

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y
METALURGICA



“ANALISIS DE ESTABILIDAD PAD Nro24”

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:
JUAN CARLOS ORE MEGO**

**LIMA – PERU
2009**

DEDICATORIA:

Dedico el presente informe de ingeniería a todos aquellos que me brindaron su ayuda para realizar el siguiente informe así como también a mi madre que es la persona que nunca deja de apoyarme.

RESUMEN

El presente Informe Técnico contiene los aspectos del análisis de estabilidad del Pad de Lixiviación Nro24 ubicado en el Sector Cochavara de la unidad minera ubicado en el distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad, perteneciente a la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. - COMARSA.

El Pad de lixiviación Nro24 tiene un área aprovechable de 21.050 ha. y una capacidad de 11.0 millones de toneladas métricas considerando el apilamiento de roca mineralizada del Tajo Cochavara. El apilamiento de roca mineralizada, de características gravo arenosa muy permeable, alcanzará una altura de 96 metros compuesto por 12 bancos de 8 metros de altura.

Para asegurar el diseño del Pad de lixiviación Nro. 24 se realizó el siguiente estudio de estabilidad del Pad los análisis de estabilidad física de taludes han sido llevados a cabo para el apilamiento de mineral en el Pad Nro. 24 considerando las secciones de mayor altura, máxima pendiente de diseño y sección más desfavorable para la evaluación de la estabilidad.

Para el análisis de la estabilidad de taludes en general, se ha empleado el programa de cómputo SLIDE (RockScience, 2005) versión 5.

Los criterios de diseño establecidos para el presente análisis fueron los siguientes:

- Mínimo factor de seguridad estático a largo plazo igual a 1.4.
- Mínimo factor de seguridad estático a corto plazo igual a 1.3.
- Mínimo factor de seguridad seudoestático a largo plazo igual a 1.0.

Se simuló condiciones de corto y largo plazo, se analizaron condiciones estáticas y seudoestáticas, además los tipos de fallas circulares globales, locales y no circulares (tipo bloque). Las superficies circulares fueron analizadas para evaluar la estabilidad a través ya sea del mineral del apilamiento, o de la cimentación general. Las superficies de falla tipo bloque fueron analizadas para evaluar la estabilidad del apilamiento a través del sistema de revestimiento.

Los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad nos han determinado factores de seguridad dentro de los mínimos recomendados

con los criterios de diseño asumidos en el presente estudio, tanto para la condición estática como seudoestática y para los dos tipos de superficies de falla analizadas (circular y bloque), por lo que se concluye que la configuración para el pad de lixiviación, tendrán condiciones estables desde el punto de vista geotécnico en estas secciones distribuidas transversalmente al lado mayor del Pad

ÍNDICE

	Pag.
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
INDICE.....	1
INTRODUCCION.....	5
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.....	6
1.1 UBICACIÓN.....	6
1.2 ACCESO.....	6
1.3 CAMPAMENTO E INSTALACIONES.....	7
1.4 SITUACION ACTUAL DE LA ZONA DEL PROYECTO	7
CAPÍTULO II: GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO....	8
2.1 GEOLOGIA Y MORFOLOGIA.....	8
2.1.1 Alteración.....	9
2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	10
CAPÍTULO III: CRITERIOS DE DISEÑO.....	11
3.1 GENERALIDADES.....	11
CAPÍTULO IV: SISMICIDAD.....	14

4.1 ZONIFICACION SISMICA.....	14
4.2 INTENSIDADES.....	15
4.3 EVALUACION SISMICA.....	16
4.4 EVALUACION PROBABILISTICA DEL PELIGRO SISMICO	18
4.5 CARACTERISTICAS DE SISMO MAXIMO Y BASICO DE DISEÑO.....	19
4.6 COEFICIENTE SISMICO.....	20
CAPÍTULO V: INVESTIGACIONES GEOTECNICAS.....	24
5.1 GENERALIDADES.....	24
5.2 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO.....	25
5.2.1 Calicatas.....	25
5.2.2 Densidad Insitu.....	29
5.2.3 Permeabilidad Insitu.....	30
5.2.4 Muestreo de Campo.....	31
5.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	32
5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	41
5.5 CONDICIONES GEOTECNICAS.....	43
5.5.1 Descripción de Perfiles Estratigráficos.....	44
CAPÍTULO VI: CONSIDERACION PARA EL DISEÑO GEOTECNICO.....	48
6.1 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	48
6.1.1 Método de Análisis.....	48

6.1.2	Criterios de Diseño.....	50
6.1.3	Condiciones a Corto y Largo plazo.....	51
6.1.4	Condiciones Analizadas.....	52
6.2	RESULTADOS OBTENIDOS.....	57
6.3	ASENTAMIENTO DEL APILAMIENTO.....	62
6.3.1	Asentamiento de la cimentación.....	62
6.3.2	Asentamiento del Apilamiento.....	64
6.4	DISEÑO DE TALUDES.....	65
6.5	SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL.....	67
	CAPÍTULO VII: PROGRAMA DE MONITOREO.....	68
7.1	GENERALIDADES.....	68
7.2	MONITOREO TOPOGRAFICO.....	71
7.3	FRECUENCIA DE MONITOREO.....	77
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES.....	80
	BIBLIOGRAFIA.....	81

FIGURAS

FIGURA N° 4.1: ZONIFICACION SISMICA DEL PERU SEGÚN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.....	21
FIGURA N° 4.2: MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMA INTESIDAD SISMICA (ALVA-1984).....	22
FIGURA N° 4.3: MAPA DE ISOACELERACIONES PARA 500AÑOS DE VIDA UTIL.....	23
FIGURA N° 6.1: SECCIONES PAD Nro 24.....	55
ANEXOS.....	82
ANEXO I: REGISTRO DE EXCAVACIONES.....	83
ANEXO II: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	111
ANEXO III: ANALISIS DE ESTABILIDAD.....	131
ANEXO IV: PLANOS.....	158

INTRODUCCION

Debido a la necesidad de la Minera Aurífera Santa Rosa de almacenar los volúmenes de mineral proyectados para el año 2,009, se realizo, el diseño de un Pad de lixiviación Nro. 24 de 21.05 ha., una poza pregnant de 50,000 m³ de capacidad, una poza de grandes eventos de 80,000 m³ de capacidad de almacenaje y un desarenador de 500 m³ de capacidad cada uno.

Para ello se realizo el siguiente estudio que tiene como finalidad demostrar la estabilidad del diseño del Pad Nro 24, usando información recogida del campo y realizando ensayos que nos permitan obtener información geotécnica que se compilo en el software Slide 5.0 que nos ayudo a simular las posibles superficies de falla y determinar los factores de seguridad mínimos para asegurar la estabilidad del Pad de Lixiviación Nro 24.

CAPÍTULO I

DESCRIPCION GENERAL

1.1 UBICACION:

La Unidad Minera, está ubicada en el Pasaje Pampa Larco, y que se ubica en el distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, región de La Libertad, entre las coordenadas 9°093,500 N a la 9°095,200 N y la 829,100 E a la 831,580 E y a una altitud entre los 3,400 á los 3,500 m.s.n.m.

1.2 ACCESO:

El acceso a la Unidad Minera, desde la ciudad de Trujillo, se accede por una vía asfalta hasta la localidad de Shorey - Quiruvilca por una carretera afirmada y desde ese punto hasta Santiago de Chuco y Angasmarca por una carretera carrozable y desde Angasmarca por

una carretera carrozable, cubriendo una distancia aproximada de 175 Km.

1.3 CAMPAMENTOS E INSTALACIONES:

Los Campamentos e Instalaciones de la Mina, se ubican en el flanco SW del proyecto. El mismo que estará constituido por módulos de estructura metálica desarmable e instalada sobre suelo afirmado.

1.4 SITUACION ACTUAL DE LA ZONA DEL PROYECTO

En la zona del presente proyecto se tienen terrenos cultivables los que serán removidos en su totalidad en una profundidad aproximada de 2.20m.

Por otro lado se tiene como límites del Pad Nro24, por el norte con la quebrada Hueco y al este el río Ucumal, por el oeste con las laderas de Ingacorral.

CAPÍTULO II

GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 GEOLOGIA Y MORFOLOGIA

Los afloramientos presentes en el área corresponden a rocas de la Formación Chimú y constan mayormente de intercalaciones en estratos delgados de cuarcitas, areniscas muy finas de colores gris claras y plumizas así como presencia de Till y material cuaternario en la zonas de ligera depresión.

El rumbo promedio de los estratos de cuarcitas y areniscas es 15° NW y buzamientos de 45° a 60° SW.

2.1.1 Alteración

Argílica intermedia

Con la presencia de sericita, caolín e illita, estas alteraciones se presentan formando halos que constituyen claro control de alteración.

Estas alteraciones han afectado a los componentes intersticiales de la cuarcita produciendo que estas rocas ocasionalmente presenten textura sacaroidea siendo fácil su reconocimiento por ser muy disgregables.

Silicificación

Esta alteración se presenta entre los halos de alteración argílica y está asociada a la presencia de óxidos producidos por la lixiviación hidrotermal de los sulfuros de hierro con presencia de cavidades de lixiviación y venillas delgadas de sílice, periféricos a los planos de fractura.

2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La diferente competencia de las cuarcitas y las rocas plásticas como lutitas y limolitas originan pliegues suaves, así muchas fallas observadas tienden a desarrollarse a favor de los contactos de cuarcita con lutita y limolita aprovechando la ductilidad de estas últimas.

Regionalmente el área está cortada por fallas de orientación NE-SW, tal es el caso de la falla Cementerio. que atraviesa la zona de operaciones con rumbo N 60° E y buzamiento 80°NW con movimiento sinextral hasta el río Ucumal.

También existe un sistema de fallas locales tipo tensional de dirección NW-SE, con buzamientos de 60° y 80° SW.

La falla cruce con rumbo N 77° E y con buzamientos de 70° y 80°

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE DISEÑO

3.1 GENERALIDADES

El diseño de las estructuras de tierra como el pad de lixiviación se realiza en función de criterios de diseño requeridos por las operaciones metalúrgicas, las condiciones de la mina y estándares en la industria minera. El listado de los criterios de diseño utilizados para el presente estudio se detalla a continuación:

Descripción	Unidad	Criterio
Usado		
PAD DE LIXIVIACIÓN		
Características del Mineral de Mina (ROM)		
Humedad	%	3.1
Densidad ROM in-situ	T/m3	1.80
Sistema de Transporte al Pad de Lixiviación		
Método de transporte	Camiones	
Capacidad camiones	T	10
Unidades	unid	10
Producto		ROM
Densidad, por peso (roto)	T/m3	1.80
Parámetros del Pad de Lixiviación		
Densidad promedio mineral	T/m3	2.00
Periodo de retorno sismo de diseño	años	500
Evento sísmico de diseño	g	0.31
Coeficiente sísmico		0.15
Estabilidad estática largo plazo, mínimo	F.S.	1.4
Estabilidad estática corto plazo, mínimo	F.S.	1.3
Estabilidad seudoestática, mínimo	F.S.	1.0
Lluvia para el evento de diseño	mm	73

Revestimiento pad de lixiviación	tipo	LLDPE, DT
	Textura	lisa-texturada, doble
Espesor del revestimiento	mm	1.5
Altura típica de capa	m	8
Máxima altura del apilamiento	m	50

Notas:

1. La aceleración atenuada en el lugar de la mina es aproximadamente 0.31g, considerando un tiempo de exposición de 50 años y un periodo de retorno de 475 años.
2. Ningún daño significativo deberá producirse en las instalaciones de procesos debido a la ocurrencia de un terremoto severo.

CAPÍTULO IV

SISMICIDAD

El Perú es considerado como una de las regiones de más alta actividad sísmicas. Forma parte del cinturón Circumpacífico y esta considerada como una de las zonas más activas del mundo por lo tanto está expuesta a eventos sísmicos, según estas consideraciones es necesario evaluar el peligro sísmico del área de estudio a fin de determinar la influencia del efecto sísmico sobre la estabilidad física de las estructuras del Pad de Lixiviación N° 24.

4.1 ZONIFICACION SISMICA

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. Según el mapa de Zonificación sísmica propuesto por la nueva Norma de Diseño sismorresistente

E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), presentado en la Figura N° 4.1, el área de estudio se encuentra comprendida en la zona 3 clasificada como zona de alta sismicidad.

4.2 INTENSIDADES

Según el análisis sismo tectónico, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como el Circulo Alpino Himalayo y el Circulo Circumpacífico. En esta última, donde se localiza el Perú, han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos en el mundo. Por lo tanto, nuestro país está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica.

La fuente de datos básica de intensidades sísmicas que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido presentada por Silgado (1978). En la Figura N° 4.2 se muestra el mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas observadas (Alva et al. , 1984), de acuerdo a esta información, se concluye que según la historia sísmica del área de estudio (400 años), han ocurrido sismos de intensidades altas como VI – VIII en la escala Mercalli Modificado.

4.3 Evaluación Sísmica

De acuerdo a los estudios realizados para la zona del estudio se ubica en las coordenadas $77^{\circ} 59'$ de Longitud Oeste y $8^{\circ} 05'$ de Latitud sur. De acuerdo a la zonificación sísmica del Perú, realizada por el Ministerio de Vivienda y construcciones (1977), el área de estudio estaría ubicada en la zona 1 considerada de "Sismicidad Alta".

Dorbath (1990) indica que solo dos grandes sismos históricos han ocurrido en el Norte del Perú. El terremoto de 1,619 con una magnitud estimada de M_w 7.7-8.0 y una longitud de ruptura de aproximadamente 100 a 150 Km. Que destruyó la ciudad de Trujillo, el otro sismo de magnitud estimada de M_w 7.9 produjo 50,000 muertes, este último corresponde a una falla normal dentro de la Placa Nazca y no a un deslizamiento a largo de la superficie de subducción. El otro evento sísmico histórico de magnitud 8.7 ocurrió el año de 1,907 evento relacionado a la zona de subducción. En el Cuadro 4-01 y 4-02 se detalla información de los sismos ocurridos en zonas aledañas al área de estudio se presenta el registro histórico de los terremotos de gran magnitud en el Perú.

