

DISEÑO DE PRESAS

MECANICA DE FLUIDOS

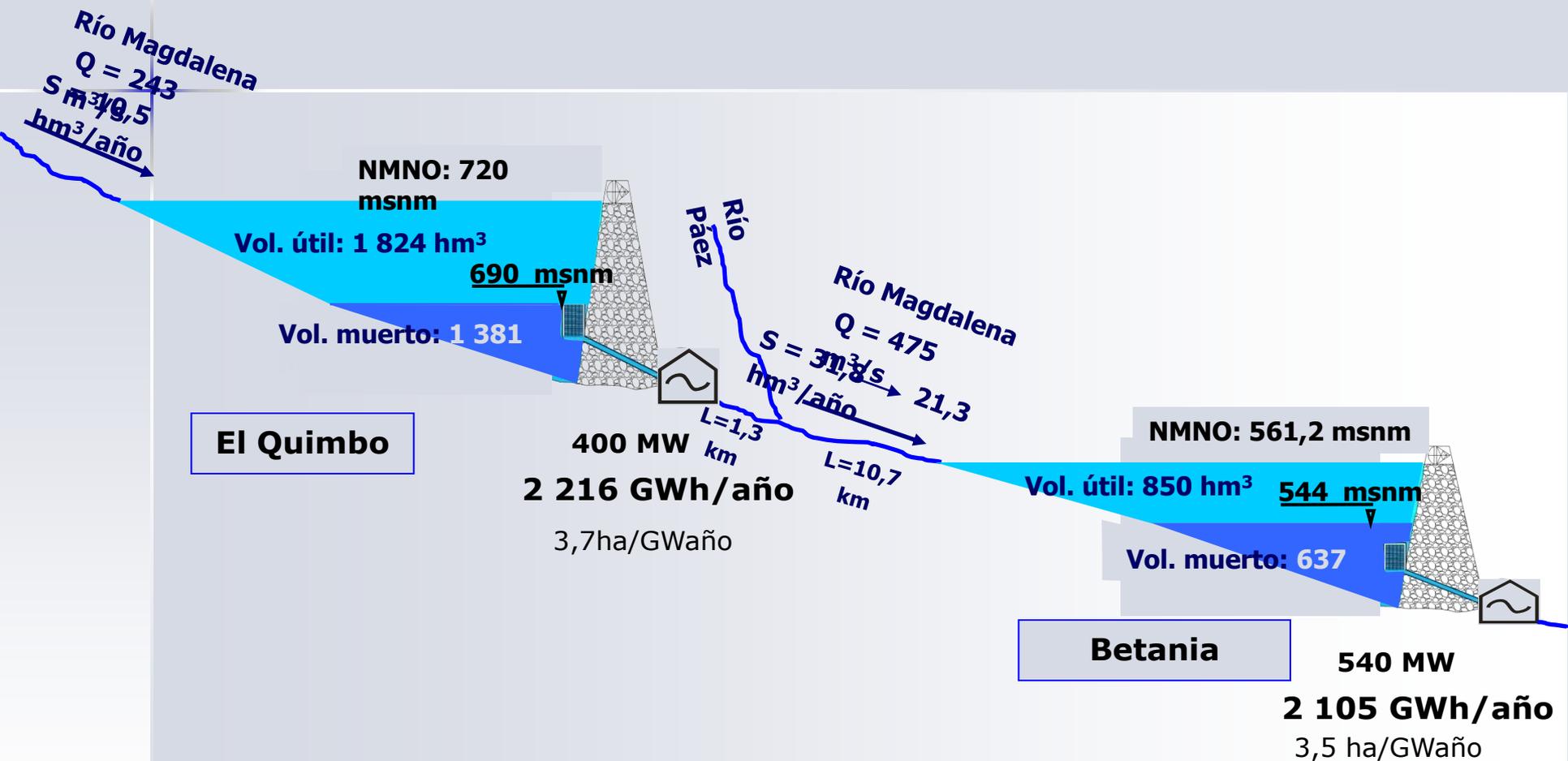
2010 – 2011

Gastón Proaño Cadena

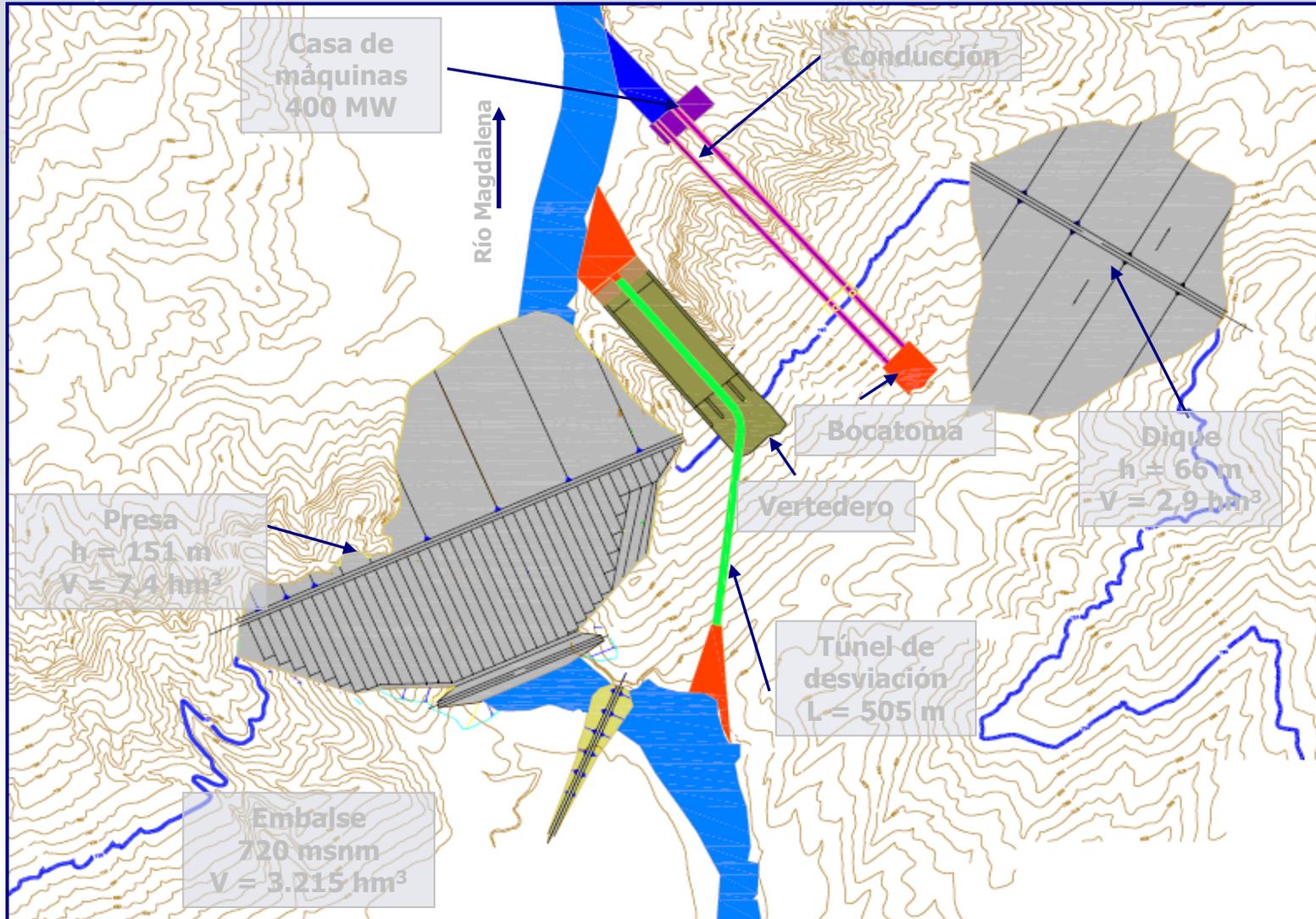
Justificación

- Las presas se construyen para almacenar agua durante la época de lluvias y luego utilizarla en época seca.
- El agua se aprovecha en riego, tratamiento de agua potable, generación de energía eléctrica y turismo.

