



COPEGP
COMITE PERUANO
DE GRANDES PRESAS



PROYECTOS DE TERRAPLENES Y PRESAS DE TIERRA CIMENTADAS SOBRE SUELOS BLANDOS

Lima, Junio del 2018

Ing. Miguel de la Torre S.

**CASO HISTORICO DE PRESA DE
TIERRA PROYECTADA SOBRE
SUELOS BLANDOS**

CASO HISTORICO DE PRESA DE TIERRA CONSTRUIDA SOBRE SUELOS BLANDOS

INTRODUCCIÓN

EN 1,974 FUE PROYECTADA UNA PRESA DE TIERRA SOBRE BOFEDALES Y DEPÓSITOS LACUSTRES BLANDOS, EN EL LADO NORTE DE MINNESOTA. LA PRESA PERMITIÓ ALMACENAR RELAVES DE LA MINA DE HIERRO HIBING TACOMITE PLANT, LOCALIZADA EN HIBING MINNESOTA, USA.

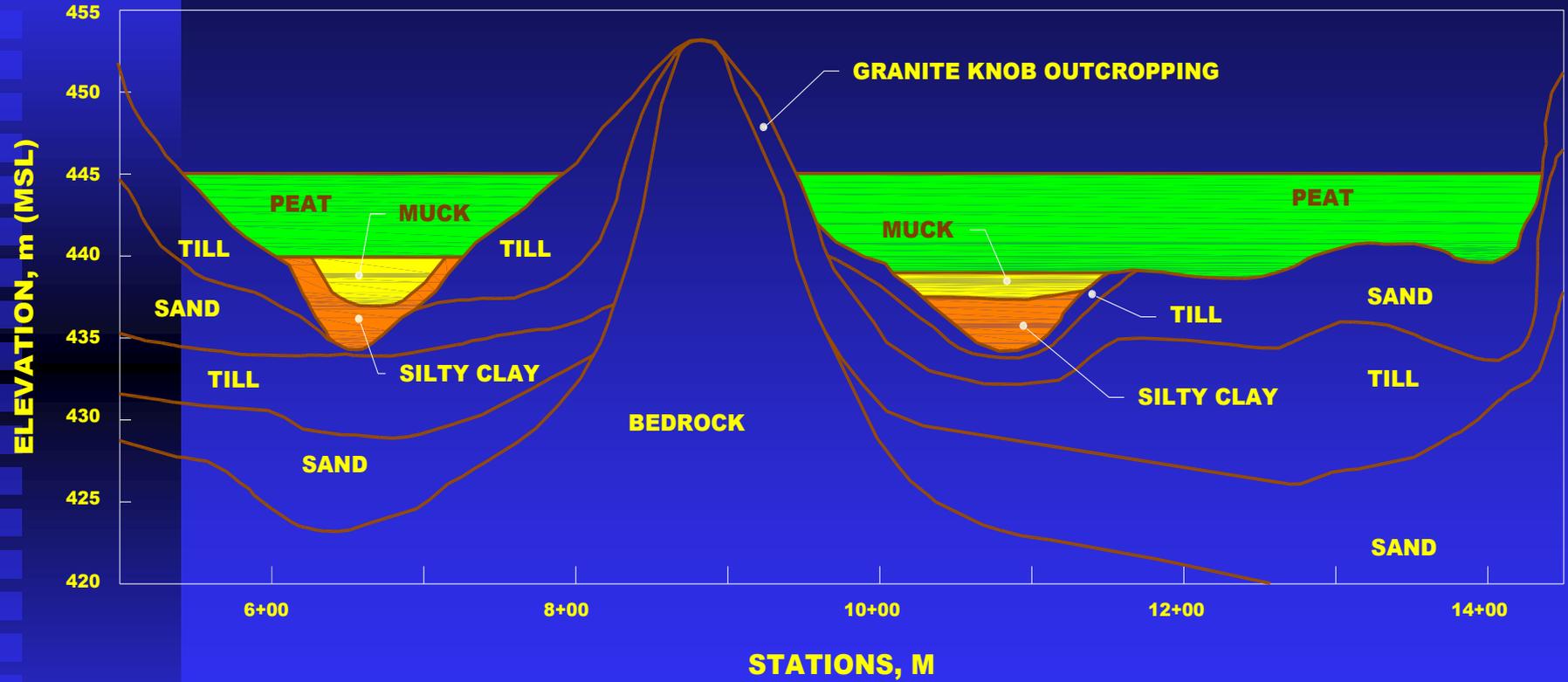
LA PRESA DE TIERRA CON UNA ALTURA MÁXIMA DE 42.7M. Y LONGITUD DE 1,400M, FUE CONSTRUIDA POR ETAPAS.

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DEL SITIO

LOS SUELOS BLANDOS DE LA CIMENTACIÓN DE 21 M.DE ESPESOR ESTABAN CONSTITUIDOS POR :

- ✓ UNA CAPA SUPERFICIAL DE TURBA DE 6 M. DE ESPESOR PROMEDIO.**
- ✓ UNA CAPA DE ARCILLA ORGÁNICA DE 3 M DE ESPESOR.**
- ✓ UNA CAPA DE ARCILLA LIMOSA BLANDA CON ESPESOR DE 12 M.**