Cuadro N° 4-01: Resumen de los 10 terremotos de gran magnitud del Perú

N°	Año	Mes	Día	Lat	Long	Profundidad (Km)	Valor de Magnitud	Escala de Magnitud	Distancia (Km)
1	1907	11	16	-8.0	-76.8	150	8.7	Ms	134
2	1619	2	14	-7.9	-79.0	40	8.6	Ms	110
3	1725	1	7	-9.0	-79.0	40	7.6	Ms	146
4	1970	5	31	-9,20	-78.8	50	7.6	Ms	148
5	1916	11	10	-8.5	-77.8	15	7.1	Ms	50
6	1956	10	29	-8.5	-77.0	60	6.4	Ms	120
7	1984	6	5	-7.8	-76.7	33	5.8	mb	147
8	1937	6	22	-9.0	-79.0	150	5.7	UK	146
9	1939	11	26	-8.5	-77.5	130	5.5	UK	72
10	1961	7	3	-8.7	-79.1	57	5.5	mb	135

Cuadro N° 4-02: Resumen de los terremotos más cercanos a las operaciones de COMARSA

N°	Año	Mes	Día	Lat	Long	Profundidad (Km)	Valor de Magnitud	Escala de Magnitud	Distancia (Km)
1	1987	10	2	-8.14	-77.95	19	5.4	mb	8
2	1987	10	2	-8.10	-77.88	33	5.2	mb	15
3	1964	2	18	-8.30	-78.00	33	4.1	mb	22
4	1971	5	4	-8.27	-77.84	34	4.9	mb	26
5	1994	11	9	-7.87	-77.93	33	4.5	mb	27
6	1969	1	25	-8.08	-78.31	130	4.3	mb	31
7	1970	6	7	-8.27	-77.79	48	4.7	mb	32
8	1996	2	20	-7.80	-77.97	33	4.3	mb	33
9	1974	4	11	-8.38	-77.77	0	4.6	mb	41
10	1985	8	21	-8.39	-78.30	33	5.1	mb	43

La distancia epicéntrica para estos eventos fluctúa entre los 8 a 43 Km. Y la profundidad focal de 0 a 130 Km, la magnitud varía de 4.1 a 5.4.

4.4 Evaluación Probabilística De Peligro Sísmico

Se han realizado varias evaluaciones probabilística de peligro sísmico utilizando el método de Cornell McGuire (1976), los sismos son modelados ya sea como áreas de fuerte sísmica o como zonas de fuerte lineal (fallas). Los sismos son tratados como eventos independientes ubicados en fuentes puntuales aleatorias. La relación magnitud-recurrencia y magnitud máxima para cada zona son estimadas a partir de la sismicidad registrada dentro de cada zona de fuente. Casaverde y Vargas (1980), Castillo y Alva (1993) Figura N° 4.3 y Ceresis (1996) han efectuado evaluaciones similares. Los mapas probabilísticos de riesgo sísmico de Castillo y Alva indican que la aceleración máxima del terreno (AMT) para la zona de Quiruvilca – COMARSA sería aproximadamente 0.31g para un periodo de retorno de 500 años.

El área del estudio denominada Pampa Larco y Cochavara esta delimitada por la Quebrada Ucumal, los cerros Larco, Rumichaca y Llamo Llamo. La planicie de aproximadamente 993.17 Has, esta

ubicada en la zona entre las elevaciones de 3,500 y 3,600 msnm. En los alrededores de la planicie no hay elevaciones considerables, la planicie es considerada exenta de sufrir las consecuencias de huaycos, deslizamientos y derrumbes. Sin embargo, pequeños deslizamientos y derrumbes podrían ocurrir en las laderas debajo de la planicie. Con referencia las inundaciones se limitan de acumulaciones temporales de agua de lluvia.

4.5 Características de sismos máximos y básicos de diseño

Para determinar los sismos máximos y básicos de diseño ha sido conveniente evaluar el peligro sísmico del área de las instalaciones para un periodo de retorno de 500 años.

Los **Sismos Máximos** a suceder en un periodo de retorno de 150 y 500 años serán de Intensidad VI y VIII respectivamente en la escala de Mercali modificado según (Gutenberg y Richter).

Los **Sismos Básicos de Diseño** serán asumidos por el mismo valor anterior, es decir presentan una intensidad de VI y VIII en la escala de Mercali, pero se afectara y corregirá el valor de sus aceleraciones respectivas. Los valores de las aceleraciones máximas de diseño para los análisis de estabilidad serán.

A máx. = 0.31 g (para un periodo de retorno de 500 años).

4.6 Coeficiente Sísmico

Es aceptada internacionalmente, que el coeficiente sísmico a ser considerado en el análisis de condiciones pseudoestáticas de diseño de taludes, sea obtenido como una fracción que varia entre 1/2 a 1/3 de la máxima aceleración esperada. Esta recomendación es consistente con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers). En consecuencia, para el caso del análisis pseudoestático de estabilidad del Pad 24 se considera un valor del coeficiente pseudo estático de diseño como una fuerza horizontal de 1/2 de aceleración pico o sea 0.15 g

$\alpha_{\text{aceleración diseño}} = 0.15 \text{ g}$ (para un periodo de retorno de 500 años)

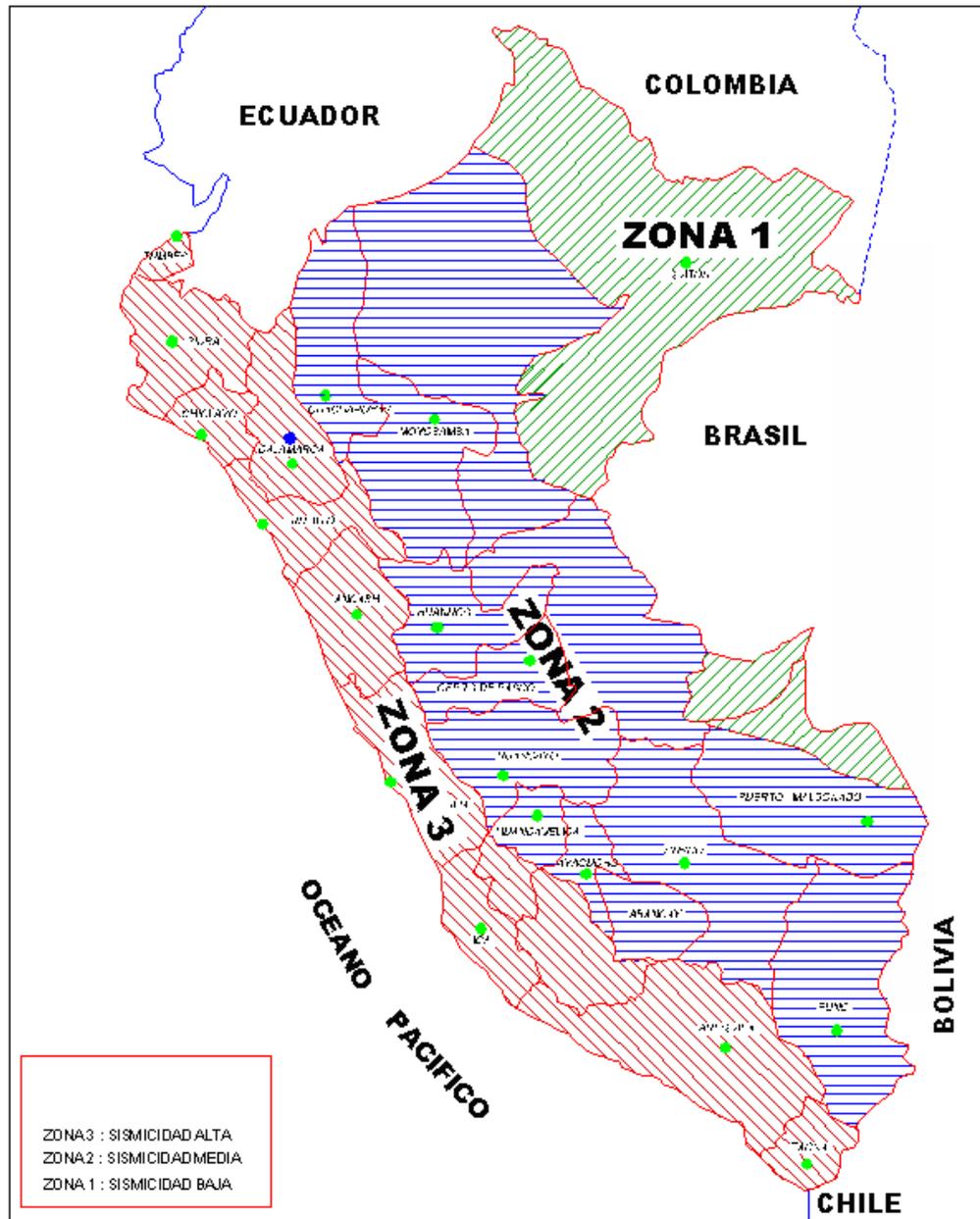


FIGURA N° 4.1: ZONIFICACION SISMICA DEL PERU, SEGUN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

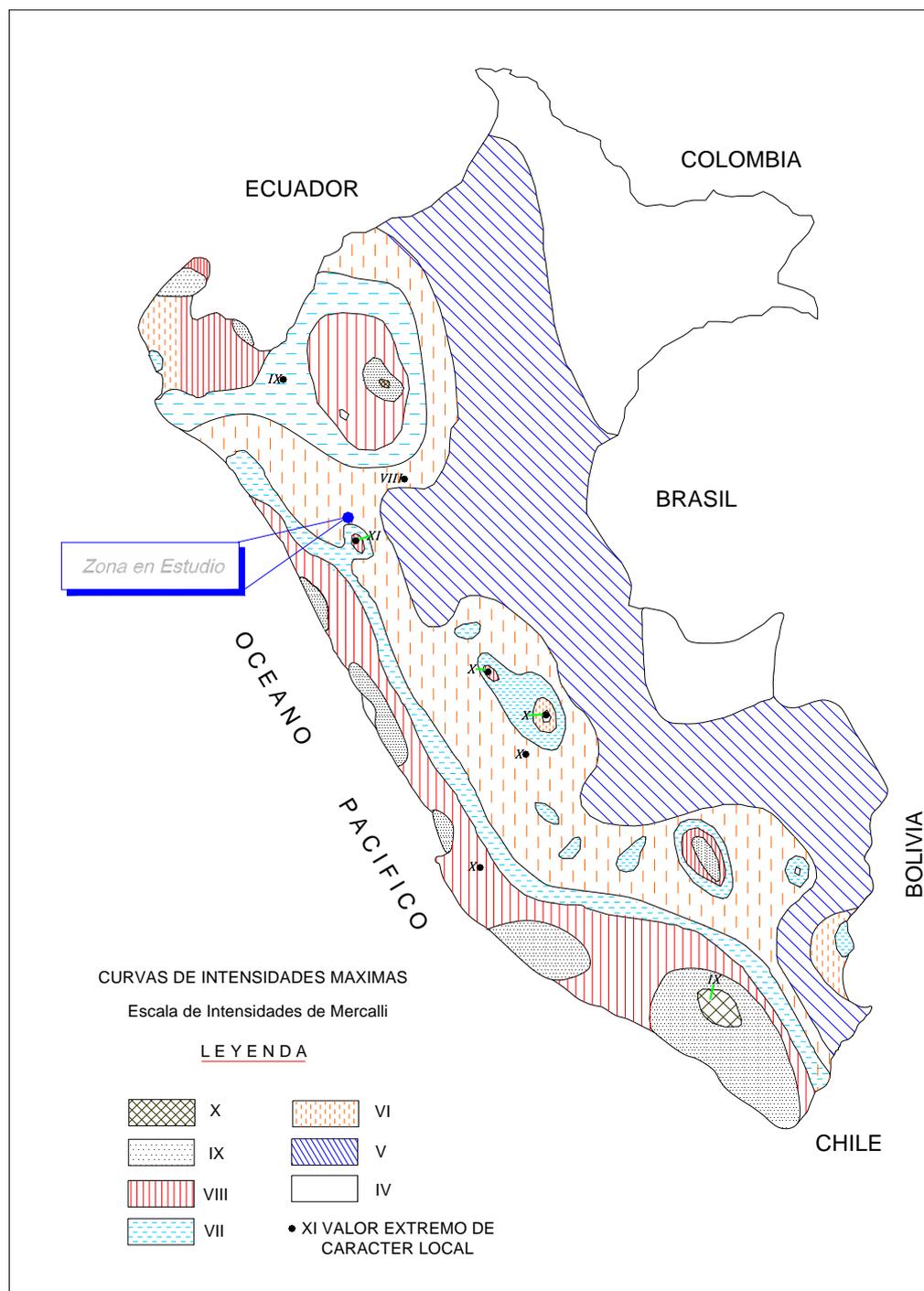


FIGURA Nº 4.2: MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMA INTENSIDAD SÍSMICA (ALVA-1984)