Perfil Esquemático



Presas y Obras

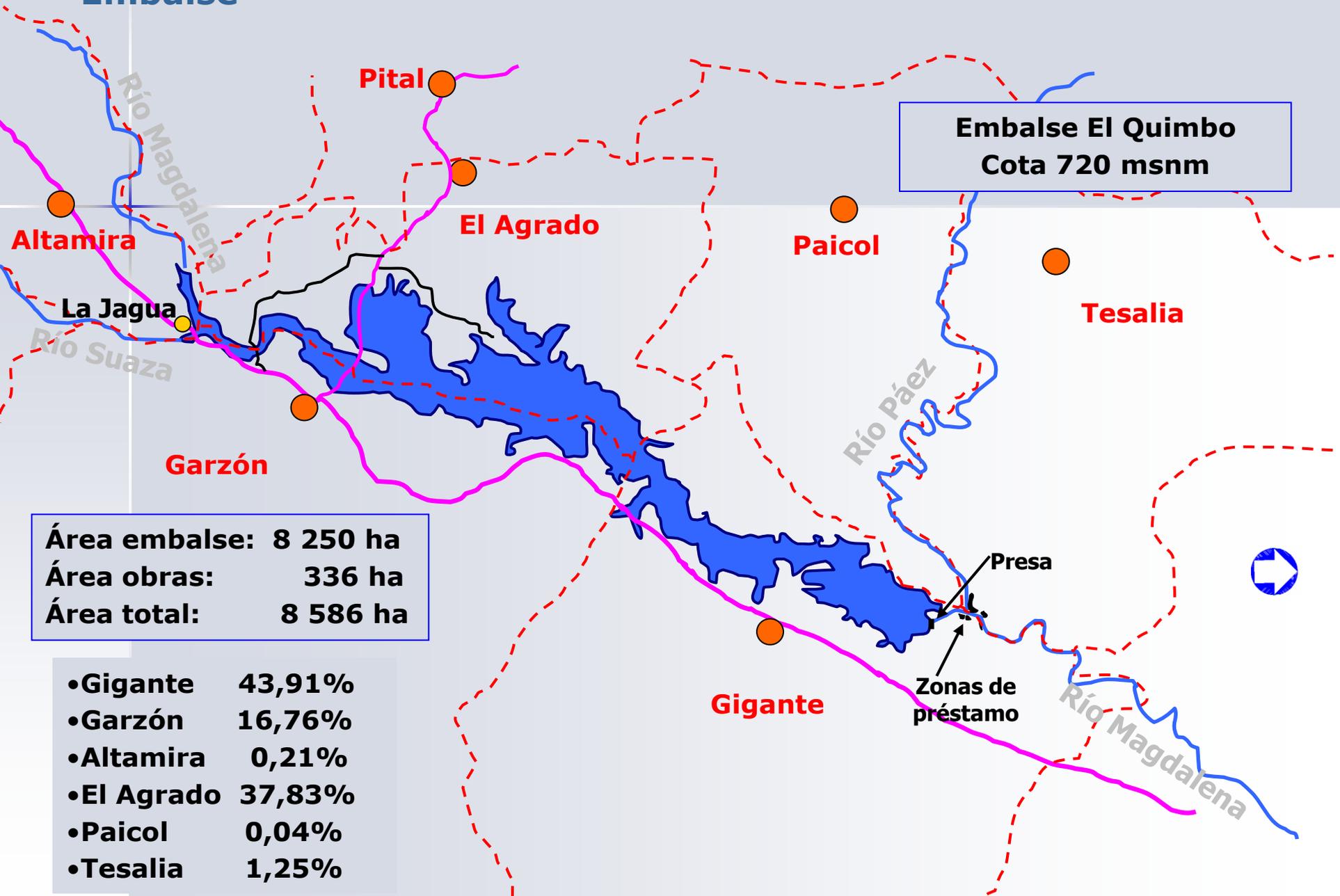


Sitio de Presa

Sitio El Quimbo, vista desde
aguas arriba



Embalse



Clasificación de las Presas

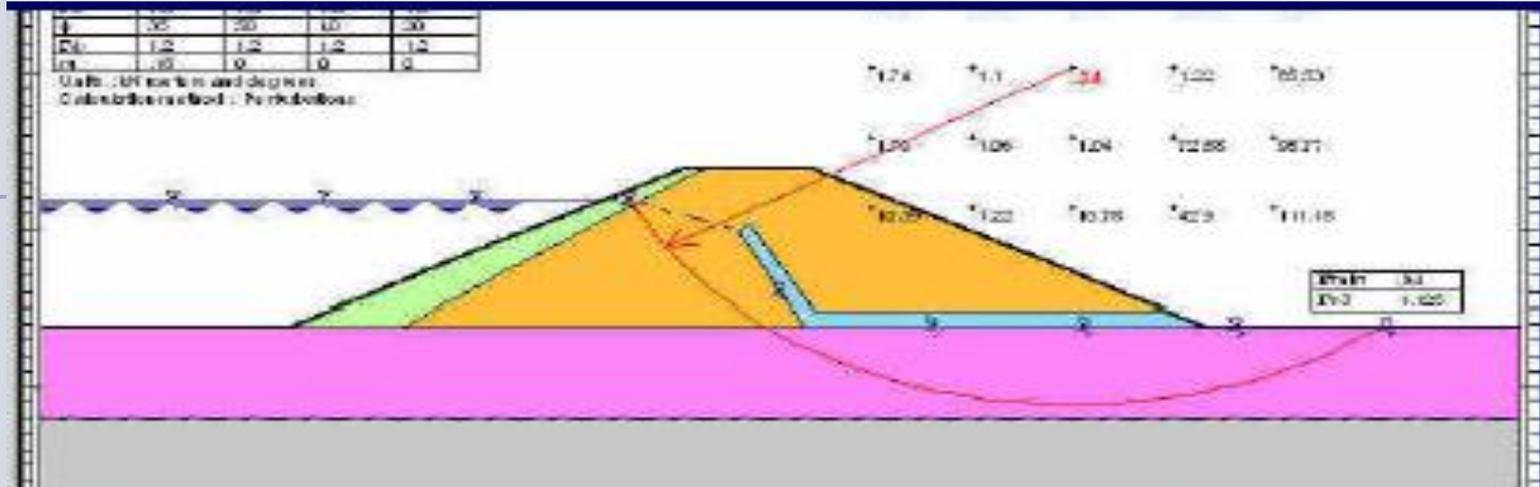
- De Tierra
- De Hormigón
 - Gravedad
 - Contrafuerte
 - Arco

Partes de una Presa

- **Cuerpo de la Presa**
- **Túneles de desvío**
- **Túneles de carga**
- **Aliviadero**
- **Salto Hidráulico**
- **Chimenea de equilibrio**
- **Ataguías**
- **Canales a cielo abierto**



DISEÑO DE PRESAS



DETALLES A DISEÑAR

- TIPO DE PRESA
- BORDE LIBRE
- ZONIFICACION DE MATERIALES
- FUNDACION
- CONTROL DE FILTRACIONES
- ANCHO DE CRESTA
- PENDIENTE DE TALUDES
- PROTECCION CONTRA LA EROSION
- ETC.

DISEÑO DE LA CIMENTACION



- CAPACIDAD DE SOPORTE
- ESTABILIDAD GENERAL
- ASENTAMIENTOS
- FILTRACIONES

CIMENTACION

DEFINIR EL MATERIAL QUE SE VA A REMOVER PARA GARANTIZAR CAPACIDAD DE SOPORTE, SUFICIENTE ESTABILIDAD Y ASENTAMIENTOS ACEPTABLES.



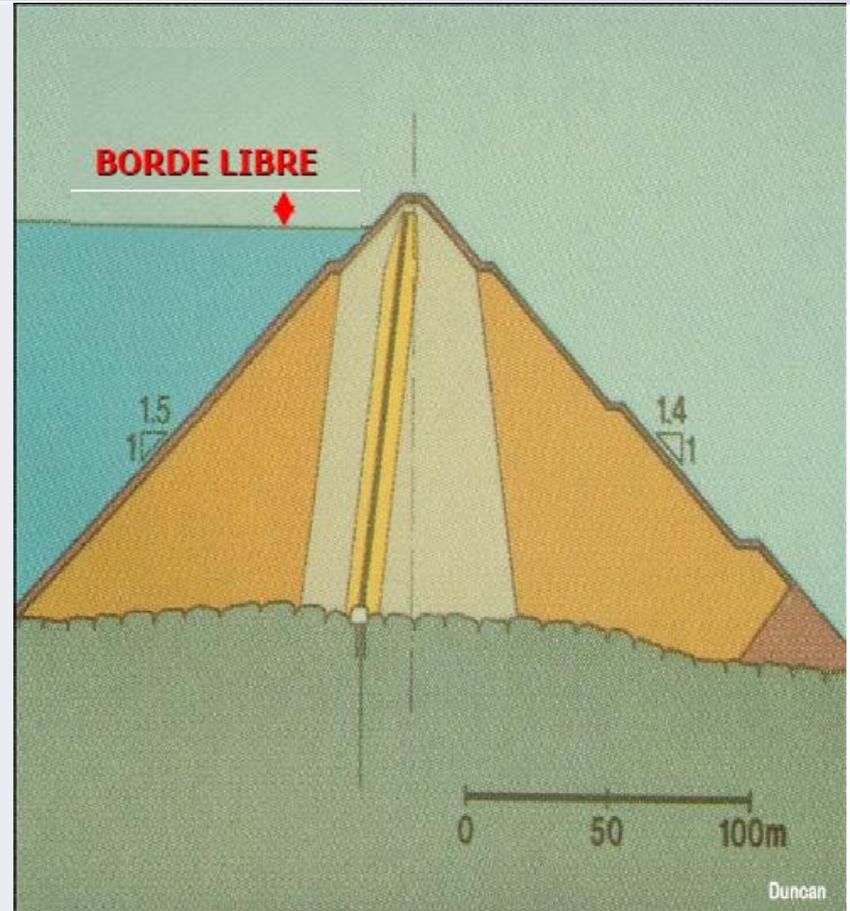
CIMENTACION

Mejorar la calidad del suelo si se requiere.



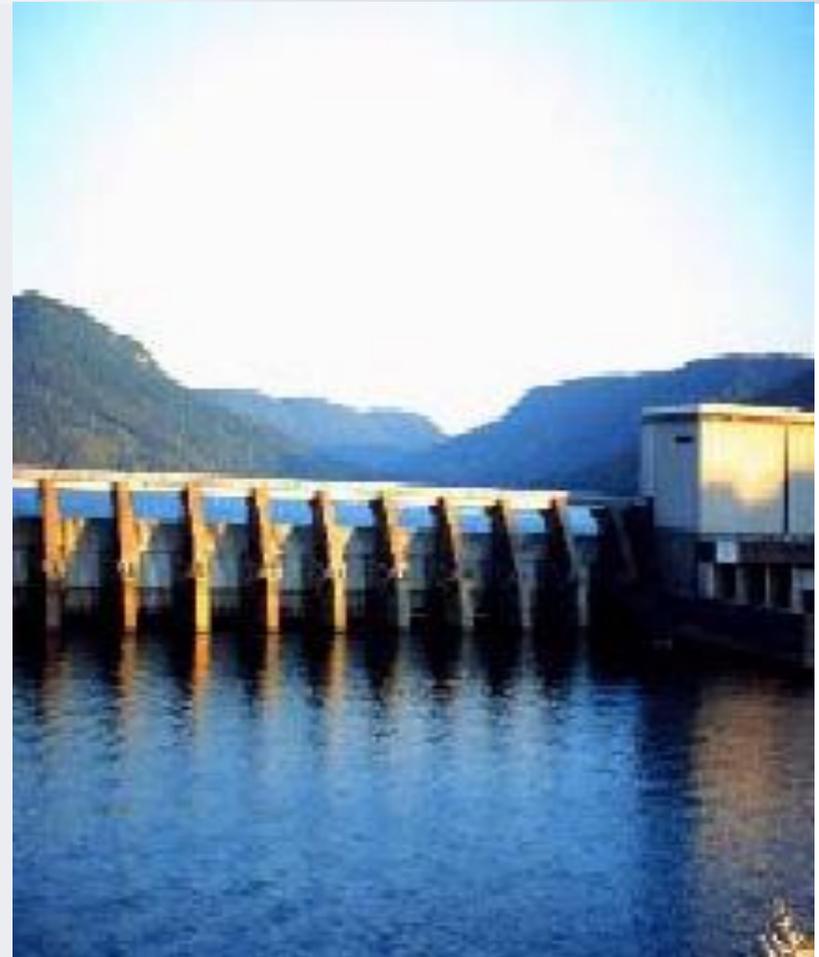
DISEÑO BORDE LIBRE

Es la distancia vertical entre la cresta de la presa y la altura máxima del agua en el vertedero para la inundación de diseño.



FACTORES A TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE BORDE LIBRE

- ❑ Efectos del viento
- ❑ Acción de las olas
- ❑ Efectos de los sismos
- ❑ Asentamientos de la presa.
- ❑ Factor de seguridad (3% altura de la presa).



BORDE LIBRE

$$H_1 + H_2 + H_3 + \Delta H + H_s$$

Sobre elevación de agua por viento H_1 .

Altura de cresta de olas H_2 .

Rodamiento de las olas H_3 .

Asentamiento ΔH .

Altura de seguridad H_s .

ANCHO DE LA CRESTA

- Depende principalmente del uso que va a tener la cresta (via, mantenimiento, etc.)
- El U.S. ARMY CORPS Of ENGINEERS recomienda un ancho de mínimo 7.5m para permitir una compactación adecuada de la presa.