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DEL SITIO



GEOLOGIC PROFILE

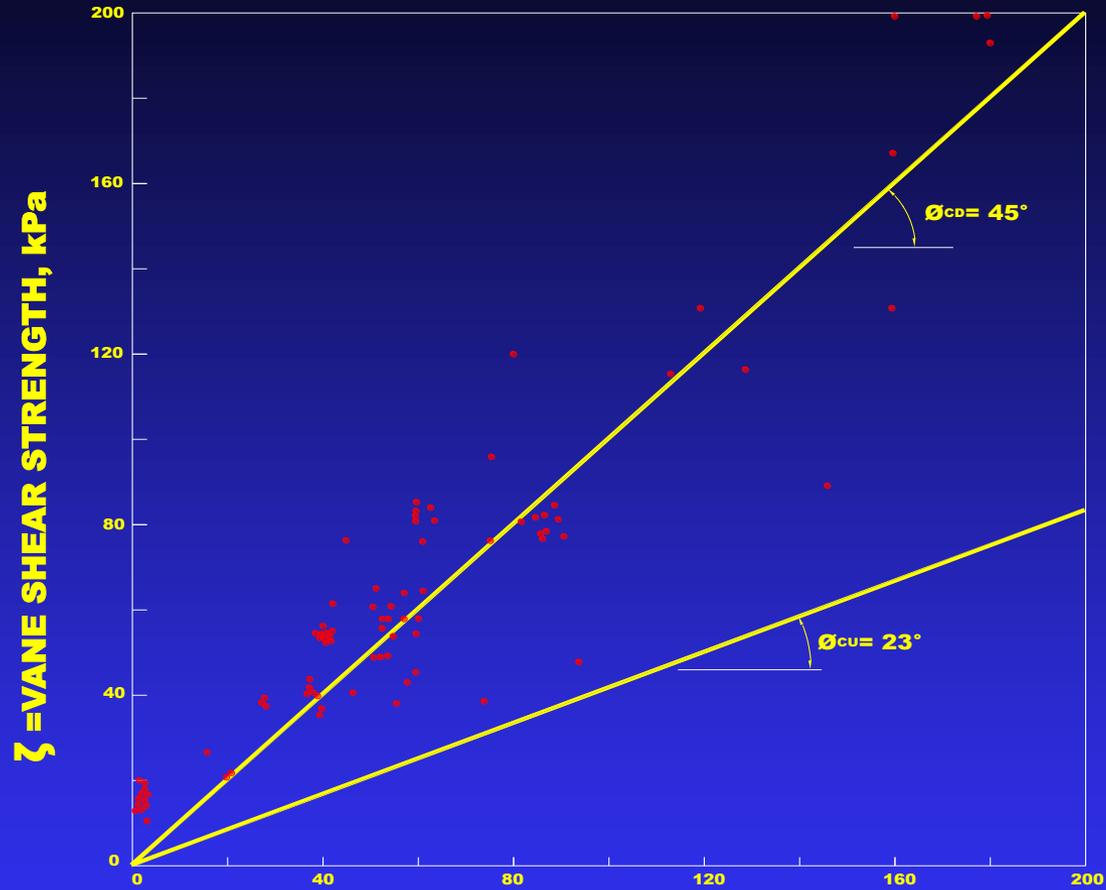
CASO HISTORICO DE PRESA DE TIERRA CONSTRUIDA SOBRE SUELOS BLANDOS

**LAS ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
CIMENTACION DE LA PRESA CONSIDERÓ:**

**✓ REMOCIÓN DE LOS SUELOS ORGÁNICOS
BLANDOS.**

**✓ CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA SOBRE LOS
SUELOS ORGÁNICOS BLANDOS.**

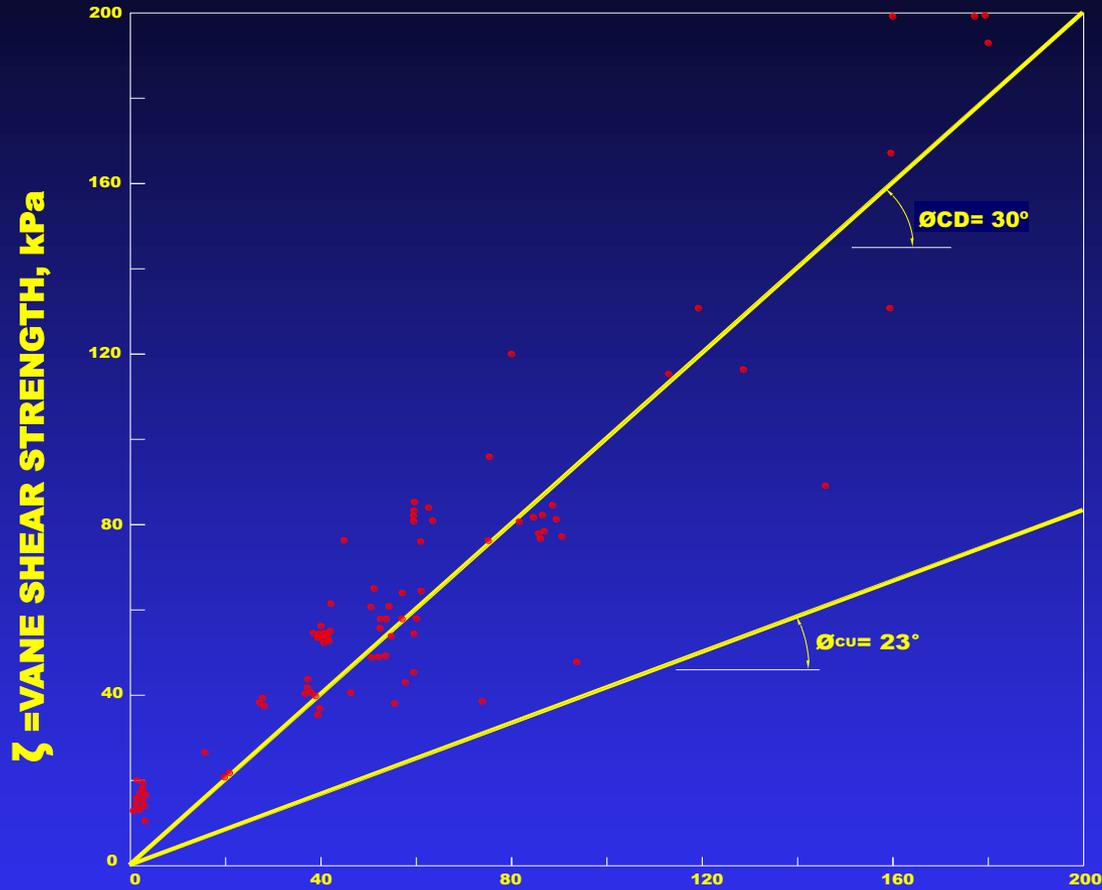
**EL RESULTADO DEL ESTUDIO RECOMENDÓ
QUE EL MEJOR MÉTODO TÉCNICO –
ECONÓMICO ERA LA CONSTRUCCIÓN
SOBRE LOS SUELOS ORGÁNICOS BLANDOS.**



σ_n' = TOTAL VERTICAL LOAD MINUS STATIC WATER

PRESSURE, kPa (Peat)

**RESISTENCIA AL CORTE VELETA VERSUS CARGA VERTICAL
TOTAL EN TURBA**



$\sigma_{n'}$ = TOTAL VERTICAL LOAD MINUS STATIC WATER

PRESSURE, kPa (Peat)

**RESISTENCIA AL CORTE VELETA VERSUS CARGA VERTICAL
TOTAL EN SUELO ORGÁNICO**

a) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE TURBAS, ARCILLAS ORGÁNICAS Y ARCILLAS LIMOSAS BLANDAS (HANSON SOLSENG, SWANSON 1983)

TABLA : PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS BLANDOS

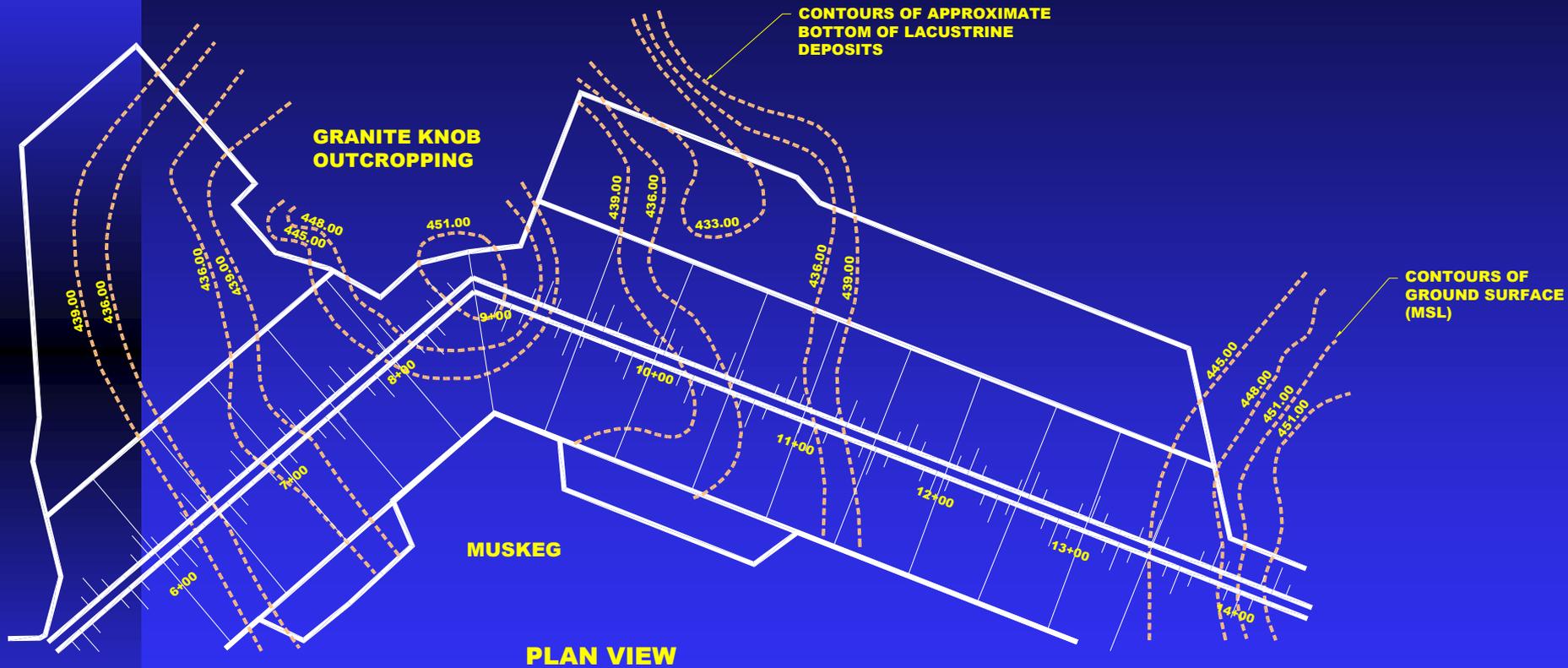
Tipo de Suelo	PROPIEDADES FISICAS					
	Contenido de agua (w %)	Densidad seca (kn/m³)	Gravedad específica	Límite Líquido	Límite Plástico	Contenido orgánico (%)
Turba (Pt)	388 - 573	1.5 – 1.9	1.56	-	-	-
Arcillas y Limos Orgánicos	329 - 509	1.6 – 2.5	2.2	316 - 532	75 - 179	25.8 – 33.8
Arcilla limosa	29 - 47	11.3 – 14.7	-	21 - 48	17 - 23	-