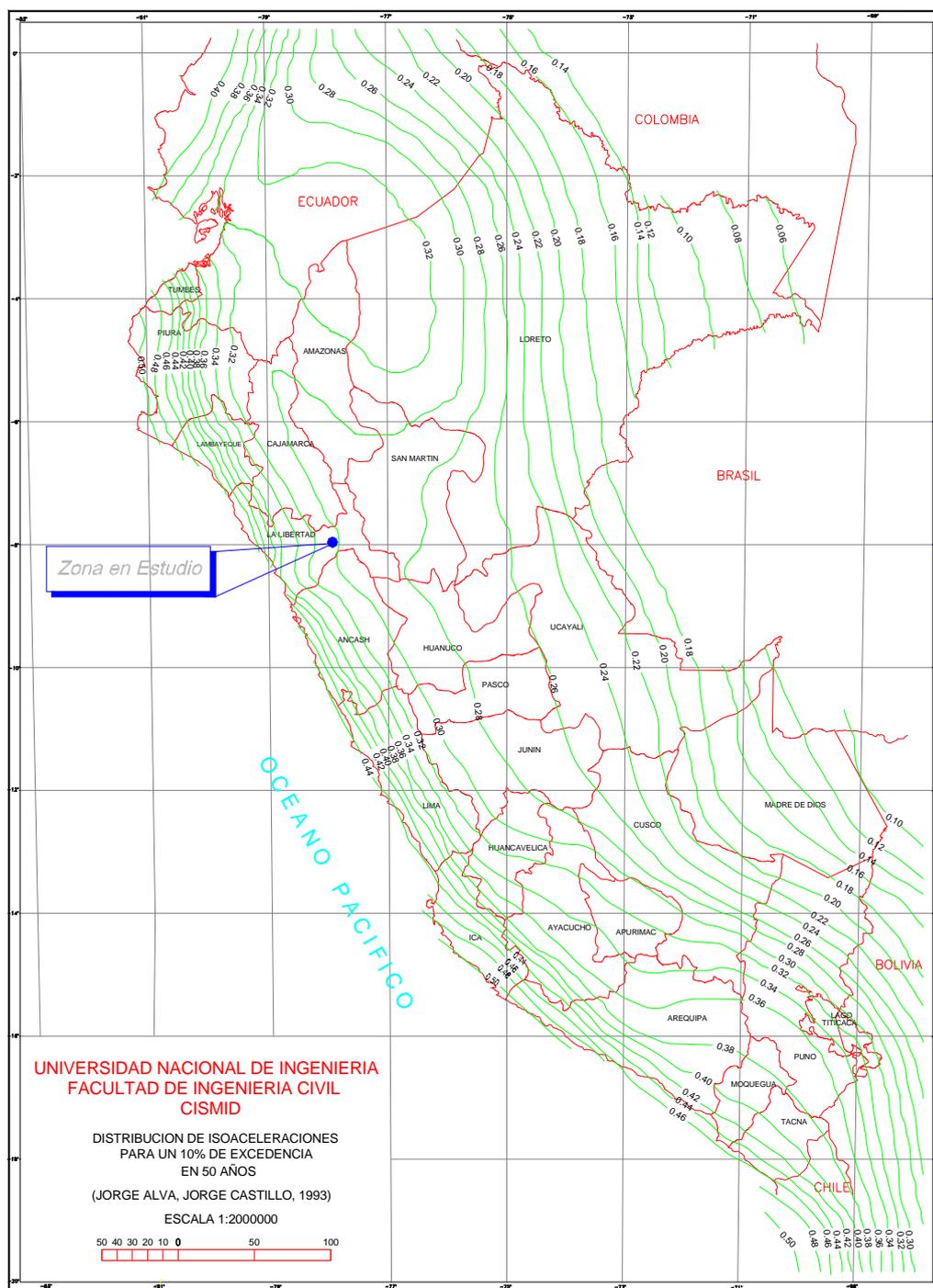


FIGURA Nº 4.3: MAPA DE ISOACELERACIONES PARA 500 AÑOS DE VIDA UTIL

CAPÍTULO V

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

5.1 GENERALIDADES

Para la ejecución del presente estudio se desarrollo un programa de investigaciones geotécnicas en la zona del pad N° 24, se ha evaluado los sondajes de exploración ejecutados en esta zona, así mismo se evaluó las exploraciones de la zona donde se denomina Pad 21. La evaluación geotécnica ha consistido en realizar trabajos para la obtención de las características geomecánicas y geotécnicas del material cuaternario de la cimentación y de los materiales que conforman la estructura del pad, dentro de las investigación geotécnica de campo se ha realizado ensayos in-situ para la obtención de la densidad natural del terreno y la evaluación del grado de percolación, para la obtención de muestras representativas se ha ejecutado excavaciones en calicatas y trincheras, se ha descrito la columna de suelo anotándose las características geotécnicas del perfil, se ha realizado el muestreo de los materiales

de cimentación. El programa de muestreo también ha contemplado la obtención de muestras de material inalterado, para la ejecución de ensayos de laboratorio en materiales lo mas cercano al comportamiento estructural, se ha planificado y extraído muestras de material de baja permeabilidad (soil liner), material de protección (Over Liner) y material de mineral, para llevar a cabo las pruebas de laboratorio y determinar las propiedades físicos y mecánicas de estos materiales. A continuación se describen las investigaciones desarrolladas.

Se ha analizado y evaluado también los sondajes, ensayos y pruebas in-situ correspondientes al diseño del pad 21.

5.2 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO

5.2.1 Calicatas

Se ejecutado un total de 08 excavaciones a cielo abierto (calicatas) convenientemente ubicadas dentro del área designada para la construcción del Pad, con la finalidad de evaluar las condiciones y respuesta geotécnicas de los materiales de cimentación y los materiales que serán depositados (mineral). Las calicatas están denominadas C-1 al C-8. En cada una de las calicatas se llevó a cabo una

detallada descripción de los tipos de suelos describiéndose además sus características físicas como color, humedad, consistencia, etc. Asimismo, se extrajeron muestras disturbadas e inalteradas representativas de los materiales cuaternarios encontrados, las cuales fueron identificadas, almacenadas en bolsas plásticas y trasladadas a la ciudad de Lima para efectuar ensayos de caracterización física y mecánica en el laboratorio geotécnico del CISMID – UNI.

La excavación de las calicatas se realizó con ayuda de equipo mecánico (retroexcavadora), en el Cuadro N° 5-01 se presenta un resumen de las calicatas realizadas. Como se puede observar la profundidad máxima alcanzada fue de 7.0 metros respecto al terreno natural. En las calicatas C-1 y C-2 se alcanzó el nivel freático a los 5.0 metros de profundidad, en la calicata C-6 a los 6.0 metros de profundidad y en la calicata C-7 a los 6.5 metros de profundidad, la calicata C-8 corresponde a una zona de filtraciones (nivel freático superficial).

Con el fin de complementar y aumentar la exploración se evaluaron las excavaciones de las calicatas correspondientes al diseño del pad 21 que se realizó con el mismo

procedimiento de la exploración del pad 24, en el Cuadro N° 5-01 se presenta un resumen de las calicatas realizadas. Como se puede observar la profundidad máxima alcanzada fue de 6.00 metros respecto al terreno natural, en ninguna calicatas se alcanzo el nivel freático.

En cada una de las calicatas se realizó un cartografiado geotécnico y muestreo correspondiente de los diferentes tipos de materiales existentes, ensayos de densidad de campo. En el anexo I Registro De Excavaciones, se presentan los registros de las excavaciones ejecutadas. En el cuadro 5-02 se muestra las ubicaciones, la profundidad y los niveles freáticos encontrados en las excavaciones.

Cuadro N° 5-01
Calicatas ejecutadas Pad N° 24

Sondaje	Profundidad(m)
C-1	5.50
C-2	5.50
C-3	3.50
C-4	3.00
C-5	3.00
C-6	6.50
C-7	7.00
C-8	7.00

Calicatas ejecutadas Proyecto:**Diseño Pad 21**

Sondaje	Profundidad(m)
C-1	5.00
C-2	6.00
C-3	5.50
C-4	5.00

Cuadro N° 5-02**Coordenadas de las Calicatas del Pad N° 24**

Sondaje	Este	Norte	Cota (msnm)	Profundida d(m)	Nivel Freático(m)
C-1	827553	9106770	3456	5.50	5.00
C-2	827563	9106738	3550	5.50	5.00
C-3	827474	9106728	3551	3.50	---
C-4	827395	9106734	3552	3.00	---
C-5	827470	9106818	3538	3.00	---
C-6	827392	9106834	3531	6.00	6.00
C-7	827326	9106958	3521	7.00	6.50
C-8	827313	9107008	3520	7.00	Zona de Filtraciones

Coordenadas de las Calicatas

Diseño Pad 21

Sondaje	Este	Norte	Cota (msnm)	Profundida d(m)	Nivel Freático(m)
C-1	827339	9107486	3510	5.00	---
C-2	827437	9107342	3488	6.00	---
C-3	827450	9107214	3497	5.50	---
C-4	827312	9107294	3522	5.00	---

5.2.2 Densidad in Situ

Estos ensayos se efectuaron en las calicatas con el propósito de caracterizar los materiales del área de fundación de la pila de lixiviación en cuanto a su consistencia, mediante la relación volumen y peso. En total se efectuó tres ensayos de densidad in situ por el método de Cono de Arena ubicados en las calicatas C-2, C-3 y C-4, estas calicatas corresponden al proyecto “Diseño del Pad 21” (el procedimiento de ejecución del ensayo es según ASTM D – 1556).

Los resultados de estos ensayos se muestran en la siguiente cuadro 5-03:

Cuadro N° 5-03
Resultados de Ensayos de Densidad de Campo

Sondaje	Densidad	Clasificación SUCS	Densidad húmeda (g/cm³)	Densidad seca (g/cm³)
C – 2	D – 1	SM	1.64	1.49
C – 3	D – 2	SC	2.01	1.76
C – 4	D – 3	SM	1.76	1.66

Según los datos obtenidos estos materiales presentan consistencia semi densa en el caso de los materiales con matriz limosa, en el caso de la matriz arcillosa el material es mas compacto.

5.2.3 Permeabilidad in Situ

Estos ensayos se efectuaron con el propósito de evaluar el grado de percolación del suelo de cimentación para evaluar las características de flujo que se producirían debajo de la pila de lixiviación. En total se efectuó dos ensayos de permeabilidad por el método del descenso del nivel de agua. Los resultados de estos ensayos se muestran en la siguiente cuadro 5-04:

Cuadro N° 5-04**Resultados de Ensayos de Densidad de Campo**

Sondaje	Permeabilidad	Clasificación SUCS	k (cm/s)
C – 2	P – 1	SM	3.50 E-03
C – 3	P – 2	SC	3.40 E-04

Según los resultados obtenidos superficialmente el material cuaternario es poco permeable en la zona del pad de lixiviación.

5.2.4 Muestreo de Campo

El programa de muestreo también incluyó la obtención de muestras inalteradas y alteradas del suelo de cimentación, así como material de cantera arcilla, over liner, relleno y mineral. Se muestreo cada calicata y exploración de talud, anotándose sus principales características, como consistencia, humedad, coloración, textura, etc.

Las muestras obtenidas identificadas y debidamente embaladas fueron enviadas al Laboratorio Geotécnico del CISMID – UNI, Laboratorio de Vector Peru y Laboratorio N°2 de la UNI, para realizar los ensayos correspondientes a fin de

determinar las propiedades físico-mecánicas para el diseño y construcción del Pad.

También se envió muestras al laboratorio geotécnico de la empresa Vector Perú SAC, estas muestras son mineral, over y soil liner, con el fin de realizar ensayos de gran escala a los materiales granulares y otros ensayos especiales.

5.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades físicas y de resistencia mecánica de los materiales encontrados en la cimentación se han obtenido mediante la ejecución de ensayos de corte directo a la muestra M-1 obtenida de la calicata C-1 y en la muestra de arcilla, así mismo se ha ejecutado el ensayo de compresión triaxial tipo CU y UU a la muestra M-1 de la calicata C-1 y en la muestra de mineral, para el material de baja permeabilidad (arcilla) se ha evaluado la permeabilidad de la muestra remoldeada y la prueba proctor modificado, para la muestra M-1 de la calicata C-1 se han ejecutado además la prueba de compresión no confinada, ensayo de expansión, ensayo de colapso, ensayo de consolidación y permeabilidad con carga constante (pared flexible); estos ensayos se realizaron en el laboratorio geotécnico del CISMID- UNI

Asimismo se realizó también en el laboratorio geotécnico de la empresa Vector Perú S.A.C. un ensayo de corte directo a gran escala en la muestra de soil liner y el ensayo de conductividad hidráulica para las muestras de mineral y over liner.

En la muestra de soil liner se ha ejecutado la prueba de proctor estándar.

Se ha comparado, evaluado y utilizado los valores obtenidos con los ejecutados para los diseños del Pad 21.

Primeramente se describirá los materiales que serán colocados en la pila de lixiviación ya sea como materiales de relleno o como materiales que serán lixiviados y posteriormente se evaluará el suelo de cimentación con las consideraciones del caso para su comportamiento y respuesta a la carga impuesta.

a) Mineral

El mineral que será colocado en la pila de lixiviación es de material granular principalmente cuya clasificación según SUCS es del tipo GC mas presencia bloques.

El mineral que se colocara en el Pad 24 presenta la siguiente gradación representativa.

Grava: 24.20%

Arena: 53.20%

Finos: 22.60%

Se ha ejecutado ensayos para determinación de sus características de resistencia geotécnica como es el ensayo de compresión triaxial tipo CU y el ensayo de compresión triaxial UU.

Los resultados del ensayo triaxial no consolidado no drenado se dan en esfuerzos totales y para la condición a corto plazo.

Parámetros en esfuerzos totales

Angulo de fricción: 29.8°

Cohesión: 1.90 Kg/cm²

El ensayo triaxial consolidado no drenado (CU) nos permite obtener los parámetros de resistencia cortante en términos

de esfuerzos efectivos y esfuerzos totales, como se muestra a continuación:

Parámetros en esfuerzos totales

Angulo de fricción: 36°

Cohesión: 0.70 Kg/cm²

Parámetros en esfuerzos efectivos

Angulo de fricción: 40.5°

Cohesión: 0.24 Kg/cm²

b) Interfases

Estas propiedades se han tomado de las investigaciones de laboratorio a gran escala en el laboratorio de Vector para la muestra de soil liner.

La interfase esta compuesta por la geomembrana y el material de soil-liner, con la cara simple texturada apoyado sobre el material arcilloso.

Los parámetros de resistencia de la interfase se han obtenido mediante el ensayo de corte directo a gran escala obteniéndose los siguientes valores.

A 2.5cm de desplazamiento.

Angulo de fricción: 20.0°

Adhesión: 26.4 Kpa

A 7.5cm de desplazamiento.

Angulo de fricción: 28.8°

Adhesión: 20.2 Kpa

c) Relleno Estructural

Los parámetros de resistencia del material de los rellenos estructurales para la conformación de la plataforma de nivelación y de los rellenos en general, fueron determinadas a partir de un ensayo de corte triaxial no consolidado no drenado (UU) y un ensayo de corte triaxial consolidado no drenado (CU). Realizados para el diseño del depósito de Top Soil, y diseño del Pad 14, y ensayos para este proyecto específico.

Cabe mencionar que los materiales de relleno presenta el mismo rango de selección de clasificación que el material que será lixiviado (mineral) con la única diferencia que el contenido

de material mayor a la 3" presenta mayor porcentaje en este caso, el relleno estructural clasificado presenta una clasificación SUCS de GP-GM.

La gradación de este material de relleno masivo se muestra a continuación:

Material mayor a la malla 3": 20.0%

Grava: 59.5%

Arena: 31.3%

Fino: 9.2%

Sus parámetros de resistencia según el ensayo de compresión triaxial tipo CU se muestra a continuación:

Esfuerzos totales

Angulo de fricción: 50°

Cohesión: 0 Kg/cm²

Esfuerzos efectivos

Angulo de fricción: 48.4°

Cohesión: 0 Kg/cm²

Suelo de Cimentación

Los suelos cuaternarios se establecerán según la zonificación establecida para este proyecto.