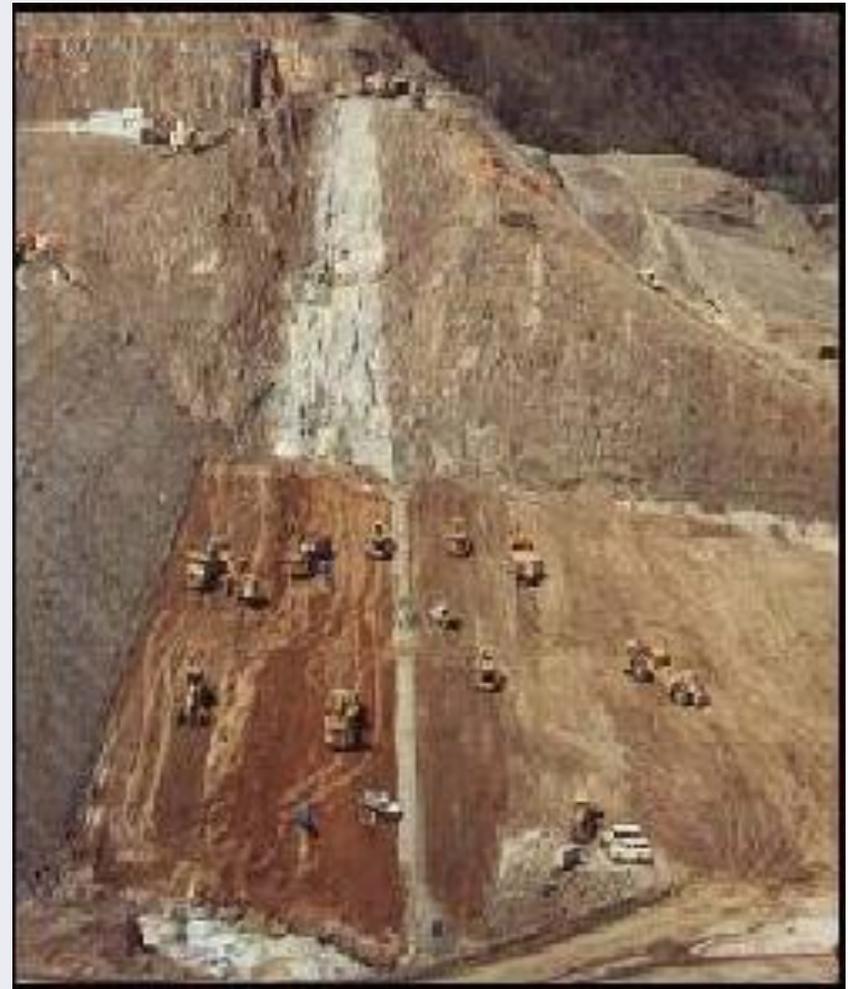
ALINEAMIENTO DEL EJE DE LA PRESA



- Para presas largas se recomienda que sea recto.
- Deben evitarse los cambios fuertes de alineamiento para evitar concentraciones de esfuerzos y agrietamientos.
- Las presas cortas y altas deben ser convexas hacia aguas arriba para que el agua comprima los núcleos contra los estribos. El radio de curvatura varía de 300 a 1.000m

DETALLES DE DISEÑO JUNTO A LOS ESTRIBOS

El espesor del núcleo debe aumentarse junto a los estribos.



ESTRIBOS LATERALES

- Debe evitarse la entrega del alineamiento sobre salientes angostos de la ladera.
- Deben excavarse los materiales meteorizados o sueltos (talud, etc.)
- Puede requerirse bajar la pendiente de los taludes del terraplén cerca de los estribos.
- Puede requerirse inyectar los estribos.
- Debe proveerse un sistema de control de erosión en la unión del talud de la presa y de los estribos.

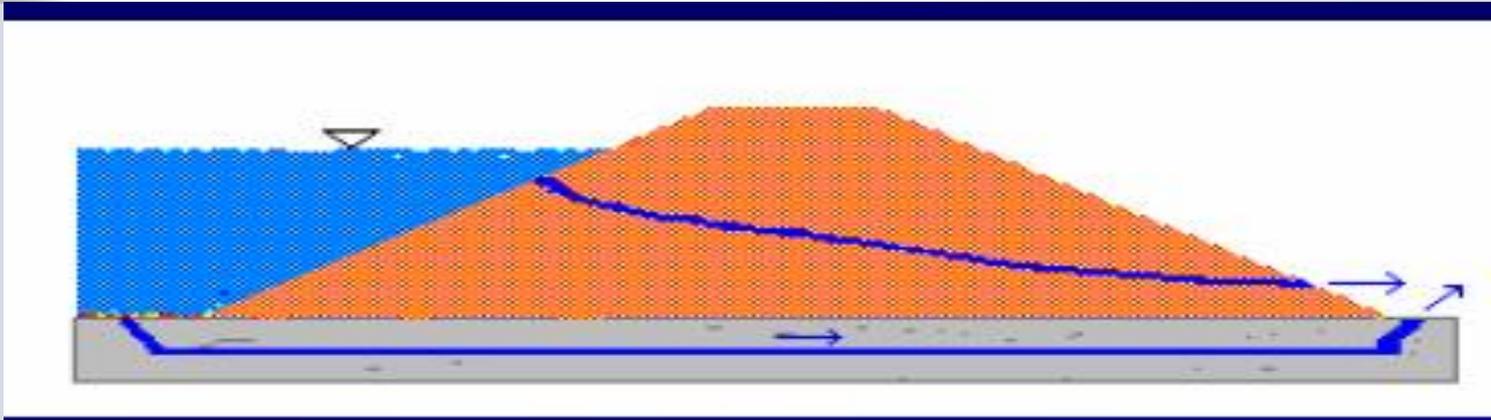


TALUDES DE LOS ESTRIBOS

Las pendientes fuertes de los estribos producen grietas por asentamiento del terraplén de la presa, especialmente en la parte mas alta de la presa.

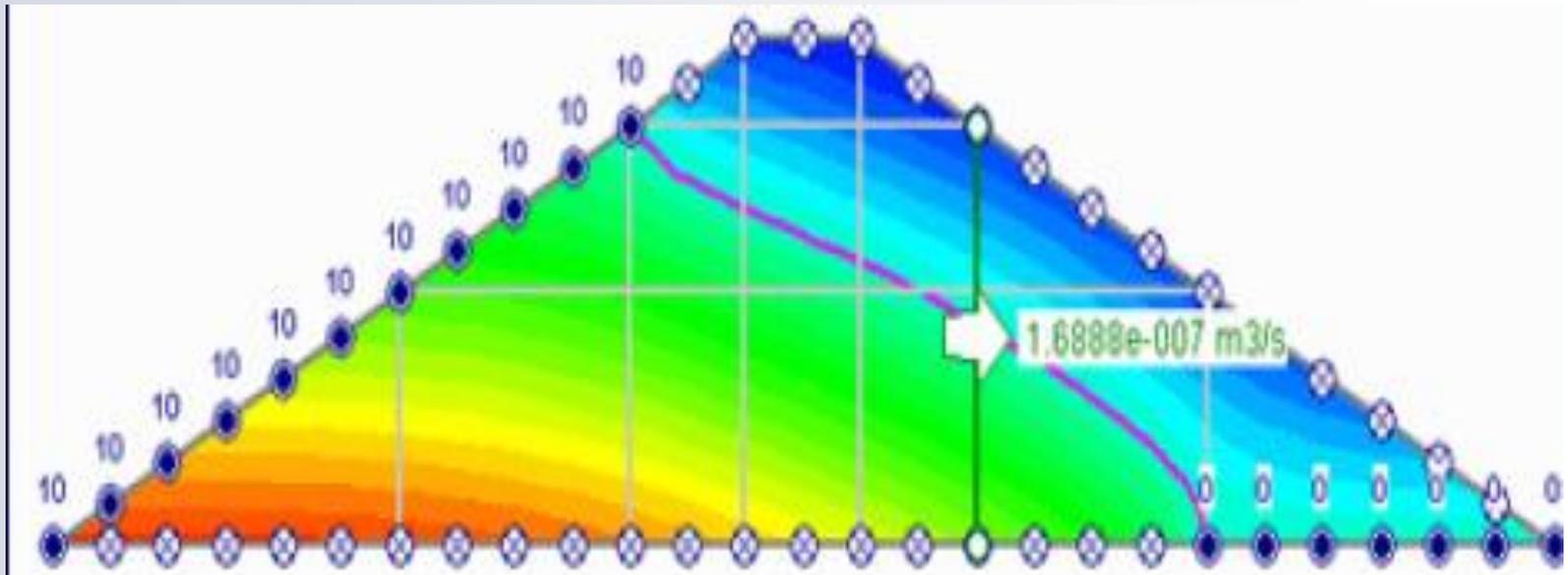


CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES DE AGUA

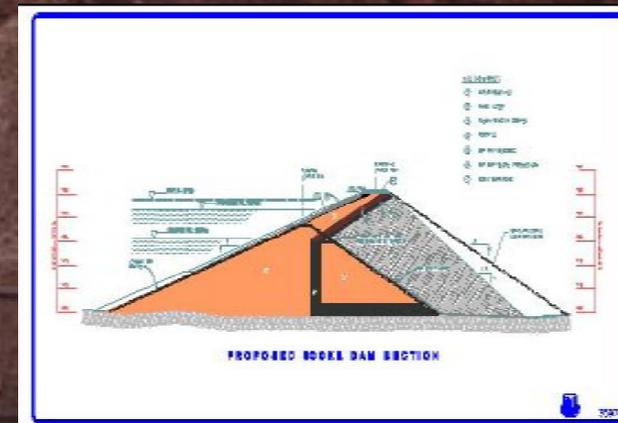


- Todas las presas de tierra sufren filtraciones de agua a través del terraplén, la fundación y los estribos.
- Deben diseñarse elementos para prevenir:
 - * Supresiones excesivas.
 - * Inestabilidad del talud aguas abajo.
 - * Sifonamiento.
 - * Erosión Interna.

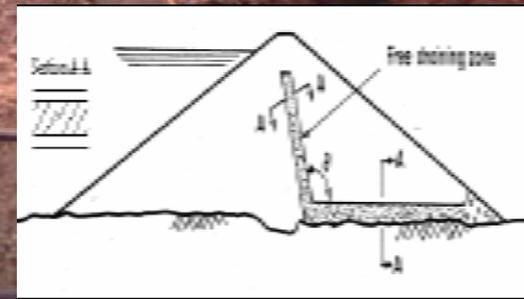
CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES A TRAVES DEL TERRAPLEN



