



**“DEPOSITO DE
PASTA -
CABILDO”**

Agosto 2007

Minera Cenizas S.A. - Faena Cabildo

Leopoldo Valenzuela B. - Gerente Operaciones Cabildo

INTRODUCCION

Minera Las Cenizas S.A. – Cabildo, explota la Mina Sauce y procesa los minerales en su planta de flotación; ha depositado tradicionalmente sus relaves en tranques ubicados en el valle; hoy esto ya no es posible, menos aún construir Tranques en quebradas (desde 1993 se estudiaron alrededor de 15 alternativas para depositar los relaves por el método convencional - Tranque).

El año 2004 MLC decide optar por una nueva tecnología de depositación de relaves, denominada Depósito de Pasta, mediante el método TTD (Thickened Tailings Disposal), tomando en consideración aspectos de seguridad y condiciones ambientales.

Como solución intermedia, también innovadora, se decidió depositar relaves espesados en espacios disponibles en la mina Sauce antigua, que era posible compartimentar, dando origen al Proyecto DREIM (Depósito de Relaves Espesados en Interior Mina); los relaves son espesados al 62% de sólidos, impulsados a la mina y depositados, alcanzando una concentración del orden del 70% de sólidos, el agua remanente es recuperada hacia el proceso. Su vida útil es de 4 años.

Para el Depósito de relaves en Pasta se seleccionó una explanada en la Quebrada Rincón del Chinchorro, de mejores características para emplazar un Depósito de Pasta, considerando las pendientes suaves, la baja permeabilidad del terreno, distancia relativa a la planta de procesos y capacidad de almacenamiento.



DREIM: Depósito de Relaves Espesados en Interior Mina

3.000.000 Ton - Operación: Agosto 2006 - 2010



REQUERIMIENTOS DEPÓSITO DE PASTA:

- **Capacidad del Depósito: 9,0 Mill. Toneladas**
- **Tasa de Producción de Relaves: 75 KTPM**
- **Vida Útil Proyectada: 10 años**
- **Inicio Operación: mediados 2010**

MÉTODO TTD **THICKENED TAILINGS DISPOSAL**

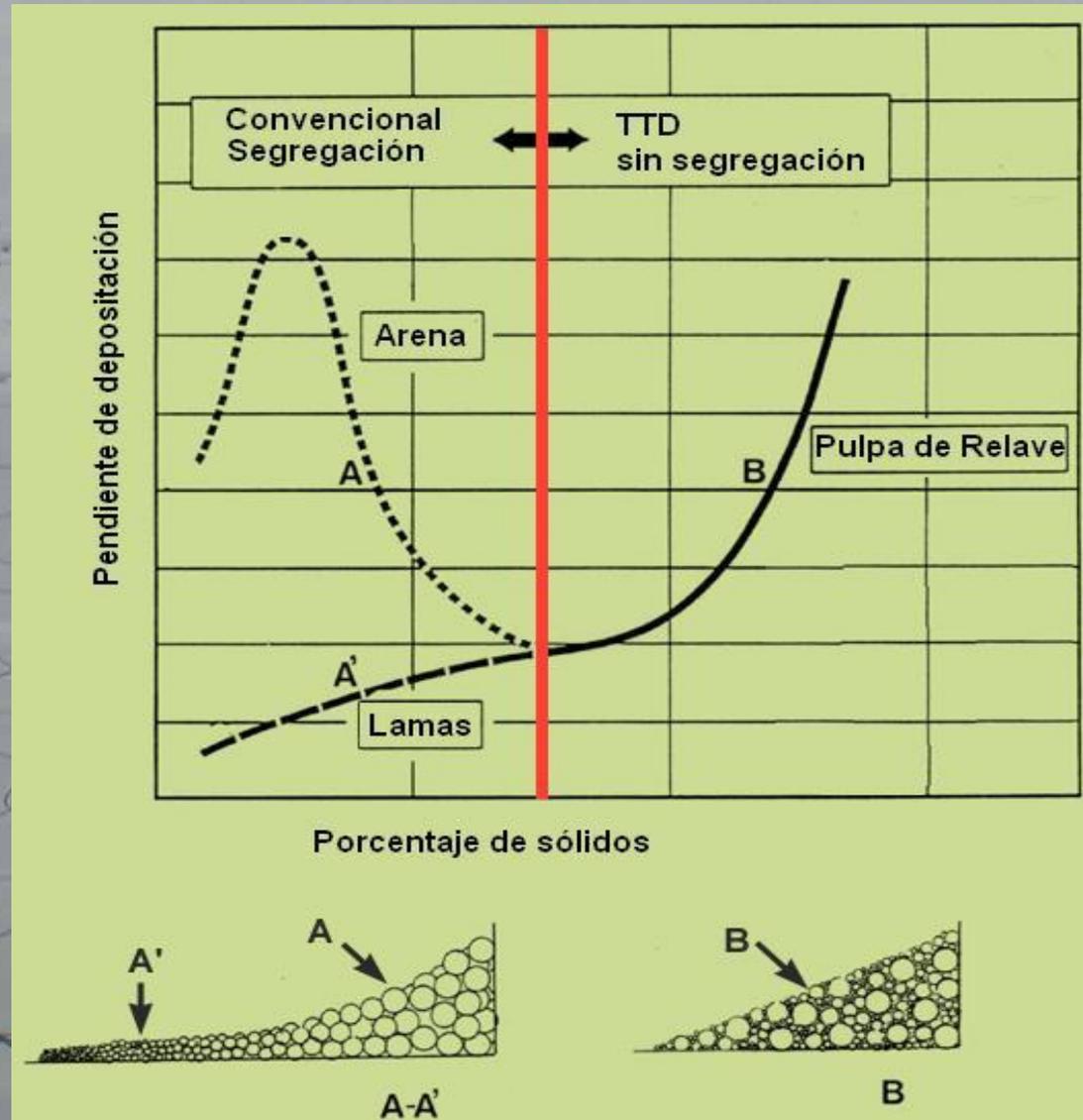
2 Diferentes formas de operar Depósitos en Pasta

- 1. Alto o Máximo espesamiento: requiere equipamiento mecánico adicional para su distribución.**
- 2. Alcanzar un nivel de espesamiento tal que permita la distribución del relave por Transporte Gravitacional (Método TTD, Eli Robinsky).**

DEPÓSITOS EN PASTA TTD

Características Principales

- Se requiere generar pasta espesa, lo que significa “material no segregable”



ENSAYOS TTD

Para estudiar la aplicación del Método TTD se requiere realizar ensayos de laboratorio que caractericen el relave en sus aspectos geotécnicos y de comportamiento reológico:

- Límite de contracción
- Pendiente de depositación
- Concentración de sólidos
- Reología: parámetros geotécnicos, permeabilidad, Yield stress, Sedimentación, consolidación, etc.

Algunos ejemplos:

DEPÓSITO TTD: *BLUE MOUNTAIN, CANADÁ*

Mineral: Sílice. Pendiente = 7 %



DEPÓSITO TTD: VAUDREUILLE, CANADÁ

Mineral: Aluminio. Pendiente = 4 %





**Falconbridge Limited
Kidd Creek Division**

Areal view of discharged thickened tailings (TTD system).

Discharge is effected from the central lime station, lime being added only when an increase of slope is required.

Panoramic view is from point shown by arrow.