Así en la zona geotécnica el material típico representativo presenta una clasificación SUCS de tipo SC.

Los parámetros de resistencia cortante de los suelos cuaternarios involucrados en los análisis de estabilidad fueron estimados a partir de un ensayo de corte directo, ensayo de compresión simple y ensayos de compresión triaxial del tipo CU y UU.

d) Roca de Cimentación

El tipo de Roca de Cimentación se establecerá según la zonificación geotécnica establecida para este proyecto.

En la zonificación se muestra dos tipos de roca de cimentación, la primera corresponde a una roca arenisca

alterada y la segunda zona geotécnica corresponde a la roca cuarcita.

Análisis

Para la ejecución de los análisis de estabilidad, las propiedades de resistencia cortante se han tomado en la condición más conservadora. La descripción de los ensayos de laboratorio y los resultados de los mismos son detallados en el **Anexo Ensayos de Laboratorio**. Finalmente, las propiedades de los materiales utilizados en los análisis de estabilidad están resumidas en la siguiente Cuadro N° 5-05.

Cuadro N° 5-05: Propiedades de los Materiales para el Análisis de Estabilidad

MATERIAL	γ Total	γ Saturado	PARAMETROS DE DISEÑO			
	KN/m ³	KN/m ³	Φ ' °	C ' (Kpa)	Φ °	C (Kpa)
Mineral	20	21	36°	0	30°	190
Interfase Geomembrana Texturada LLDPE/Suelo de Baja Permeabilidad	17	17	20°	20	---	---
Relleno Estructural	20	21	38°	0	30°	130
Suelo de Cimentación Arena arcillosa (SC) Roca de Cimentación						
Arenisca	24	25	27.5°	225	---	---
Cuarcita	25.91	27	31.0°	255	---	---

5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio se han planificado con el fin de obtener parámetros representativos y referenciales, simulando las condiciones a la que estarán sometidas ante sollicitaciones de carga estática y flujo.

Dentro de los ensayos de laboratorio se considera las de reconocimiento físico como son los ensayos entandar las cuales sirven para ver la gradación, el contenido de humedad, los limites de consistencia, gravedad especifica de sólidos y el peso volumétrico, en la otra fase están los ensayos que permiten reconocer el comportamiento de esfuerzos sometidos y las cuales se producirán la falla a una determinada carga, estos ensayos son los de compresión simple, corte directo y ensayos de compresión triaxial, en otra fase de ensayos son los que permiten ver los asentamientos y cambio de volumen que se producirán ante cargas aplicadas o influencia del agua, estos ensayos son los de consolidación unidimensional, expansión libre y colapso, y por ultimo esta los referidos a los flujos del suelo, para evaluar este parámetro se realizan ensayos de permeabilidad, estos ensayos descritos anteriormente se ha ejecutado con las muestras disturbadas e inalteradas de las calicatas de exploraciones, material inalterado, suelo de baja permeabilidad (arcilla) y mineral. Los ensayos se

realizaron en el laboratorio geotécnico del CISMID – UNI, Vector Perú SAC, etc. con la finalidad de evaluar las propiedades de resistencia y su clasificación correspondiente, las que son requeridas para propósitos de análisis y diseño.

En las muestras llevadas al laboratorio geotécnico de la empresa Vector Perú SAC, se realizó ensayos de clasificación e identificación, proctor y conductividad hidráulica, ensayo de interfase y punzonamiento.

Todos los ensayos en suelos se realizaron siguiendo los procedimientos recomendados según las versiones actualizadas de los métodos de ensayo de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los datos resumidos de los ensayos y los reportes de laboratorio son presentados en el Anexo Ensayos de Laboratorio.

Los ensayos específicos realizados fueron los siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Limite Líquido ASTM D-423
- Limite Plástico ASTM D-424
- Peso Específico Relativo de Sólidos ASTM D-854
- Corte Directo ASTM D-3080
- Ensayo de Corte Directo a Gran Escala ASTM D-5321

- Ensayo de Compresión Triaxial CU ASTM D-4767
- Ensayo de Compresión Triaxial UU ASTM D-2850
- Ensayo de Compresión No Confinada ASTM D-2166
- Consolidación unidimensional ASTM D-2435
- Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546
- Ensayo de Colapso ASTM D-5333
- Ensayo de Permeabilidad ASTM D-508

5.5 CONDICIONES GEOTECNICAS

Según la evaluación mediante las excavaciones y evaluación de la geología del área del proyecto mediante perforaciones se presentan los perfiles geotécnicos elaborados a partir de toda la información de calicatas y perforaciones desarrollada para fines del presente estudio. A continuación se presenta una breve descripción de la estratigrafía del área del Pad 24.

Estas condiciones de la geotecnia de la cimentación del pad de lixiviación N° 24, nos permitirá establecer las acciones a tomar para garantizar la estabilidad y una adecuada funcionalidad y operatividad del pad 24.

5.5.1 Descripción de los Perfiles Estratigráficos

Según las excavaciones de las calicatas se ha confeccionado perfiles estratigráficos, estos son seis, y son transversales a las curvas de nivel del Pad - N°24, las secciones se han denominado A-A, B-B, C-C, D-D, E-E y F-F las cuatro primeras secciones están en dirección de noreste a suroeste, y las tres últimas secciones en dirección de noroeste a sureste.

En la sección transversal denominada sección A-A, correspondiente a las calicatas C-1, C-2 y C-3, se observa una capa superficial de tierra de cultivo conformado por limo arcilloso con arena, color marrón claro, húmeda, de consistencia blanda, con presencia de cantos, gravas subangulosas y raicillas aisladas de un espesor de 1.0m aproximadamente, debajo de la cual se encuentra la roca arenisca muy alterada, color beige a blanco humo dura a ligeramente dura, con presencia de patinas de óxido de hierro en las fracturas, se ha muestreado el material proveniente de la alteración de la roca arenisca que se puede considerar como suelo dando como resultado una clasificación unificada que varía de CL a ML; en este perfil en la zona de la calicata C-1 a partir de 1.50 m de

profundidad se encuentra arena arcillosa, color marrón claro, húmeda de compacidad suelta, con presencia de roca alterada, el nivel freático se encuentra a 5.50 m aproximadamente.

En la sección transversal denominada sección B-B, correspondiente a las calicatas C-4, C-5 y C-6, se encuentra material superficial conformado por arena arcillosa, en estado húmedo, con presencia de raicillas y gravas aisladas de aproximadamente 1.30 m de espesor.

Debajo de esta capa se encuentra roca arenisca con intercalaciones de lutita, color beige a crema, muy alterada, ligeramente dura, muy fracturada, con patinas de óxido de hierro en las fracturas, húmeda.

En la zona correspondiente a la calicata C-5 se muestreo la parte alterada de la roca arenisca que puede considerarse como un suelo, la clasificación de este material es CL-ML que corresponde a una arcilla limosa de baja plasticidad.

Igualmente en la calicata C-6 la clasificación de este material alterado es SC (arena arcillosa), en la zona correspondiente a esta calicata el nivel freático se encuentra a 6.00m de profundidad.

En la sección transversal denominada sección C-C (correspondiente a la calicata C-7 y C-8) se observa una capa superficial de tierra de cultivo conformado por limo arenoso, color marrón claro a negrusco, húmeda, de consistencia blanda, espesor de 0.90m aproximadamente, debajo de la cual se encuentra arena limosa con grava, color naranja y en estado húmedo, la clasificación de este estrato es SM, el nivel freático se encontró a 6.50 m de profundidad.

En esta sección se ha evidenciado presencia de afloramiento de agua las cuales han saturado al suelo generando un área de material blando de arcilla con arena cuyo espesor estimado es de mas 10.0m, este material deberá ser cortado y reemplazado por material de relleno masivo, se instalaran un sistema de subdrenaje profundo de tal manera de mantener el nivel freático profundo.

En la sección transversal denominada sección D-D se observa una capa superficial de tierra de cultivo conformado por limo orgánico con arcilla, color marrón oscuro a negrusco, húmeda, de consistencia blanda, espesor de 0.90m aproximadamente, debajo de la cual se encuentra

arena limosa con grava, color marrón claro, de compacidad suelta y en estado húmedo, la clasificación de este estrato es SM.

En la sección transversal denominada sección E-E (correspondiente a las calicatas C3-21 y C4-21 tomadas del proyecto "Diseño del Pad 21") se encuentra un material arenoso cuya clasificación varía de SC (arena arcillosa) a SM (arena limosa) en estado semicompacto, color marrón rojizo y húmedo.

En la sección transversal denominada sección F-F (correspondiente a las calicatas C1-21 y C2-21 tomadas del proyecto "Diseño del Pad 21"), se observa un estrato de 1.70 m de profundidad correspondiente a un material compuesto por grava redondeada a subredondeada con matriz de arena media a fina, semicompacta y húmeda.

Debajo de este estrato se encuentra arcilla delgada arenosa de clasificación CL, compacta y húmeda.

Este material presenta un espesor de 1.30m de profundidad, posteriormente se encuentra arena limosa de clasificación SM, semicompacta, húmeda, de color marrón rojizo.

CAPÍTULO VI

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO GEOTECNICO

6.1 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Los análisis de estabilidad física de taludes han sido llevados a cabo para el apilamiento de mineral en el Pad N° 24 considerando las secciones de mayor altura, máxima pendiente de diseño y sección más desfavorable para la evaluación de la estabilidad. Se presenta a continuación una descripción de las consideraciones del diseño geotécnico tomadas en cuenta para la ejecución de los análisis de estabilidad.

6.1.1 Método del Análisis

Para el análisis de la estabilidad de taludes en general, se ha empleado el programa de cómputo SLIDE (RockScience, 2005) versión 5. Este es un programa de análisis de estabilidad de taludes completamente integrado, que permite desarrollar la geometría del talud interactivamente y la

definición de los tipos y propiedades de los materiales de manera muy fácil para el usuario.

El análisis para calcular el factor de seguridad se lleva a cabo en forma bi-dimensional usando el concepto de equilibrio límite, aproximando el problema a un estado de deformación plana. El programa tiene la opción de utilizar diferentes métodos de análisis de estabilidad de manera simultánea, sin embargo, para el presente análisis se ha utilizado el Método de Spencer de dovelas para el cálculo de la superficie de falla. La superficie de falla crítica, definida como aquella que proporciona el menor factor de seguridad, fue encontrada en forma interactiva modificando las condiciones de búsqueda de la misma. Se evaluaron superficies de falla tanto circulares, como no circulares.

Como hipótesis del análisis se consideran que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras analizadas, son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Cada uno de los materiales tiene sus propiedades y características físicas y mecánicas.

Para el análisis seudoestático se considera que la masa involucrada en la falla está sometida a una aceleración horizontal igual a un coeficiente sísmico multiplicado por la aceleración de la gravedad, de modo de tomar en cuenta el efecto de las fuerzas inerciales producidas por el terremoto de diseño. El coeficiente sísmico horizontal empleado es de 0.15.

6.1.2 Criterios de Diseño

Los criterios de diseño establecidos para el presente análisis fueron los siguientes:

- Mínimo factor de seguridad estático a largo plazo igual a 1.4.
- Mínimo factor de seguridad estático a corto plazo igual a 1.3.
- Mínimo factor de seguridad seudoestático a largo plazo igual a 1.0.
- Desplazamientos inducidos por sismo que no comprometan la seguridad del apilamiento ó la integridad del sistema de revestimiento.

Se debe indicar que un factor de seguridad pseudoestático mayor que 1.0 no significa que el apilamiento de mineral no se moverá durante un terremoto. Lo que probablemente ocurrirá es que los desplazamientos serán mínimos y no se producirán daños permanentes en el sistema de revestimiento y talud del pad, asociados al terremoto de diseño.

6.1.3 Condiciones a corto y largo Plazo

El análisis de la primera capa del mineral apilado ha sido considerado como condiciones a corto plazo dado que la primera capa será apilada en un lapso relativamente corto.

Por otro lado, los ensayos de consolidación realizados en el suelo arcilloso de la cimentación del pad indican que el tiempo para alcanzar el 90% de consolidación primaria varía desde algunos meses a varios años, lo cual depende tanto de las características de los suelos arcillosos, como de los espesores de los mismos. Por lo tanto, los suelos arcillosos de la cimentación del pad estarán sometidos a un proceso de carga que, por el periodo de tiempo aplicado, permitirá la disipación parcial de las presiones de poro.

Lo anterior permite concluir que para la estimación de la resistencia cortante de los suelos arcillosos para la ejecución del análisis estático a corto plazo, son aplicables criterios de condiciones intermedias entre no-drenadas y drenadas.

Para el análisis a largo plazo debido a la presencia de suelos fino intercalados con granulares en la cimentación del PAD, en la zona intermedia y la cabecera, para el análisis de estabilidad se considera como estado intermedio es decir entre condiciones no drenadas a drenadas.

En la zona central del pad, debido a la existencia de material blando y saturado, esta se retirara y será reemplazado con material de relleno masivo la cual el análisis de este material será considerando condición drenada (largo plazo).