DREN VERTICAL O DE CHIMENEA



CHIMENEA INCLINADA

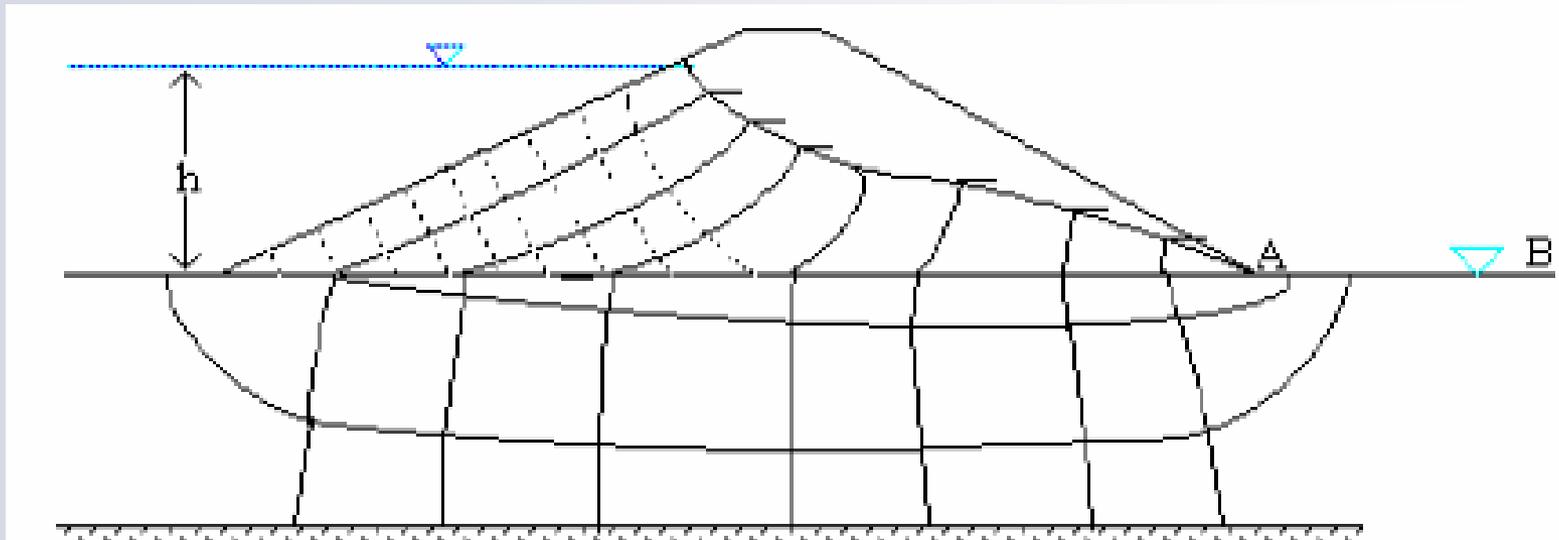


FILTROS SINTETICOS



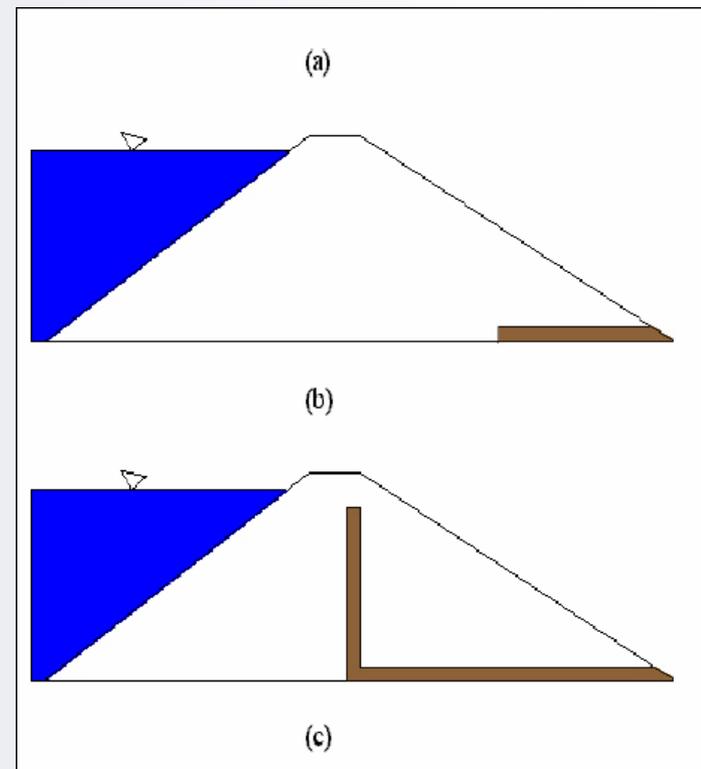
CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

- Deben analizarse los diversos métodos utilizando redes de flujo o por métodos aproximados.
- Deben analizarse los factores de seguridad contra subpresiones.



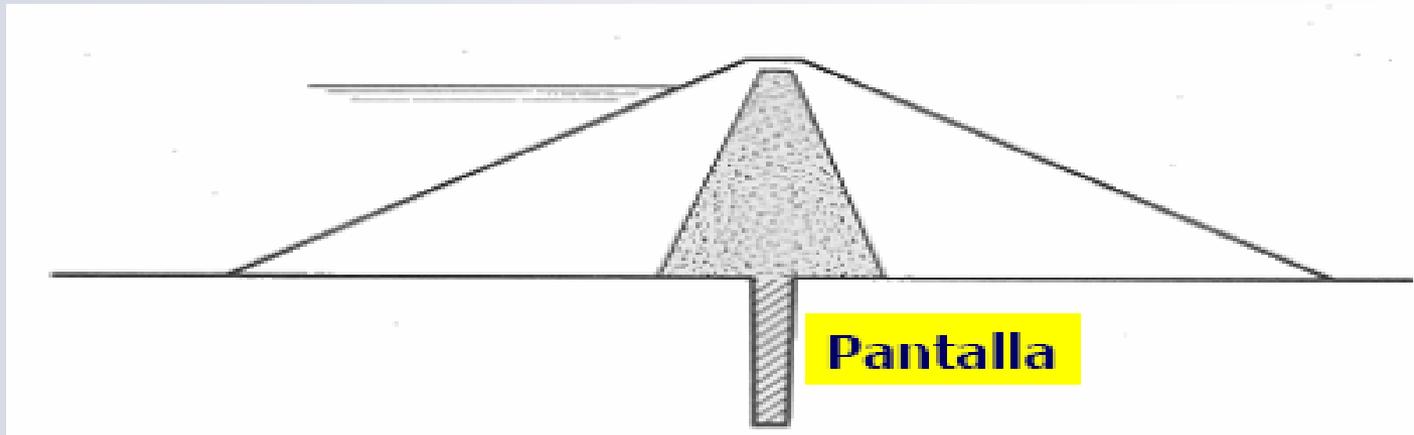
CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

- a) **COLCHONES DE DRENAJE**
- Manejan la filtración tanto a través de terraplén como de la fundación.
 - Previenen las subpresiones excesivas en el pie de la presa.
 - Los colchones de drenaje aumentan los caudales de filtración por debajo del terraplén.



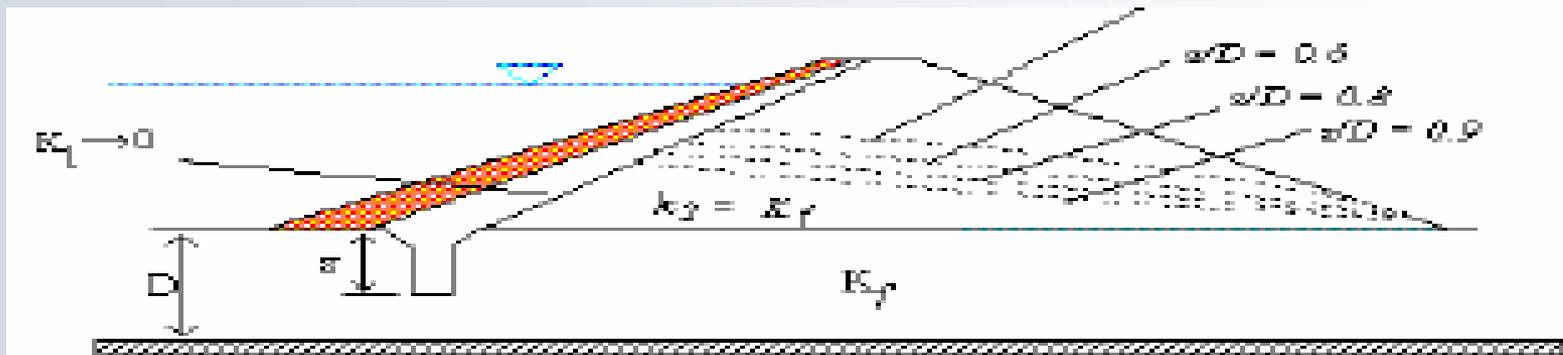
CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

b) ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE



Pueden ser de suelo impermeable compactado, relleno fluido o concreto.

CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION



Effects of Partial Cutoff on Position of Line of Seepage

ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE

1. Pantalla total (atravesando el manto permeable).
2. Pantalla parcial, su efectividad pende de la profundidad, para que sea efectiva bajar a un manto menor permeabilida.

CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE

PANTALLA COMPACTADA:

- Permite ver el suelo de fundación.
- Permite el tratamiento del fondo de la pantalla.
- Para mayor eficiencia, penetrar dentro del manto impermeable.
- Su ancho debe ser mayor al 20% de la altura del agua de la presa y no menor de 6m.
- Debe incluir filtros para evitar erosión interna.
- Puede requerir desagüe durante la construcción.

CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

ZANJA – PANTALLA - COMPACTADA



CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

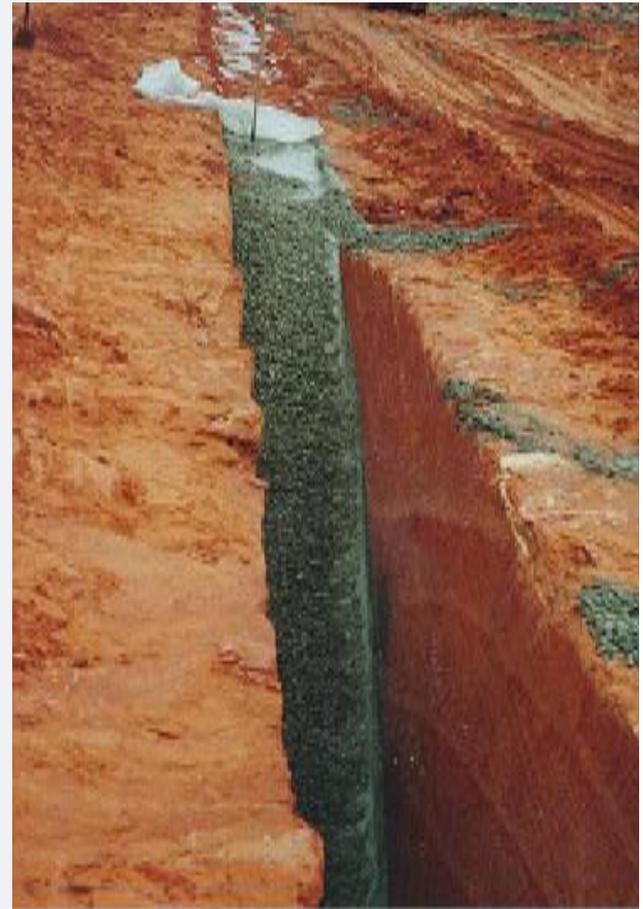
ZANJA PANTALLA EN SLURRY (RELLENO FLUIDO).

- Para la excavación puede requerirse todo de bentonita.
- El relleno fluido de cemento se utiliza con frecuencia
- No se recomienda cuando hay bloques o cantos de roca en la fundación.