**b) ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE
(HANSON , SOLSENG, REHN, SWASON , 1983)**

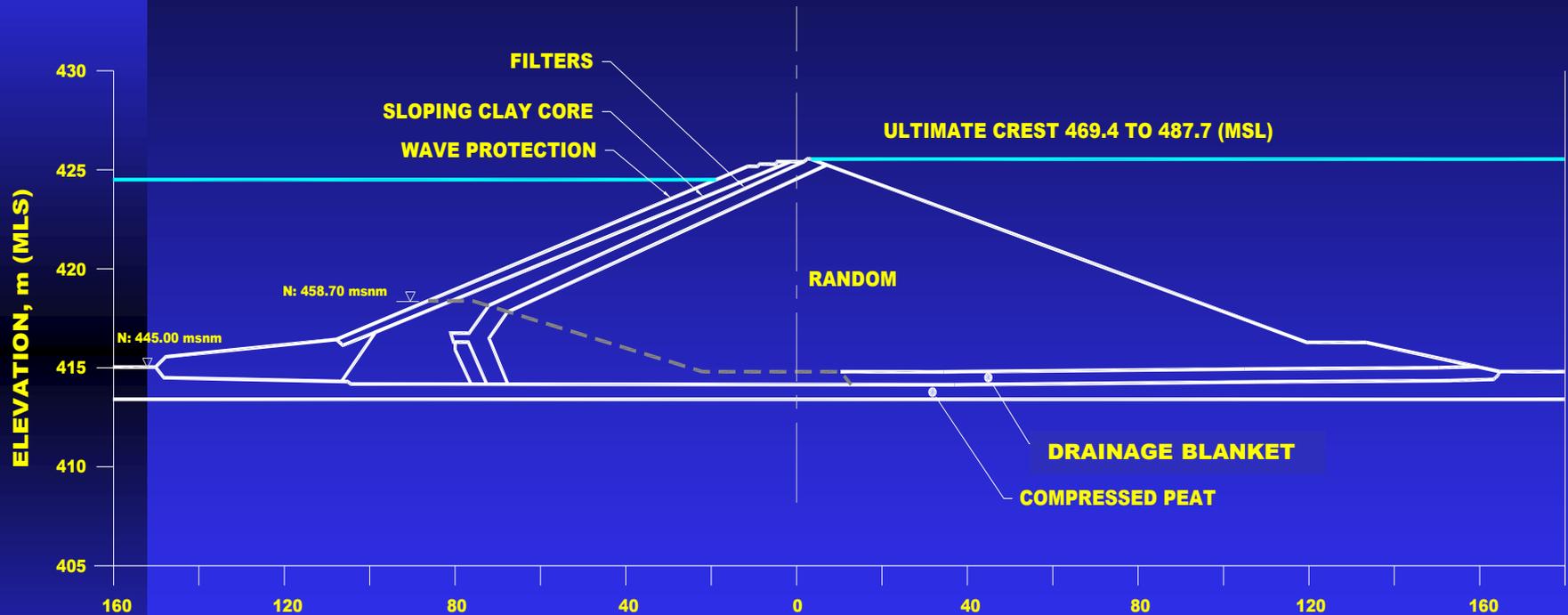
PROPIEDADES DE RESISTENCIA

Tipo de Suelo	Tipo de Ensayo	Resistencia al Corte	
Turba	Corte Directo, CD Triaxial, CU con lectura de presión de poros	$\phi_{CD} = 48^\circ$ $\phi_{CU} = 23^\circ$ $\phi_{CD} = 44^\circ$	$C_{CD} = 0$ $C_{CU} = 2 \text{ KPa}$ $C_{CD} = 0$
Arcilla Orgánica	Corte directo, CU Corte directo, CD Triaxial, UU Triaxial, UU	$\phi_{CU} = 16^\circ - 20^\circ$ $\phi_{CD} = 30^\circ$ $\phi_{UU} = 0^\circ - 1^\circ$ $\phi_{UU} = 1^\circ$	$C_{CU} = 0.5 \text{ KPa}$ $C_{CD} = 0$ $C_{UU} = 4-10 \text{ KPa}$ $C_{UU} = 3-9 \text{ KPa}$
Arcilla limosa	Triaxial, UU Triaxial, UU Corte Directo, CD Triaxial, CU	$\phi_{UU} = 0^\circ$ $\phi_{UU} = 0^\circ$ $\phi_{CD} = 27^\circ$ $\phi_{CU} = 23^\circ$	$C_{UU} = 9 \text{ KPa}$ $C_{UU} = 6 \text{ KPa}$ $C_{CD} = 0$ $C_{CU} = 0$

DISPOSICIÓN EN PLANTA DE LA PRESA HIBING



SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA PRESA HIBING



LA LAMINA MUESTRA LA PRESA DE ARRANQUE QUE CONSTITUYE LA PRIMERA FASE DE UNA SERIE DE RECRECIMIENTOS DEL TERRAPLEN CON EL METODO AGUAS ABAJO

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA TURBA (Pt)

DESDE 1,963 SE EJECUTARON MUCHAS INVESTIGACIONES SOBRE LAS PROPIEDADES DE INGENIERÍA DE LA TURBA.

ASÍ, BRAWNER Y LEA, 1963; CASAGRANDE 1967; RAYMOND, 1969; WEBER, 1969 Y OTROS, MOSTRARON QUE LA TURBA TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS DE INGENIERÍA:

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA TURBA (Pt)

✓ LA BAJA RESISTENCIA AL CORTE INICIAL TIENE UN GRAN INCREMENTO CUANDO ES SOMETIDO A UN CARGADO. EL ÁNGULO DE FRICCIÓN CONSOLIDADO DRENADO, PUEDE VARIAR ENTRE 35° A 50°.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA TURBA (Pt)

✓ PRESENTAN GRANDES ASENTAMIENTOS PARA PEQUEÑAS CARGAS APLICADAS, Y UN POTENCIAL PARA GRANDES ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.

✓ EL ASENTAMIENTO DEBIDO A LA CONSOLIDACIÓN SECUNDARIA SERÁ GRANDE, Y PUEDE SER DEL MISMO ORDEN QUE LA CONSOLIDACIÓN PRIMARIA.

CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS DE LA TURBA (Pt)

✓ LA TURBA PUEDE TENER UNA GRAN PERMEABILIDAD INICIAL (10^{-4} CM/SEG), PERO PUEDE DECRECER POR 3 ÓRDENES DE MAGNITUD, BAJO UNA CARGA SUPERFICIAL DE 85 A 95 KPA.

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LA TURBA (Pt)

✓ LA TURBA TENDRÁ UN RÁPIDO RANGO INICIAL DE CONSOLIDACIÓN, QUE DECRECERÁ CON EL CARGADO.

✓ COMO CONSECUENCIA DEL GRAN ASENTAMIENTO QUE TIENE LA TURBA DURANTE EL CARGADO, EXISTE UN SIGNIFICANTE POTENCIAL PARA EL AGRIETAMIENTO DEL TERRAPLÉN.

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

**EL PROYECTISTA DE UNA PRESA PUEDE TOMAR
VENTAJAS DEL GRAN INCREMENTO EN
RESISTENCIA AL CORTE; ASOCIADO CON UNA
SIGNIFICANTE REDUCCIÓN DE VALORES DE
PERMEABILIDAD Y RANGO DE CONSOLIDACIÓN
DESPUÉS DE LA CONSOLIDACIÓN.**

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

DE OTRO LADO, ES NECESARIO QUE LOS INCREMENTOS DE CARGA, TENGAN EL SUFICIENTE TIEMPO PARA LA DISIPACIÓN DE LAS PRESIONES DE PORO EN EXCESO, CON EL PROPÓSITO DE UTILIZAR EL GRAN INCREMENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE POR LA CARGA APLICADA.

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

✓ PARA ACELERAR EL PROCESO DE CONSOLIDACIÓN DE LOS SUELOS BLANDOS, FUE PROYECTADO UN BLANKET DE DRENAJE DE ARENA EN LA BASE DE LA PRESA, CUYO ESPESOR FUE MAYOR AL ASENTAMIENTO TOTAL ESPERADO.

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

- ✓ LA PRESA SE CONSTRUYÓ EN ETAPAS, PARA UTILIZAR EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA AL CORTE, EN LAS SUCESIVAS ELEVACIONES DEL TERRAPLÉN.**
- ✓ EL TIEMPO ENTRE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ETAPAS FUE DETERMINADO EN BASE A LA DATA DEL LABORATORIO Y EXPERIENCIA OBTENIDA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ETAPAS.**

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

- ✓ DE ACUERDO CON LA EXPERIENCIA PREVIA, SE EVITÓ DISTURBAR LA CAPA SUPERFICIAL, PARA MANTENER LA CAPACIDAD DE CARGA DE LA CIMENTACIÓN.**
- ✓ LA VEGETACIÓN SUPERFICIAL FUE REMOVIDA A MANO, Y EMPLEANDO TÉCNICAS PARA EVITAR LA RUPTURA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO.**

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

✓ LA PRESA FUE DISEÑADA PARA TENER UN FACTOR DE SEGURIDAD LIGERAMENTE MÁS GRANDE QUE 1.0 DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, Y UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 1.5 CON DEPÓSITO LLENO.

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

✓ EL FACTOR DE SEGURIDAD CON DEPÓSITO LLENO FUE ESTIMADO SOBRE LA BASE DE UN INCREMENTO ANTICIPADO DE LA RESISTENCIA AL CORTE CON LA CONSOLIDACIÓN.

CRITERIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ADOPTADOS (1974)

DURANTE LA CONSTRUCCIÓN EL FACTOR DE SEGURIDAD FUE VERIFICADO CON EL MONITOREO DE PLACAS DE ASENTAMIENTO, INCLINÓMETROS, PIEZÓMETROS CASAGRANDE.

ADEMÁS SE EFECTUARON ENSAYOS DE CORTE VELETA, PARA OBTENER UN ÍNDICE DEL INCREMENTO DE RESISTENCIA AL CORTE CON LA CONSOLIDACIÓN.

CONCLUSIONES

LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HIBING ES UNA EXPERIENCIA QUE ENSEÑA QUE PUEDE SER CONSTRUIDO UN TERRAPLÉN ECONÓMICO Y SEGURO, SOBRE UNA CIMENTACIÓN CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS, CONSIDERANDO LOS SIGUIENTES CRITERIOS:

- a) LA INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO DEBE DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS BLANDOS**

CONCLUSIONES

b) DESARROLLAR EL DISEÑO DE UNA SECCIÓN DE LA PRESA, PARA SOPORTAR GRANDES ASENTAMIENTOS Y POTENCIAL AGRIETAMIENTO DEL TERRAPLÉN.

