



JORNADA DE SEGURIDAD DE PRESAS DE ESTÉRILES MINEROS

PATOLOGÍA DE PRESAS DE ESTÉRILES MINEROS

Claudio Olalla Marañón

Catedrático

ETSICCP - UPM

UNA IMAGEN VALE MÁS QUE MIL PALABRAS

- Brumaldinho (25.01.2019)
- Red mud (04.10.2010)

RED MUD (Hungria, 2014)



ES NECESARIO DIFERENCIAR ENTRE:

- ROTURAS (FALLO TOTAL)
 - Implica abandono
 - No puede mantenerse
- ACCIDENTES
 - Daños mayores (importantes, pero acotados)
 - Daños menores
- INCIDENTES
 - Daños reducidos
 - Fácilmente subsanables

ESTADÍSTICA DE FALLOS

- NO HAY DATOS FIABLES
- NO HAY ESTADÍSTICAS HOMOLOGABLES CON LAS PRESAS (PARA ALMACENAR AGUA)
 - ¿Dónde empieza a poderse considerar una presa de estériles mineros?
 - **No gusta contar “miserias”**
 - Peculiaridades propias de una estructura permanente viva

ESTADÍSTICA DE FALLOS: ¿HAY MÁS FALLOS?

Las estadísticas de fallos en presas de estériles mineros apuntan a que son más habituales que en presas para almacenar agua

¿Por qué?

- Porque hay un menor control geotécnico. NO empresas externas.
- Porque la construcción de estas presas tienen una muy mayor duración (¿lustros, décadas?)
- Porque su objetivo es menos utilitario para la sociedad que el suministro de agua
- Adicionalmente, muy susceptibles al comportamiento;
 - Frente a gradientes y filtraciones
 - Frente a un terremoto

SIN EMBARGO; EL PROBLEMA DE HACER FRENTE A LOS EFECTOS DEL AGUA ES EL MISMO (Magnitudes, gradientes, ubicuidad, etc)

ESTADÍSTICA DE FALLOS

Los datos que se disponen apuntan, a grandes rasgos, que las incidencias (patológicas) son peores que en presas para agua.

Sin embargo, la situación va mejorando

BOLETÍN 121 ICOLD

DATOS DISPONIBLES DE INCIDENTES A LO LARGO DE LOS AÑOS

During the 50 years 1850 to 1900,
 During the decade 1900 to 1910
 During the decade 1910 to 1920
 During the decade 1920 to 1930
 From 1930 to 1940 and 1940 to 1950
 During the decade 1950 to 1960

13% occurred
 7% failures
 4.8 % (*)
 2%
 <1%
 0.2%.

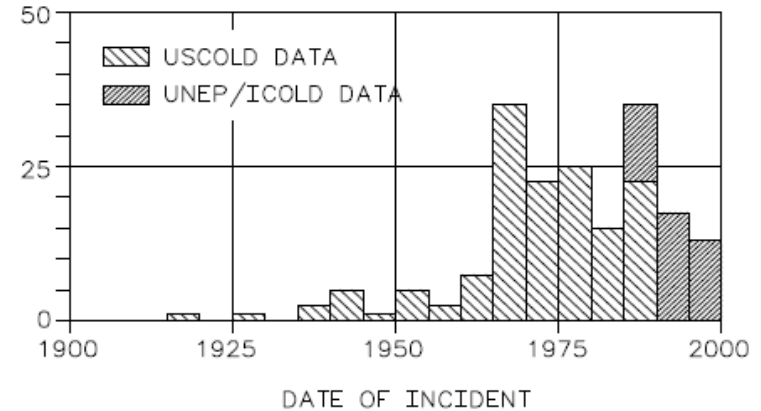


Figure 2. Tailings dam incident history summary: number of incidents per 5 year period.



