

---

# Proyecto de Regularización Depósitos de Desmontes Mina Jilguero

---

MINERA JILGUERO S.A.

---

Julio - 2009

## 4. INGENIERÍA BÁSICA

### 4.1 Sistema de Depositación

Los camiones convencionales de 30 toneladas de capacidad, descargarán aculatándose hacia el pretil de seguridad, de acuerdo a procedimiento normal. Con los equipos de apoyo (cargador frontal o bulldózer) se encargaran de mantener la plataforma con una pendiente inclinada ascendente de 3% con respecto a la horizontal en la zona de descarga de los camiones, generando el pretil de seguridad a lo largo del borde del botadero, el pretil de seguridad tendrá una altura de 0.60 m y un ancho de 1.20 m. La zona de descarga y lugares donde transitan camiones se tendrá un sistema de regadío para evitar polvo en suspensión.

### 4.2 Producción diaria de estériles

El proyecto contempla la extracción de estériles durante 12 años de acuerdo al siguiente plan minero tentativo:

MOVIMIENTOS POR PERIODO DEL PROYECTO						
AÑO	MINERAL		ESTERIL			TOTAL MOVIMIENTO
	Tons.	Nº Viajes	Tons.	m <sup>3</sup>	Nº Viajes	Toneladas
1	1,405,342	53,824	3,416,059	2,203,909	106,752	4,821,401
2	1,417,188	54,278	1,715,613	1,106,847	53,613	3,132,801
3	1,411,474	54,059	1,889,003	1,218,712	59,031	3,300,477
4	1,409,845	53,996	1,924,756	1,241,778	60,149	3,334,601
5	1,397,799	53,535	1,876,091	1,210,381	58,628	3,273,890
6	1,400,643	53,644	1,829,657	1,180,424	57,177	3,230,300
7	1,404,446	53,790	1,966,946	1,268,997	61,467	3,371,392
8	1,410,815	54,034	1,859,903	1,199,937	58,122	3,270,718
9	1,399,486	53,600	2,022,221	1,304,659	63,194	3,421,707
10	1,406,839	53,881	2,052,797	1,324,385	64,150	3,459,636
11	1,407,413	53,903	2,722,162	1,756,234	85,068	4,129,575
12	101,727	3,896	104,480	67,406	3,265	206,207
<b>TOTAL</b>	<b>15,573,017</b>	<b>596,440</b>	<b>23,379,688</b>	<b>15,083,670</b>	<b>730,616</b>	<b>38,952,705</b>

Producción diaria : 6.700 t/día  
 Producción mes : 167.000 t/mes  
 Producción anual : 2.000.000 t/año

#### 4.3 Manejo de las aguas lluvias o cursos de agua, ubicados aguas arriba del botadero

Considerando que la precipitación es el volumen o altura de agua lluvia que cae sobre un área en un periodo de tiempo, la cual tiene una influencia directa en la infiltración, escurrimiento y en el régimen de agua subterránea y a su vez afecta la estabilidad de taludes ubicados en ductos o quebradas aportantes, se puede apreciar en la siguiente figura que tanto la mina como el Botadero por su posición se encuentran ubicadas en la parte más alta del cerro Jilguero, lo que beneficia a la estabilidad del botadero desde el punto de vista de la afectación por concepto de aguas lluvias. Al inicio de una quebrada es evidente que no habrá acumulaciones de agua antes del botadero dado que el botadero se encuentra en primera posición. Es necesario en este tipo de botaderos o Depósitos de estériles la compactación que se logre en cada etapa de la construcción del depósito diseñado.

Por otra parte las estadísticas de precipitaciones a lo largo de los años indican claramente un déficit de lluvias, alcanzando precipitaciones **anuales** del orden de 13 a 15 mm, la experiencia de investigadores en terrenos en función de su pendiente, indican que la infiltración de aguas lluvias normalmente tiene un margen de dos pulgadas de agua (50 mm), para luego de este momento, a causa de un proceso de saturación de los suelos, pueda ocurrir algún fenómeno de riesgo de remoción en masa. La región de Atacama hace bastante tiempo no supera los 20 mm de agua caída en el año.

En general las escasas aguas lluvias serán canalizadas por canaletas laterales al botadero.

#### 4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD BOTADERO

El propósito del presente estudio es diseñar el Botadero constituido por estériles, considerando principalmente la geometría del Talud, es decir, el ángulo de talud, la altura de éste, ancho de berma y asociado a ello, determinar el Factor de seguridad para obtener un diseño estable desde el punto de vista geotécnico.

El estudio de estabilidad se realizó mediante un análisis bidimensional, utilizando un modelo de equilibrio límite mediante el modelo de Bishop Modificado y el modelo de Janbu.

##### **Antecedentes**

Para realizar el estudio geotécnico del sector, se analizaron perfiles del sector que consideran la actual topografía y la geometría que dispone el Botadero en proyecto, seleccionando para su análisis detallado aquel perfil correspondiente a la línea de máxima pendiente, que en este caso coincide con el perfil longitudinal del botadero diseñado.. El objetivo de realizar estos perfiles consiste básicamente en definir claramente las dimensiones y formas geométricas del botadero con respecto a la topografía de terreno.