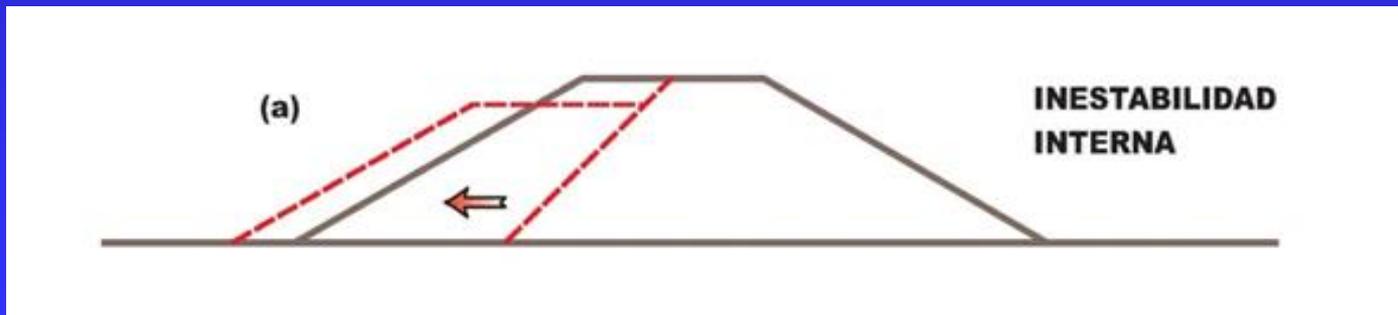
c) INSTALACIÓN DE ADECUADA INSTRUMENTACIÓN, PARA MEDIR LOS GRANDES CAMBIOS DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS QUE OCURREN EN LOS SUELOS BLANDOS DURANTE EL PROCESO DE CONSOLIDACIÓN, PARA CARGAS APLICADAS RELATIVAMENTE PEQUEÑAS.

**CRITERIOS ACTUALES PARA EL
DISEÑO DE TERRAPLENES Y PRESAS
DE TIERRA SOBRE SUELOS
BLANDOS**

MECANISMOS DE FALLAS DE TERRAPLENES PROYECTADOS SOBRE SUELOS BLANDOS

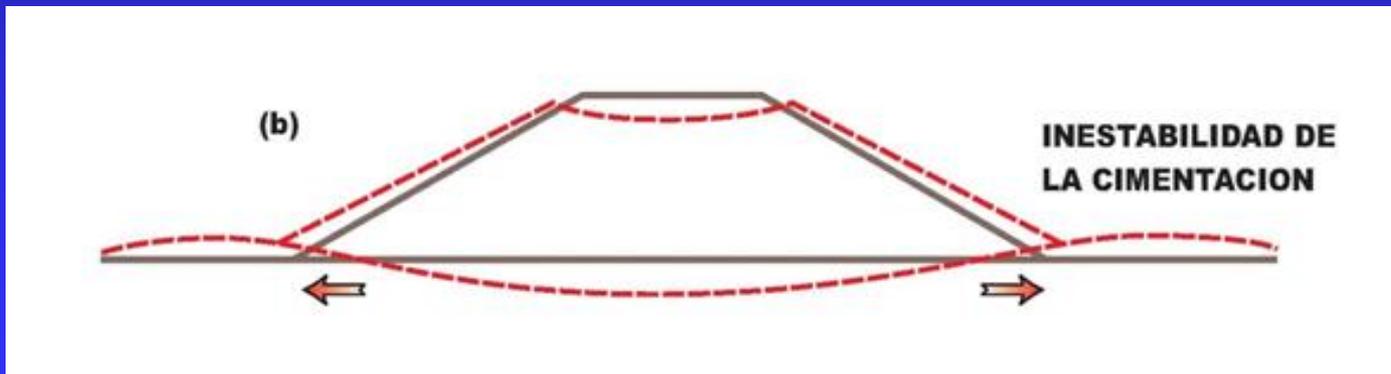
Los Mecanismos de Fallas de Terraplenes proyectados sobre suelos blandos con baja resistencia al corte, según Jowell 1982; Bonaparte y Christopher, 1987; son los siguientes:

a) **Inestabilidad Interna:** ruptura con falla por traslación del terraplén.



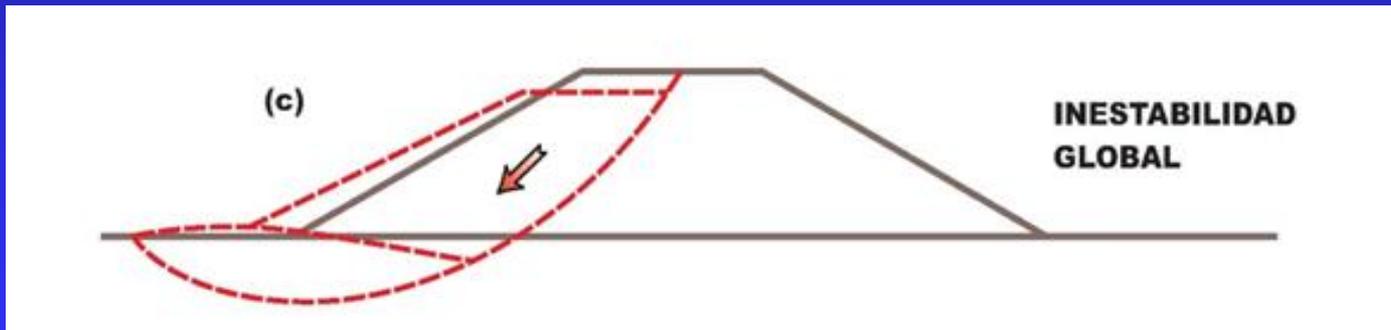
MECANISMOS DE FALLAS DE TERRAPLENES PROYECTADOS SOBRE SUELOS BLANDOS

- b) Inestabilidad de la Fundación: ruptura o extrusión de la fundación, bajo el terraplén intacto (Falla por Capacidad Portante)



MECANISMOS DE FALLAS DE TERRAPLENES PROYECTADOS SOBRE SUELOS BLANDOS

- c) Inestabilidad Global: ruptura del conjunto terraplén – fundación, en una superficie de ruptura bien definida.



MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

METODOS

- I. PRE-CARGADO**
- II. PRE-CARGADO CON DRENES VERTICALES**
- III. SUSTITUCION DE CAPA BLANDA**
- IV. COLUMNAS GRANULARES**
- V. ELECTRO-OSMOSIS**
- VI. TERRAPLENES APOYADOS SOBRE PILOTES**
- VII. TERRAPLENES APOYADOS SOBRE COLUMNAS JET GROUTING**

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES , CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
I	Pre – Cargado	Compresibilidad Permeabilidad de suelos blandos	Lento y económico (bajo costo)

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES, CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
II	Pre- Cargado con drenes verticales	Compresibilidad Permeabilidad Horizontal y vertical suelos blandos	Rápido y costo moderado

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES, CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
III	Sustitución de capa blanda	Espesor de capa Suelo blando	Es rápido cuando las condiciones hidrogeológicas no dificultan el proceso de remoción; es caro

EL METODO ES RECOMENDABLE HASTA UNA PROFUNDIDAD DE REMOCION DE 4 METROS

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES, CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
IV	Columnas granulares (gravas)	Resistencia de suelo y módulos	Rápido y Costoso

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES, CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
V	Terraplenes apoyados sobre pilotes	Resistencia de suelo y módulo	Rápido y Costoso

MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOTECNICAS DE LA CIMENTACION DE TERRAPLENES, CONSTITUIDA POR SUELOS BLANDOS (Magnan 1994)

	<i>Método</i>	<i>Datos necesarios</i>	<i>Velocidad del tratamiento de la cimentación y costo</i>
VI	Terraplenes apoyados sobre columnas Jet Grouting	Resistencia de suelos y módulos	Rápido y Costoso

METODO DE PRECARGADO POR ETAPAS CON DRENES VERTICALES

EL METODO ESTA CONSTITUIDO POR LOS SIGUIENTES PASOS:

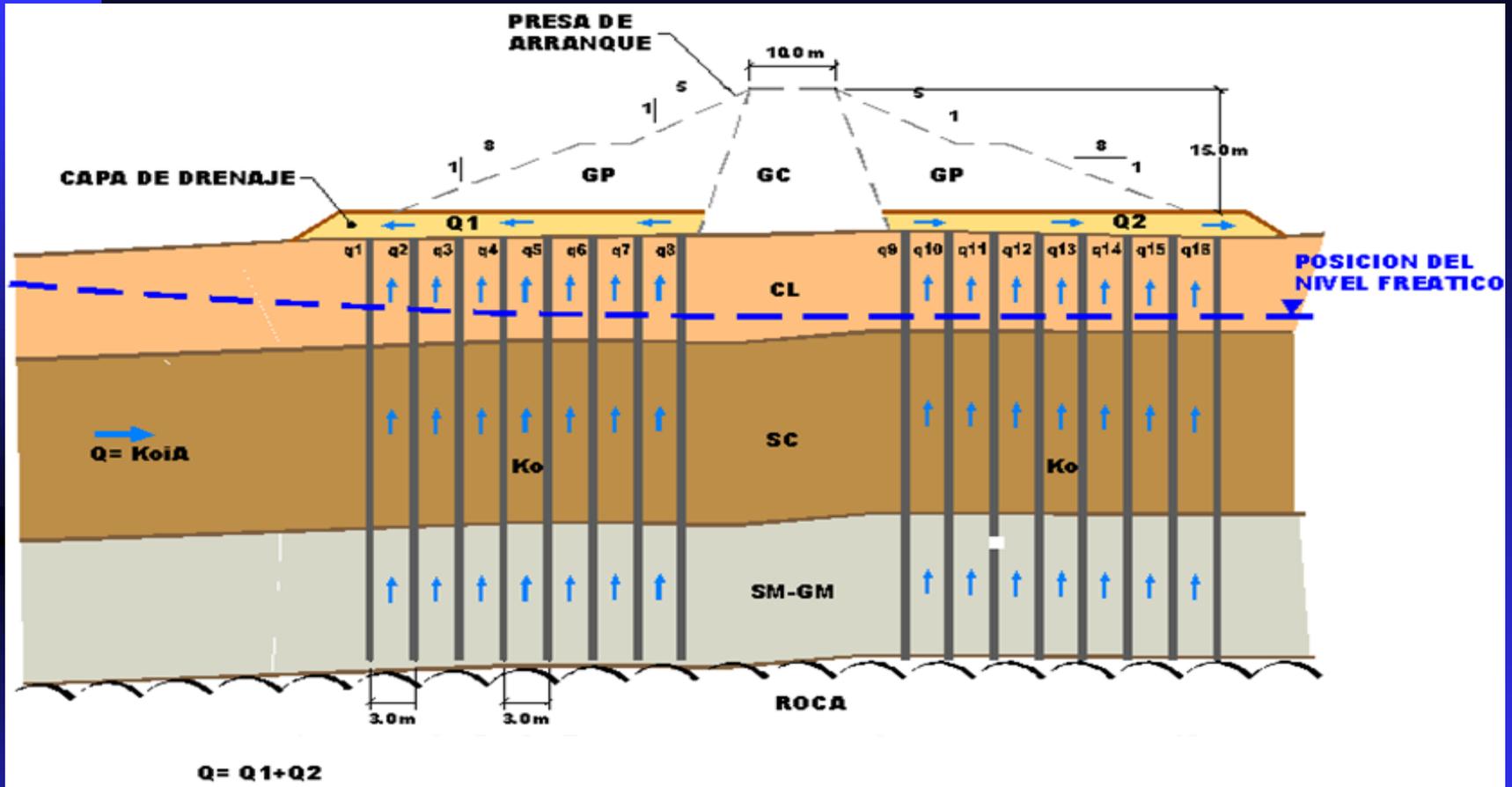
- 1.0 CALCULO DEL ASENTAMIENTO DE LA CAPA DE SUELO BLANDO APLICANDO LA CARGA DE LA PRESA FINAL**
- 2.0 COLOCACION DE UNA CAPA DE ARENA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA CIMENTACION CON ESPESOR MAYOR QUE EL ASENTAMIENTO CALCULADO**
- 3.0 INSTALACION DE DRENES VERTICALES DESDE LA SUPERFICIE DE LA CAPA DE ARENA**

METODO DE PRECARGADO POR ETAPAS CON DRENES VERTICALES

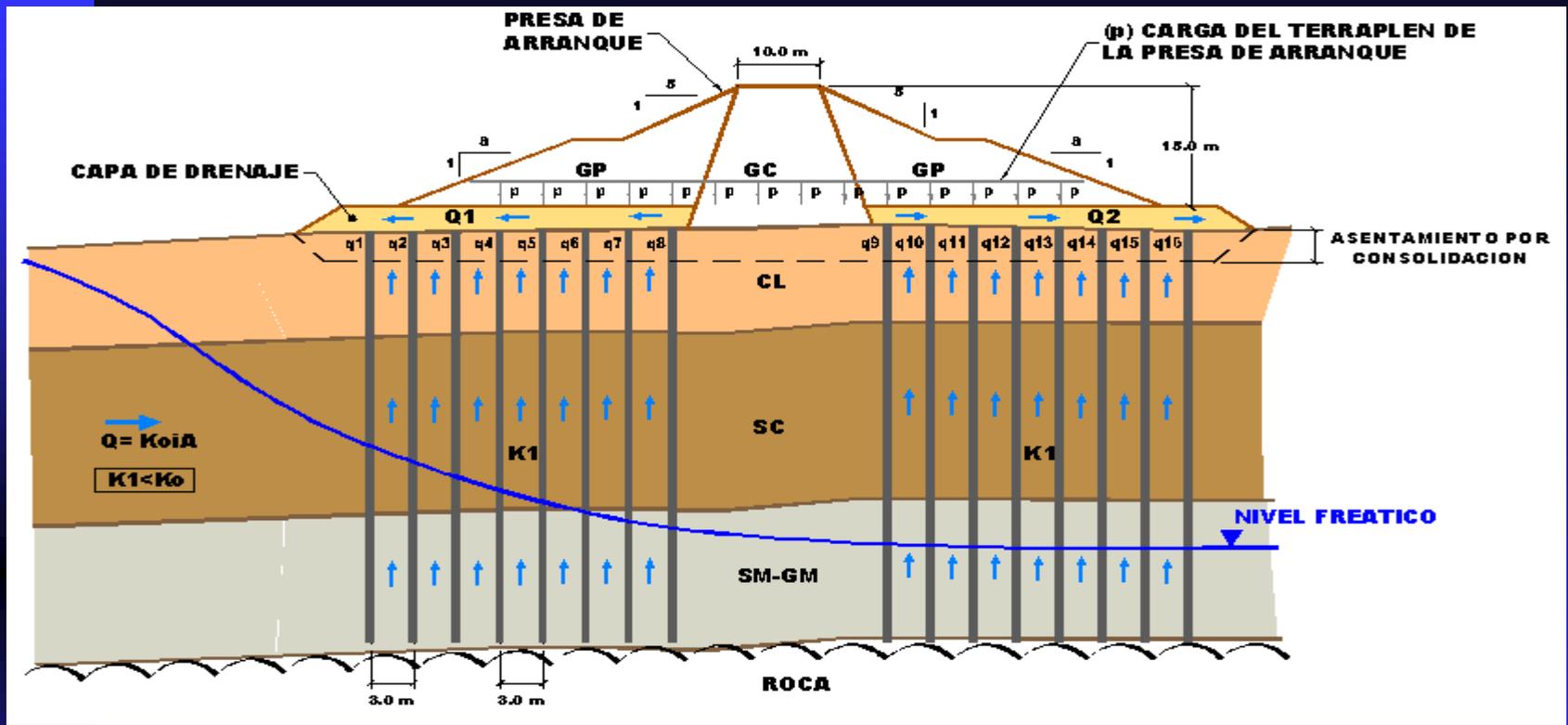
- 4.0 INSTALACION DE UNA MANTA GEOTEXTIL SOBRE LA SUPERFICIE DE LA CAPA DE ARENA**
- 5.0 INSTALACION DE GEOMALLAS BIAXIALES O TRIAX SOBRE LA MANTA GEOTEXTIL**
- 6.0 CONSTRUCCION DE LA PRIMERA ETAPA DEL TERRAPLEN DE LA PRESA SOBRE LAS GEOMALLAS BIAXIALES INSTALADAS**