MECANISMOS DE ROTURA HABITUALES

- **Inestabilidad “geotécnica”**
 - Del talud exterior del cuerpo de presa (a. abajo)
 - A través del cimiento
 - Con origen sísmico
- Erosión
 - Interna
 - De los taludes externos (si son arenosos)
 - Al pie del talud externo (por escorrentía)
- Desbordamientos por coronación
- Otros varios

EN LA ACTUALIDAD

El método de construcción “aguas arriba” está, a los efectos prácticos, casi rechazado

DOS EJEMPLOS BIEN DOCUMENTADOS

- AZNALCÓLLAR (Abril, 1998)
- FUNDAO (Noviembre, 2015)

AZNALCÓLLAR

- Falló la noche del 24 de abril de 1998
- El cuerpo de presa no es una presa de estériles típica (... **si bien estaba diseñada para almacenar estériles de mina**)
- Se han dicho y escrito muchas tonterías
- **Era una presa ejemplar; muy bien auscultada, muy bien estudiada, ...**
- Existen tres informes relevantes;
 - EPTISA (Portilla, Congreso Sevilla, 2000)
 - LG-CEDEX (Olalla y Cuéllar, Géotechnique, 2001)
 - UPC (Alonso y Gens, Géotechnique, 2006, Part 1, 2 y 3)

AZNALCÓLLAR



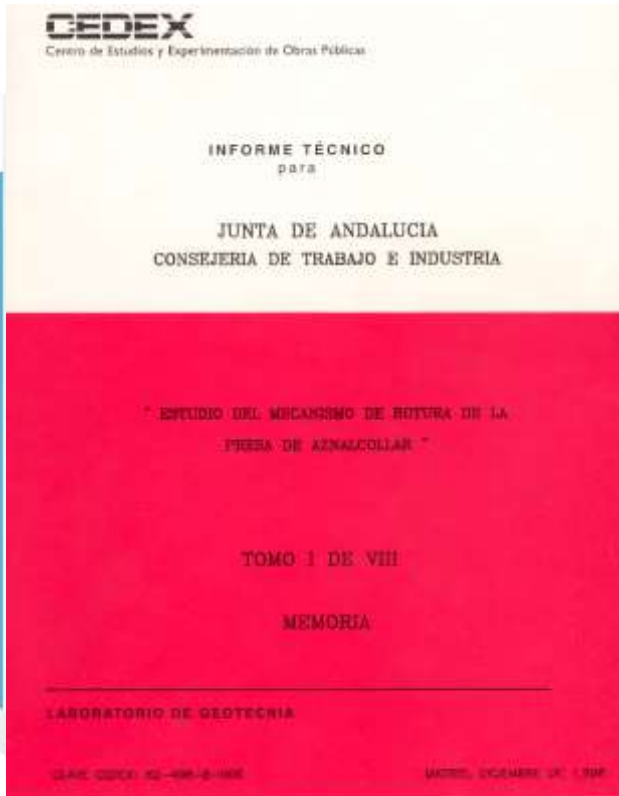
AZNALCÓLLAR



AZNALCÓLLAR



INFORME LG-CEDEX (DIC-1998)



GÉOTECHNIQUE



Olalla, C. & Cuéllar, V. (2001). *Geotechnique* 51, No. 5, 399-406.

Failure mechanism of the Aznalcóllar Dam, Seville, Spain

C. OLALLA* and V. CUÉLLAR*

AZNALCÓLLAR

MOTIVOS DE LA ROTURA

- Fragilidad de las arcillas
- Sobrepressiones intersticiales en el cimiento

PROYECTO DEL AÑO 1973 (muy bueno)

- Varios triaxiales
- Morgenstern & Price

MUY AUSCULTADA

AZNALCÓLLAR



434
CEDEX

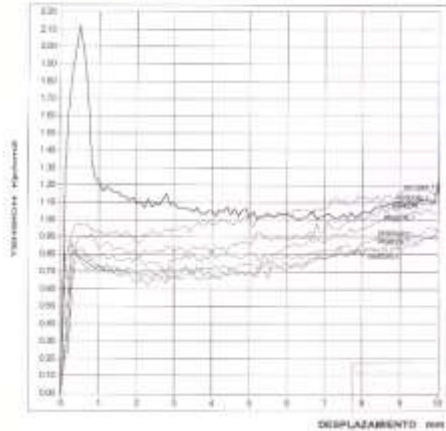
Trabajo: 7110 Despeñadero: AZNALCÓLLAR Muestra: 340