6.1.4 Condiciones analizadas

Se ha tomado en cuenta las siguientes condiciones para el análisis:

- Para el análisis del Pad se han considerado 04 perfiles,

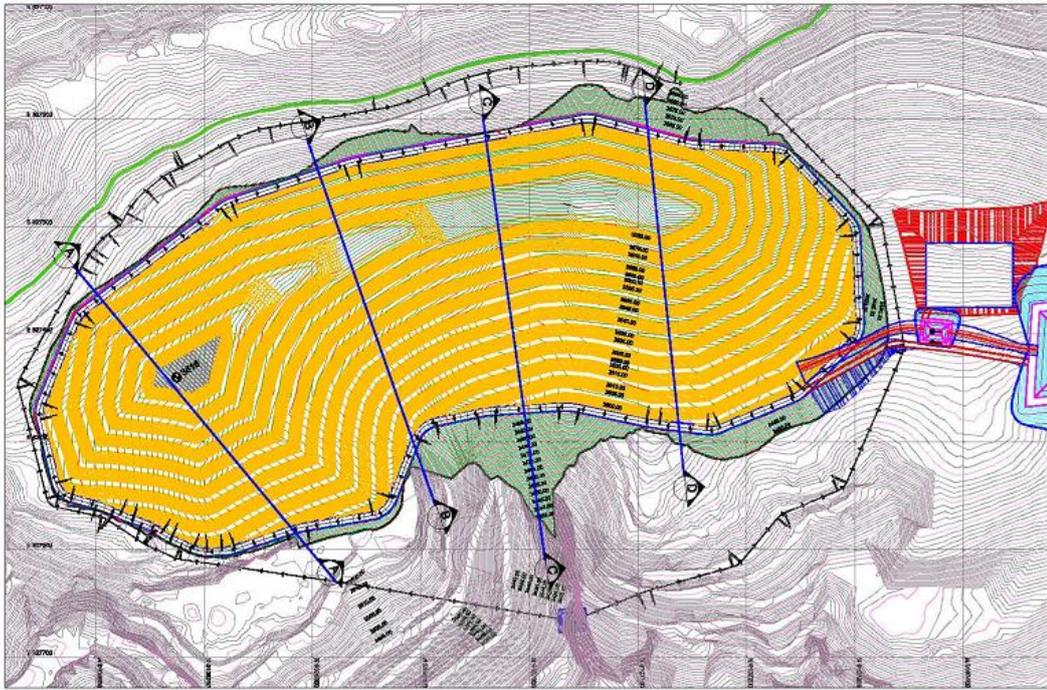
secciones transversales ubicadas de noroeste a sureste, estas secciones son consideradas representativas y críticas para el análisis de estabilidad representada por el perfil de mayor profundidad del talud.

- Para el análisis del Pad de lixiviación, se ha asumido que el nivel de la solución estará como máximo a 1.0 metro por encima del fondo del revestimiento de geomembrana, lo cual es una hipótesis típica para instalaciones revestidas que colectarán solución mas no la almacenarán. Este nivel de solución actuará como una cota piezométrica afectando principalmente las propiedades del mineral y overliner colocados en el fondo del Pad y eventualmente de la interfase.
- Para el Pad de lixiviación con revestimiento de geomembrana se ha analizado superficies de falla circulares globales y locales y no circulares (tipo bloque). Las superficies circulares fueron analizadas para evaluar la estabilidad a través ya sea del mineral del apilamiento, o de la cimentación general. Las superficies de falla tipo bloque fueron analizadas para evaluar la estabilidad del apilamiento a través del sistema de revestimiento.
- Se ha considerado la influencia del nivel freático debajo

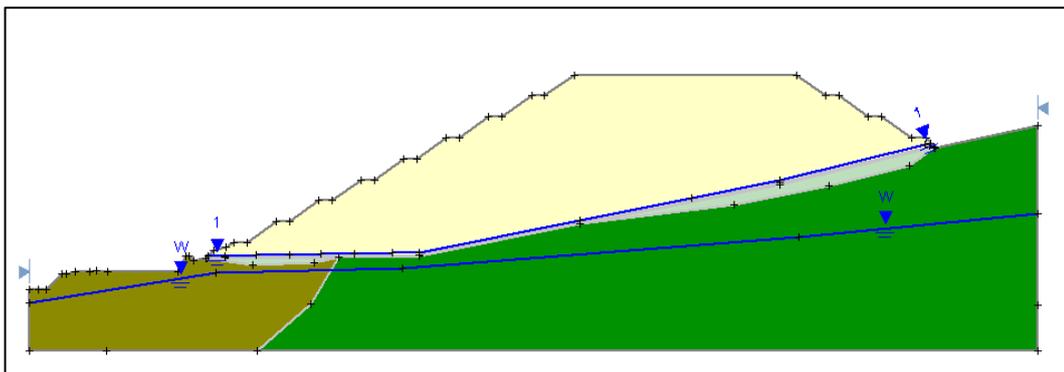
del subsuelo, debido que se ha encontrado este hasta la profundidad de exploración en las calicatas es decir a partir de los 5.0m en la zona sur, en la zona central del pad la profundidad de este nivel es superficial, en la zona norte del pad el nivel freático se encuentra debajo de los 50m de profundidad.

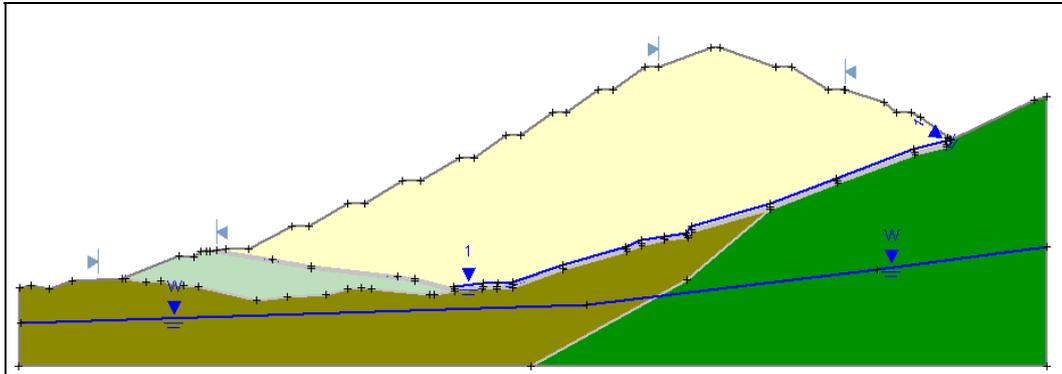
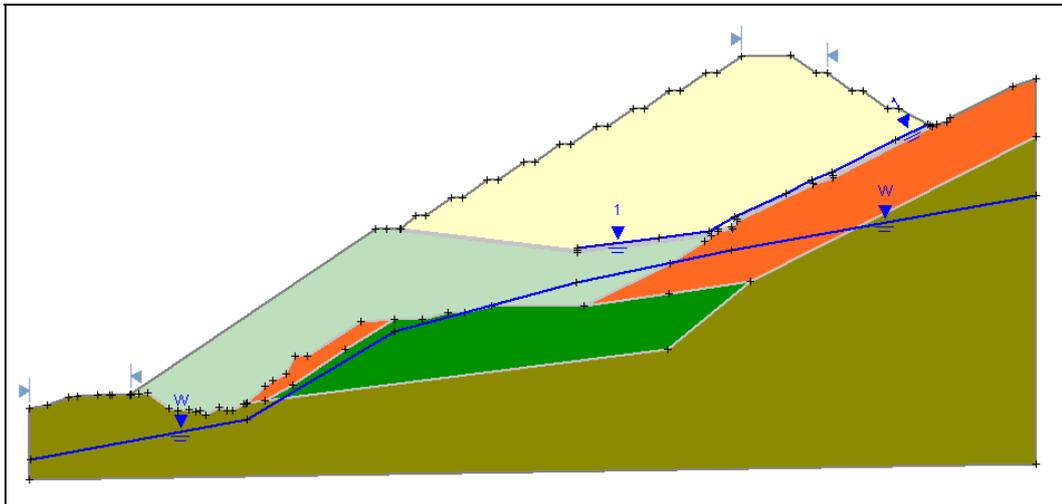
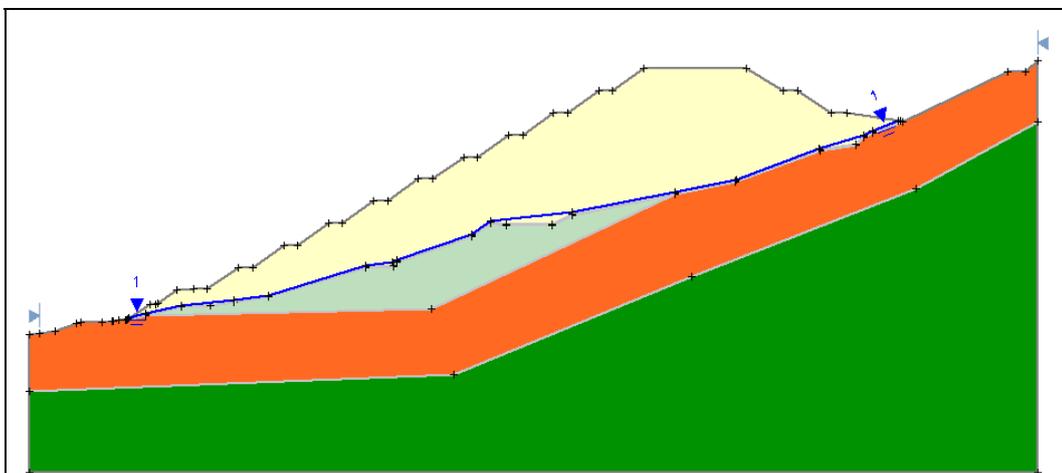
- Se ha considerado la evaluación estática y pseudo estática mediante la adición de una carga horizontal cuyo valor es obtenido del estudio de riesgo sísmico mediante el coeficiente sísmico.
- Las secciones típicas analizadas se presenta a continuación:

FIGURA N° 6.1: SECCIONES PAD Nro 24



SECCION A-A Tiene dirección Noreste Suroeste



SECCION B-B Tiene dirección Noreste Suroeste**SECCION C-C Tiene dirección Este a Oeste****SECCION D-D Tiene dirección Sureste a Noroeste**

6.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En el Anexo Resultados de Análisis de Estabilidad se adjunta las corridas del programa SLIDE, las cuales ilustran los análisis de estabilidad realizados, para el Pad de lixiviación. Dichas corridas contienen información de las 4 secciones transversales, propiedades de los materiales, nivel de solución y ubicación de la superficie de falla crítica con el menor factor de seguridad.

En el Cuadro N° 6-02 a 6-06, se presentan los resúmenes de los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad realizados para el Pad N°24, considerando las secciones críticas para las diferentes condiciones geotécnicas encontradas y las características del apilamiento del Pad. En este cuadro se presentan los resultados para las condiciones a corto y largo plazo; para los casos estáticos y pseudo estáticos, según correspondan; y para los análisis con superficies de falla circular y tipo bloque. El análisis de las superficies de falla tipo bloque han sido realizadas para las condiciones de apilamiento último y máximo del pad.

Cuadro N° 6-02: Resultado de los Análisis de Estabilidad

Sección A-A

Condición a Largo Plazo

CASO	CONDICION DE ANALISIS	FACTORES DE SEGURIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
Falla Circular	Estática	1.6	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.1	1.0
Falla Circular	Estática	1.5	1.4
Talud Local	Seudo-Estática a=0.15g	1.1	1.0
Falla Bloque	Estática	2.4	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.8	1.0

Cuadro N° 6-03: Resultado de los Análisis de Estabilidad

Sección B-B

Condición a Largo Plazo

CASO	CONDICION DE ANALISIS	FACTORES DE SEGURIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
Falla Circular	Estática	1.8	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.3	1.0
Falla Circular	Estática	1.5	1.4
Talud Local	Seudo-Estática a=0.15g	1.1	1.0
Falla Bloque	Estática	2.9	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	2.2	1.0

Cuadro N° 6-04: Resultado de los Análisis de Estabilidad

Sección C-C

Condición a Largo Plazo

CASO	CONDICION DE ANALISIS	FACTORES DE SEGURIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
Falla Circular	Estática	1.6	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.2	1.0
Falla Circular	Estática	1.4	1.4
Talud Local	Seudo-Estática a=0.15g	1.0	1.0
Falla Bloque	Estática	2.7	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	2.0	1.0

Cuadro N° 6-05: Resultado de los Análisis de Estabilidad

Sección D-D

Condición a Largo Plazo

CASO	CONDICION DE ANALISIS	FACTORES DE SEGURIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
Falla Circular	Estática	1.4	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.0	1.0
Falla Circular	Estática	1.4	1.4
Talud Local	Seudo-Estática a=0.15g	1.0	1.0
Falla Bloque	Estática	1.8	1.4
Talud Global	Seudo-Estática a=0.15g	1.7	1.0

Cuadro N° 6-06: Resultado de los Análisis de Estabilidad

Sección D-D

Condición a Corto Plazo

CASO	CONDICION DE ANALISIS	FACTORES DE SEGURIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO ACEPTABLE
Falla Circular	Estática	3.0	1.4
	Seudo-Estática a=0.15g	1.9	1.0

Los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad nos han determinado factores de seguridad dentro de los mínimos recomendados con los criterios de diseño asumidos en el presente estudio, tanto para la condición estática como pseudoestática y para los dos tipos de superficies de falla analizadas (circular y bloque), por lo que se concluye que la configuración para el pad de lixiviación, tendrán condiciones estables desde el punto de vista geotécnico en estas secciones distribuidas transversalmente al lado mayor del Pad.

6.3 ASENTAMIENTO EN EL APILAMIENTO

6.3.1 Asentamiento de la Cimentación

Durante la evaluación de campo se ha determinado dos zonas geotécnicas, cada una con un grado de compresibilidad según el tipo de suelo encontrado.

Para la evaluación del asentamiento debido a la aplicación de la carga por acumulación de mineral, se ha evaluado la altura máxima de crecimiento del pad, características de deformación del suelo de cimentación, debido a que la zona presenta en algunas zonas los suelos son del tipo arcillosos y los asentamientos elásticos son instantáneos mas la suma del ensayo por consolidación que se considera.

Por otro lado se ha asumido la consolidación de la arcilla de baja plasticidad que se encuentra en la base de la pila existente intercalada con la arena arcillosa, finalmente los asentamientos producidos por la carga de mineral apilado se muestra en el siguiente cuadro N° 6-07:

Cuadro N° 6-07 Valores de asentamiento estimado en el pad de lixiviación

Zona	Altura de Apilamiento (m)	Asentamientos (cm) - Tipo de Suelo
		SC PAD 24
Central	55	99.82
	50	91.51
	40	74.0
Borde	31	56.8

Zona	Altura de Apilamiento (m)	Asentamientos (cm) - Tipo de Suelo
		CL PAD 21
Central	45	70.6
	33	54.86
	15	30.0
Borde	6	15.7

6.3.2 Asentamiento del Apilamiento

En la etapa de operación del pad de lixiviación es de esperar típicamente la ocurrencia de deformaciones verticales y ligeros asentamientos de la pila debido a la sobrecarga impuesta por las capas superiores, también debido a que el mineral, por razones del proceso metalúrgico no está sometido a un proceso de compactación cuando es apilado.