METODO DE PRECARGADO CON DRENES VERTICALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CIMENTACION

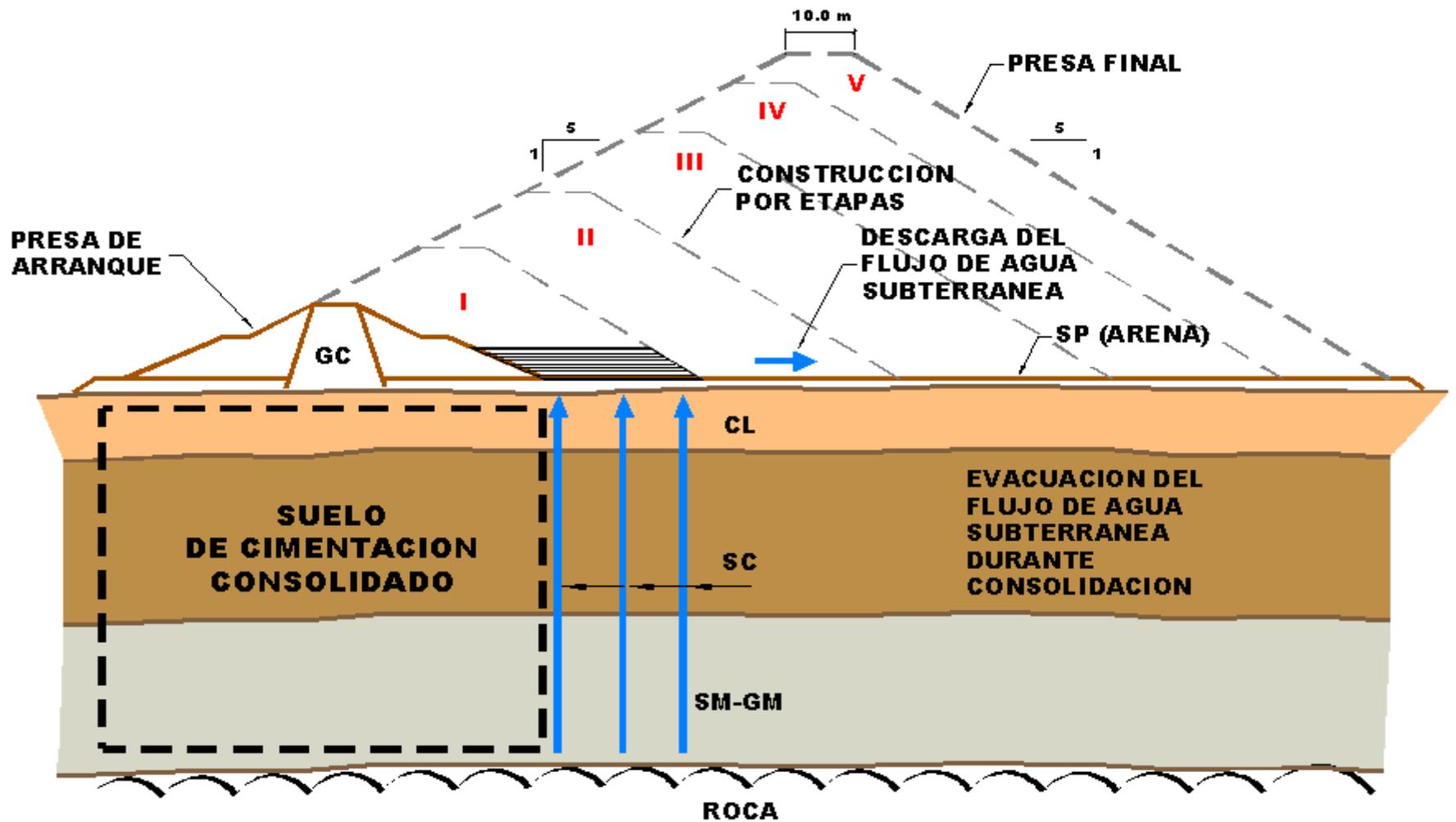
DURANTE EL PRECARGADO COMO SE MUESTRAN EN LAS SIGUIENTES FIGURAS, EL PROCESO DE CONSOLIDACION DE LAS CAPAS DE ARCILLAS BLANDAS Y SUELOS ORGANICOS, DETERMINA EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DE DICHOS SUELOS Y LA OBTENCION DE UN FACTOR DE SEGURIDAD ACEPTABLE CONTRA FALLA.



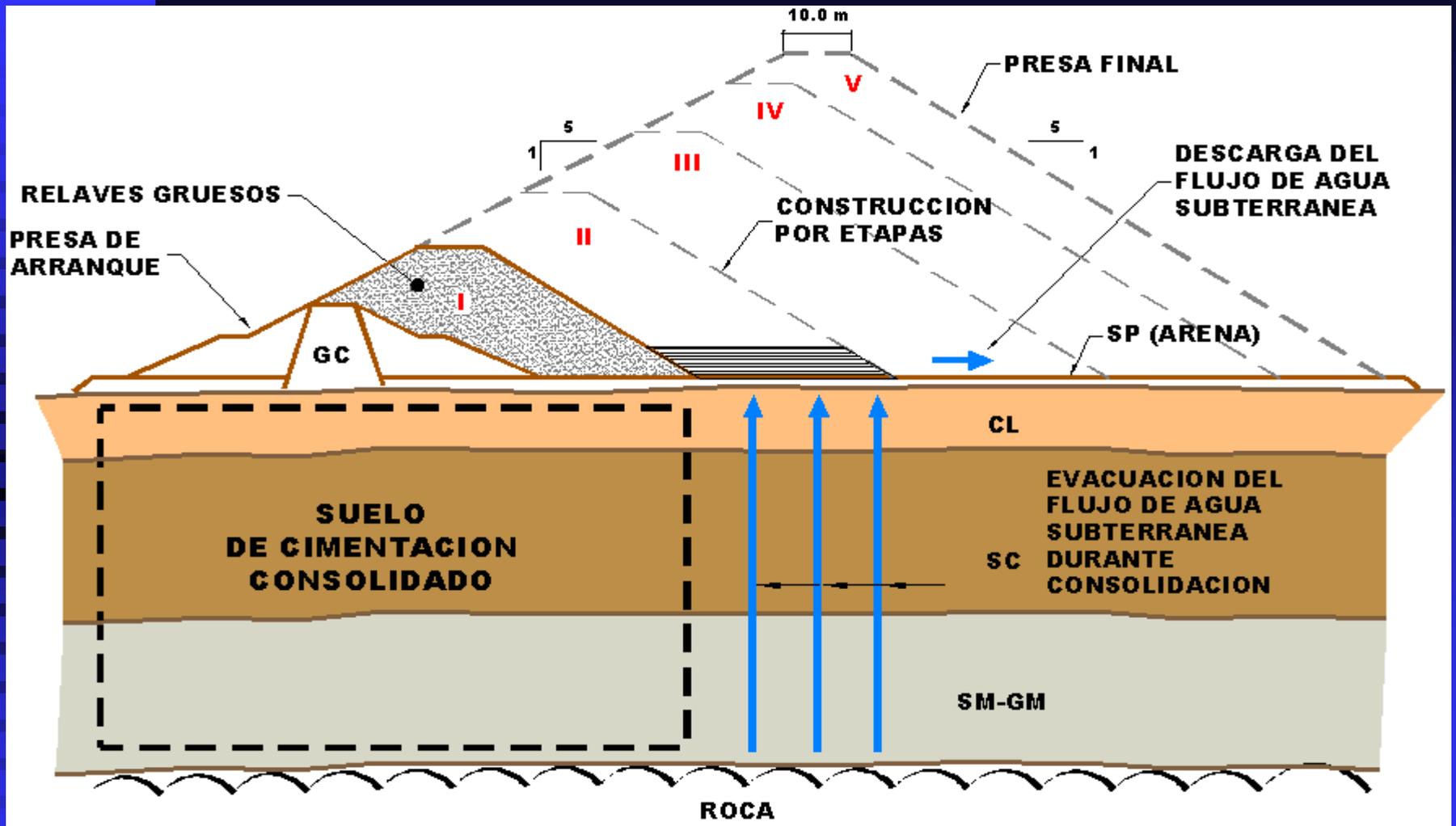
- 1. INSTALACION DEL BLANKET FILTRANTE Y DRENES VERTICALES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA INICIAL, ASI COMO GEOMALLAS BIAXIALES CON GEOTEXILES SOBRE DICHA CAPA FILTRANTE.**



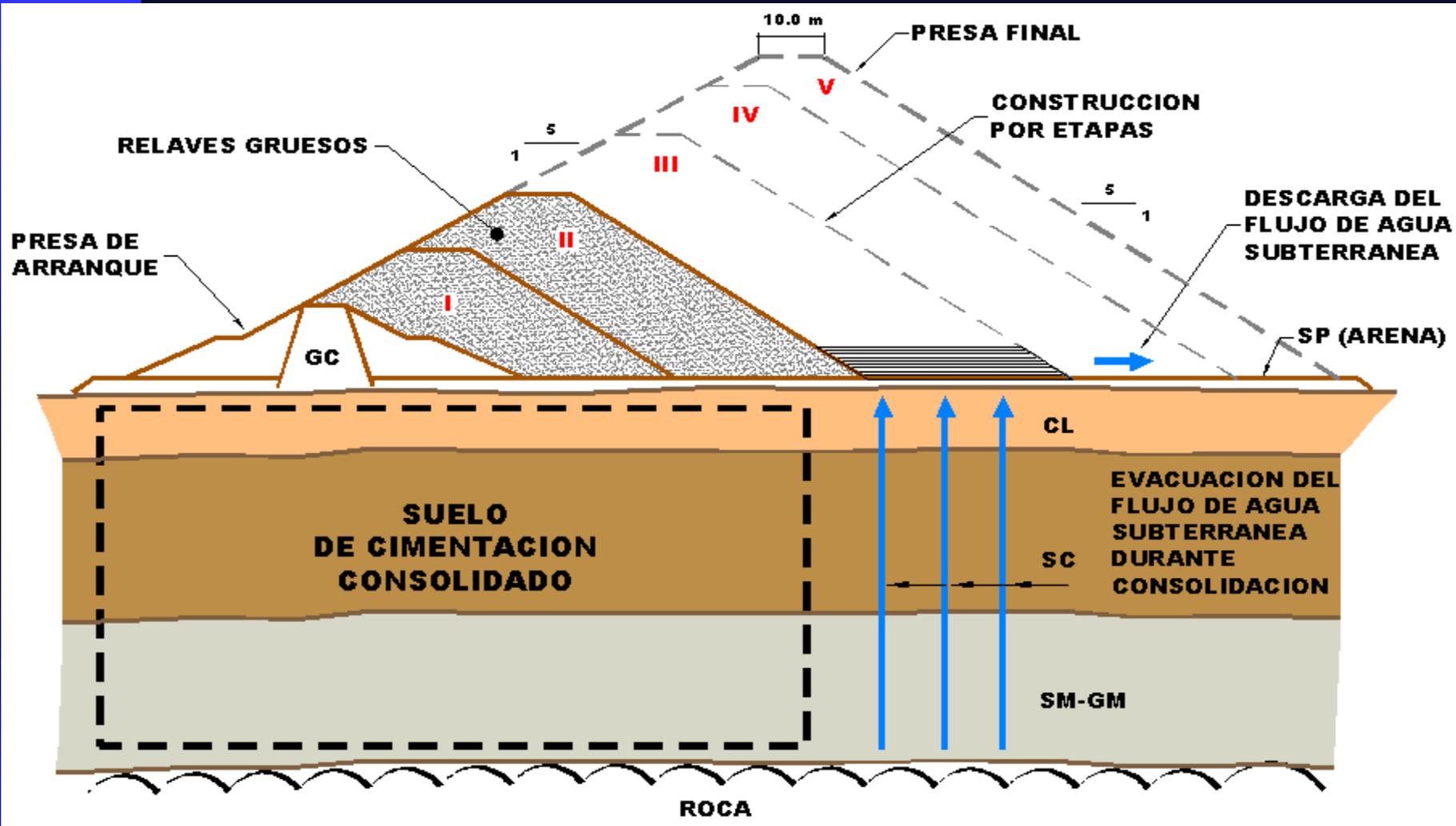
2.0 LA CONSTRUCCION DEL TERRAPLEN DE LA PRESA DE ARRANQUE INICIARA EL PROCESO DE CONSOLIDACION DE LOS SUELOS BLANDOS DE LA CIMENTACION