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

UNE 103.401

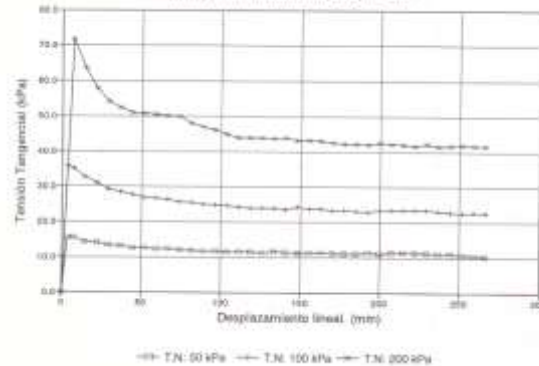
Tensión Normal 2,0 kPa/cm²

CURVAS DE ROTURA

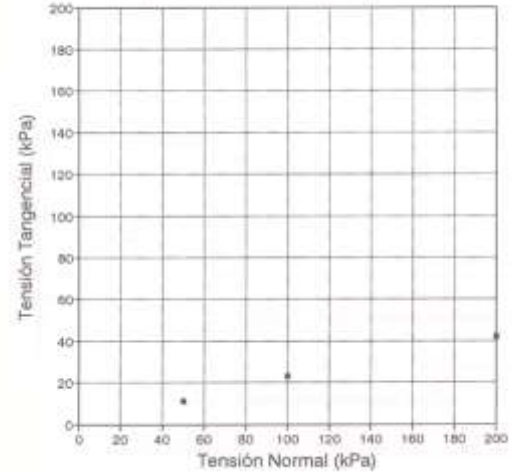


LABORATORIO DE GEOTECNIA

Determinación de resistencia residual.
Trabajo:7110 Muestra:311 (GRIS) H=36%



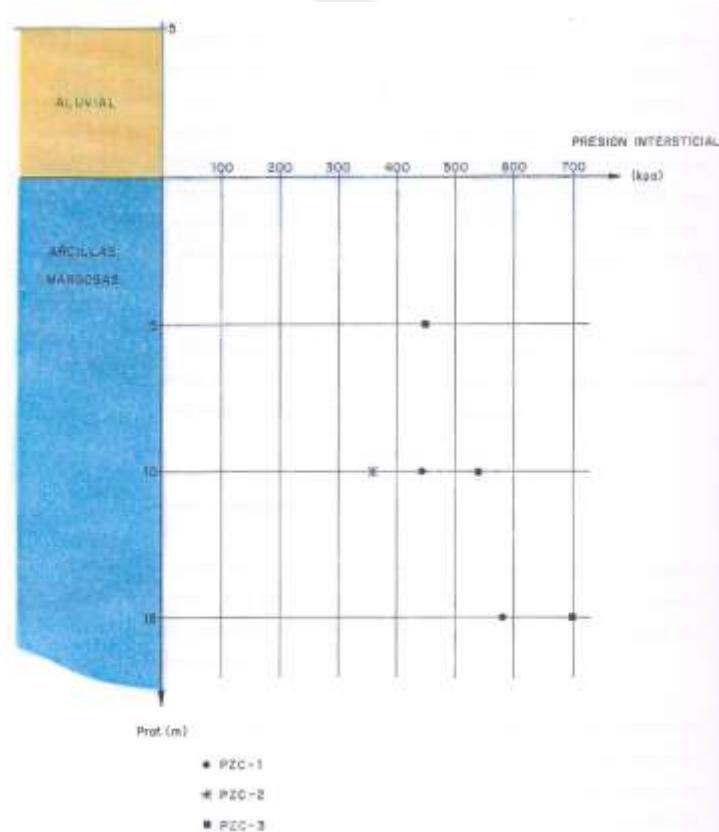
Determinación de resistencia residual.
Trabajo:7110. Muestra:311 (GRIS) H=36%