1996

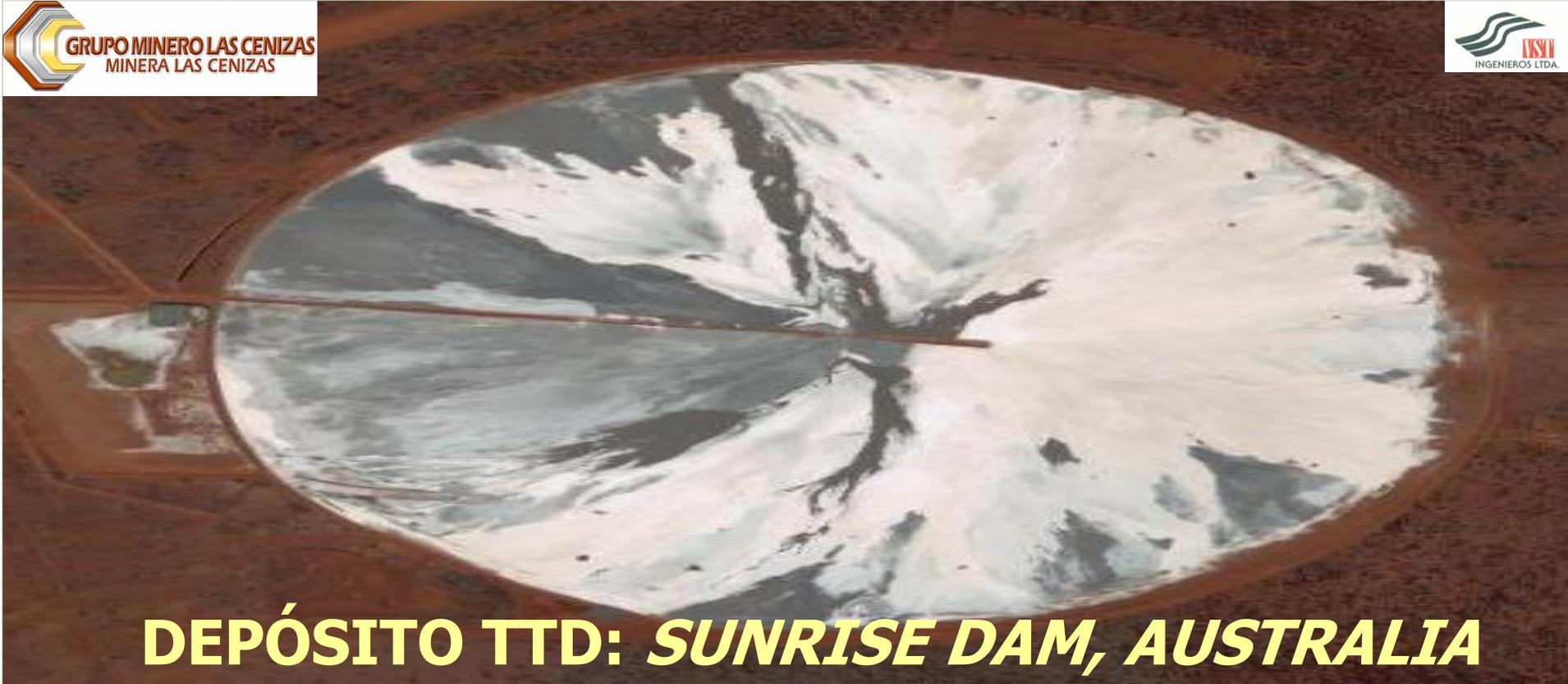


DEPÓSITO TTD: *KIDD CREEK, CANADÁ*
Mineral: Cobre y Zinc. Pendiente = 3 %

DEPÓSITO TTD: *BUYANHULU, TANZANIA*

Pendiente = 8 %





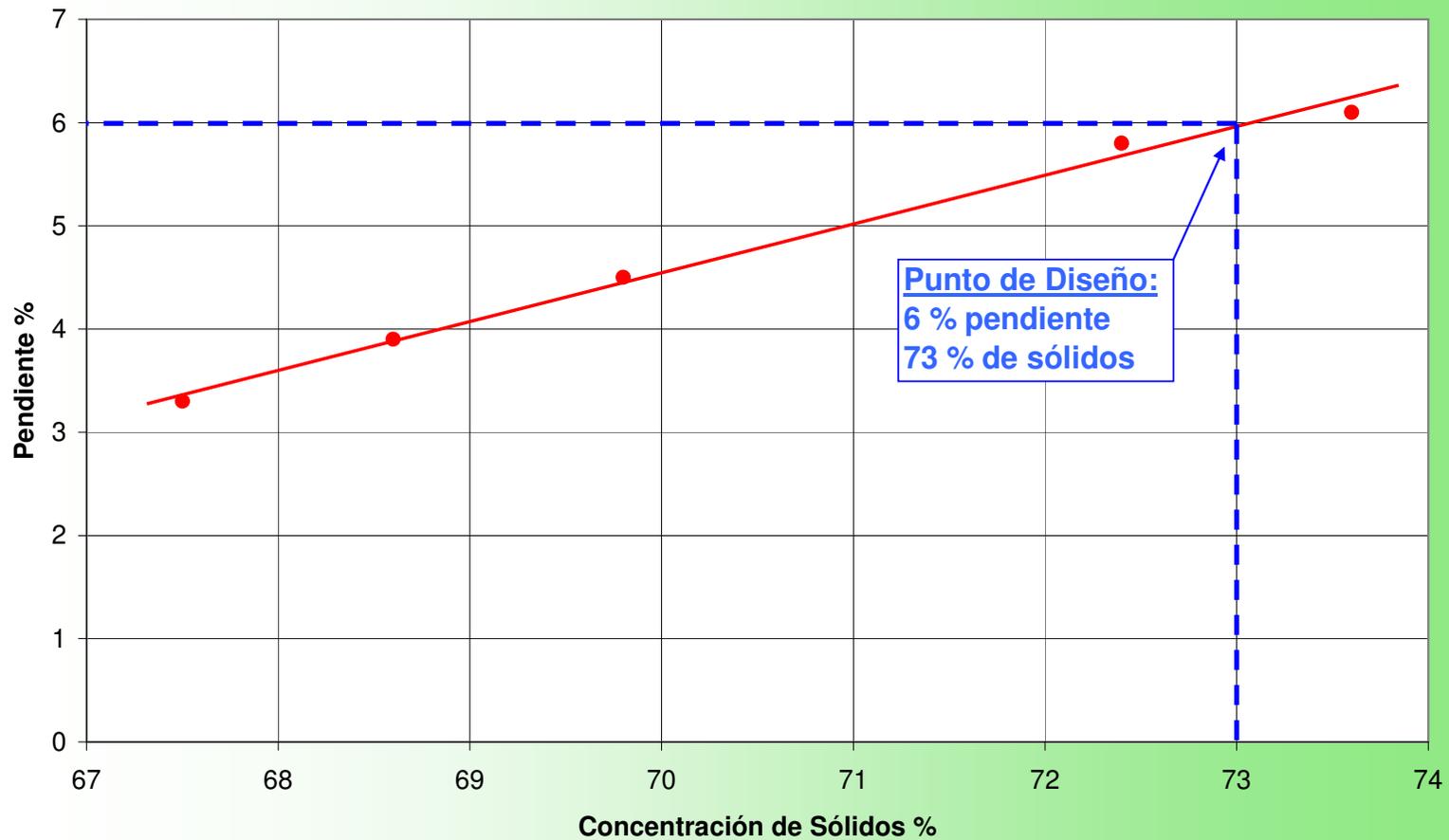
DEPÓSITO TTD: *SUNRISE DAM, AUSTRALIA*



DEPÓSITO DE PASTA

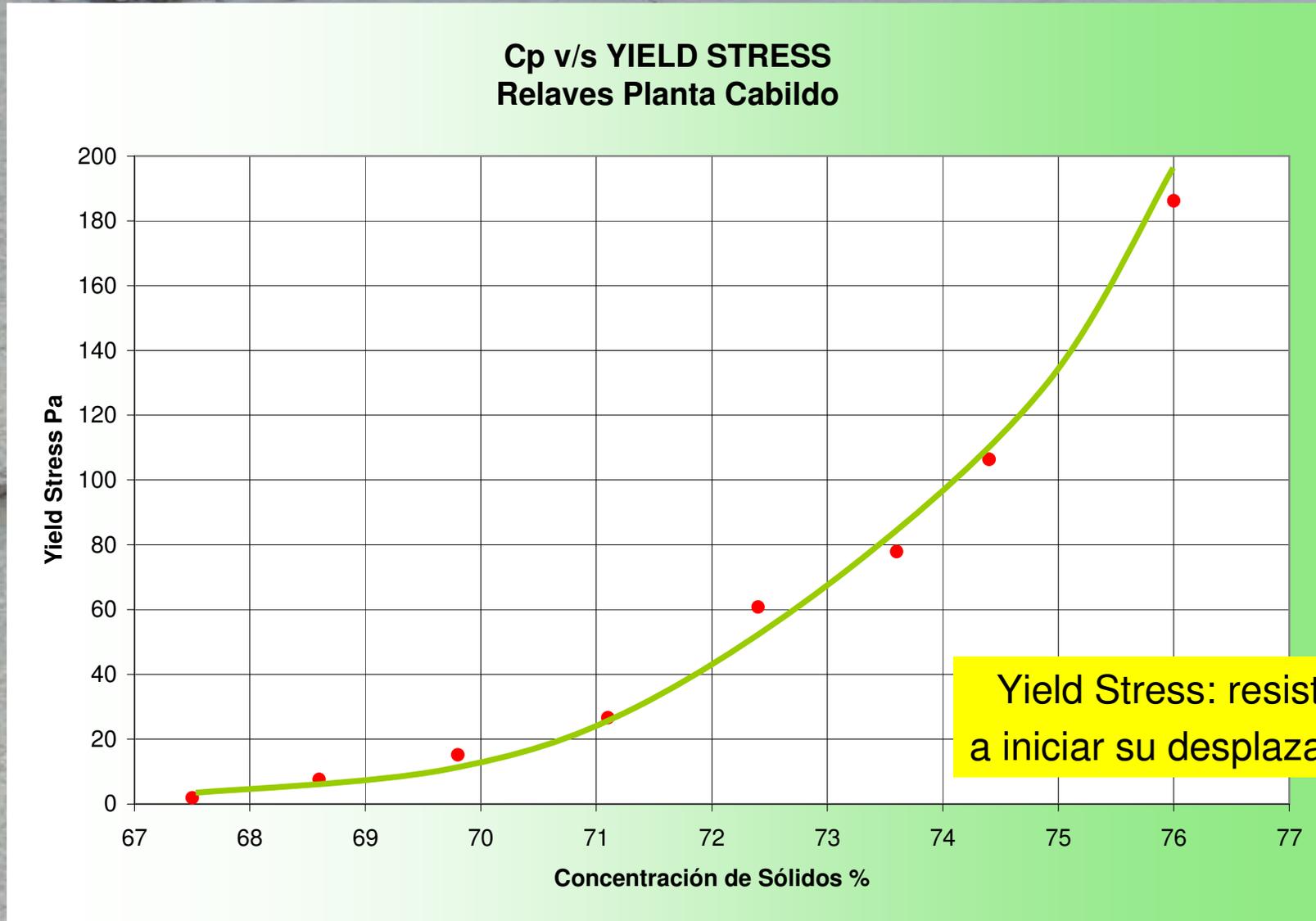
Pendiente de Depositación

PENDIENTE DE DEPOSITACIÓN v/s CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS
RELAVES ESPESADOS PLANTA CABILDO, MINERA LAS CENIZAS



