y mecánicos necesarios, según la dimensión de la obra.
- Ejecución del terraplenado en tongadas de 30 - 40 cm. como máximo.
- Disponer de una tongada drenante, en la base del embalse, del mismo espesor, con conductos de salida claramente visibles.
- Comprobación de los resultados de los Ensayos de Aptitud, para confirmar las características del material (Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg y Proctor Modificado).
- Ensayos de control, para conocer el resultado de la puesta en obra y de su nivel y calidad de la compactación (Determinación de la densidad "in situ" y de la humedad "in situ" mediante el Método de Isótopos Radiactivos, conocido como



Aspecto general del proceso de desmontaje de la lámina impermeable de la zona afectada, para proceder a su reparación.

Método Nuclear).

- Se debe confeccionar siempre un completo Reportaje Fotográfico de la inspección y control, donde se pondrá de manifiesto el proceso de extendido, regado y compactación, durante la ejecución de los diques.
- A la vista de todos los resultados se debe confeccionar un Informe Final en donde se recogerán los trabajos realizados, resultados obtenidos y conclusiones a que nos conducen los mismos, con la indicación de los niveles de calidad obtenidos, análisis estadísticos de los resultados y las conclusiones a que todo ello nos conduce.

Inadecuada impermeabilización

Para el revestimiento impermeable de este tipo de obra, es recomendable el uso de una lámina de "geotextil" y luego la lámina impermeable. Para esta fase de la obra puede ser suficiente la realización de los siguientes trabajos:

- Comparar los distintos materiales intervinientes, según los distintos fabricantes.
- Exigir garantía con un periodo concreto del fabricante del material y de la empresa instaladora. Peligro de responsabilidades compartidas



Detalle del proceso de excavación de la zona más afectada del dique del embalse objeto de reparación.



Otro detalle del proceso de reparación del embalse y de una zona donde se aprecia el estado actual del terreno del terraplenado.

(Geotextil, lámina impermeable, montador, compactación, etc.)

- Estudiar las Fichas de Características Técnicas de cada material interviniente.
- Inspección visual detallada para comprobar la calidad de los cordones de soldadura de unión entre las láminas impermeables.
- Precaución con las pequeñas roturas que se pueden producir durante la instalación de la lámina (Por ejemplo por descuidos, caída de herramientas, etc.)

Escaso o nulo mantenimiento

Con mucha frecuencia, al finalizarse la obra y entregarla a su propietario, se olvidan que este tipo de obra necesita una vigilancia y mantenimiento continuado, puede ser suficiente la recomendación de realizar los siguientes trabajos:

- Inspección visual detallada una vez recibido el embalse por el cliente. Vigilancia en el proceso de carga y descarga.
- Limpieza periódica de plantas y animales.
- Descarga periódica del embalse para limpieza de fondo.
- Vallado perimetral cerrado, por cuestiones de seguridad.

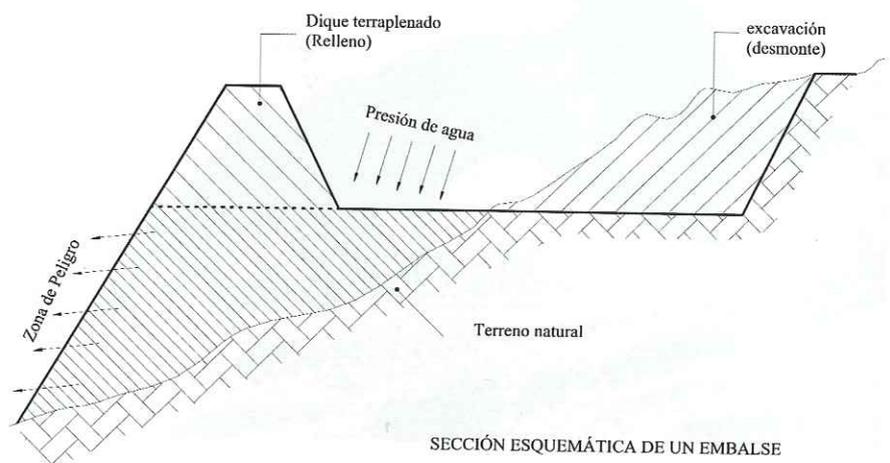
Conclusiones

Antes de terminar nuestro artículo, el lector estará pensando en cual será el consejo o recomendación para tratar de evitar estos siniestros. Para evitar la aparición de alguna de las patologías citadas, se debe atender las especificaciones dadas anteriormente y usarlas como lista de chequeo, comparando cada uno de los aspectos con la realidad del proyecto, primero y después citados con la realidad de la propia ejecución de la obra.

Para terminar, nos permitimos insistir en la necesidad de implantar Sistemas de Control de Calidad en los procesos de ejecución, como medida de garantía para la consecución del nivel de calidad deseado.

(* *Jesús H. Alcañiz Martínez es Arquitecto Técnico, Jefe del Departamento de Patología de Obras de "ESFERA CONSULTORES DE CONSTRUCCIÓN, S. L." (Organización de Control), Profesor de la Universidad Católica de Murcia (UCAM) y Especialista de Materiales del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia (COATMU).*

E-mail: ESFERA.MURCIA@telefonica.net



SECCIÓN ESQUEMÁTICA DE UN EMBALSE

Indicación de zona de mayor responsabilidad