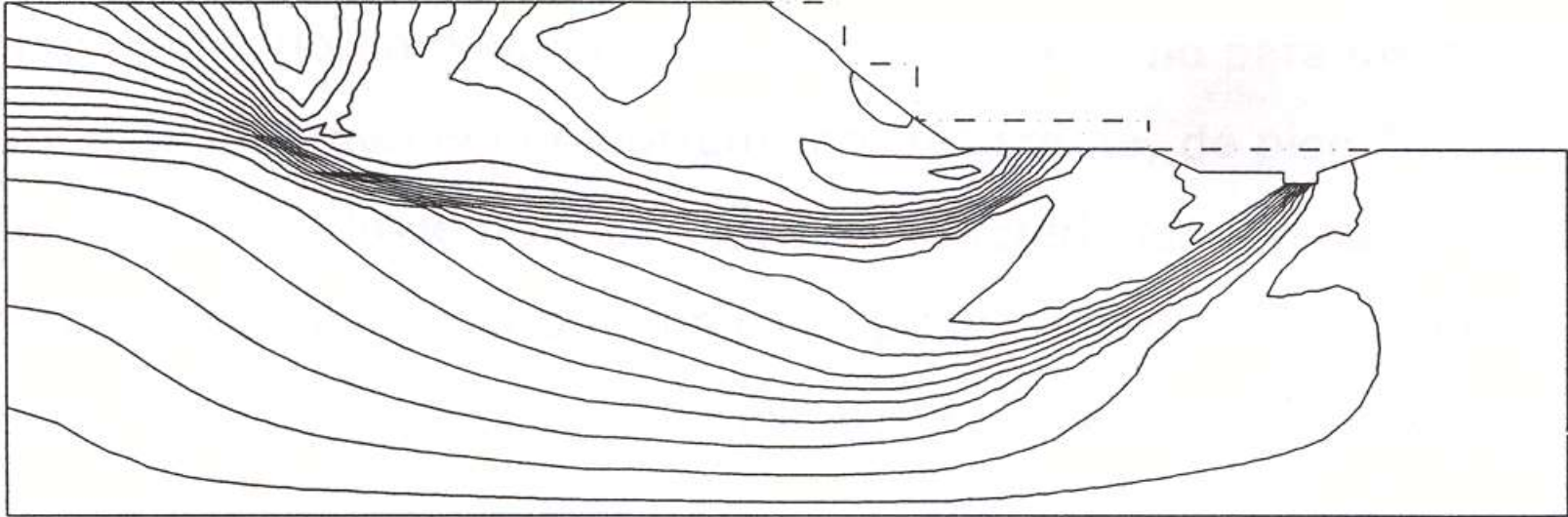
AZNALCÓLLAR

Presiones intersticiales registradas por el LG-CEDEX en el cimiento de la presa

MUY ELEVADAS (debidas al presio propio, no disipadas)