DEPÓSITO DE PASTA

Reología : Yield Stress v/s Cp %



DEPÓSITO DE PASTA

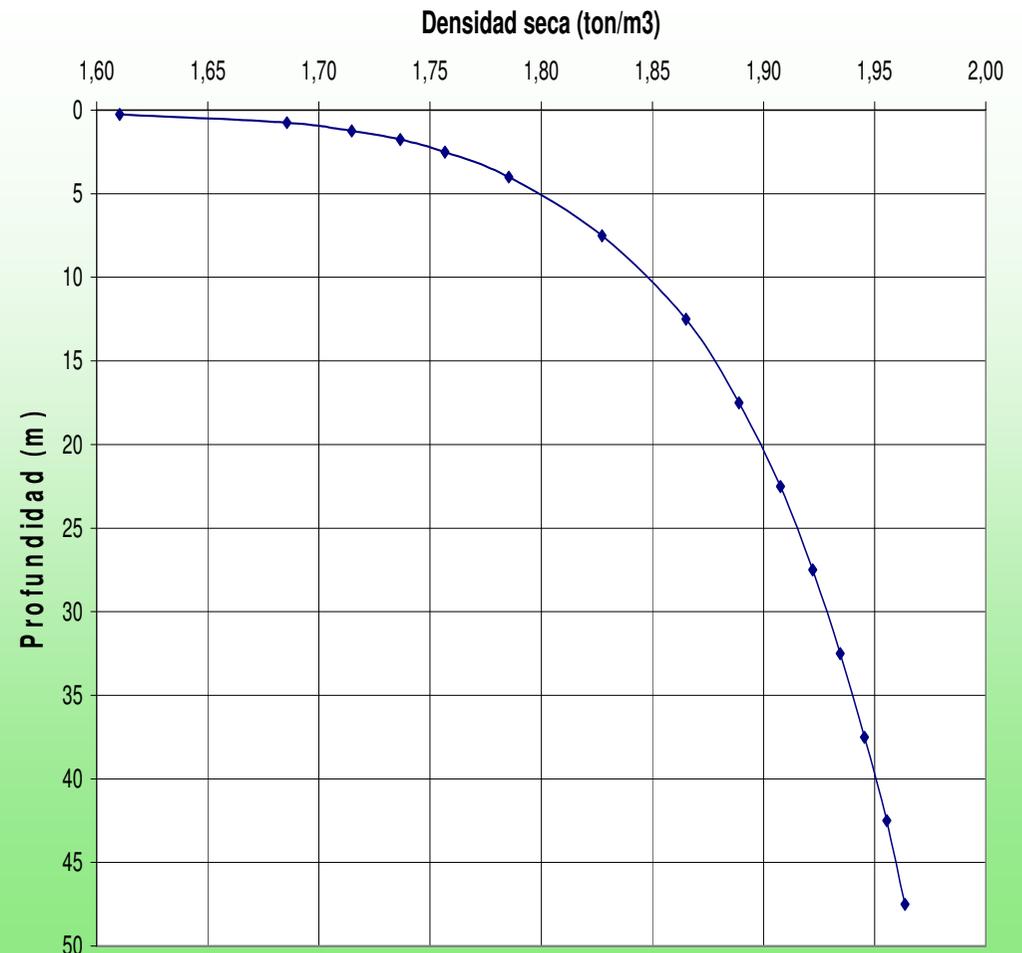
Caracterización de los Relaves

Propiedades geotécnicas	Valor
Gravedad Específica del Sólido	2,82
Límite de Contracción (%) (L.C.)	20,5
Densidad Saturada Para L.C. (ton/m ³)	1,81
Densidad Seca Para L.C. (ton/m ³)	1,79
Límite Líquido (%)	18
Límite Plástico (%)	17
Índice de Plasticidad, <i>IP</i> (%)	1
Conc. de Sólidos en peso (L.C.) <i>C_p</i> (%)	83,0
Ángulo de Fricción Interna (°) ϕ (L.C.)	39
Cohesión (ton/m ²) <i>c</i> (L.C.)	0,0
Granulometría <i>d</i> ₅₀ (μm)	0,046
Granulometría <i>d</i> ₂₀ (μm)	0,005
Granulometría <i>d</i> ₈₀ (μm)	0,240

DEPÓSITO DE PASTA

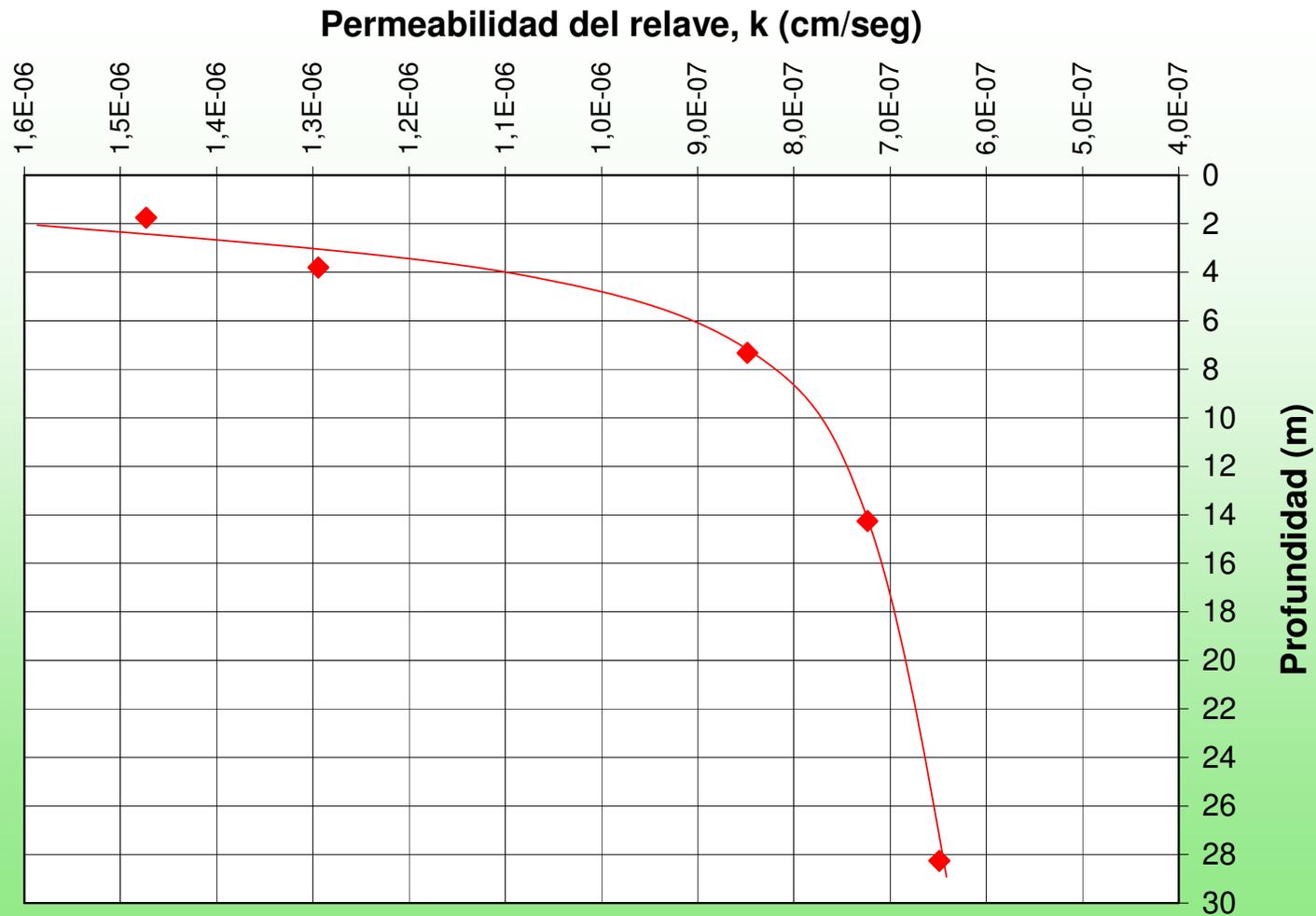
Consolidación por Peso Propio

Profundidad (m) desde - hasta	% Sólidos (en peso)	Densidad seca (ton/m ³)
0,0 - 0,5	79,0	1,610
0,5 - 1,0	80,7	1,686
1,0 - 1,5	81,4	1,715
1,5 - 2,0	81,9	1,737
2,0 - 3,0	82,3	1,757
3,0 - 5,0	83,0	1,785
5,0 - 10,0	83,8	1,827
10,0 - 15,0	84,6	1,865
15,0 - 20,0	85,1	1,889
20,0 - 25,0	85,5	1,908
25,0 - 30,0	85,8	1,922
30,0 - 35,0	86,0	1,935