Dada esta configuración geométrica, el volumen del botadero descansa en un plano que en su mayor extensión es sub-horizontal, inclinándose con un manto promedio de 11°, lo que definen los perfiles a analizar en su estabilidad, normalmente es el que corresponde a la Línea de Máxima Pendiente. El ángulo mayor de reposo que han adquirido los materiales estériles en Mina Jilguero corresponde a 38°, correspondiente al ángulo de fricción básica del material estéril. Por lo tanto este es el ángulo que se ocupará para realizar el análisis de estabilidad, como ángulo de fricción básico para material de desmonte.

##### **Propiedades Geomecánicas**

En trabajos de estabilidad de botaderos existe bastante variabilidad en las propiedades resistentes de este tipo de depósitos, especialmente en los valores de cohesión, lograda por la compactación de la operación de relleno con los propios camiones cargados. Se utilizará un valor de cohesión de  $C=40$  y  $75$  y  $127$  Kpa que es un valor utilizado por otras empresas para los mismos fines, para una altura de prisma de 50 m.

La roca intacta es generalmente fuerte y el macizo rocoso es de calidad regular a buena (clases 2 en los sistemas de Laubscher y Bieniawski), el material es generalmente competente, con resistencias medianas. Los afloramientos muestran roca muy competente y fracturada.

Las propiedades del macizo rocoso se determinaron en laboratorio y en terreno. Con estos valores para el macizo rocoso, se calcularon los valores promedios de resistencia de cohesión y ángulo de fricción, utilizando el método empírico de Hoek & Brown Failure Criterion en función de la resistencia de compresión uniaxial, de índice de resistencia geológica (GSI: Geological Strength Index).

**TABLA 1 Propiedades geomecánicas del macizo rocoso**

Unidad	Densidad Kn/m <sup>3</sup>	Cohesión c (Kpa)	ángulo de fricción φ
In-situ	26.5	>1500	42°
Lastre	15.5	40	38°

## DESARROLLO DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Una vez analizada la información de perfiles topográficos del Proyecto de Botadero, se obtuvo el ángulo de reposo promedio de materiales estériles (38°) y el uso de parámetros geomecánicos, se determinó trabajar con un modelo de equilibrio límite ocupando para ello el *software Slide versión 6.1*.

Esta herramienta analítica permite computar los valores del Factor de Seguridad de un talud decidiendo utilizar el Método de Bishop Modificado, el cual supone que las fuerzas en las caras laterales de las tajadas verticales del material son horizontales y que el fallamiento es a través de superficies circulares.

El análisis de equilibrio límite generan las 10 superficies más críticas con su correspondiente factor de seguridad.

En la realización del análisis de estabilidad, se definió un nivel de diseño en el Factor de Seguridad de  $F_s=1.1$  o superior para considerar una condición de estabilidad razonable en el talud.

En la determinación de Factores de Seguridad existen criterios de aceptabilidad nacional como internacionalmente, sin embargo, no existe un criterio estándar.

En una revisión de la literatura técnica de trabajos similares se ha concluido que:

- Los criterios de aceptabilidad son más estrictos en el caso de taludes de obras civiles que en el caso de taludes mineros.
- En los taludes mineros, podemos diferenciar taludes del macizo rocoso formador del rajo abierto y taludes de material apilable (stock pile) con cohesión casi nula y material apilable con característica de compactación (por el mismo camión cargado, compactador) el cual puede aumentar su cohesión\* en función de la altura del desmonte:

<u>Altura</u>	<u>Cohesión*</u>
16 m	40 KPa
25 m	75 KPa
50 m	127 KPa
75 m	166 KPa
100 m	196 KPa
150 m	150 KPa

- El Factor de Seguridad utilizado es de 1.1.
- Generalmente los valores máximos permisibles dependen de las posibles consecuencias de una eventual inestabilidad, aceptándose diseños menos conservadores cuando las consecuencias de una eventual falla son de poca importancia, en función de botaderos de poca capacidad.