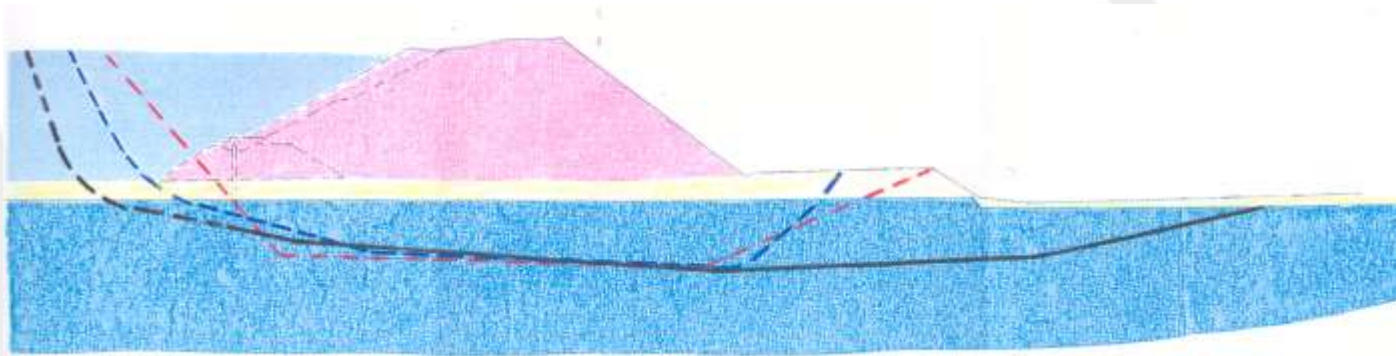
AZNALCÓLLAR



Contours of total displacements

Minimum value: 0.00E+00 units, Maximum value: 6.27E+01 units

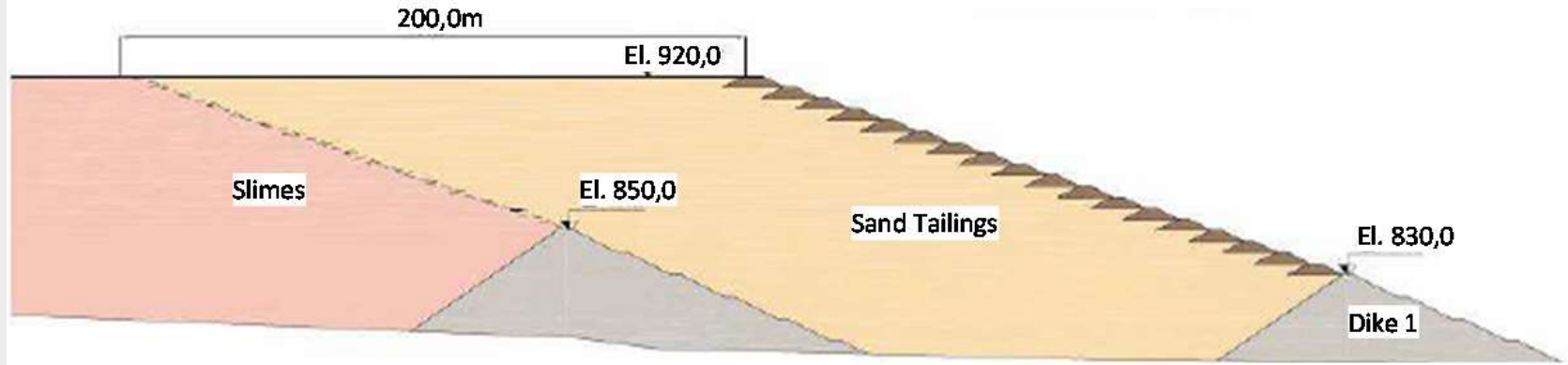
AZNALCÓLLAR



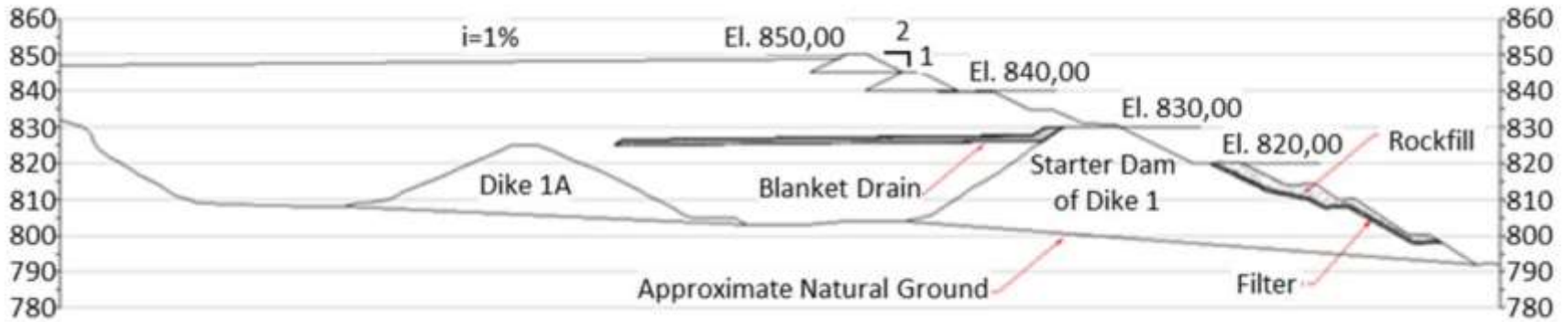
ROTURA DE FUNDAO; 5 DE NOVIEMBRE 2015

Diseño inicial;

- Separación de las “arenas” de las “lamas”
- Método final; “aguas arriba”
- 200 m de playa



FUNDAO



FUNDAO

Problemas varios previos;

- Mal drenaje
- Colocación de manto drenante
- Erosión interna
- Paquetes de lamas y limos en zona de arenas
- Minoración de playa a 60 m
- Fugas alrededor del estribo izquierdo (cambio de la planta)
- Previamente; fisuras abundantes en coronación
-



FUNDAO

EFFECTOS EROSIÓN INTERNA EN SUPERFICIE



FUNDAO

Causa de la rotura total por;

- Extrusión lateral
- Licuefacción estática

Ver video ensayo

FUNDAO



!!MUCHAS GRACIAS!!