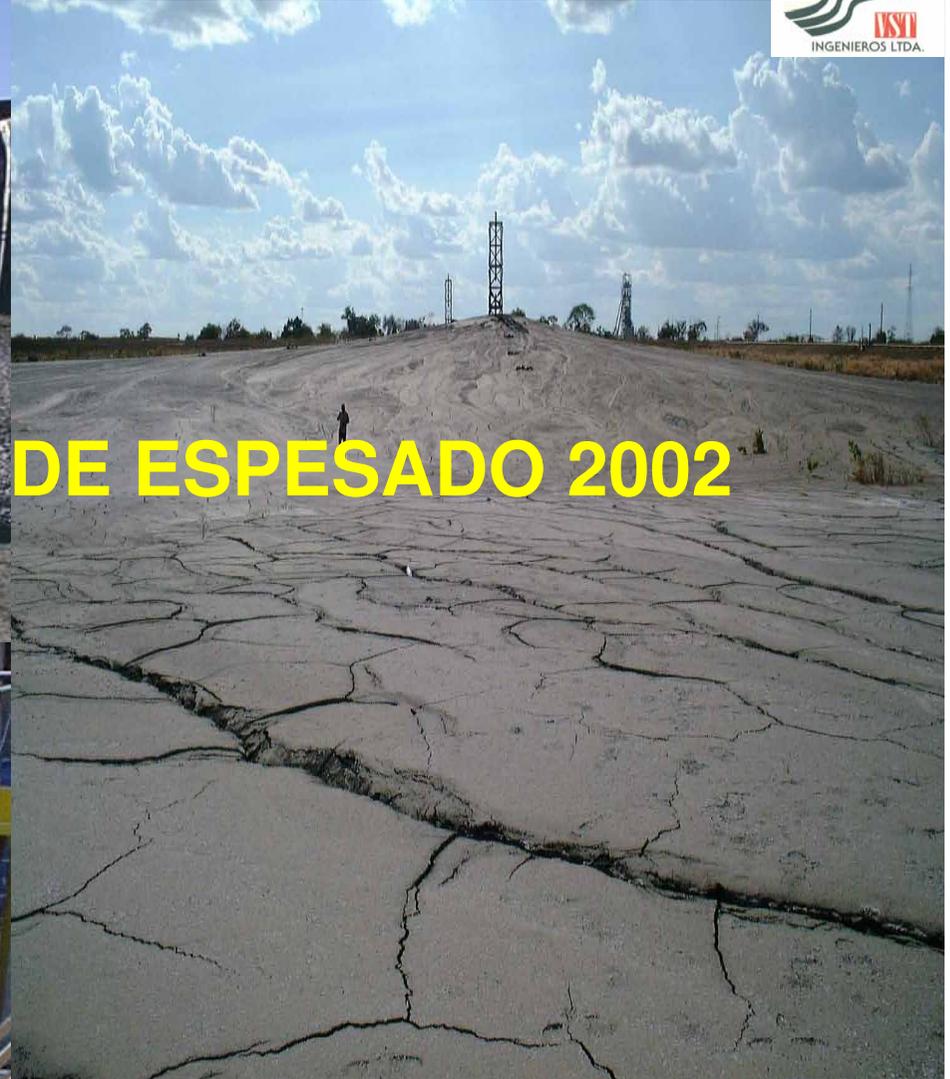
DEPÓSITO DE PASTA

Permeabilidad v/s Profundidad



RESULTADOS ENSAYOS TTD

- De acuerdo a las características reológicas que presentan los relaves de Cabildo, se concluyó que era perfectamente aplicable el método TTD
- El rango de diseño seleccionado corresponde a un C_p de 72 a 74%, para Pendiente de Depositación entre 5 y 7%. - Diseño Nominal C_p 73% y Pendiente de Depositación 6%.
- La pasta obtiene el Límite de Contracción a una Densidad Seca de $1,79 \text{ t/m}^3$ (~ C_p 83%).
- Para profundidades $> 5 \text{ m}$ la pasta llega a densidades secas de $1,79 \text{ t/m}^3$, obteniendo Consolidación por Peso Propio.



ENSAYOS DE ESPESADO 2002



**Planta Piloto
Cenizas
2002**



ENSAYOS DE ESPEADO 2002



El equipo utilizado fue un espesador piloto de 1,5 m de diámetro y 5 m de altura, similar al de la fotografía.

Resultados Obtenidos

Cp Espesados entre 71,7% y 78,6%

Consumos de Floculante 16 a 18 g/t

Equipo Espesador Recomendado

Producción de 2500 TPD:

Cono Profundo Ø 20 m; H 14 m

OTROS ESTUDIOS QUEBRADA CHINCHORRO Exploraciones Geológicas y Geotécnicas

- **Se realizó una completa exploración geológica y geotécnica de la quebrada que permitió efectuar los estudios de estabilidad e infiltraciones:**
- **GEOLOGÍA: Exploraciones en Chinchorro y Los Maquis, caracterización geológica y geomorfología.**
- **GEOTECNIA: Zanjas, calicatas, sondajes geotécnicos, sondajes eléctricos verticales.**

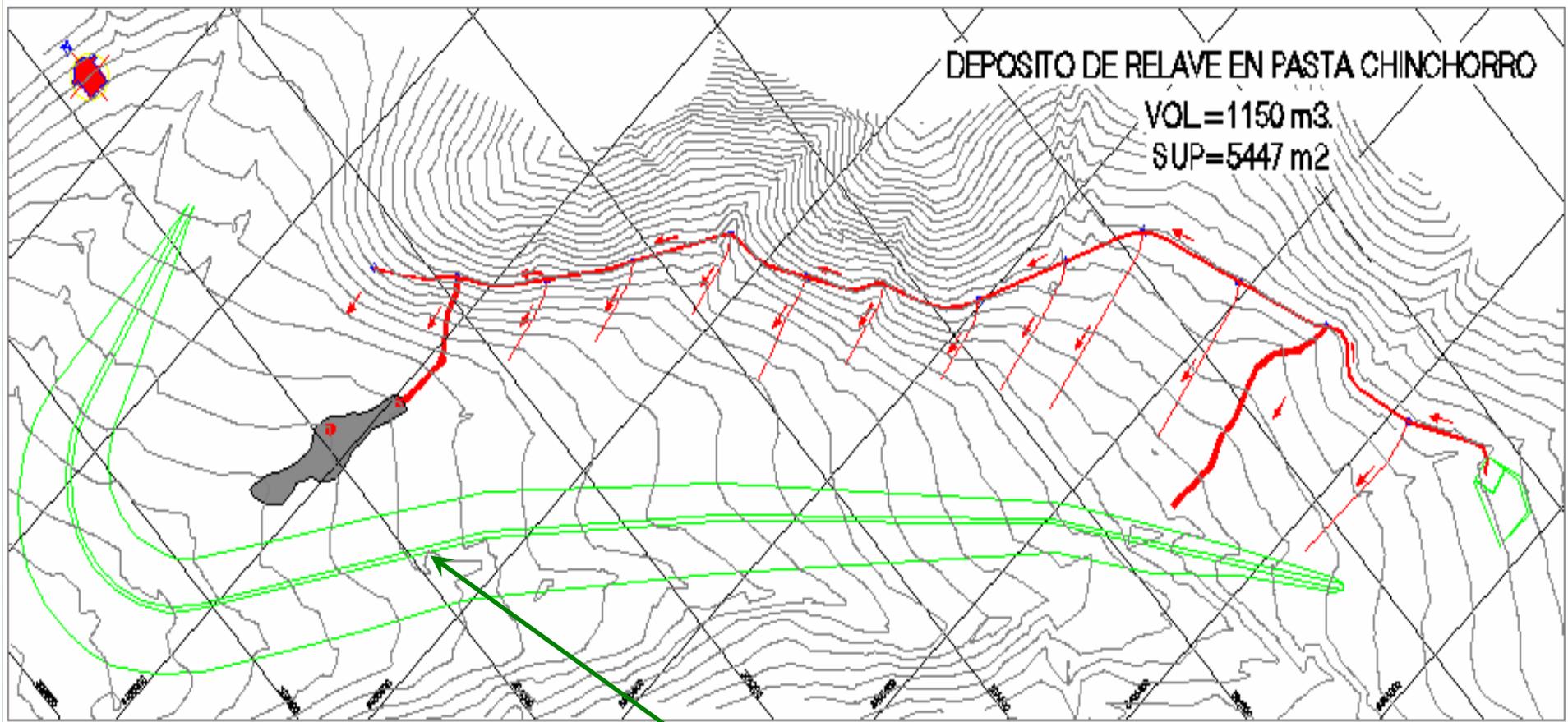
ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO

Periodo Retorno Sismo Probable

- Revisión antecedentes de sismicidad histórica e instrumental de la zona
- Descripción del ambiente sismotectónico
- Caracterización de las fuentes sísmicas de la Región, definiendo el sismo de diseño a considerar
- Coeficiente sísmico horizontal, $k_h = 0,20$
- Para un sismo Richter 7.0, periodo de retorno: 41 años
- Para un sismo Richter 8.0, periodo de retorno: 389 años
- Para un sismo Richter 8.5, periodo de retorno: 1205 años