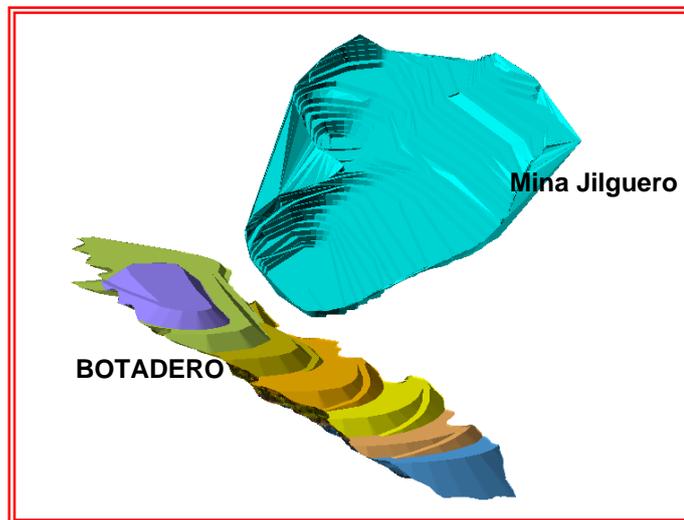
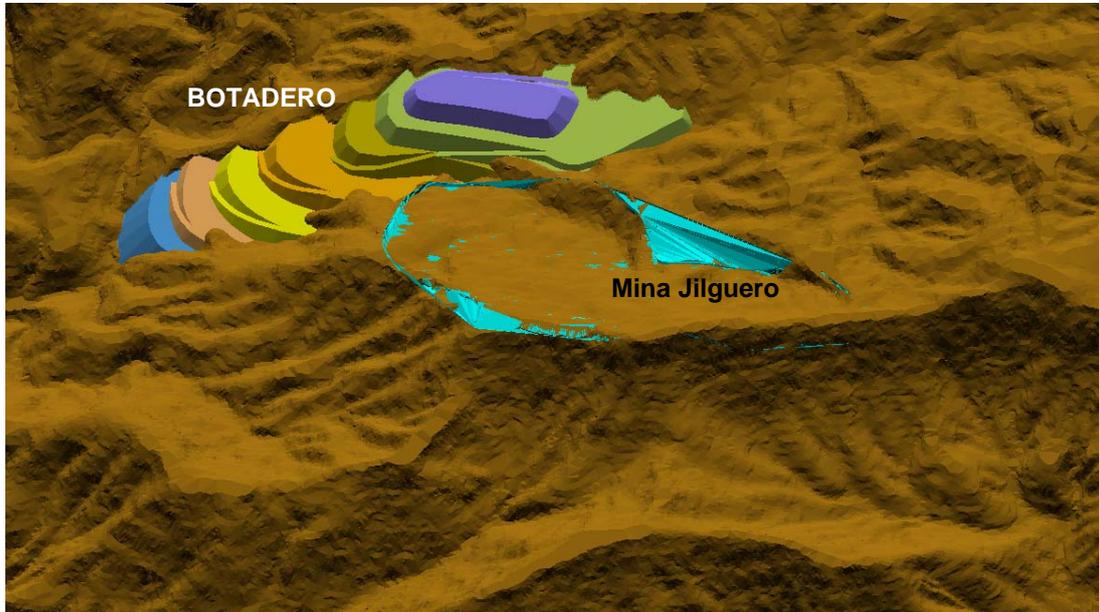
En el presente proyecto se evaluó la estabilidad del talud del botadero considerando un coeficiente de sismicidad  $g$  de 0.2, equivalente a un terremoto grado 7.5 en la escala Richter. El factor agua no fue considerado dado a que se han realizado sondajes profundos no existiendo algún indicador de agua.

## **MODELAMIENTO**

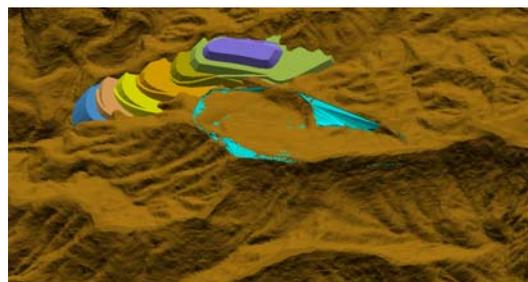
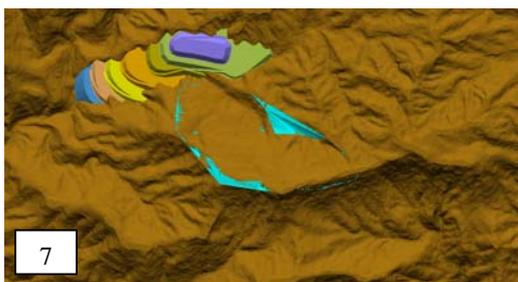
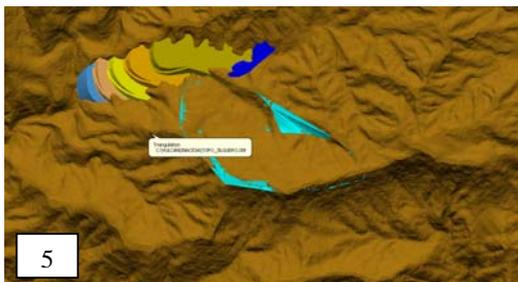
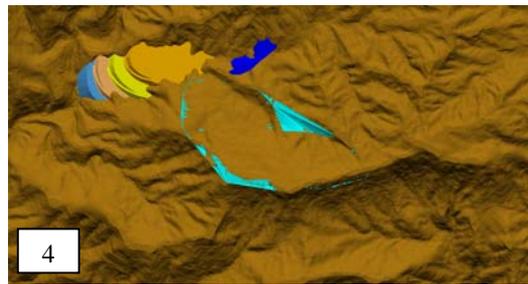
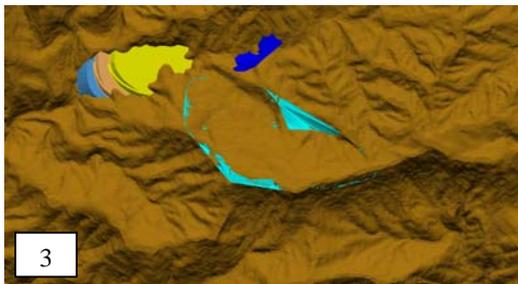
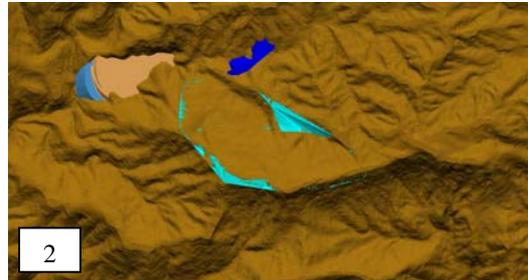
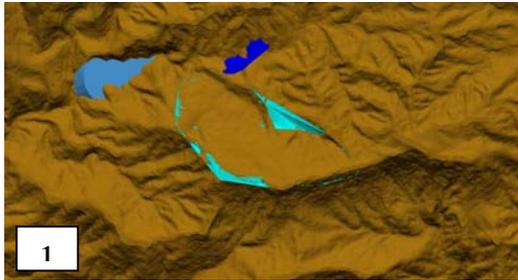
### **El modelamiento del botadero, ha considerado:**