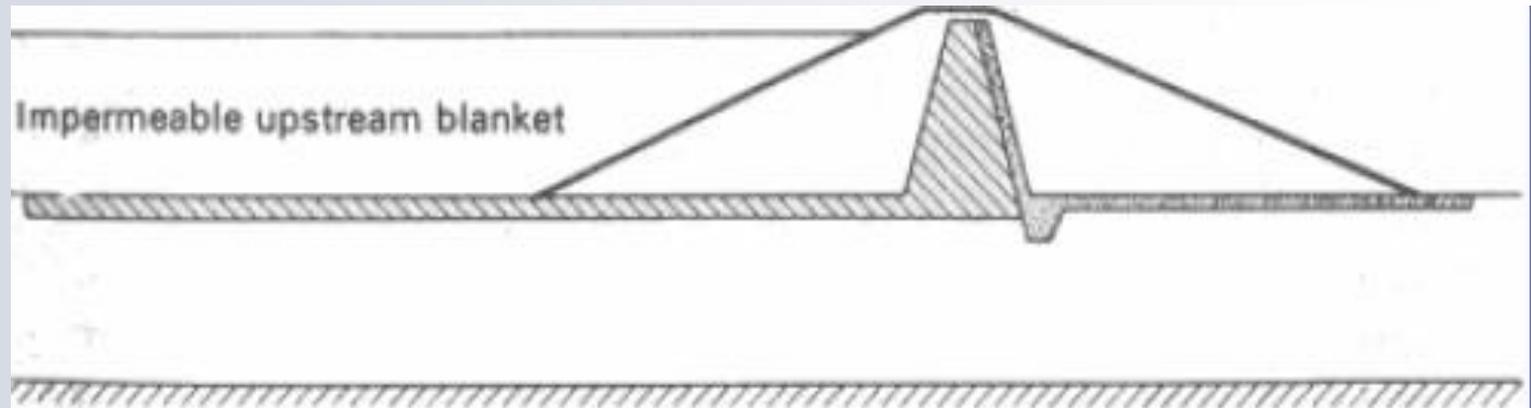
CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

ZANJA O PANTALLA EN CONCRETO

- Puede requerirse excavación con lodo de bentonita.
- Puede romperse en sismos de gran magnitud.



CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

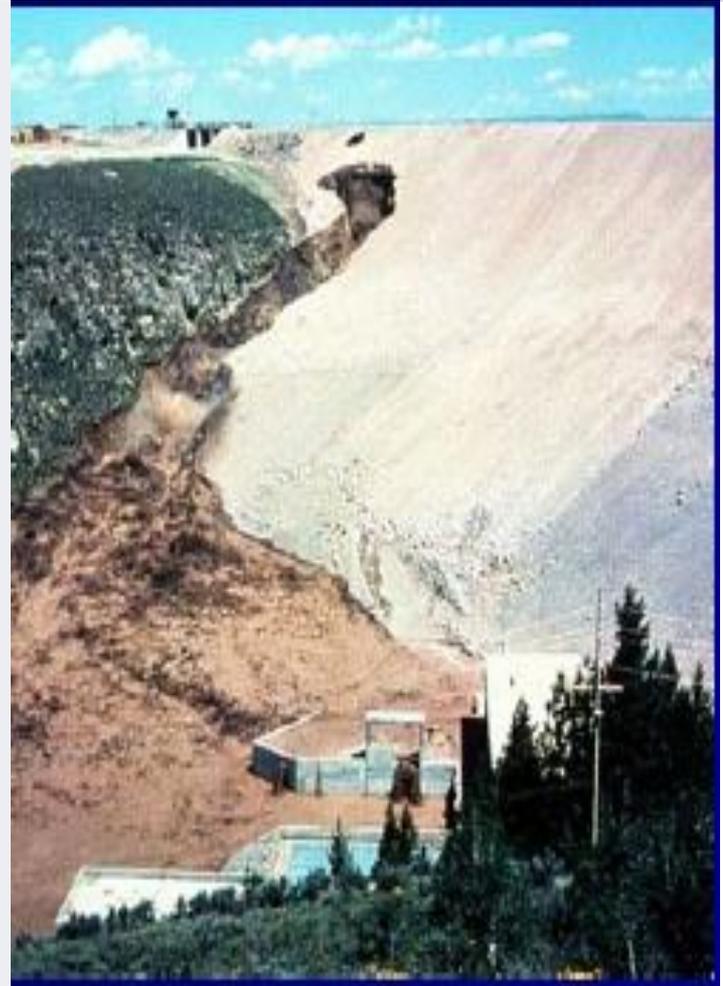


COLCHONES IMPERMEABLES AGUAS ARRIBA

- Disminuye las subpresiones aumentando la longitud de las líneas de flujo.
- No se recomiendan para presas de mas de 30m de altura o para fundaciones muy permeables.
- Pueden requerirse colchones de drenaje o drenes en el pie.

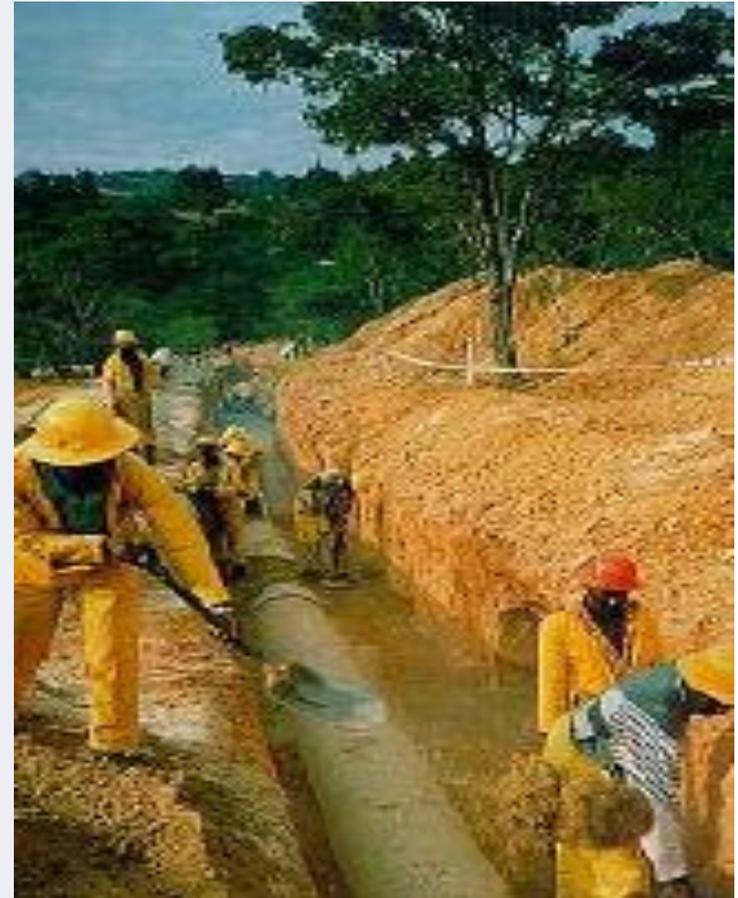
CONTROL DE FILTRACIONES POR LOS ESTRIBOS

Los criterios son similares a los de la fundación.



CONTROL DE FILTRACIONES A LO LARGO DE LOS DUCTOS

- Colocación de collares para bloquear el paso de agua alrededor del ducto.
- Compactar muy bien alrededor del ducto o utilizar concreto o relleno fluido.

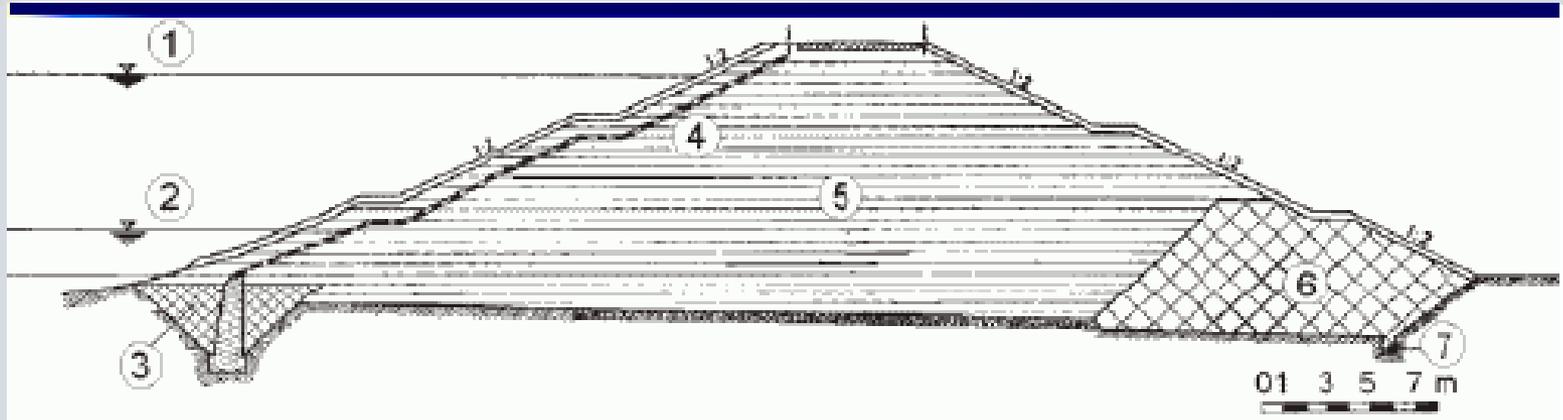


CONTROL DE FILTRACIONES POR DEBAJO DE LOS VERTEDEROS

- Drenes debajo de las placas de vertedero para disminuir subpresiones.
- Pantallas impermeabilizantes.



DISEÑO DE LA SECCION DE TERRAPLEN



MATERIALES

- ❖ La mayoría de los suelos pueden utilizarse para la construcción de presas de tierra.
- ❖ No deben utilizarse materiales orgánicos.
- ❖ No deben utilizarse limos, finos o roca molida.
- ❖ No deben utilizarse arcillas con límites líquidos de más de 80%.

UTILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS

- Algunos suelos arcillosos son inestables debido a su exceso de humedad.
- Es impracticable en la mayoría de los casos bajar la humedad de los suelos muy húmedos en temporada de lluvias.



UTILIZACION DE ENROCADOS

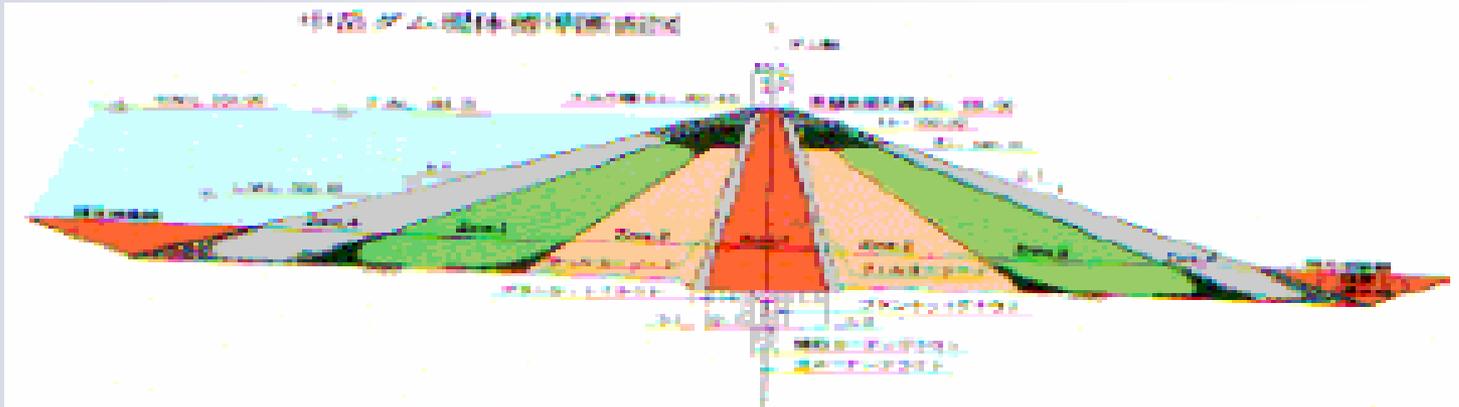


- La roca sana dura es la ideal para los enrocados pero algunas rocas débiles o meteorizadas pueden utilizarse.
- No se recomienda la utilización de lutitas arcillosas.
- Las rocas que se trituran al compactarse deben diseñarse como suelos y no como enrocados.
- En algunos casos se requiere eliminar los sobre tamaños.