CONSTRUCCION DE LA ETAPA I DE LA PRESA CON EL METODO AGUAS ABAJO



CONSTRUCCION DE LA ETAPA II DE LA PRESA CON EL METODO AGUAS ABAJO



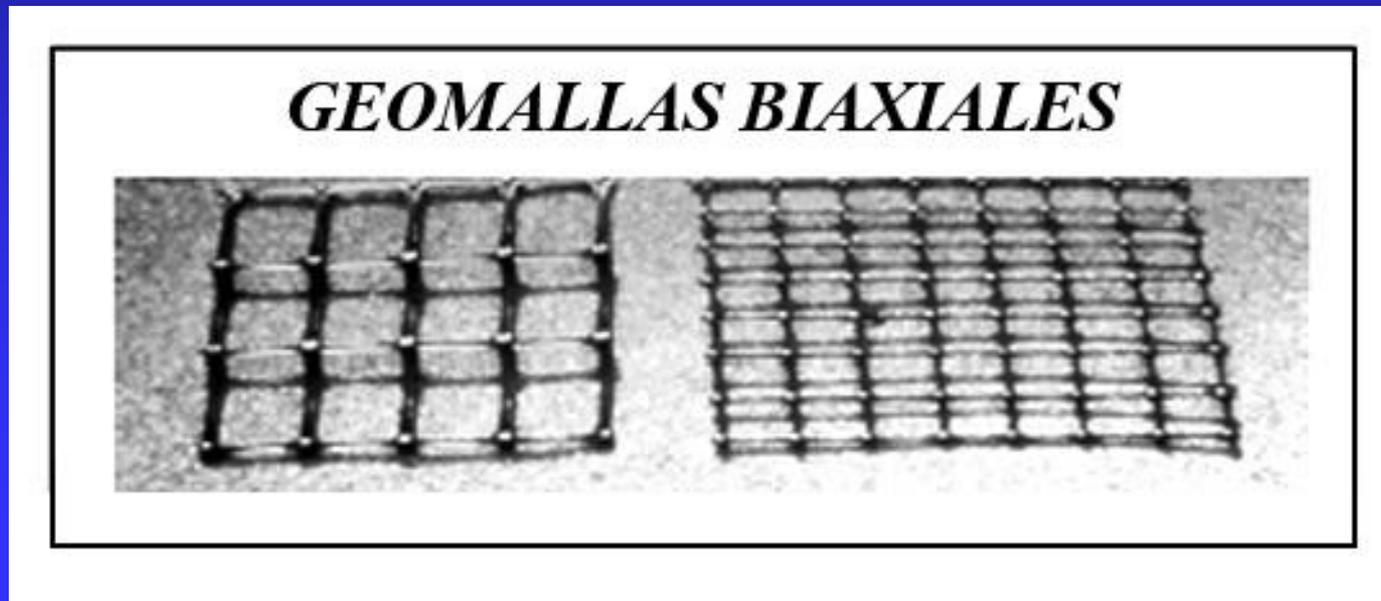
CONSTRUCCION DE LA ETAPA III DE LA PRESA CON EL METODO AGUAS ABAJO

RELACION DE GEOSINTETICOS QUE SERAN EMPLEADOS EN EL MEJORAMIENTO DE LA CIMENTACION DE SUELOS BLANDOS CON GEOSINTETICOS – METODO PRECARGADO CON DRENES VERTICALES

- GEOMALLA BIAXIAL
- GEOTEXTIL
- DRENES VERTICALES

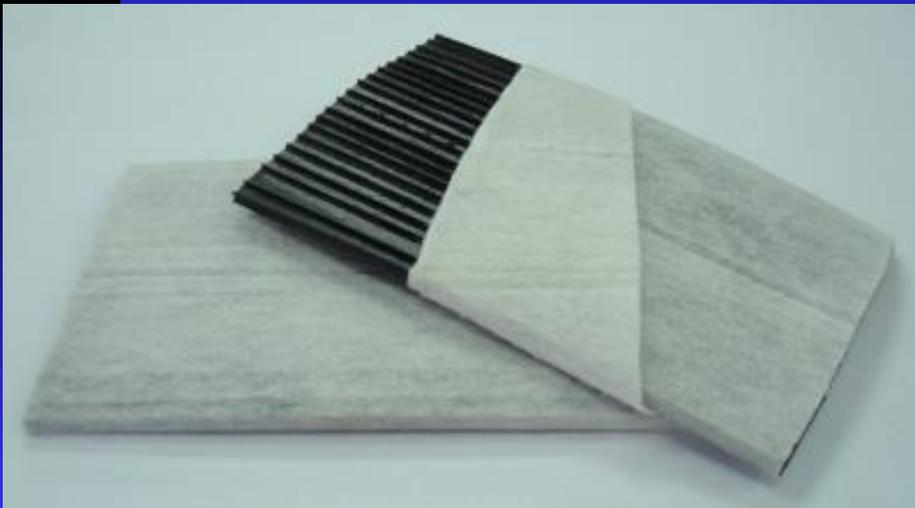
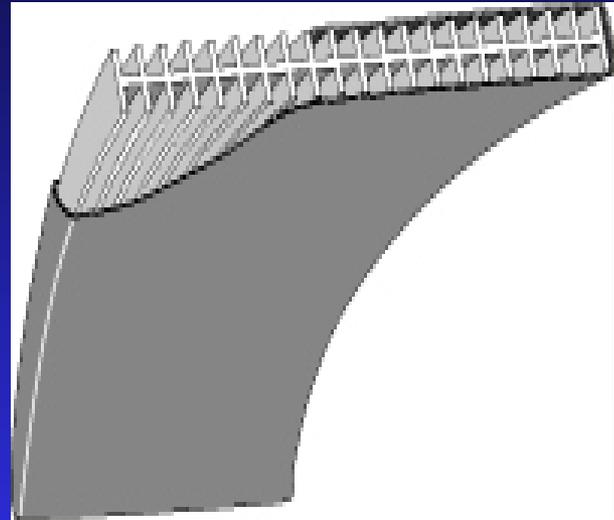
GEOMALLAS BIAXIALES

Las geomallas Biaxiales son fabricadas con láminas de polipropileno, perforadas con formas de cuadrados y luego sometidas a estiramientos longitudinales y transversales.



INSTALACION DE DRENES VERTICALES

DETALLE DE DRENES VERTICALES (WICK DRAIN)







**EXPERIENCIA EN EL PERU DE PROYECTO
DE PRESA DE TIERRA CIMENTADA EN
SUELOS BLANDOS APLICANDO EL
METODO DE MEJORAMIENTO DE LA
CIMENTACION CON COLUMNAS
JETGROUTING Y GEOSINTETICOS**

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

El depósito de relaves Sinaycocha 1 fue diseñado para ser construido en dos etapas:

- a) PRIMERA ETAPA: La presa consiste de un terraplen de tierra tipo homogéneo, ubicado en el lado izquierdo del valle Sinaycocha (4,200 msnm).