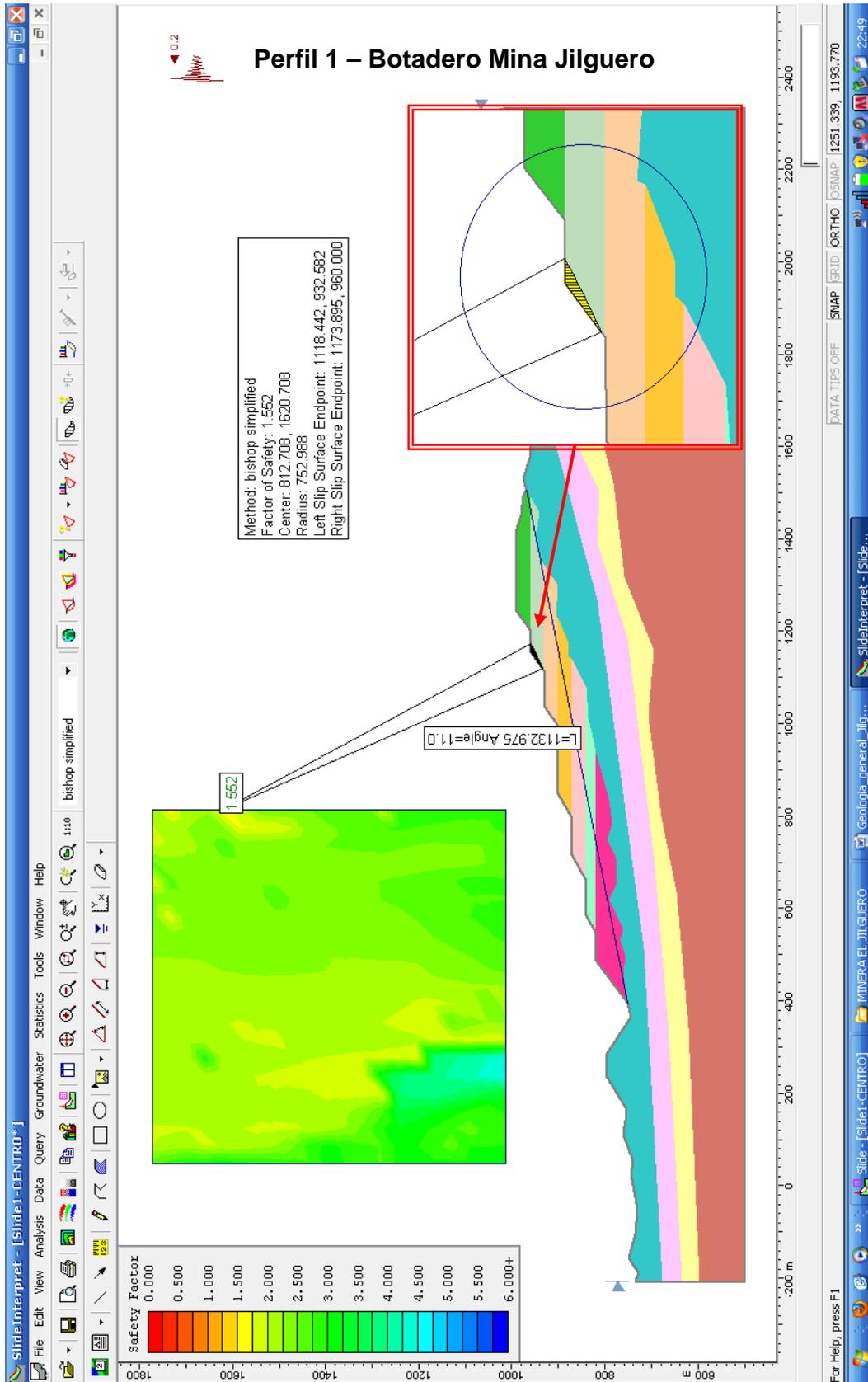
- La línea de máxima pendiente del botadero, dada por el perfil longitudinal.
- Que cualquier otra superficie a modelar daría como resultado un mayor Factor de seguridad.
- El análisis se ha realizado bajo las condiciones más críticas.
- El material estéril será compactado mediante los mismos camiones cargados.
- La cohesión fácilmente lograda será de 40 KPa., la cual es generada por el peso propio del cuerpo con una altura de 16 metros.
- El coeficiente sísmico usado será de 0.2g, que equivale a un sismo de 7.5 @ 8 grados en la escala de Richter, de acuerdo a la estadística sismológica de la zona.
- Se usarán los parámetros geomecánicos definidos anteriormente.