El hecho anteriormente indicado es confirmado en los resultados del ensayo de permeabilidad llevado a cabo en el laboratorio en una muestra de mineral, los cuales son presentados en el Anexo Ensayos de Laboratorio. En estos resultados se puede observar que para una altura mayor de mineral en el apilamiento el coeficiente de permeabilidad disminuye, debido a la ocurrencia de asentamientos del mineral, representados por un mayor peso volumétrico y una menor relación de vacíos.

Sin embargo, dada la altura máxima de 50m, el asentamiento en la pila de apilamiento no será un factor crítico para la operación del pad de lixiviación.

6.4 Diseño de Taludes

El diseño de los taludes del pad de lixiviación se basa en las siguientes consideraciones:

- En los análisis de estabilidad del talud crítico efectuados en los numerales anteriores.
- En la práctica usual de construcción de pads de lixiviación.
- Configuración topográfica encontrada.
- Implementaron de sistema de bancos y bermas para tener taludes de bancos perfilados del ángulo de reposo.

Los análisis de estabilidad presentados en el numeral anterior, han sido efectuados considerando la forma como el pad será proyectado y construido, es decir:

El talud del pad de lixiviación de los diferentes niveles, estará conformado por bancos con inclinaciones de 1.5:1 (H:V), la altura máxima de los bancos es de 8.0m, la berma intermedia presenta un ancho mínimo de 8.0m y un bombeo de 1% hacia el talud interno, es importante mencionar que el valor de la inclinación del banco es menor que la inclinación del talud de reposo de materia del mineral, la colocación de capas sucesivas de bancos generan el talud de estabilidad que presenta una relación de 2.5:1 (H:V).

Es importante mencionar que las bermas proyectadas a lo largo del talud de diseño, considerando la inclinación propuesta, permiten a la empresa minera tener mas volumen disponible para el vertido de mineral, significando esto un mejor aprovechamiento del depósito.

Cabe mencionar en este item que la disposición de vertido directo genera segregación de las partículas del mineral, generando superficies de diferente granulometría, es decir con este tipo de disposición de material las partículas granulares como boleos y bloques se acumularan en el pie del pad, y los materiales arenosos y finos como los limos quedaran en los taludes.

Esta disposición de material generara diferentes zonas con valores de resistencia cortante diferentes siendo mayor la que presente mayor contenido de material grueso y uniforme, y menor resistencia presentara los materiales acomodados en las laderas según esta característica de disposición se ha evaluado el material de menor capacidad de resistencia para obtener valores conservadores de resistencia y evaluar estos mediante la estabilidad de talud.

6.5 SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL

Los canales de coronación norte y sur, deben ser dimensionados, para un caudal pico ó de diseño, de 55.0 l/s y 140.0.0 l/s, respectivamente, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, en tanto, la cuneta de drenaje debe ser diseñado para un caudal pico de 22.0 l/s, correspondiente, a un periodo de retorno de 25 años.

**Cuadro N° 6.5 Caudal Pico de los Canales de Coronación y Cuneta de Drenaje
PAD 24**

Estructura Hidráulica	Periodo de Retorno en años	Caudal Pico en m ³ /s	Caudal Pico en l/s
Canal de Coronación Norte	100	0.055	55.0
Canal de Coronación Sur	100	0.140	140.0
Cuneta de Drenaje	25	0.022	22.0

En el caso del canal de derivación ubicado en el camino de acceso superior del Pad de lixiviación, el área de aporte es de aproximadamente 7.50 ha, esta área de aporte de escorrentía se debe a la presencia de laderas que derivan las aguas de escorrentía. Para estas condiciones se ha dimensionado una canaleta triangular de 500mm de profundidad hacia el costado del camino de acceso.

Finalmente para los canales de derivación norte y sur del Pad de lixiviación se ha proyectado un canal rectangular de 400mm de ancho, 500mm de profundidad, de acuerdo al área de aporte cuya escorrentía será derivada por estos canales.

CAPÍTULO VII

PROGRAMA DE MONITOREO

7.1 GENERALIDADES

Durante la fase de ejecución de una infraestructura minera o durante su periodo de operación y cierre de minas, puede surgir la necesidad de monitoreos geotécnicos de los materiales que interactúan con dicha estructura, sean estos materiales de soporte, como suelos de fundación o materiales que forman parte de su entorno, como el caso de taludes o laderas naturales que según su grado de estabilidad pueden representar una amenaza a poblaciones o estructuras cercanas. La puesta en marcha de un monitoreo en particular, depende del grado de seguridad que se requiera para la inversión realizada y para sus usuarios, así como de los parámetros geotécnicos que se deseen evaluar, sean estos deformaciones, presión de poros, esfuerzos totales, entre otros.

Los objetivos de un programa de monitoreo del talud de desmonte son:

1. Proporcionar un aviso anticipado de la inestabilidad de tal manera que los planos de la mina puedan ser modificados y así minimizar el impacto del desplazamiento de la pendiente.
2. Proporcionar información geotécnica para analizar los mecanismos de desplazamiento de la pendiente, designar medidas correctivas apropiadas, y realizar futuros rediseños de la pendiente.

Un desplazamiento de la pendiente no ocurre sin previo aviso. Antes de un movimiento principal, existe deformación mensurable y otros fenómenos que se observan tales como el desarrollo de grietas por tensión, y cambios en presión del poro relacionados con aguas subterráneas. Estos fenómenos pueden producirse durante horas y prolongarse hasta años antes que ocurra el desplazamiento principal. Un programa de monitoreo de la pendiente consiste en la detección, medida, interpretación y reporte sistemáticos de estas evidencias de inestabilidad de talud.

En el caso de este estudio se plantea un plan de monitoreo el cual comprende de tres etapas:

- Durante la construcción del pad de lixiviación
- Durante la operación y llenado
- Al final de la construcción (cierre y post-cierre)

Estos procedimientos de monitoreo serán visuales y topográficos principalmente.

Durante la construcción se propone un plan de monitoreo semestral que será realizado por un Ingeniero con experiencia en Geotecnia, el cual consistirá en una evaluación de los datos obtenidos durante este periodo, tal como la inclinación de los taludes, resúmenes de agua y la conformación de las banquetas tal como se indica en el proyecto. Entre tanto, la empresa minera deberá hacer una toma de datos semanal de las inclinaciones de los taludes y el ancho de las bermas según sea el caso, verificando que estos se encuentren dentro de los recomendados en este estudio. En el Cuadro 7.3 se presenta un cuadro tentativo de presentación de los datos de monitoreo.

7.2 MONITOREO TOPOGRAFICO

El monitoreo topográfico es favorable para estos tipos de depósitos de desmonte, ya que proporciona información adecuada para la estabilidad del talud del deposito.

En esta etapa de operación se deberá monumentar y replantear puntos de control geodésico, en el cuadro 7.1, se plantea la instalación de puntos geodésicos para la estabilidad de los depósitos de desmonte.

Cuadro 7.1 Puntos de control geodésico para control topográfico

Puntos	Coordenada UTM (WGS-84)	
	Norte	Este
P1		
P2		

Estos puntos una vez monumentados, se deberá enlazar con los puntos de control geodésico disponible y posteriormente replantear, luego se actualizara el cuadro 7.1, con los puntos replanteados.

Una vez terminada la construcción del botadero, se plantea la instalación de puntos de control topográfico, los cuales deben estar

correlacionados con los hitos de coordenadas UTM conocidas previamente (puntos geodésicos). La ubicación de los puntos de control topográfico se colocara en las bermas, según recomendación de un ingeniero geotecnista, la ubicación de los puntos geodésicos de control y topográficos es indicada en la lámina M-1. En el Cuadro 7.1 se indican los puntos fijos de control geodésico planteados.

Controles topográficos

El monitoreo de las miras prismáticas con una estación total proporcionará un registro detallado del movimiento en términos de direcciones y velocidades de desplazamientos registrados en áreas inestables. El plano que se prefiere es aquel que contiene estaciones de instrumentos, estaciones de visualización inversa, estaciones de referencia en terreno estable y un conjunto de miras prismáticas en el área inestable.

Es esencial el establecimiento de estaciones de instrumentos estables y protegidas a partir del cual se realiza el reconocimiento. Se debe evitar el uso de trípodes. Se debe fabricar y fijar encima de un hito de concreto de nivel o poste metálico una placa plana con un tornillo de fijación enroscado para aceptar el tribraquio en el teodolito. Los protectores se deben construir alrededor de las estaciones de los instrumentos con la finalidad de proteger los

instrumentos y operadores de los efectos adversos causados por el sol y aire.

Las visualizaciones inversas pueden ser tomadas en otras estaciones de instrumentos o en puntos de referencia fuera del botadero. Además de la visualización inversa, cada estación de instrumentos debe tener un punto de referencia en terreno estable. Este punto de referencia se utiliza para verificar la estabilidad de la estación de instrumentos y calibrar el equipo. En lugar de hacer correcciones atmosféricas cada vez que se instale el instrumento, se debe fijar un prisma en el punto de referencia y en el equipo calibrado para obtener la misma distancia que la instalación anterior. Debido a que las medidas de los desplazamientos son relativas, la reproducibilidad tiene mayor importancia que las distancias y elevaciones absolutas.

La distribución mínima de miras que se sugiere en un área estable es la siguiente: colocar seis prismas en una sección vertical debajo del centro del área inestable y una columna horizontal de cinco prismas que atraviesen el centro del área, esto dependerá de la magnitud de las restricciones presupuestarias y de inestabilidad. El extremo del prisma de las secciones horizontales y verticales debe

estar fuera de la supuesta área inestable con el fin de examinar la expansión de dicha área. Asumiendo que las secciones comparten una mira, se requeriría un total de nueve prismas.

La manera más exacta de reconocer los puntos prismáticos del monitoreo es instalando los instrumentos de acuerdo con el vector predominante de desplazamiento. Esta técnica toma ventaja del hecho que la medición de la distancia del equipo es más exacta que la medición del ángulo. En algunos casos esto no es factible debido a la excesiva distancia (mas de 1000 metros) entre el instrumento y el prisma.

Monitoreo de niveles piezometricos

Se instalaran piezómetros ubicados en las salida de los drenes franceses proyectados y que se indican en el cuadro 7.2.

Cuadro 7.2 Puntos de control piezometrico

Puntos	Coordenada UTM (WGS-84)	
	Norte	Este
P-1		
P-2		
P-3		

Los niveles piezometricos se mediaran mensualmente y la evaluación de los datos acumulados se realizara semestralmente con la evaluación del especialista.

El informe oportuno es esencial. La recopilación de datos y el análisis deben ser realizados suficientemente rápido para proporcionar información a tiempo y así tomar decisiones.

Cuadro 7.3. Presentación de los Datos del Monitoreo

GRÁFICAS
Desplazamiento Acumulativo vs Tiempo
Velocidad vs Tiempo (cm/día, semilogarítmico)
Precipitación vs Tiempo
Niveles de Agua vs Tiempo
Acumulación de Desmonte vs Tiempo
MAPAS Y SECCIONES
Mapa de Botadero con Ubicación de Áreas Inestables
Ubicaciones de los Puntos de Monitoreo con Vectores de Desplazamiento
Mapa de Grietas por Tensión
Ploteo Horizontal de Ubicación con Tiempo
Ploteo Vertical de Ubicación con Tiempo
Mapa de Superficie Piezométrico
Sección Cruzada del Área Inestable

Es importante mencionar que en este proyecto se han considerado la instalación de piezómetros debido a que el nivel freático de las aguas subterráneas se encontraran superficiales al emplazamiento

del cuerpo de desmonte, y además el sistema de drenaje superficial y subterráneo diseñado aportaran a la estabilidad física del botadero.

Se sugiere que los puntos de control y los puntos geodésicos para el monitoreo de posibles deslizamiento de los botaderos estén ubicados considerando las recomendaciones anteriores.

7.3 FRECUENCIA DE MONITOREO

El monitoreo para la estabilidad de la pila de lixiviación comprende principalmente un monitoreo visual, de control topográfico y monitoreo de nivel de agua.

El monitoreo visual se realizara mensualmente durante toda la vida útil del pad y se tomara nota de las inclinaciones de los bancos y talud general, se verificara resúmenes de agua hacia los lados laterales y al pie del deposito, se anotara la presencia de grietas de tensión que se formara en la cresta o berma, se evaluara los desprendimientos de las laderas adyacentes y se verificara así mismo las posibles grietas de tensión que se formara en las zonas altas de la ladera.

El monitoreo topográfico se controlara desde los puntos geodésico instalados y su control se realizara mensualmente en la etapa de construcción y llenado, semestralmente durante el cierre y poste cierre y se anotara los desplazamientos en los tres ejes cartesianos y se presentara en reportes y gráficos según el cuadro 7.3, cabe mencionar que se deberá realizar controles topográficos después de cada evento sísmico y alta precipitación.

Los monitoreos de nivel piezometrico se realizara mensualmente, en la etapa de habilitación del pad, hasta un año hidrológico completo, los datos tomados se evaluaran cada semestre con el especialista nombrado y se elaboraran planos de variaciones de niveles piezometricos, así mismo se correlacionara la variación de los niveles con los desplazamientos producidos en los depósitos.

CONCLUSIONES

- El coeficiente sísmico considerado en el análisis estabilidad en condiciones pseudoestáticas de diseño de taludes, es obtenido como una fracción que varia entre $1/2$ y $1/3$ de la máxima aceleración esperada, en consecuencia para el caso del análisis pseudoestática de estabilidad del pad nro 24, se considera un valor de aceleración básica de diseño horizontal $1/2$ de la aceleración pico es decir $0.15g$.
- El factor de seguridad mínimo en condiciones estáticas debe ser de 1.3 en condiciones pseudoestáticas es de 1.0 para asegurar la estabilidad del diseño del pad de lixiviación, el alcanzado en el proyecto fue en condiciones estáticas 1.4 y en condiciones pseudoestáticas 1.0 .
- El apilamiento de Mineral se llevara a cabo con una altura de banco de $8m$ y una berma de $8m$ y con un talud de banco de (H:V) $1.5:1$ y talud global de (H:V) $2.5:1$, asegurando la estabilidad del sistema.