UTILIZACION DE ENROCADOS



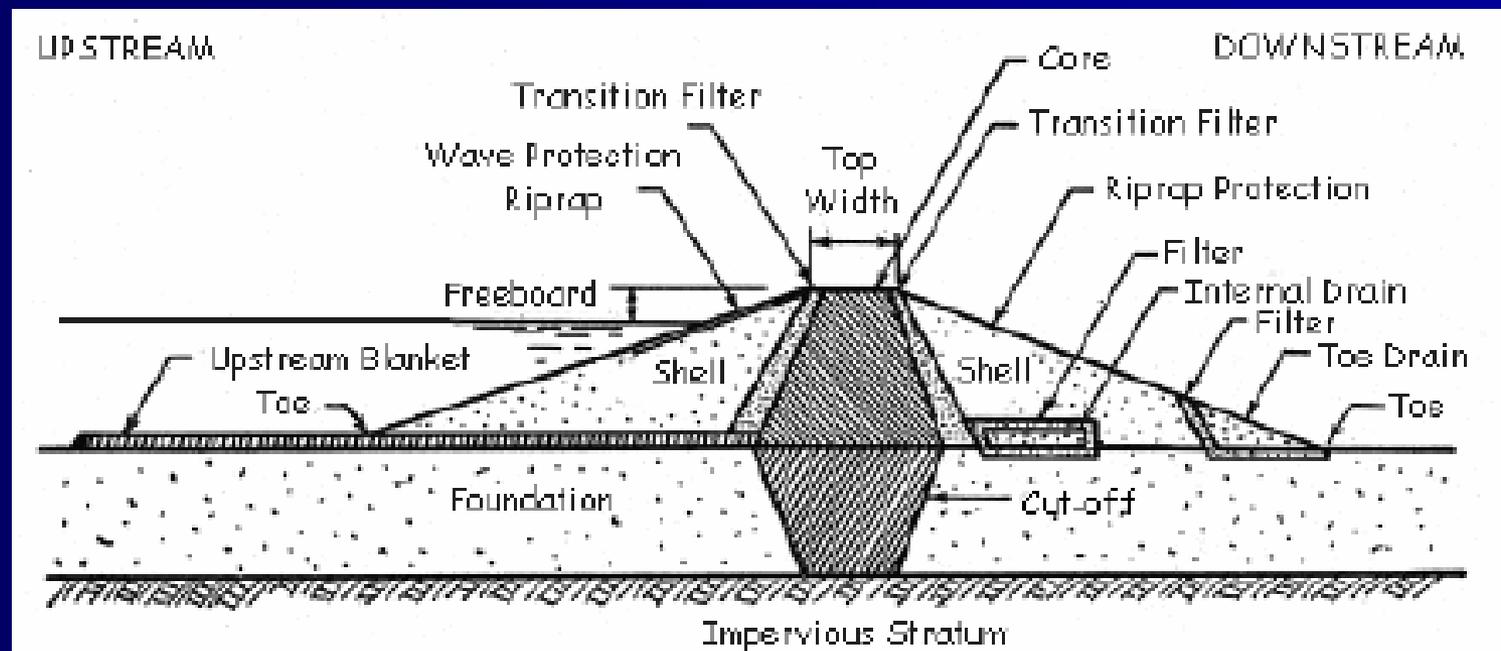
ZONIFICACION DE LA PRESA



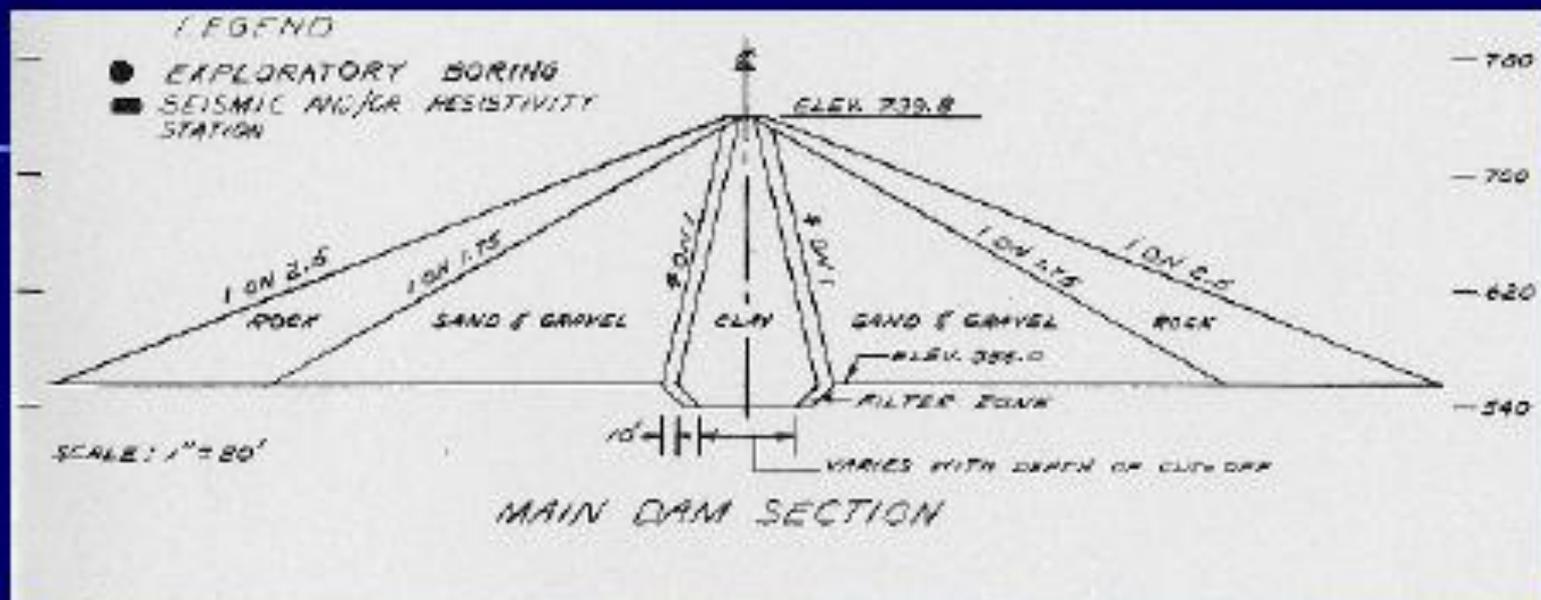
- El terraplén debe zonificarse para utilizar la mayor cantidad de materiales posibles de las excavaciones en la obra y de las zonas de cantera cercanas al sitio.
- Es común el diseño de un núcleo el cual está rodeado de filtros y de materiales más gruesos y resistentes.
- El espaldón aguas abajo no sirve de drenaje y da estabilidad a los taludes.
- Igualmente el espaldón aguas arriba da estabilidad a los taludes respectivos.

DISEÑO DE LAS CAPAS DE MATERIALES

- EL ESPESOR MÍNIMO DE NUCLEOS, FILTROS O ZONAS DE TRANSICIÓN DEBE SER DE 3.0 METROS
- EN TODAS LAS TRANSICIONES DE MATERIALES FINOS Y GRUESOS DEBE CONSTRUIRSE UN FILTRO



DISEÑO DEL NUCLEO



- EL ESPESOR DEL NUCLEO DEBE ESTABLECERSE TENIENDO EN CUENTA CONSIDERACIONES DE FILTRACION DE AGUA Y EROSION INTERNA
- EN GENERAL EL ESPESOR DEL NUCLEO DEBE SER IGUAL O MAYOR AL 25% DE LA ALTURA DE AGUA EN EL SITIO
- EL ESPESOR MÍNIMO EN LA CORONA DEL NUCLEO DEBE SER DE 3.0 METROS PARA PERMITIR SU COMPACTACION

NUCLEO



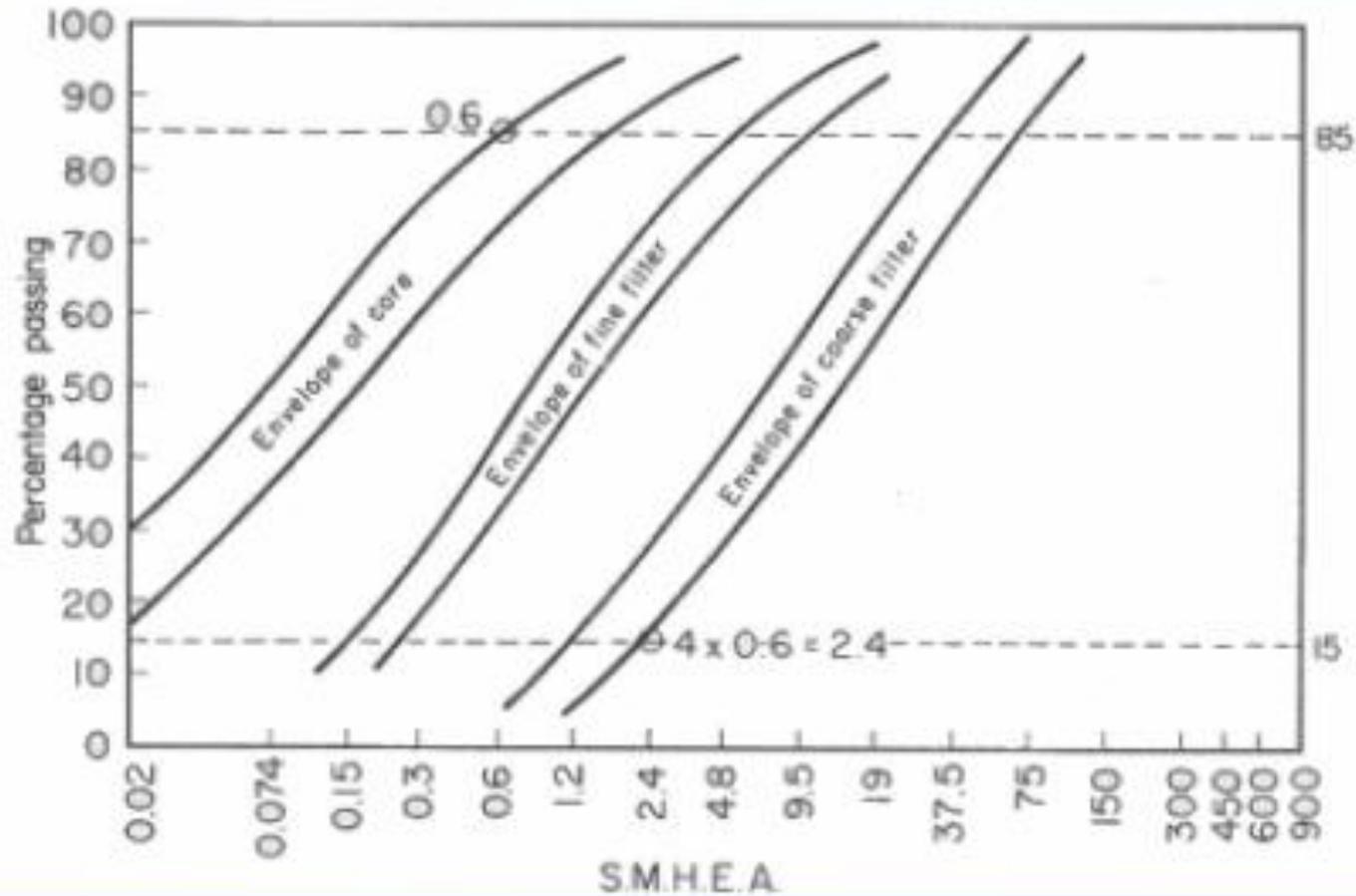
FILTROS







FILTROS



FILTROS DE GEOSINTETICOS

□ EL U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS RECOMIENDA NO SE UTILICEN FILTROS DE GEOTEXTIL EN PRESAS DE TIERRA, SIN EMBARGO SE PUEDEN UTILIZAR GEOSINTETICOS PARA COMPLEMENTO DE LOS FILTROS DE MATERIAL DE SUELO



DISEÑO DE LOS TALUDES

A photograph of a steep, rocky hillside. A grid of thin lines is overlaid on the slope, likely for surveying or design purposes. A small, dark structure or marker is visible on the right side of the slope. The background shows a clear sky and distant hills.