### Disposición General Mina Jilguero y Botadero

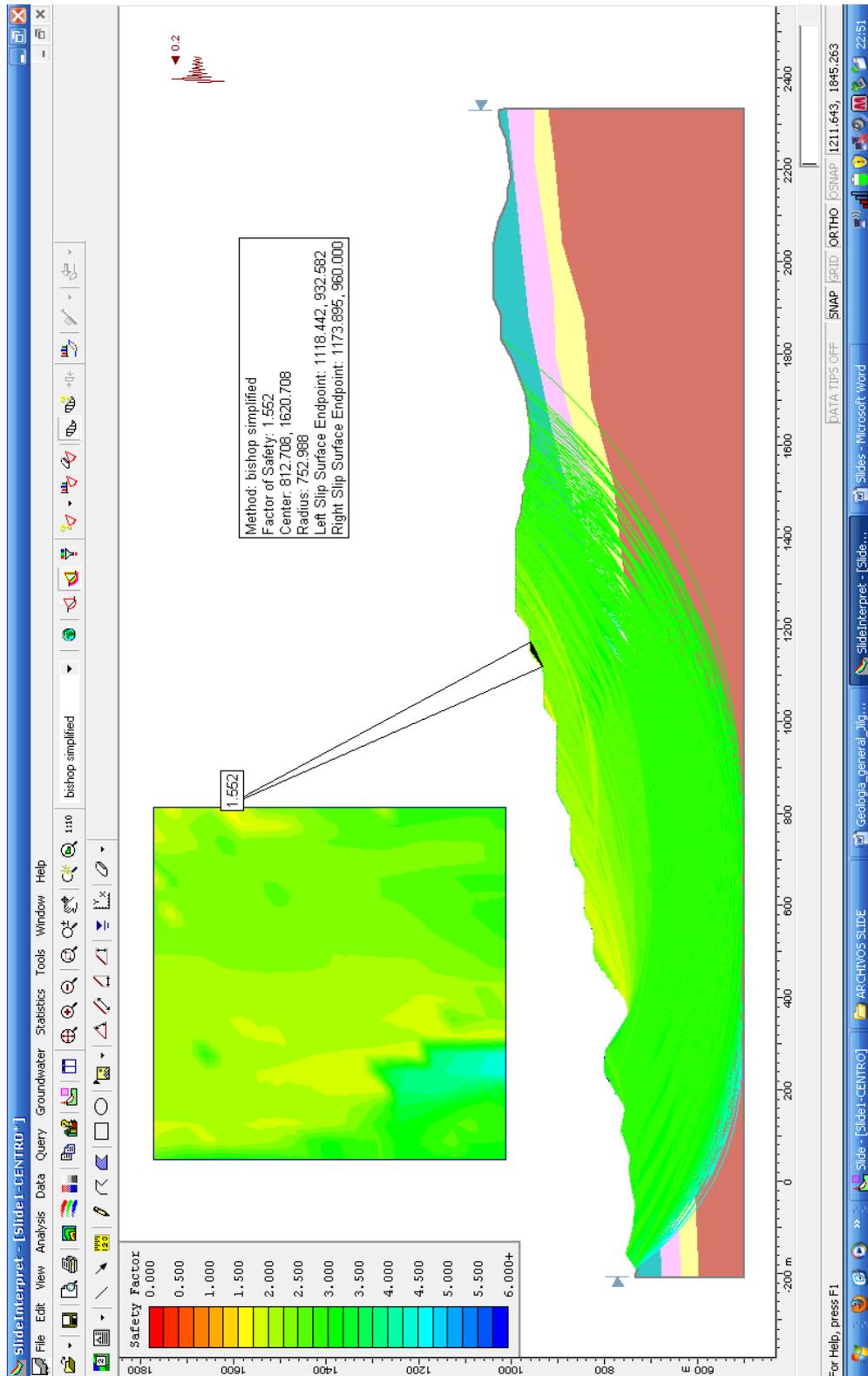


### Secuencia Construcción Botadero Mina Jilguero

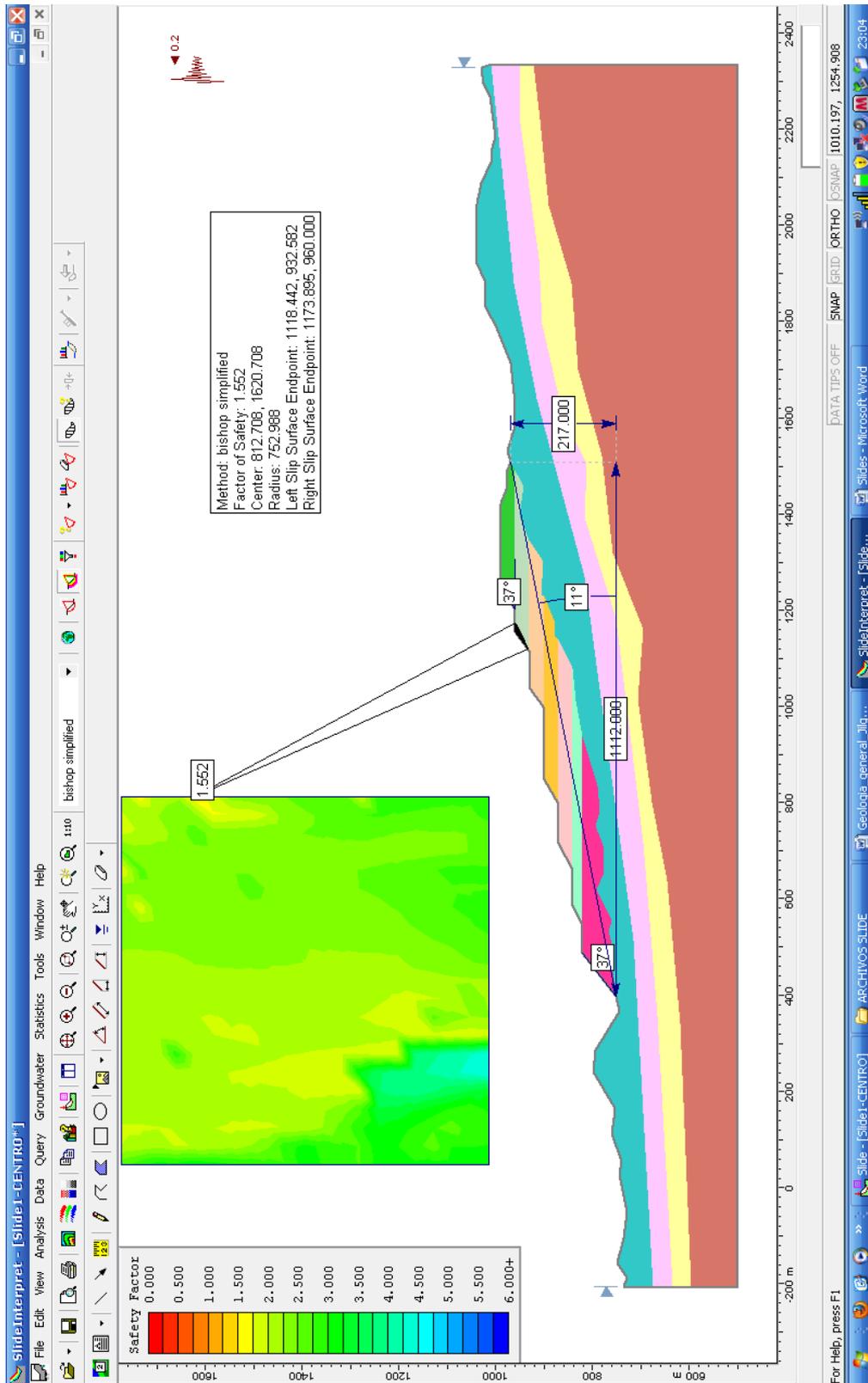




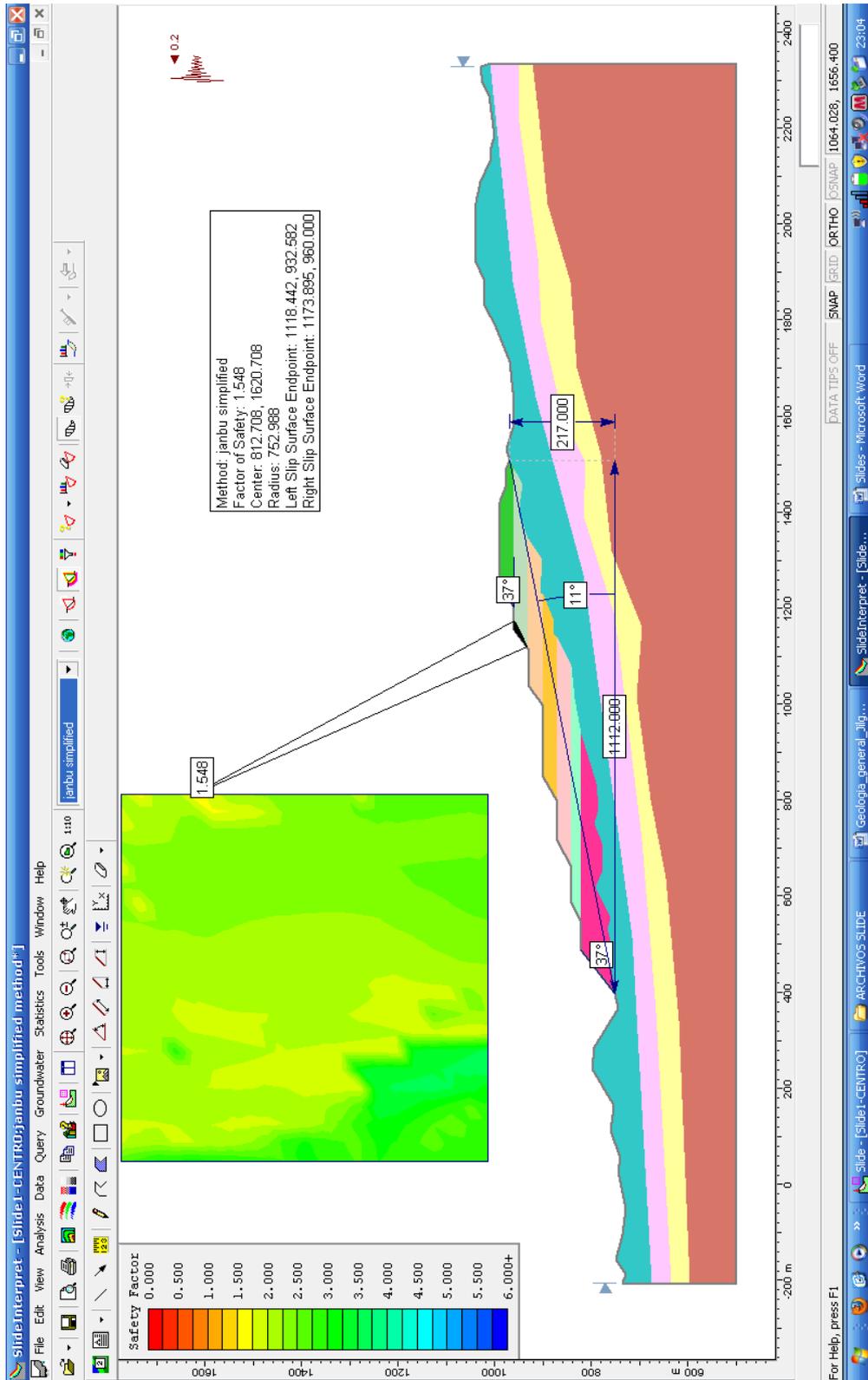
### Perfil 2 – Botadero Mina Jilguero



### Perfil 3 – Botadero Mina Jilguero



For Help, press F1



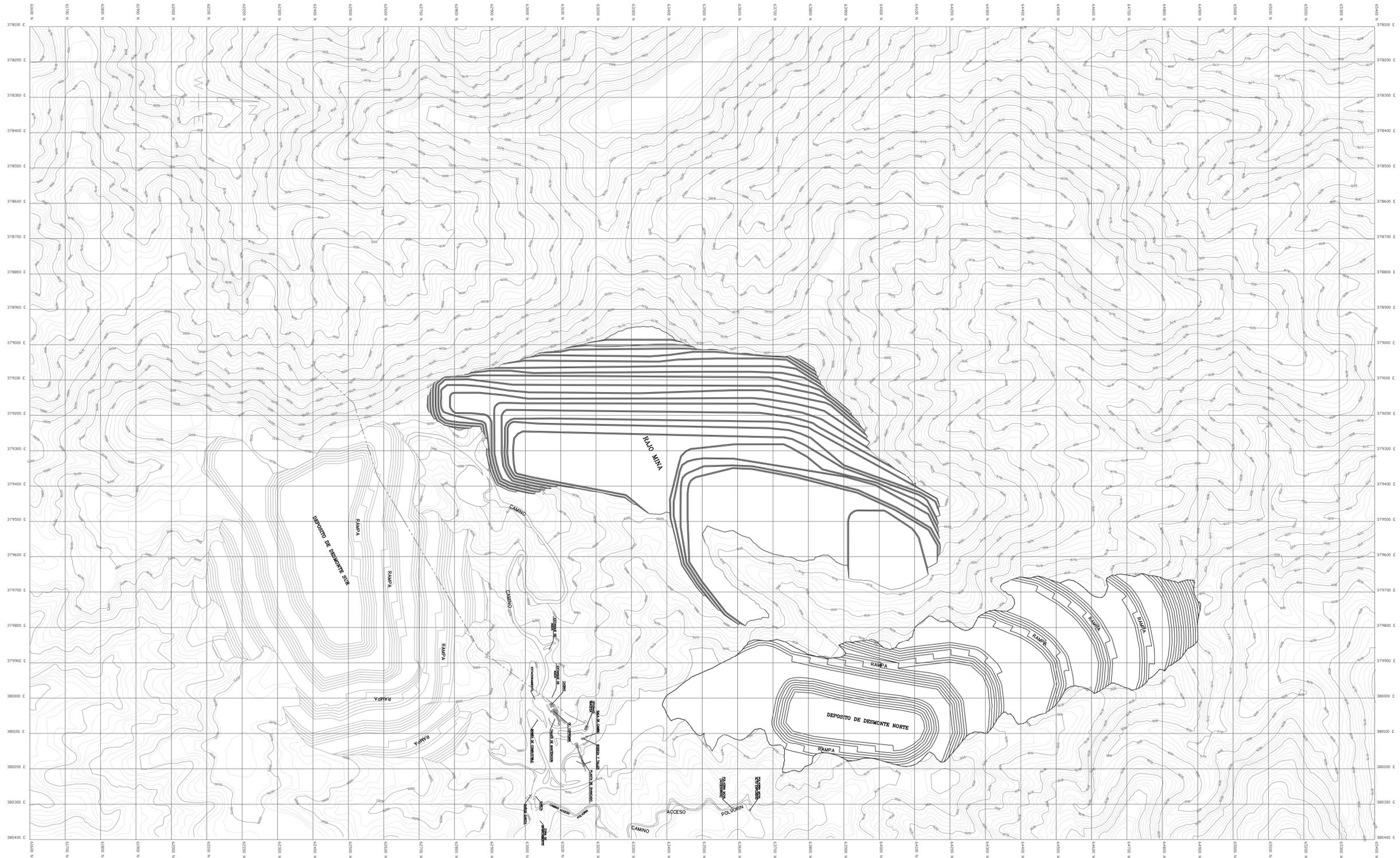
## 5. CONCLUSIONES

1. El proyecto de botadero considera ocupar 1.2 kilómetros horizontales del terreno, el cual coincide paralelamente con el eje de la cuenca en el lugar.
2. La quebrada es impactada en el inicio de ella, lo que disminuye la probabilidad de arrastre del material estéril al existir menor afluencia de aguas