DEPÓSITO DE PASTA – CABILDO

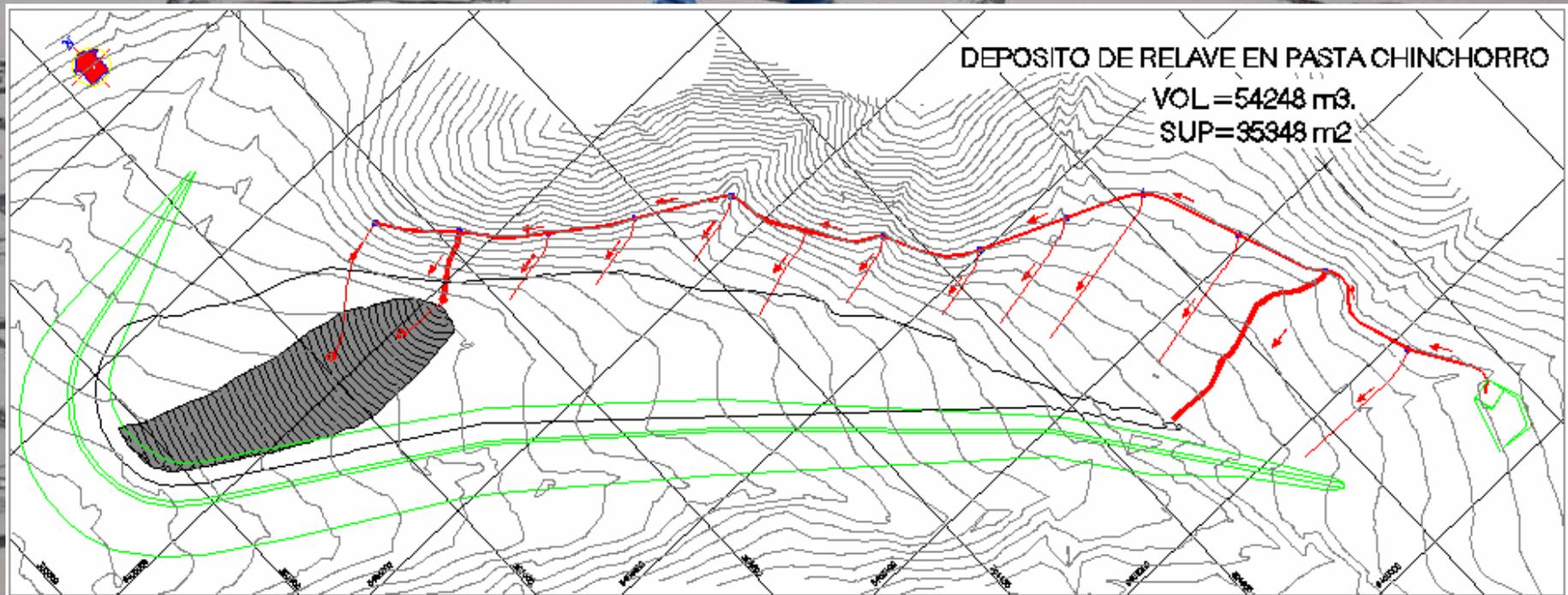
Etapas de Crecimiento



Muro Confinamiento

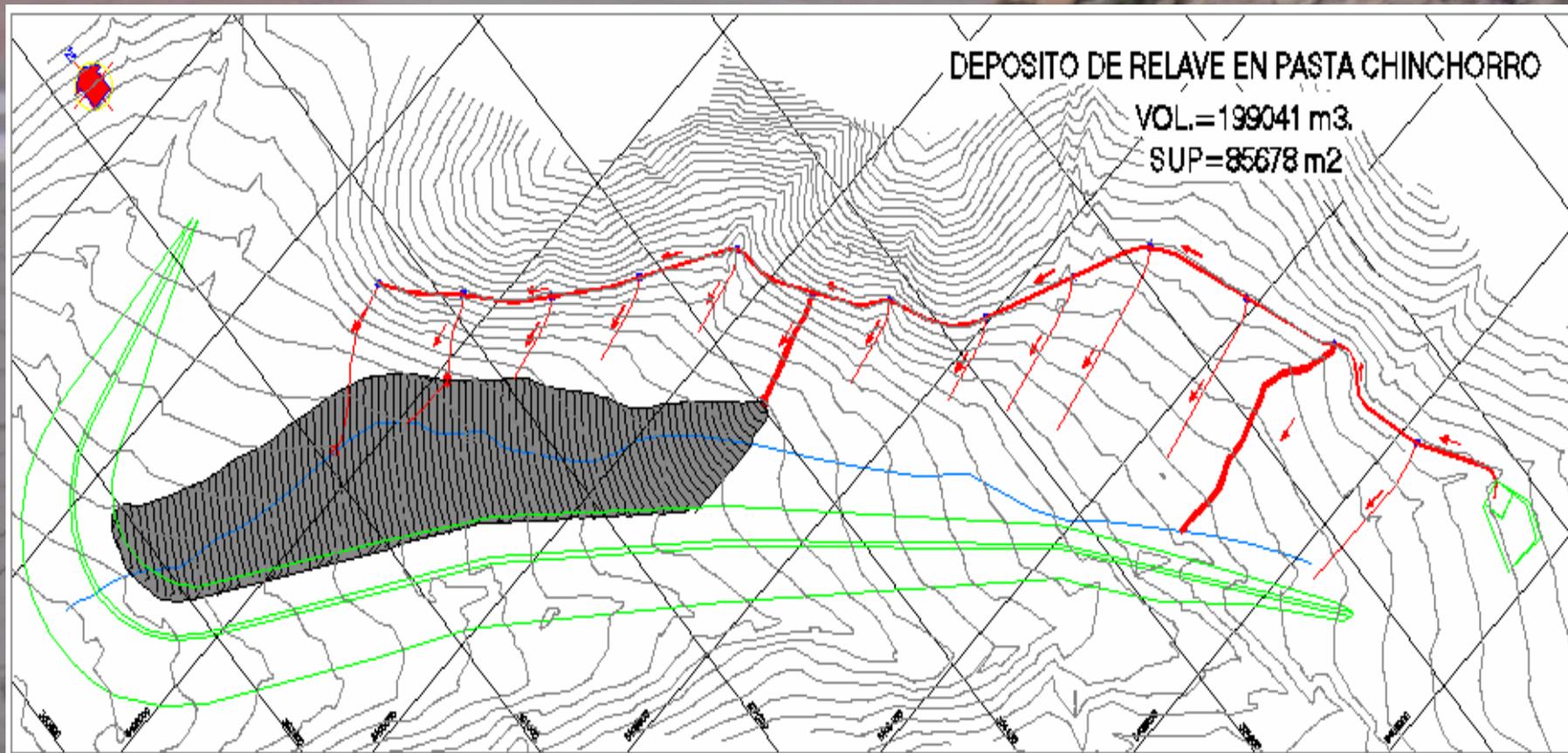
DEPÓSITO DE PASTA - CABILDO

2º mes



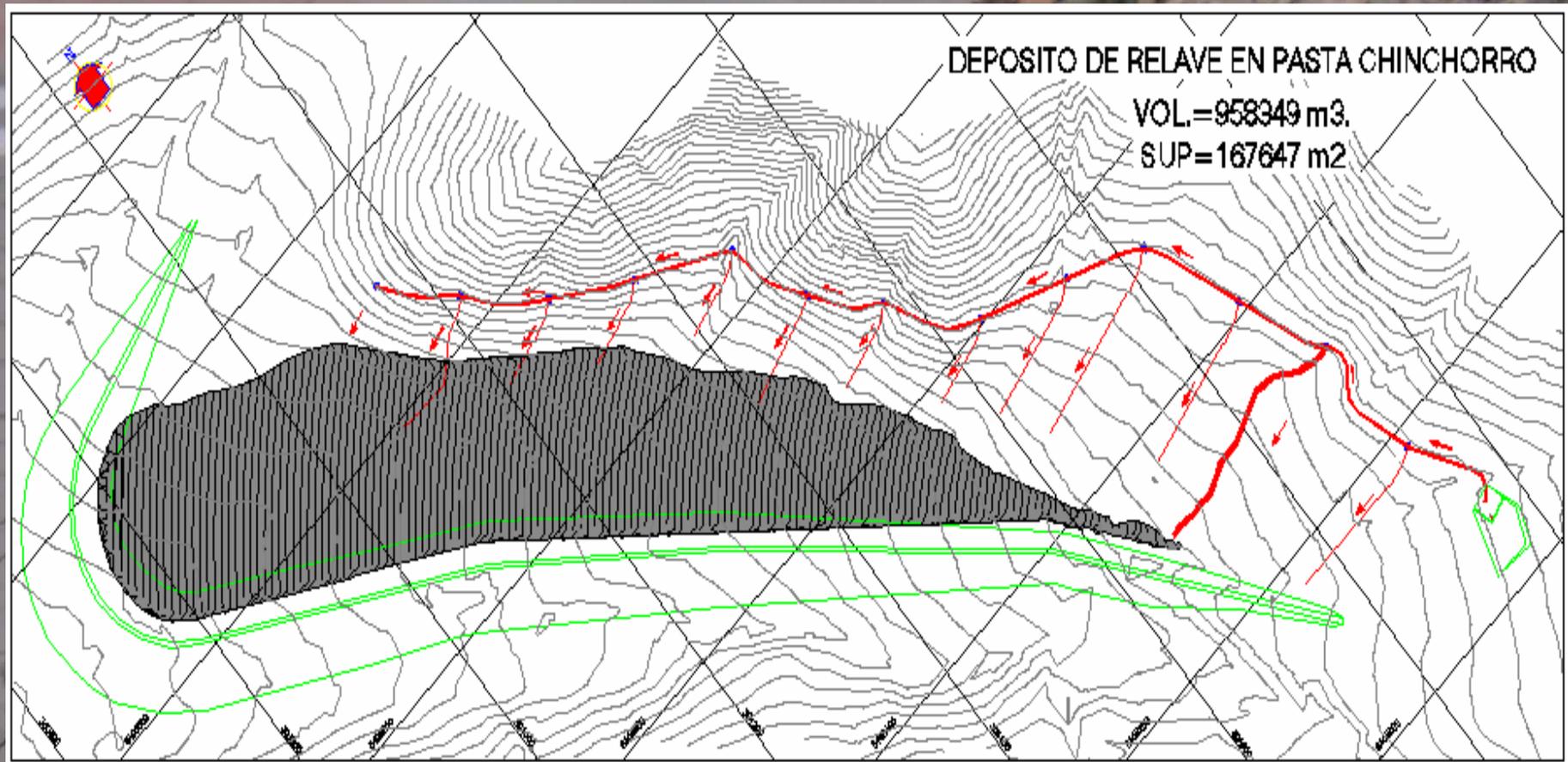
DEPÓSITO DE PASTA – CABILDO

5º mes



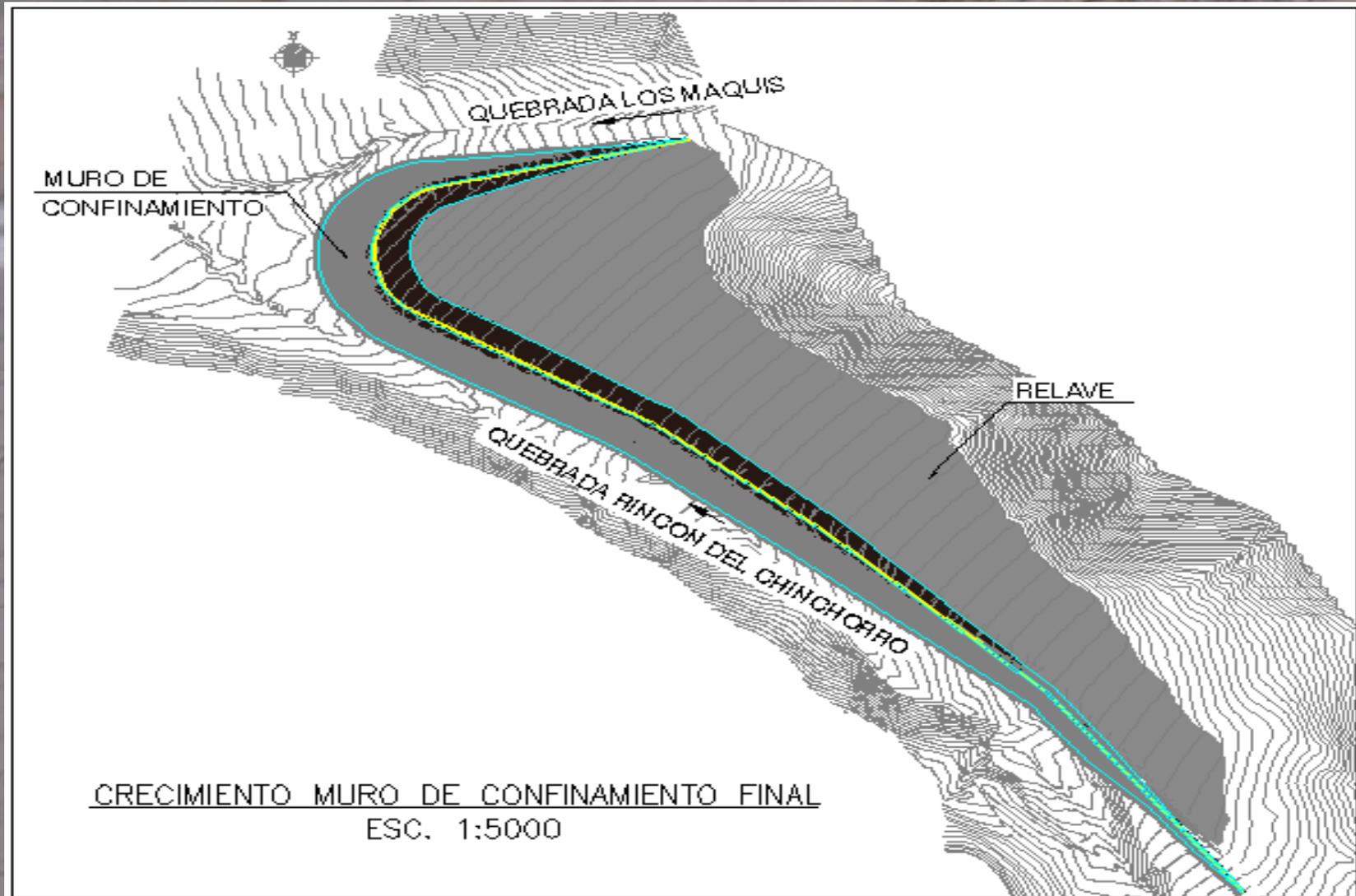
DEPÓSITO DE PASTA – CABILDO

Año 2



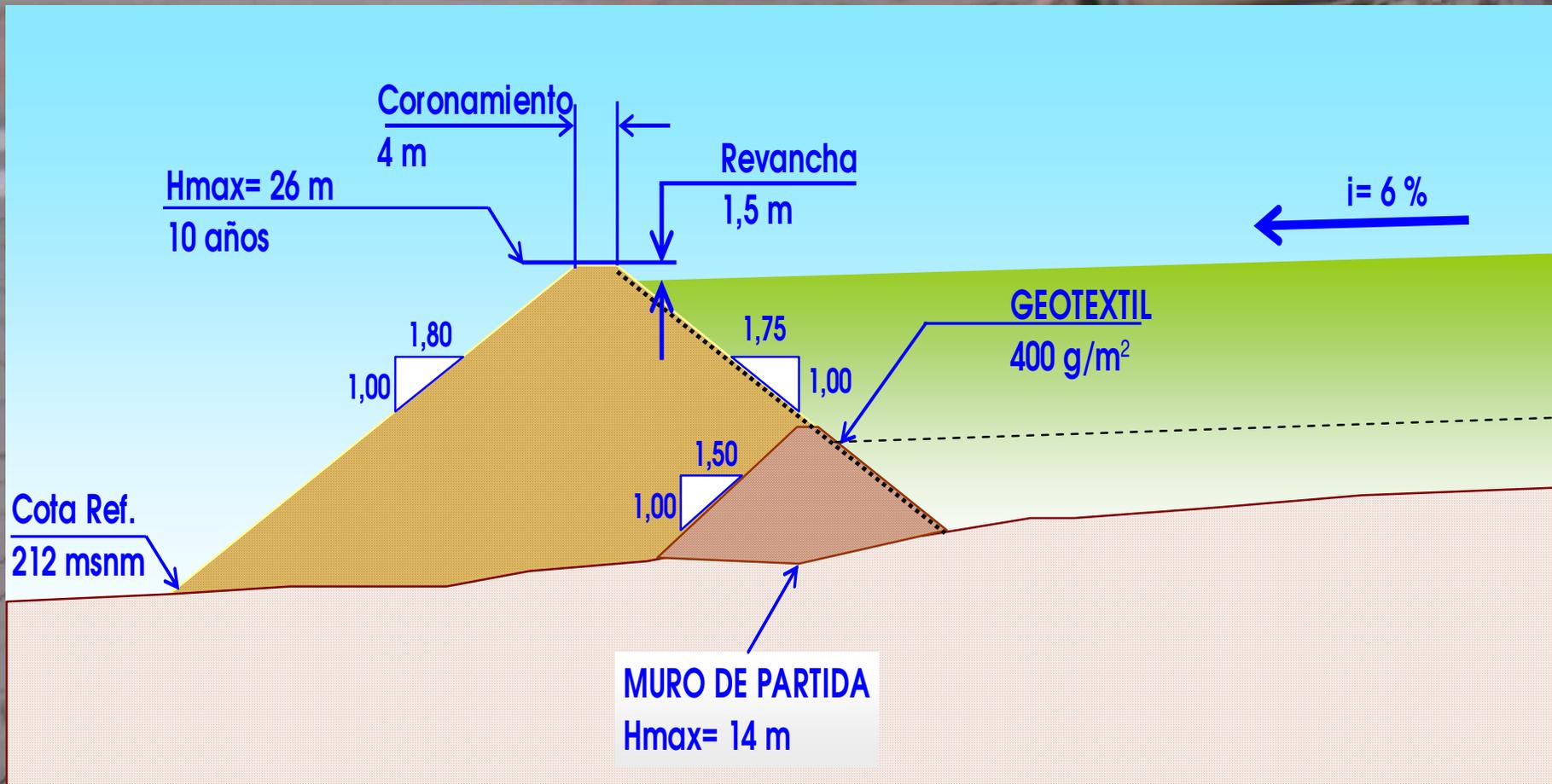
DEPÓSITO DE PASTA - CABILDO

Año 10 – Etapa de Cierre



DEPÓSITO DE PASTA - CABILDO

Perfil Muro Confinamiento



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

- El Muro de Confinamiento tiene 26 m de altura con los taludes de 1:1,8 aguas abajo y 1:1,75 aguas arriba.
- Este muro será construido con estéril mina (desmontes) depositado por volteo y acomodado por máquina.
- Todos los materiales del depósito fueron testeados geotécnicamente.
- Se determinó la Estabilidad del Muro de Confinamiento y el Depósito de Pasta, frente a un Richter 8.5.
- Se analizó el potencial de Licuefacción del Depósito

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Superficie Potencial de Falla en Muro