1. DISEÑO EMPÍRICO

TABLAS: CONSULTAR MANUAL DE PRESAS PEQUEÑAS

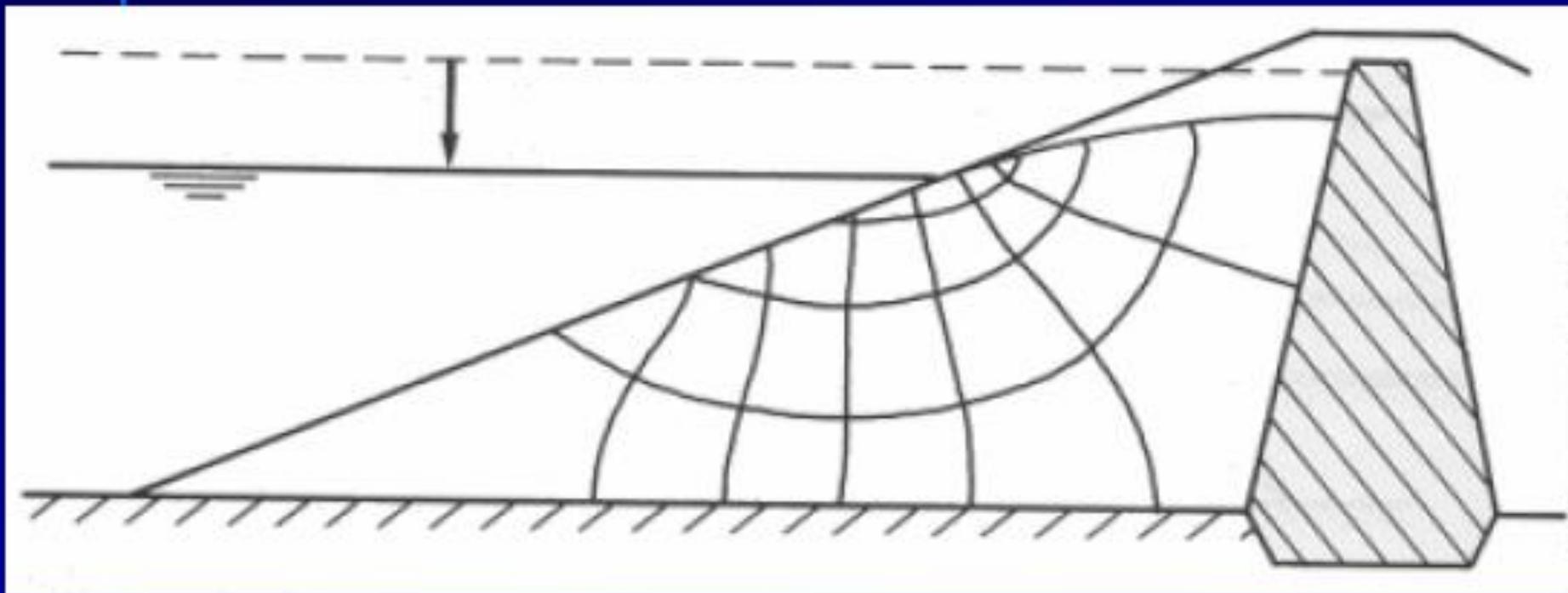
U.S. Bureau of reclamation

TALUDES EN ENROCADO

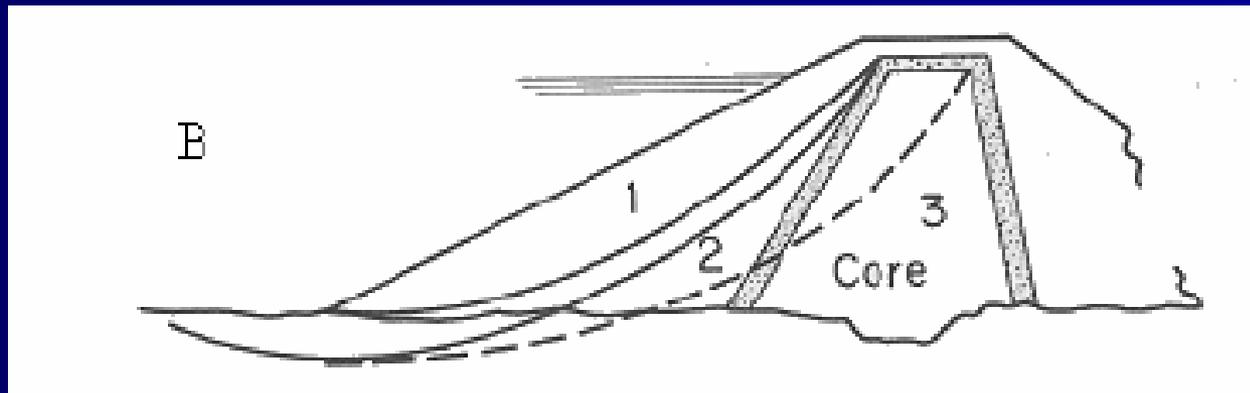
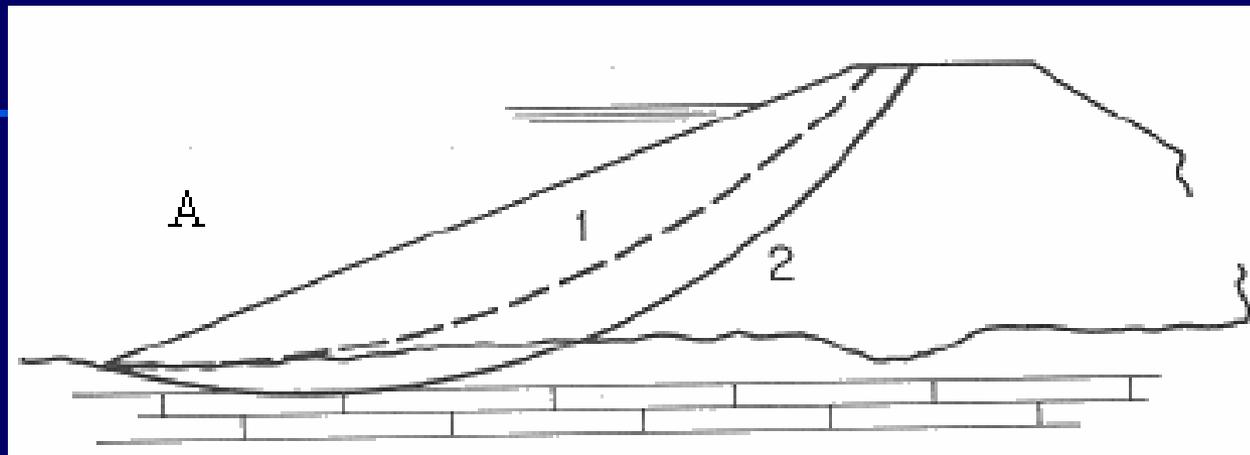
ALTURA(M)	TALUD
15	0.5 H:1V
15 30	0.75 H:1V
30 45	1 H:1V
45	1.3 H:1V



CASO DE DESEMBALSE RAPIDO



CALCULO DE ESTABILIDAD DEL TALUD



PANTALLA DE CONCRETO ARMADO

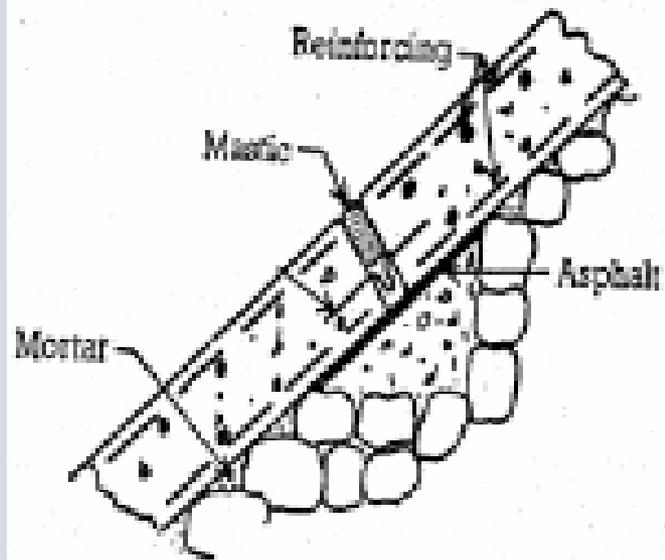


ESPESOR EN PIES:

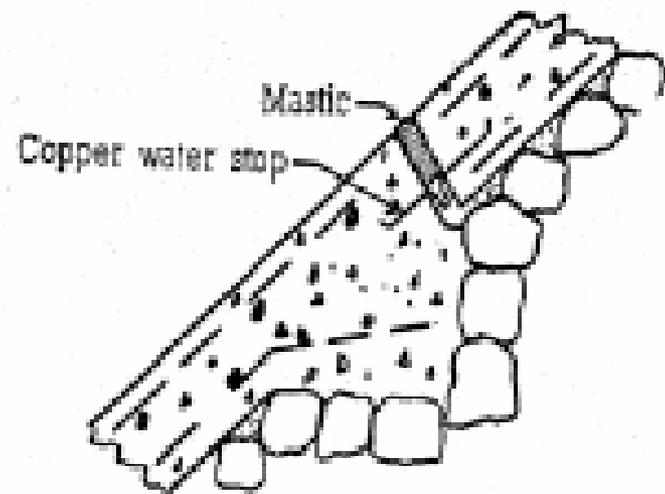
$$t \approx 1 + 0.00735 H$$

REFUERZO : 0.5% DEL AREA EN AMBAS DIRECCIONES

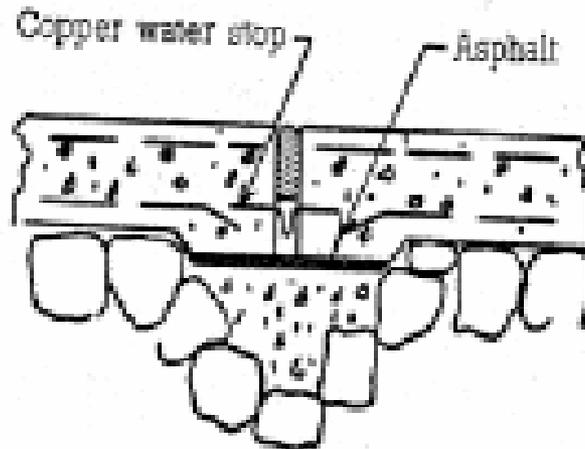
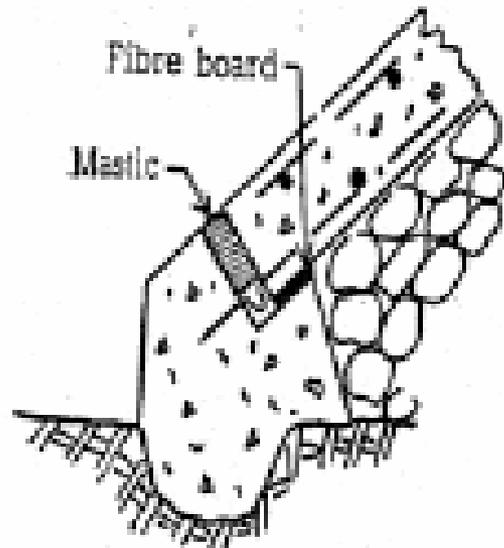