lluvias. La construcción del botadero considera acceso lateral en un ancho mínimo de 12 metros, que en caso de una lluvia que supere los 50 mm, este acceso sirva de canalización de aguas lluvias. La estadísticas de agua caída en la zona es de **13.4 mm de agua caída al año**.
3. Los Perfiles modelados y mostrados, considera los aspectos geométricos en la estabilidad del botadero, y las condiciones de sismicidad. El Factor de seguridad FS es de 1,552 para la metodología de Bishop Modificado y 1.548 según metodología de Janbu, para un material con cohesión de 40 KPa.
4. En consecuencia con el límite de  $F_s = 1.1$  como criterio de aceptabilidad para un análisis dinámico, se concluye por los factores de seguridad calculados, que éstos determinan una condición de estabilidad para el Proyecto de Botadero Mina Jilguero.
5. El proyecto botadero contempla realizar controles de compactación del terreno durante su construcción.
6. Canalizar las entradas sobre la plataforma de mayor cota del sector botadero, con el propósito de mitigar y reducir la velocidad de probables avalanchas de barro en los meses de lluvias. Además de evitar la infiltración de agua en la base del botadero.
7. Hacer medidas de descarga de aguas desde quebradas del sector, para entender los efectos colaterales, cuando ocurran eventos de lluvias torrenciales.