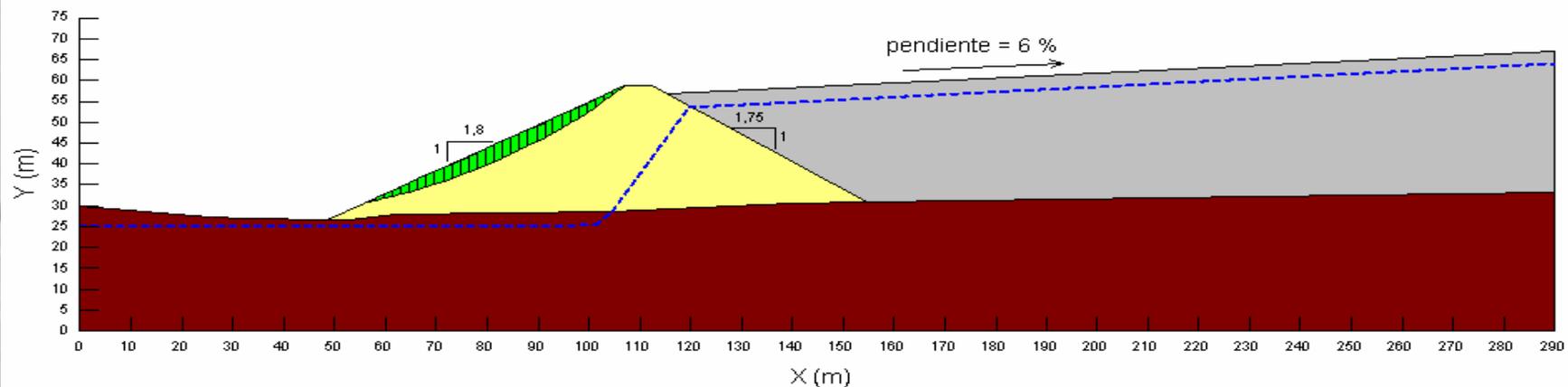
DEPÓSITO DE RELAVES ESPESADOS (TTD)
QUEBRADA DEL CHINCHORRO
MINERA LAS CENIZAS-PLANTA CABILDO
Proyecto N°: 1005-SIS-10 años-P17.gsz

Material #: 1-Suelo Basal: Grava Arcillosa
Wt: 20 KN/m³
Phi: 40°
c: 20 KPa

Material #: 2-Muro: Estéril de Mina
Wt: 22.8 KN/m³
Phi: 45°
c: 0 KPa

Material #: 3-Relave 83 % Sólidos (Límite Contracción)
Wt: 18 KN/m³
Phi: 35°
c: 0 KPa

CASO 2:
Falla circular mediana
FSsismico = 1,24



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Superficie de Falla en Pasta

DEPÓSITO DE RELAVES ESPESADOS TTD
QUEBRADA DEL CHINCHORRO

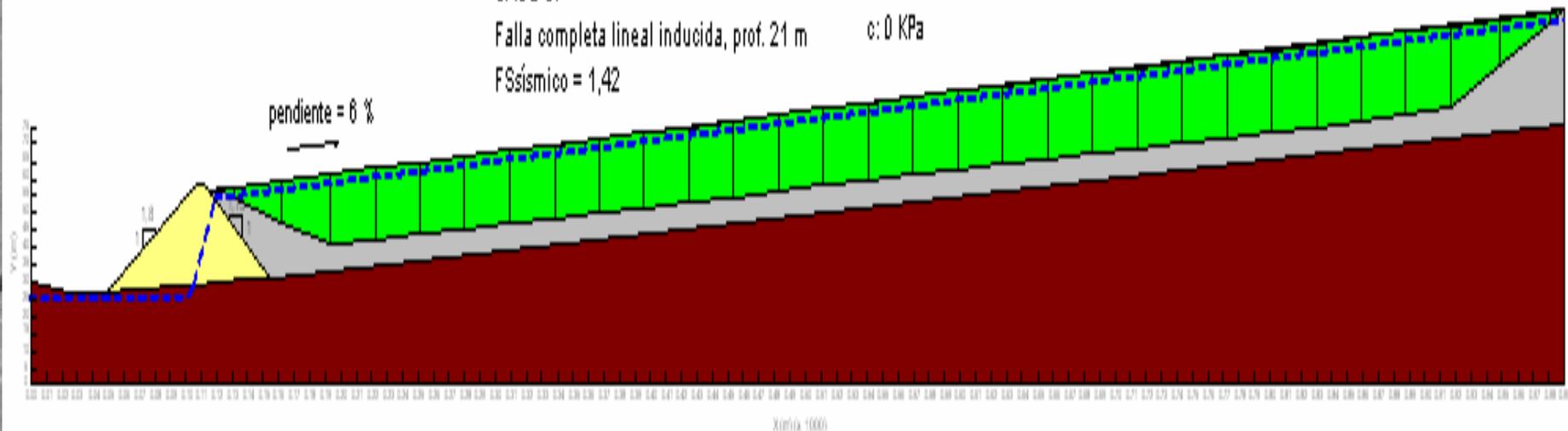
MINERA LAS CENIZAS-PLANTA CABILDO

Proyecto N°: 1005-CASOS 7 a 12-SIS-10 años-P17.gsz

Material #: 1-Suelo Basal: Grava limosa	Material #: 3-Relave a 83 % Sólidos (Límite de Contracción)
γ_t : 20 KN/m ³	γ_t : 18 KN/m ³
Phi: 40°	Phi: 35°
c: 20 KPa	c: 0 KPa

Material #: 2-Muro: Estéril de Mina
 γ_t : 22.8 KN/m³
Phi: 45°
c: 0 KPa

CASO 9:
Falla completa lineal inducida, prof. 21 m
FSísmico = 1,42

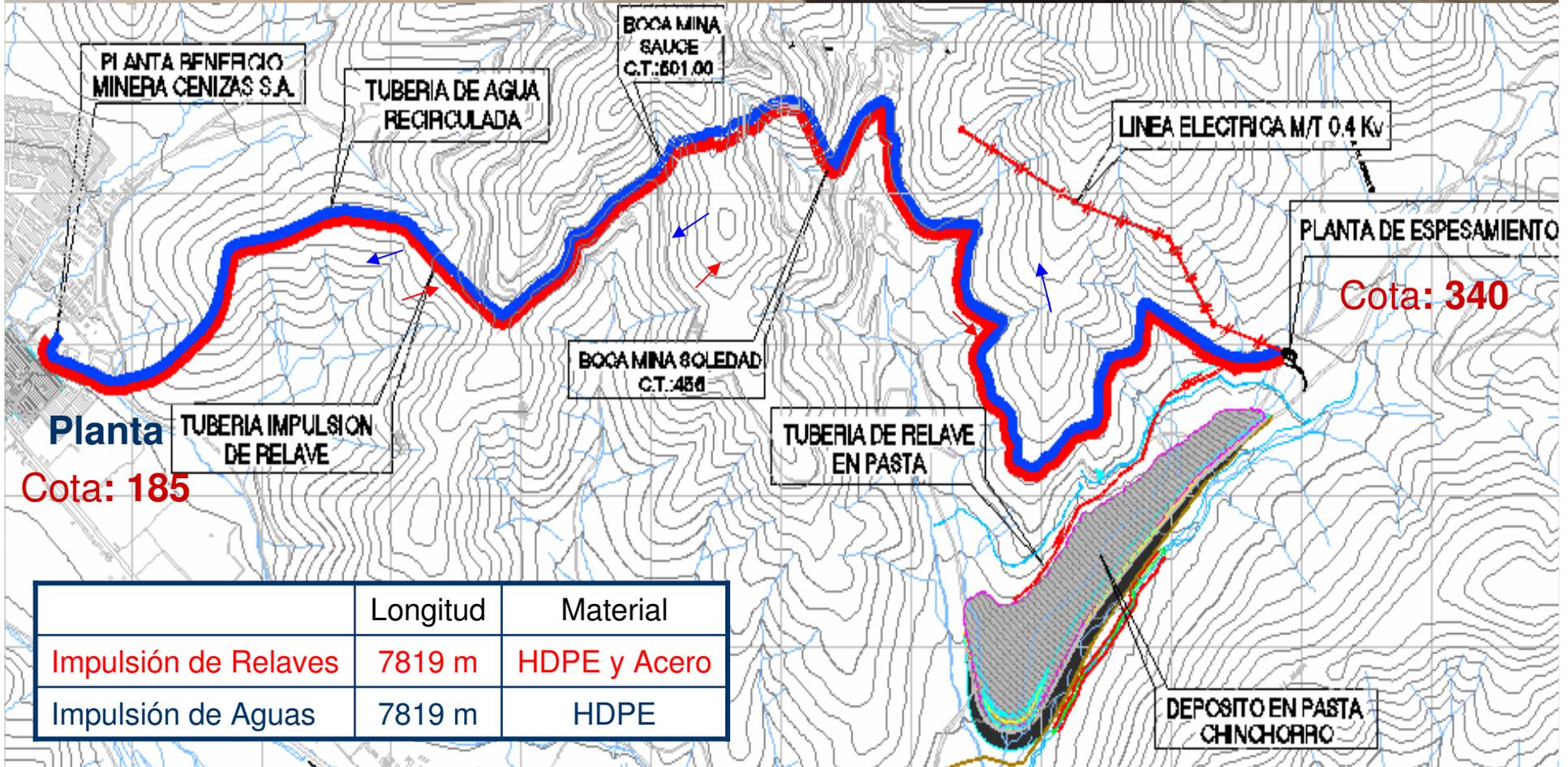


CONCLUSIONES

- Depósito muy estable, frente a un sismo Richter 8.5; la falla más probable, tendría un Factor de Seguridad Sísmico y Estático de (sobre 1.2 es muy bueno):
 - ✓ Muro Confinamiento (falla circular): 1.24 y 1.89
 - ✓ Depósito Pasta (falla lineal profunda): 1.42 y 6.30
- No hay potencial de licuación