a. Horizontal joint



b. Horizontal joint with supporting rib



PROTECCION DE LOS TALUDES CONTRA LA EROSION

RIP RAP

**ENROCAMIENTO: COLOCADO A MANO
COLOCADO AL VOLTEO**





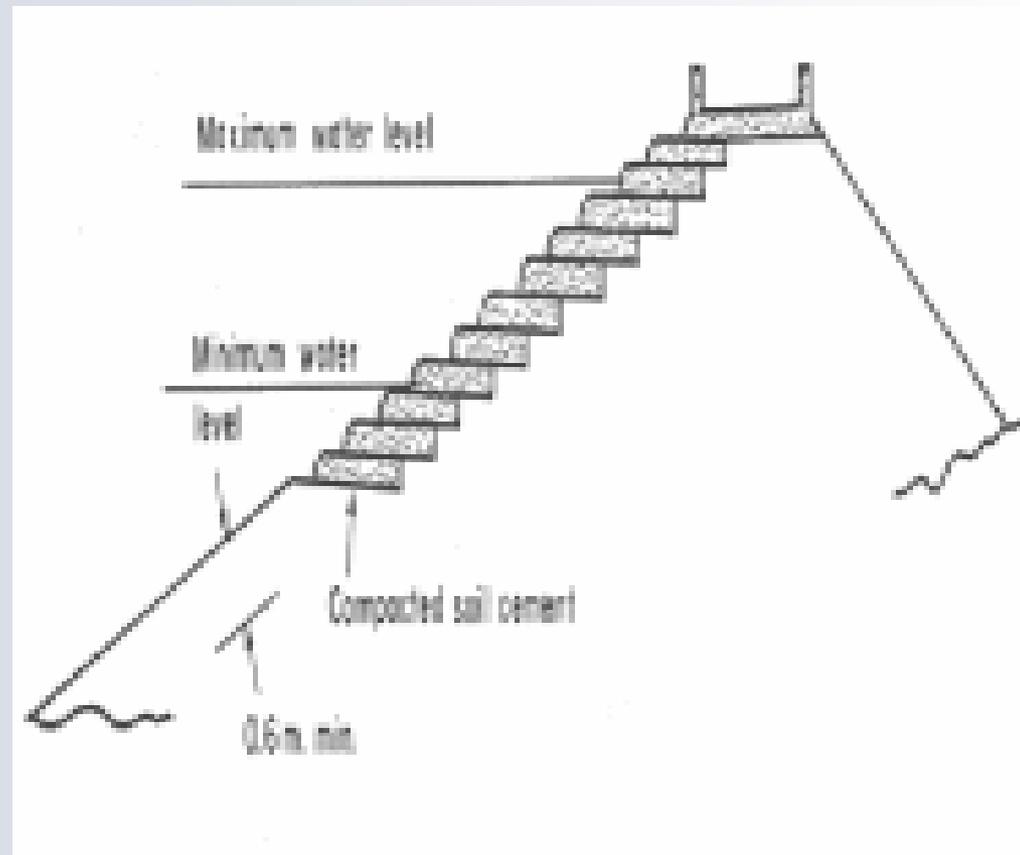
COLOCACION DEL RIP-RAP







PROTECCION CON SUELO-CEMENTO



PROTECCION CON VEGETACION



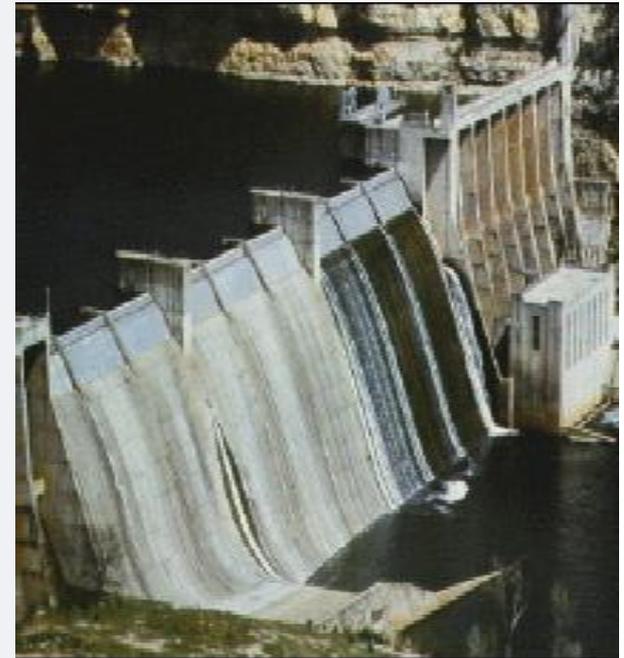


REFUERZO DE LOS TERRAPLENES CON GEOSINTETICOS

- EN LOS ULTIMOS AÑOS SE HAN UTILIZADO GEOSINTETICOS COMO REFUERZO DE LOS TERRAPLENES DE PRESAS CON EL OBJETO DE DISMINUIR LOS VOLUMENES DE MATERIAL DE TIERRA. LA EXPERIENCIA MUESTRA EXITOS Y FRACASOS DEL SISTEMA, Y SE DESCONOCE EL COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO**
- TAMBIEN SE HAN UTILIZADO GEOMEMBRANAS PARA IMPERMEABILIZACION DEL TALUD AGUAS ARRIBA**
- EL USO DE GEOSINTETICOS DEBE LIMITARSE A PRESAS DE MAXIMO 15 METROS DE ALTURA**

VERTEDEROS

En zonas de alto riesgo de sismos, los vertederos deben cimentarse sobre roca.



VERTEDEROS PARA PECES



PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

- ES UN CONCRETO QUE SOPORTA EL PESO DE UN RODILLO VIBRATORIO DURANTE LA COMPACTACION**
- EL CONCRETO COMPACTADO TIENE UN COSTO ENTRE 25 Y 50% MENOS QUE EL CONCRETO CONVENCIONAL.**
- NO USA FORMALETA COMPLEJA**
- RENDIMIENTO DE TIEMPOS DE CONSTRUCCION (HASTA 10.000 M³/DIA)**



AGREGADOS (PARA CONCRETO COMPACTADO)

- TAMAÑO MAXIMO 3"
- PERMITE HASTA EL 18% DE FINOS EN LA FRACCION ARENOSA





2002 6 14



2002 4 11

AGREGADO GRUESO IDEAL

Tamaño de Tamiz	No. 4 a 3"	No. 4 a 1 1/2"	No. 4 a 3/4"
75 mm (3")	100		
63 mm (2 - 1/2")	88		
50 mm (2")	76		
37.5 mm (1 - 1/2")	61	100	
25.0 mm (1")	44	72	
19.0 mm (3/4")	33	55	100
12.5 mm (1/2")	21	35	63
9.5 mm (3/8")	14	23	41
4.75 mm (No. 4)	-	-	-

AGREGADO FINO IDEAL

Tamaño de Tamiz	% que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No. 8)	75 – 95
1.18 mm (No. 16)	55 – 80
600 μm (No. 30)	35 – 60
300 μm (No. 50)	24 – 40
150 μm (No. 100)	12 – 28
75 μm (No. 200)	8 – 18
Fineness modulus	2.10 – 2.75

RELACION AGREGADO FINO/AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo	% de Agregado Fino
3" Triturado	29 a 36
3" Redondeado	27 a 34
1 ½ Triturado	39 a 47
1 ½" Redondeado	35 a 45
¾" Triturado	48 a 59
¾" Redondeado	41 a 45

MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO



- ❑ UTILIZA BAJOS CONTENIDOS DE AGUA Y POR CONSIGUIENTE DE CEMENTO
- ❑ EL SLUMP ES 0.0
- ❑ LA PREPARACION DE LA MEZCLA ES MUY SIMILAR A LA DEL CONCRETO CONVENCIONAL

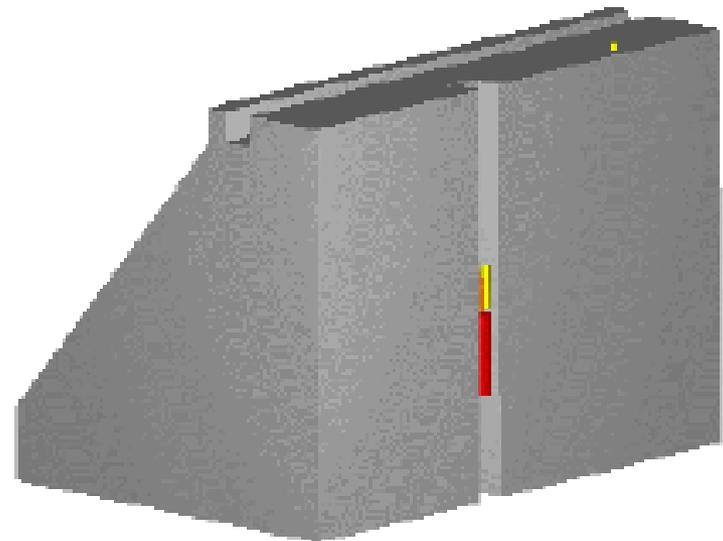
2002 6 11

COLOCACION



- ❑ **CAPAS DE 20 CMS A 60 CMS**
- ❑ **30 CMS ES EL ESPESOR TIPICO DE CAPA**
- ❑ **JUNTAS DE CONTRACCION ENTERRANDO UNA LAMINA METALICA ANTES DE COMPACTAR**

DISEÑO DE PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO



Roller compacted concrete lock wall section

PENDIENTES TÍPICAS

TALUD AGUAS ABAJO: 0.75H:1V A 1H:1V

TALUD AGUAS ARRIBA: SEMIVERTICAL

VERTEDERO: SOBRE LA PRESA

PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO



Referencias

- Proyecto El Quimbo, del Departamento del Huila y de la Nación, Colombia.
- WWW.dspace.espol.edu.ec
- Diseño y construcción proyecto Daule Peripa.
- Suarez D. Jaime, "Deslizamientos y Estabiidad de taludes en zonas tropicales" Ed. Ingeniería de suelos Ltda. Julio de 1998.
- También algunas imágenes y datos de internet.