**Hugo Olmos Naranjo**  
**Ingeniero Civil Minas**  
**Mecánica de Rocas**

**6. ANEXO**

**PLANO TOPOGRÁFICO DEL AREA**



SIMBOLOGIA	
	RAJO
	DEPOSITO DE DESMONTE NORTE
	DEPOSITO DE DESMONTE SUR
	LINEA ELECTRICA
	CAMINO
	CURVAS DE NIVEL INDICE
	CURVAS DE NIVEL SUB-INDICE

R	REV.	FECHA	FECHA	NOMBRE	FIRMA	FECHA
				Topografia	RESTITUCION AEREOFOTOGRAMETRICA	ABRIL/09
				Dibujo	--	--
				Reviso	MANUEL BARRAZA	JUNIO/10
				VB'	ALIRO HERNANDEZ	JUNIO/10



**MINERA JILGUERO S.A.**  
Es Cementos Bio Bio

UBICACION	REGION : TERCERA	PROYECTO DE AMPLIACION	PROYECCION U.T.M.
PROVINCIA : COPIAPO	COMUNA : T. AMARILLA	MINA JILGUERO	ELIPSOIDE DE REF. INTERNACIONAL 1924
LUGARES : CERRO JILGUERO	FECHA MAYO 2010		DATUM SUD. LA CANOA 1956 HUSO 19
			ESCALA 1 : 7500