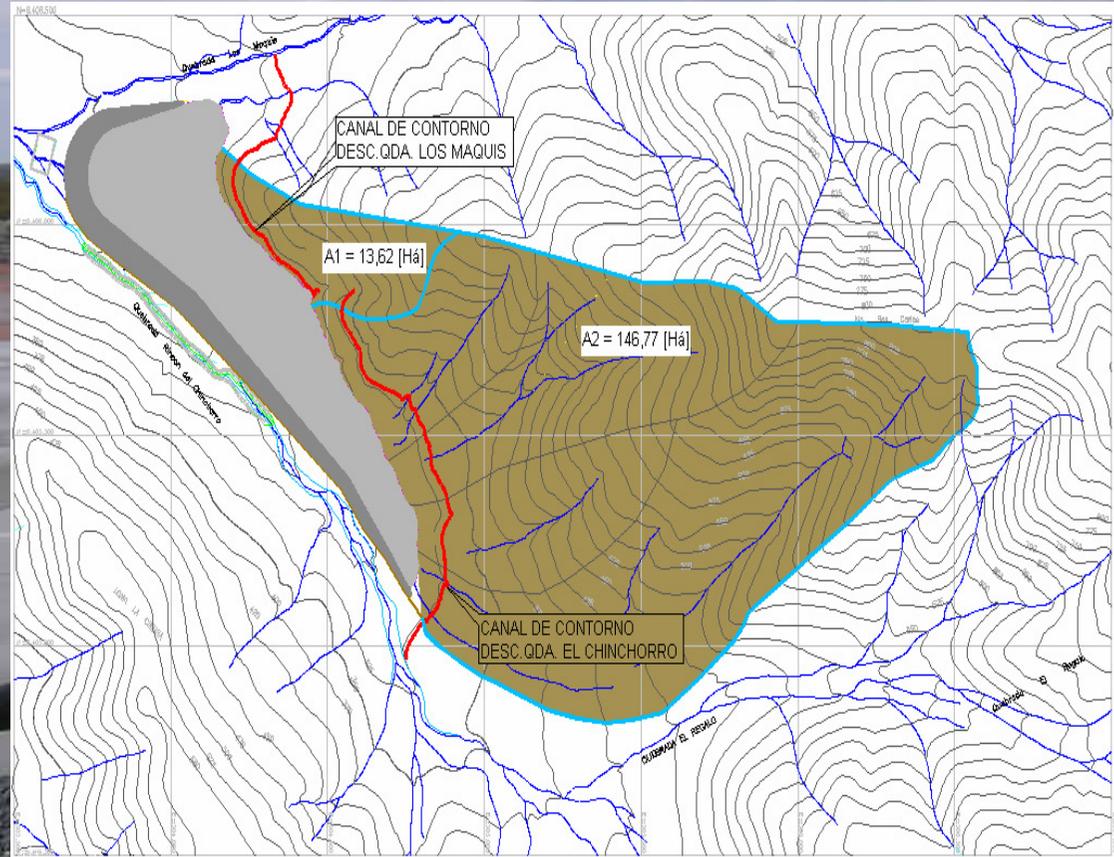
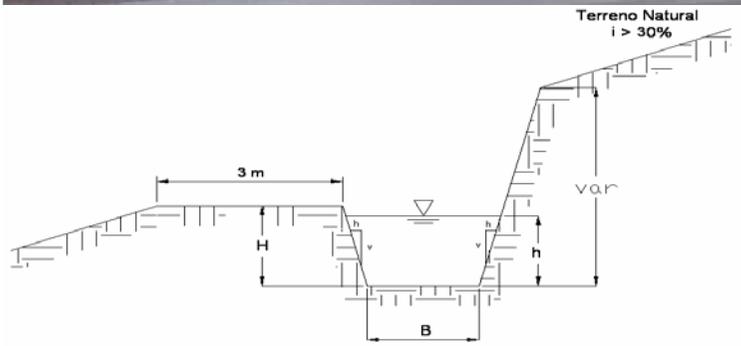
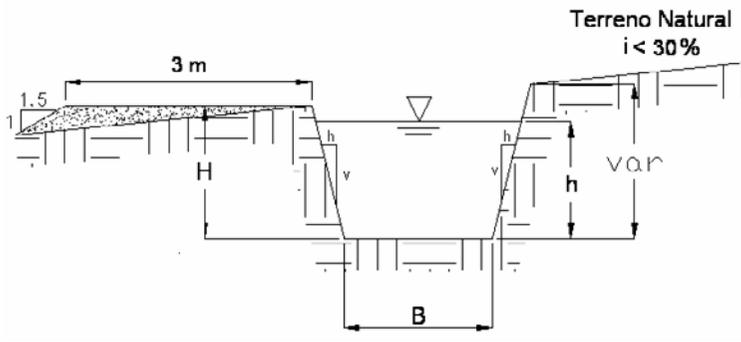
OBRAS ANEXAS PRINCIPALES

Impulsiones de Aguas y Relaves



OBRAS ANEXAS PRINCIPALES

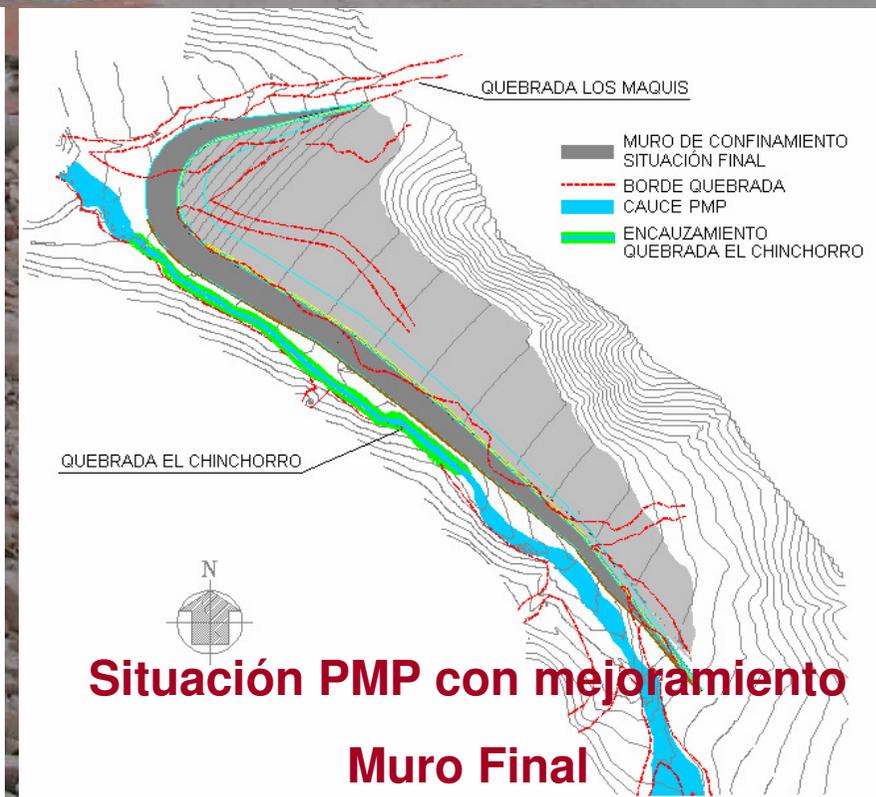
Canal de Contorno Etapa Operación, $Tr = 1:100$ años



MEJORAMIENTO QUEBRADA

Se impuso la condición de no interrumpir el cauce de la quebrada, en la que solamente escurre agua después de lluvias intensas y prolongadas

Se proyectan obras de enrocado para evitar desbordamientos y mantener velocidades de escurrimiento (para periodo de retorno de 200 años en la operación y PMP en el cierre)



BALANCE DE AGUAS

BALANCE DE AGUAS COMPARATIVO

	RELAVE COMPLETO	TRANQUE N°4	PROYECTO DREIM	PROYECTO DREP
Flujo Relaves (t/h)	105	105	105	105
Flujo de Agua (m ³ /h)	310	109	70	39
Cp (%) (Residual)	25%	49%	60%	73%
% Agua Proceso	100%	35%	23%	13%
Recuperación de Agua		65%	77%	87%

INVERSIÓN Y COSTO DE OPERACIÓN

INVERSIONES	<u>Miles US\$</u>
● Muro Confinamiento (Drenajes y Partida)	2.600
● Transporte Relaves y espesamiento; Agua	6.000
● Obras anexas	700
● Ingeniería, M. Ambiente y Otros	1.400
Total, Miles US\$	10.700
US\$/Ton. Relave	1.20
COSTOS OPERACIÓN	<u>US\$/Ton</u>
Crecimiento Muro Confinamiento	1.10
Energía Eléctrica	0.75
Otros	0.45
Total, US\$/Ton Relaves	2.30

CONCLUSIONES

Depósito Pasta (TTD) en Planta Cabildo

- Mediante el sistema TTD se consigue un depósito de relaves de 9 millones de toneladas, con una depositación en pendiente de 6% y una altura máxima de relaves de 25 m.
- El material homogéneo descargado no se segrega y se densifica por secado natural, comportándose como un suelo denso, no licuable y estable sísmicamente.
- No hay infiltraciones en la base del depósito.
- El Plan de Cierre del depósito es económico y seguro.
- No existe riesgo de derrame de relaves.
- Esta tecnología tiene mínimos impactos ambientales:
 - No presenta agua libre (no hay infiltración)
 - No emite material particulado (polvo)
 - Total estabilidad sísmica
 - Mejora sustancial en la Recuperación de Aguas del Proceso
 - Las aguas lluvias escurren libremente
- El Proyecto cuenta con Resolución de Calificación Ambiental (Nov 2007); actualmente se están gestionando los Permisos Sectoriales (11).

TRANQUES TRADICIONALES Nº 1, 2 y 3

Tranque Nº 4





un gran

FIN DE LA PRESENTACIÓN
AGOSTO 2008