PRIMERA ETAPA: CONSTRUCCION DE LA PRESA DE TIERRA

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

b) SEGUNDA ETAPA (sobreelevación)

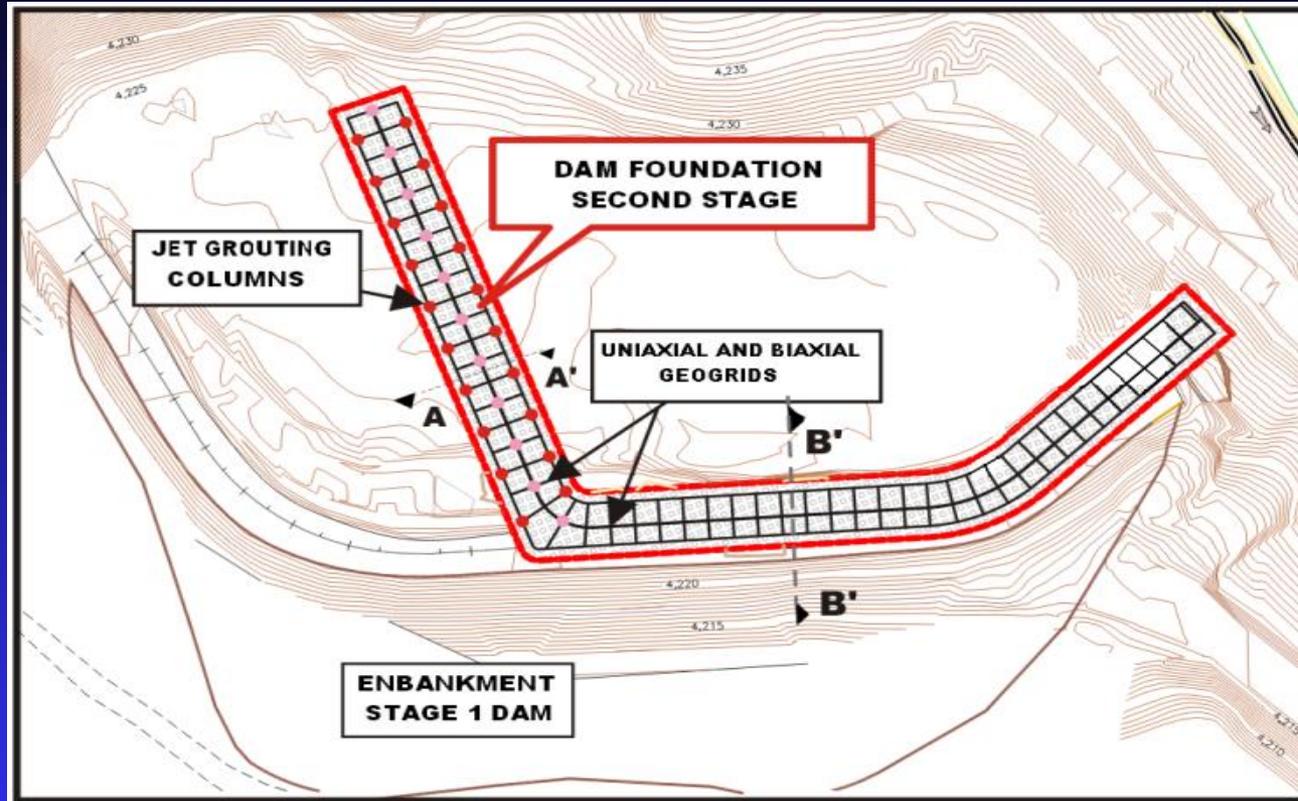
Debido a las condiciones topográficas difíciles del sitio, la presa fue sobreelevada mediante el método aguas arriba, tal como muestra la figura 1

CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA ETAPA

La sobreelevación fue diseñada considerando los siguientes criterios:

- a) Sector de Presa cimentada sobre relaves finos (limos arenosos)
- b) Sector de Presa cimentada sobre el terraplen de la primera etapa.

SEGUNDA ETAPA: SOBREELEVACION



LA SOBREELEVACION DE LA PRESA DE TIERRA FUE PROYECTADA CONSIDERANDO UN SECTOR APOYADO DIRECTAMENTE SOBRE LA PRESA DE ARRANQUE, MIENTRAS QUE EL OTRO SECTOR FUE CIMENTADO SOBRE MATERIAL LIMO ARENOSO DE NATURALEZA BLANDA (RELAVES FINOS)

EN EL SECTOR LIMO-ARENOSO, LA PRESA FUE APOYADA SOBRE COLUMNAS JET GROUTING Y GEOSINTETICOS.

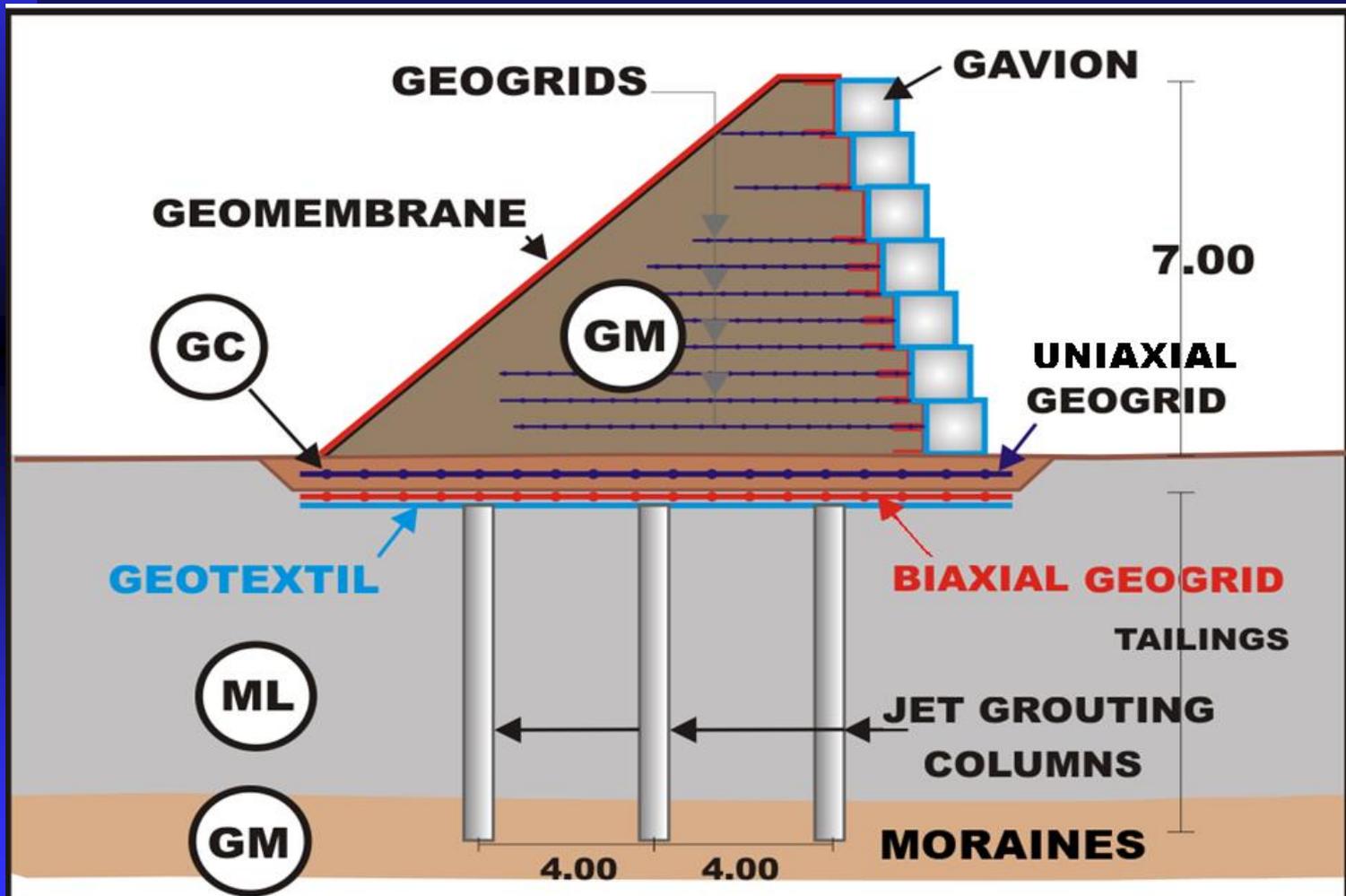
TRATAMIENTO DE LA CIMENTACION DE LA PRESA APOYADA SOBRE RELAVES

La cimentación de la presa en el sector del almacenamiento de relaves (Suelos Blandos) fue tratada mediante columnas jet grouting instaladas en los relaves finos. Asimismo se colocaron geomallas biaxiales y uniaxiales, entre la base de la presa y los niveles superiores de las columnas jet grouting.

IMPERMEABILIZACION DEL DEPOSITO DE RELAVES

Para el control de la infiltración hacia los niveles inferiores del efluente líquido, el vaso de la segunda etapa fue impermeabilizada mediante la instalación de una geomembrana HDPE de 1.5 mm de espesor, apoyado sobre un geotextil no tejido de 400 g/m².

SECCION TIPICA DE LA PRESA PROYECTADA SOBRE SUELOS BLANDOS MEDIANTE COLUMNAS JET GROUTING Y GEOSINTETICOS



ESTABILIDAD DE LA PRESA

La estabilidad total de la presa fue obtenida mediante el empleo del método de Bishop-Modificado.

Los siguientes factores de seguridad fueron obtenidos con el programa Slide 5.0:

SECCION	ANALISIS ESTATICO	ANALISIS SISMICO
PRESA CIMENTADA SOBRE LIMO ARENOSOS BLANDOS	1.5	1.03



INSTALACION DE COLUMNA JET GROUTING



COLUMNA JET GROUTING INSTALADA



**INSTALACION DE GEOMALLA UNIAXIAL EN LA BASE DEL
TERRAPLEN DE LA PRESA**



INSTALACION DE GEOTEXTIL EN EL TALUD AGUAS ARRIBA



INSTALACION DE GEOMEMBRANA EN TALUD AGUAS ARRIBA



DEPOSITO DE RELAVES EN OPERACION

MUCHAS GRACIAS

WWW.GEOSERVICEING.COM

gerencia@geoserviceing.com.pe

Teléfono 7177061 / 959595948