RECOMENDACIONES

- Se debe remover el material orgánico de la base del talud.
- Se deberá realizar los monitores y presentar un reporte de estos datos para ver el comportamiento de la estructura, se deberá verificar la estabilidad y funcionalidad después de cada evento sísmico y alta precipitación toda la estructura
- Verificar anualmente la estabilidad del pad de lixiviación con muestreo y datos verificados de campo y laboratorio.
- Mantener las estructuras de drenaje libres para no obstruir su paso del agua y crear zonas de debilidad en suelos arcillosos sobreconsolidados.
- Entre las medidas a tomar están mantener limpios los diferentes canales del sistema de drenaje para evitar la acción erosiva de las partículas en transporte.
- Seguir estrictamente las recomendaciones de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- James Sherrad, Earh and Earth-Rock Dams, John Wiley and Sons.
- Kramer, Steven I, Goetechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, 1996.
- Ambreseys and Menu, Earthquake-Induced Ground Displacement, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1998.
- Martínez V., geotecnia para ingenieros, Concytec –1993
- A. J. Breitenbach, Estabilidad de Pilas en canchas de lixiviación impermeabilizadas desde el diseño hasta el cierre, A.B. Engineering, USA – 2004.
- NAVFAC, Soil Mechanics DM-7.1, USACE – 1

ANEXOS

ANEXO I: REGISTRO DE EXCAVACIONES

ANEXO II: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO III: ANALISIS DE ESTABILIDAD

ANEXO IV: PLANOS

ANEXO I: REGISTRO DE EXCAVACIONES

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD 232 AT
 PROYECTO: CPCHAVARA ALT C GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9106861.649
 FECHA INICIO: 26-04-08 FECHA TERMINO: ESTE: 827329.056
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3526.043

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
00.0			951							
01.5			952		A2		B G Cl			Arenisca cuarsoza de grano medio blanca y gris claro con patinas de oxido de hierro
03.0	4.50		953							
04.5			S/R							Sin Recuperación
06.0	1.50		954							
07.5			955		A1		B G Cl			Arenisca cuarsoza de grano fino blanca con patinas de oxido de hierro
09.0	8.00		956							
10.5			957							
12.0			958							
13.5			959							
15.0	6.00		960				G Os			Lulita gris oscuro con patinas de oxido de hierro
16.5			961							
18.0										

ROCA			COLOR			TAM. GRANO				
	Cuarcita (C)			Lutita Carbonosa (LC)		Suelo (S)				
	Arenisca (A)			Are-lut-carb		Till (T)				
	Areniscas/lutitas (A1/L)			Intercalacion Are-Lim (A1L)		Intrusivo (I)				
	Lutitas/limolitas (L)									
					B	blanco	G	gris	Fino	1
					A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
					P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
					R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT

PROYECTO: COCHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9106861.649
FECHA INICIO: 26-04-08 FECHA TERMINO: ESTE: 827329.056
EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3526.043

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
18.0			962							
19.5	3.00		963		A1/L		G OS			Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro con patinas de oxido de hierro Presencia de nivel freatico
21.0			964		A1/LC		G Os			Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita Carbonosa
22.5	1.50		965							
24.0			966							
25.5	7.50		967		LC		G Os			Lutita carbonosa con horizontes de Carbon
27.0			968							
28.5			969							
30.0			970		A1/LC		G OS			Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con lutita carbonosa
31.5	3.00		971		A1/LC		G OS			
33.0			972		A1		G Os			Arenisca gris oscuro de grano fino con patinas de oxido de Hierro
34.5	1.50		973		A1/LC		G Os			Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita Carbonosa
36.0	1.50									

ROCA			COLOR			TAM. GRANO			
 Cuarcita (C)	 Lutita Carbonosa (LC)		Suelo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
 Arenisca (A)	 Are-lut-carb		Till (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
 Areniscas/lutitas (A1/L)	 Intercalacion Are-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
 Lutitas/limolitas (L)				R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.

REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT

PROYECTO: COHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9106861.649
 FECHA INICIO: 26-04-08 FECHA TERMINO: ESTE: 827329.056
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3526.043

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
36.0			974		A1		G Os			Arenisca de grano fino gris oscura con horizontes de carbon
37.5	1.50		975		A1/LC		G Os			Intercalacio de arenisca gris oscuro de grano fino Lutita carbonosa horizontes de carbon y
39.0			976		LC		G Os			Lutita Carbonosa
40.5	1.50		977		C1		G Os			Cuarcita gris oscura de grano fino
42.0	1.50		978							
			979							
			980							
			981							
			982							
			983							
			984							
			985							

ROCA				COLOR				TAM. GRANO			
	Cuarcita (C)		Lutita Carbonosa (LC)		Sudlo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
	Arenisca (A)		Are-lut-carb		Till (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
	Areniscas/lutitas (A1/L)		Intercalacion Are-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
	Lutitas/limolitas (L)					R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

**Cuadro N° 1: Taladro de perforación RCD 232 -AT
PAD - 24**

Dirección : Inclinado

Inclinación : -90°

PERFORACION	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
RCD -AT	827329.056	9106861.649	3526.043

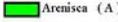
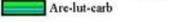
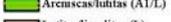
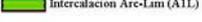
Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
0.0 – 04.5	Areniscas	Arenisca cuarzosa de grano medio blanca y gris claro con patinas de oxido de hierro
04.5 - 06.0	S/R	Sin recuperación
06.0 - 12.0	Areniscas	Arenisca cuarzosa de grano fino blanca con patinas de oxido de hierro
12.0 – 18.0	Lutitas limonitas	Lutita gris oscuro con patinas de oxido de hierro
18.0 - 21	Arenisca /Lutitas.	Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro. Con patinas de oxido de hierro. Presencia de nivel freático
21.0 – 22.5	Areniscas lutita carbonosa	Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita Carbonosa
22.5 – 30.0	Lutita carbonosa	Lutita carbonosa con horizontes de Carbón
30.0 – 33.0	Areniscas lutita carbonosa	Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con lutita carbonosa

Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
33.0 – 34.5	Areniscas	Arenisca gris oscuro de grano fino con patinas de oxido de Hierro
34.5 – 36.0	Areniscas lutita carbonosa	Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita Carbonosa
36.0 – 37.5	Areniscas Carbonosas	Arenisca de grano fino gris oscura con horizontes de carbón
37.5 – 39.0	Areniscas lutita carbonosa	Intercalación de arenisca gris oscuro de grano fino Lutita carbonosa horizontes de carbón y
39.0 – 40.5	Lutitas	Lutita Carbonosa
40.5 – 42.0	cuarcitas	Cuarcita gris oscura de grano fino

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT

PROYECTO: COHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
00.0			978							
01.5			979	5 7/8	C2		B			
03.0	4.50		980							Cuarcita blanquesina de grano medio
04.5			981	5 7/8	A2		B			Arenisca cuarsoza blanca de grano medio
06.0	1.50		982							
07.5	4.50		983	5 7/8	L		G Cl V			Lutita gris claro verdosa
09.0			984							
10.5			985	5 7/8	A1		G Os			Arenisca gris oscura de grano fino con patinas de oxido de hierro
12.0	1.50		986							
13.5	3.00		987	5 7/8	L		G Cl V			Lutita gris claro verdosa
15.0			988							
16.5	3.00		989	5 7/8	A1/L		G Os			Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro con patinas de oxido de hierro
18.0										

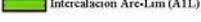
ROCA			COLOR			TAM. GRANO						
	Cuarcita (C)			Lutita Carbonosa (LC)		Suclo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
	Arenisca (A)			Are-lut-carb		Til (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
	Areniscas/lutitas (A1/L)			Intercalacion Arc-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
	Lutitas/limolitas (L)						R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.

REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT

PROYECTO: COHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
18.0										
19.5	1.50		990	5 7/8	L		G Cl V			Lutita gris claro verdosa
21.0	1.50		991	5 7/8	L		G Os V			Lutita gris oscuro verdosa
22.5	1.50		992	5 7/8	L		G Os V			Lutita gris oscuro verdosa con patinas de oxido de hierro
24.0	1.50		993	5 7/8	A1/L		G Os			Intercalación de arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro verdoso con venillas de hematita
25.5	3.00		994	5 7/8	A1/L		G Os V			Intercalación de arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro verdoso con patinas de oxido de hierro
27.0			995							
28.5	3.00		996	5 7/8	L		G OS V			Lutita gris oscuro verdosa
30.0			997							
31.5	3.00		998	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
33.0			999							
34.5	1.50		1000	5 7/8	C1		PR			Cuarcita pardo rojisa de grano fino
36.0	1.50		1001	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris claro de grano fino con patinas de hematita

ROCA			COLOR				TAM. GRANO				
	Cuarcita (C)		Lutita Carbonosa (LC)		Sudo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
	Arenisca (A)		Are-lut-carb		Till (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
	Areniscas/lutitas (A1/L)		Intercalacion Are-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Gruoso	3
	Lutitas/limolitas (L)					R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

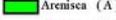
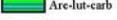
ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT
 PROYECTO: COCHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
36.0										
37.5	3.00		1002	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita y horizontes de carbon
39.0			1003							
40.5	1.50		1004	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
42.0	3.00		1005	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con patinas de oxido de hierro
43.5			1006							
45.0			1007							
46.5	4.50		1008	5 7/8	A1/L		G Os			Intercalación de Arenisca gris oscuro de grano fino con Lutita gris oscuro
48.0			1009							
49.5	1.50		1010	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
51.0	1.50		1011	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino
52.5	1.50		1012	5 7/8	C1		P Os			Cuarcita pardo oscuro de grano fino
54.0	1.50		1013	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino

ROCA			COLOR			TAM. GRANO		
 Cuarcita (C)	 Lutita Carbonosa (LC)	 Suelo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
 Arenisca (A)	 Are-lut-carb	 Till (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
 Areniscaslutitas (A1/L)	 Intercalacion Are-Lim (A1L)	 Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
 Lutitas/limolitas (L)			R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT
 PROYECTO: COCHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
DE	INTERVALO								
54.0		1014							
55.5		1015							
57.0	6.00	1016	5 7/8	LC		G Os			Lutita Carbonosa
58.5		1017							
60.0		1018							
61.5		1019							
63.0	6.00	1020	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
64.5		1021							
66.0		1022							
67.5	3.00	1023	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con diseminaciones de pirita
69.0		1024							
70.5	1.50	1025	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino
72.0	1.50		5 7/8	LC		G Os			Lutita carbonosa

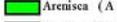
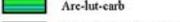
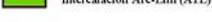
ROCA			COLOR			TAM. GRANO	
 Cuarcita (C)	 Lutita Carbonosa (LC)		Suelo (S)	B blanco	G gris	Fino	1
 Arenisca (A)	 Arc-lut-carb		Till (T)	A amarillo	Cl claro	Medio	2
 Areniscas/lutitas (A1/L)	 Intercalacion Arc-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P pardo	Os oscuro	Grueso	3
 Lutitas/limolitas (L)				R rojizo	V verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.

REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD 233 AT

PROYECTO: COHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
72.0										
73.5	1.50		1026	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscur de grano fino
75.0			S/R							Sin Recuperación
76.5	3.00		1027	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino con horizontes de Carbón
78.0			1028							
79.5	1.50		1029	5 7/8						Carbón
81.0	3.00		1030	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino
82.5			1031							
84.0			1032							
85.5	4.50		1033	5 7/8	A1/LC		G OS			Intercalacion de Arenisca oscuro de grano fino con Lutita Carbonosa
87.0			1034							NIVEL FREATICO
88.5	3.00		1035	5 7/8	LC		G Os			Luita carbonosa
90.0			1036							

ROCA			COLOR			TAM. GRANO				
	Cuarcita (C)			Lutita Carbonosa (LC)		Suelo (S)	B blanco	G gris	Fino	1
	Arenisca (A)			Arc-lut-carb		Till (T)	A amarillo	Cl claro	Medio	2
	Areniscas/lutitas (A1/L)			Intercalacion Arc-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P pardo	Os oscuro	Grueso	3
	Lutitas/limolitas (L)						R rojizo	V verdoso	Muy grueso	4

ALTA TECNOLOGIA E INVERSION MINERA METALURGICA S. A.
REGISTRO GEOLOGICO DE TALADROS DE PERFORACION RCD AT
 PROYECTO: COHAVARA ALTC GEOLOGO: E.C.A.R. NORTE: 9107136.632
 FECHA INICIO: FECHA TERMINO: ESTE: 827334.514
 EJECUTADO POR: POMISPA/ATIMMSA INCLINACION: -90 COTA: 3521.385

METROS	DE		N° MUESTRA	DIAMETRO DE BROCA	TIPO DE ROCA	RECUPERACION (%)	COLOR	COLUMNA GEOLOGICA	DUREZA	OBSERVACIONES
	INTERVALO									
90.0			1037							
91.5			1038	5 7/8	LC		G Os			Lutita carbonosa
93.0	4.50		1039							
94.5			1040							
96.0			1041	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino
97.5	4.50		1042							
99.0			1043	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino
100.5	1.50		1044							Carbón
102.0	1.50		1045							
103.5			1046	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscura de grano fino
105.0	3.00		1047							
106.5			1048	5 7/8	C1		G Os			Cuarcita gris oscuro de grano fino co puntos de pirita
108.0	3.00									

ROCA			COLOR			TAM. GRANO					
	Cuarcita (C)		Lutita Carbonosa (LC)		Suelo (S)	B	blanco	G	gris	Fino	1
	Arenisca (A)		Are-lut-carb		Till (T)	A	amarillo	Cl	claro	Medio	2
	Areniscas/lutitas (A1/L)		Intercalacion Arc-Lim (A1L)		Intrusivo (I)	P	pardo	Os	oscuro	Grueso	3
	Lutitas/limolitas (L)					R	rojizo	V	verdoso	Muy grueso	4

Cuadro N° 2: Taladro de perforación RCD-AT**PAD - 24**

Dirección : Inclinado

Inclinación : -90°

PERFORACION	COORDENADAS		
	ESTE	NORTE	COTA
RCD -AT	827334.514	9107136.632	3521.385

Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
0.0 – 04.5	Arenisca cuarzosa	De grano fino, presencia de patinas de oxido de hierro
04.5 – 06.0	Arenisca cuarzosa	De grano medio a grueso, presencia de patinas de oxido de hierro
06.0 - 10.5	Cuarcita	Grano medio a fino, color pardo amarillento
10.5 – 12..0	Cuarcita	Color gris claro, de grano fino.
12.0 – 15.0	Lutitas	Lutita gris claro verdosa
15.0 – 18.0	Areniscas / Lutitas	Intercalación de Arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro con patinas de oxido de hierro
18.0 – 19.5	Lutitas	Lutita gris claro verdosa
19.5 - 21.0	Lutitas	Lutita gris oscuro verdosa

Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
21.0 – 22.5	Lutitas	Lutita gris oscuro verdosa con patinas de oxido de hiero
22.5 – 24.0	Areniscas / Lutitas	Intercalación de arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro verdoso con venillas de hematita
24.0 – 27.0	Arenisca / Lutitas	Intercalación de arenisca de grano fino gris oscuro con Lutita gris oscuro
27.0- 30.0	lutitas	Lutita gris oscuro verdosa
30.0- 33.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
33.0 – 34.5	Cuarcitas	Cuarcita pardo rojiza de grano fino
34.5 – 36.0	Cuarcitas	Cuarcita gris claro de grano fino con patinas de hematita
36.0 – 39.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita y horizontes de carbón
39.0 – 40.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
40.5 – 43.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con patinas de oxido de hierro
43.5- 48.0	Areniscas / Lutitas	Intercalación de Arenisca gris oscuro de grano fino con Lutita gris oscuro

Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
48.0- 49.5	Cuarcita	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
49.5 – 51.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
51.0 – 52.5	Cuarcitas	Cuarcita pardo oscuro de grano fino
52.5 – 54.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
54.0 - 60.0	Lutitas carbonosas	Lutita Carbonosa
60.0 – 66.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita
66.0 – 69.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con diseminaciones de pirita
69.0 – 70.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
70.5 – 72.0	Lutita carbonosa	Lutita carbonosa
72.0 – 73.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
73.5 – 75.0	S/R	Sin Recuperación
75.0 – 78.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con horizontes de Carbón
78.0 – 79.5	Carbón	Carbón

Tramo (m)	Roca	Registro de Observaciones
79.5 – 82.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
82.5 – 87.0	Areniscas lutitas carbonosas	Intercalación de Arenisca oscuro de grano fino con Lutita Carbonosa <u>Nivel freático</u>
87.0 – 94.0	Lutita carbonosa	Lutita carbonosa
94.0 – 100.5	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino
100.5 – 102.0	Carbón	Carbón
102.0 – 105.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscura de grano fino
105.0 – 108.0	Cuarcitas	Cuarcita gris oscuro de grano fino con puntos de pirita

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827553E	HOJA 01 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA		9106770N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3546	

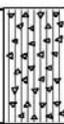
Calicata	C-1	Prof. (m)	5.50	Referencia	
N. F. (m)	5.00	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
0.00							
1.00		S/M		Tierra vegetal conformado limo organico con arcilla, color marron oscuro a negrusco , humeda , consistencia blanda, con presencia de raicillas y gravas aisladas subangulosas a subredondeadas.	OL		
1.50							
2.00							
3.00		M-1		Arena limosa, color marron claro, humedad de compacidad suelta, con presencia de roca alterada, de color beige fracturada NF= 5.00	SM		
3.00							
5.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827553E	HOJA 02 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA		9106770N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3546	

Calicata	C-1	Prof. (m)	5.50	Referencia	
N. F. (m)	5.00	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
5.50		M-1		Arena limosa, color marrón claro, humedad de compactad suelta, con presencia de roca alterada, de color beige fracturada NF= 5.00	SM		
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827563E
Ubicación	Chualuega		9106739
Solicitado	COMARSA	COTA:	3550

Calicata	C-2	Prof. (m)	5.50	Referencia	
N. F. (m)	5.00	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
0.70		M-1		tierra de cultivo conformado por limo arcillosa con arena, color marron claro, humeda, de consistencia blanda, con presencia de cantos, gravas subangulosas y raicillas aisladas.	ML		
4.30		M-1		Roca arenisca color beige a blanco humo, muy alterada, medio dura a ligeramente dura, con patinas de oxido de fierro en la fracturas.	RA		
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	927474E
Ubicación	CHUALLUCHA		9106728N
Solicitado	COMARSA	COTA:	

Calicata	C-3	Prof. (m)	3.50	Referencia	
N. F. (m)	N.A.	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SÍMBOLO	OBSERVACION
0.90		S/M		Tierra vegetal conformado por limo arcillosa organica con arena, color marron oscuro a negrusco, humeda, de consistencia blanda, con presencia de raicillas y gravas subangulosas aisladas.	OL		
1.00		M-1	N.A.	Roca amisca con intercalaciones de lutita, muy alterada a completamente alterada, ligeramente dura, muy fracturada a fragmentada, con patinas de oxido de fierro en las fracturas.	RA		
2.00							
3.00							
3.50							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827395E
Ubicación	CHUALLUEGA		9106734N
Solicitado	COMARSA	COTA:	3552

Calicata	C-4	Prof. (m)	3.00	Referencia	
N. F. (m)	N.A.	Operador	M.H.O.	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SÍMBOLO	OBSERVACION
1.00		M1		Tierra vegetal conformado por limo arcillosa organico con arena, color negrusco, humeda, consistencia blanda, con presencia de raicillas y gravas aisladas.	OL		
2.00		M2		Roca arenisca con intercalaciones de lutita, color beige a crema, muy alterada, ligeramente dura, muy fracturada a fragmentada, con patinas de oxido de fierro en las fracturas, humeda.	RA		
3.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827470E
Ubicación	QUEBRADA DE COCHAVARA		9106818N
Solicitud	COMARSA	COTA:	3538

Calicata	C-6	Prof. (m)	3.00	Referencia	
N. F. (m)	N.A.	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
1.00				Roca arenisca con intercalaciones de lutita, muy alterada, ligeramente dura, muy fracturada a fragmentada, con patinas de oxido de hierro en las fracturas y rellenas con limo.	RA		
2.00		M-1					
3.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827392E	HQJA_01 DE 02
Ubicación	CHIJALLUEGA		9106634N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3531	

Calicata	C-6	Prof. (m)	6.50	Referencia	
N. F. (m)	6.00	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SÍMBOLO	OBSERVACION
1.00 1.10				Tierra vegetal conformada por limo arcillosa con arena, color marron oscuro, humeda, consistencia blanda, con presencia de r�cillas y gravas angulosas a subangulosas a sub redondeadas.	ML		
2.00 3.00				Roca lutita, muy alterada completamente alterada, ligeramente dura a suave, muy fracturada a fragmentada, con pestinas de oxido de fierro en las fracturas y rellenas con arcilla, limo en las fracturas.	RA		
4.00 5.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD 24	COORDENADAS:	827392E	H.OJA 02 DE 02
Ubicación	CHIJALLUEGA		9106634N	
Solicitud	COMARSA	COTA:	3531	

Calicata	C-6	Prof. (m)	6.50	Referencia	
N. F. (m)	6.00	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SÍMBOL	OBSERVACION
6.00				Roca lutita, muy alterada completamente alterada, ligeramente dura a suave, muy fracturada a fragmentada, con patinas de oxido de fierro en las fracturas y rellenas con arcilla, limo en las fracturas.	RA		
6.50							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827326E	HCJA 01 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA		9106960N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3521	

Calicata	C-7	Prof. (m)	7.00	Referencia	
N. F. (m)	6.50	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
0.90							
1.00							
2.00							
3.00		M-1	6.50	Arena limosa con grava, color naranja, húmeda, su compactación va de aumento con la profundidad de suelta a medianamente compacta, gravas subangulosas a sub redondeadas de naturaleza arenisca.	SM		
4.00							
5.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD 24	COORDENADAS:	827326E	HCJA 02 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA	COTA:	9106960N	
Solicitado	COMARSA		3521	

Calicata	C-7	Prof. (m)	7.00	Referencia	
N. F. (m)	6.50	Operador	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
6.00		M-1	6.50	Arena limosa con grava, color naranja, húmeda, su compacidad va de aumento con la profundidad de suelta a medianamente compacta, gravas subangulosas a sub redondeadas de naturaleza arenisca.	SM		
6.50							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827313E	HOJA 01 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA		9107008N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3520	

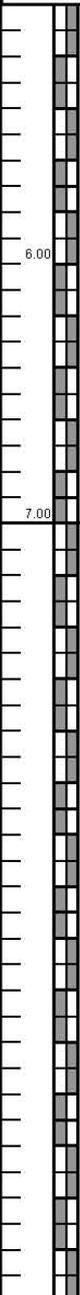
Calicata	C-8	Prof. (m)	7.00	Referencia	
N. F. (m)	ZONA DE FILTRACION	Operator	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
0.90							
1.00							
2.00							
3.00		M-1	7.00	Arena limosa, color marron claro, humeda, de compacidad suelta, con presencia de gravas finas aisladas, zona de constante derrumbe por las filtraciones, con lentes de arena organica M-2	OL		
4.00							
5.00							
				Croquis			

REGISTRO DE EXCAVACION

Proyecto	PAD-24	COORDENADAS:	827313E	HOJA 02 DE 02
Ubicación	CHUALLUEGA		9107008N	
Solicitado	COMARSA	COTA:	3520	

Calicata	C-8	Prof. (m)	7.00	Referencia	
N. F. (m)	ZONA DE FILTRACION	Operator	M.H.O	Fecha	FEBRERO-2008

prof. (m)	Exc.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS	SIMBOL	OBSERVACION
		M-2	7.00	Arcilla inorganica plastica, color variado de beige a crema, con oxidos, humeda, consistencia blanda a firme. Zona de alta filtracion.	CL		

	Croquis
--	---------

ANEXO II: ENSAYOS DE LABORATORIO

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: PAD DE LIXIVIACION Nro. 24

Generalidades

Durante el desarrollo de la exploración geotécnica de campo en la zona de Angamarca-Provincia de Santiago de Chuco- Departamento de La Libertad donde se tiene proyectado un futuro pad de lixiviación se obtuvieron muestras de los sondajes ejecutados.

En los materiales indicados se llevaron a cabo ensayos de Mecánica de Suelos para determinar los parámetros geotécnicos para el diseño del pad de lixiviación. Así también se ha revisado y evaluado información

sobre los trabajos realizados anteriormente y concernientes al área de investigación, específicamente se ha analizado los sondajes del proyecto: Diseño del Pad 21, habiéndose seleccionado las excavaciones pertinentes y necesarias.

A continuación se presenta la descripción de los ensayos realizados y los referidos a las investigaciones anteriores:

Ensayos de Granulometría y Límites de Consistencia de Atterberg

En las muestras seleccionadas obtenidas en la exploración de campo se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y clasificación. Estos ensayos consistieron en: análisis granulométrico por tamizado, límite líquido y límite plástico. En las Tabla B-1 a B-5 se presenta un resumen de los resultados de los ensayos estándar ejecutados.

Como se observa en las siguientes tablas, los suelos investigados extraídos de los sondajes, corresponden a suelos finos de baja plasticidad de clasificación unificada CL, ML y CL-ML; también se encuentran en la zona de estudio suelos granulares con partículas finas,

de clasificación de arena limosa(SM) y arena arcillosa (SC),sin presencia de gravas.

También se han obtenido muestras de arcilla, muestra inalterada y de el mineral; las dos primeras presentan clasificación unificada CL y el mineral se clasifica como arena con arcilla (SC).

Por otro se realizo ensayos de clasificación e identificación en las muestras de mineral (GP-GC), over (GP-GM) y soil(CL).

En el área correspondiente a las calicatas del proyecto Diseño del Pad 21 los suelos corresponden a arena que varia de clasificación SM (arena limosa) a SC (arena arcillosa), también se encuentra un estrato de arcilla de baja plasticidad de clasificación CL en la zona correspondiente a la calicata C1 correspondiente a este proyecto.

Tabla B-1
Resultados de Ensayos Estándar
Diseño Pad 24

Sondaje	Prof.	Muestra	W (%)	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	% pasa N° 4	% pasa N° 200	Clasific. SUCS
C-1	1.50-5.00	M-1	16.40	28.00	13.00	100.00	47.50	SC
C-2	0.70-5.00	M-1	5.10	25.00	NP	100.00	55.20	ML
C-3	0.90-3.50	M-1	7.00	27.00	13.00	100.00	73.20	CL
C-4	0.00-1.50	M-1	12.60	22.00	8.00	100.00	35.60	SC
C-4	1.30-2.00	M-2	6.00	28.00	12.00	100.00	44.80	SC
C-5	0.00-3.00	M-1	0.80	26.00 C	7.00	100.00	57.00	CL-ML
C-7	0.90-7.00	M-1	5.80	19.00	NP	100.00	14.20	SM
C-8	0.90-5.00	M-1	5.80	21.00	NP	100.00	15.10	SM
C-8	0.90-5.00	M-2	9.40	17.00	NP	100.00	23.20	SM
C-8	5.00-7.00	M-3	23.20	45.00	23.00	100.00	92.30	CL
Arcilla	---	---	15.90	35.00	20.00	100.00	56.80	CL
Inalterado	---	---	17.60	28.00	14.00	100.00	61.00	CL
Mineral	---	---	1.60	22.00	9.00	100.00	27.00	SC

Tabla B-2
Coordenadas de los Sondajes Ejecutados
Diseño Pad 24

Sondaje	Este	Norte	Cota(msnm)	Profundidad(m)	Nivel Freático(m)
C-1	827553	9106770	3456	5.5	5.0
C-2	827563	9106738	3550	5.5	5.0
C-3	827474	9106728	3551	3.5	---
C-4	827395	9106734	3552	3.0	---
C-5	827470	9106818	3538	3.0	---
C-6	827392	9106834	3531	6.0	6.0
C-7	827326	9106958	3521	7.0	6.5
C-8	827313	9107008	3520	7.0	Zona de Filtraciones

Tabla B-3
Resultados de Ensayos Estándar
Diseño Pad 24

Muestra	W (%)	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	% pasa N° 4	% pasa N° 200	Clasific. SUCS
Mineral						GP-GC
Over	3.50	NP	NP	44.00	9.30	GP-GM
Soil	17.30	30.20	17.30	100.00	50.10	CL

Tabla B-4
Resultados de Ensayos Estándar
Diseño Pad 21

Sondaje	Prof.	Muestra	W (%)	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)	% pasa N° 4	% pasa N°200	Clasific. SUCS	Clasific. AASHTO
C-1	1.70-3.00	M-1	11.5	29	12	100	64.7	CL	A-6(5)
C-1	3.00-5.00	M-2	5.0	NP	NP	100	13.3	SM	A-2-4(0)
C-2	0.00-2.80	M-1	10.4	13	NP	100	17.4	SM	A-2-4(0)
C-2	2.80-6.00	M-2	7.5	16	NP	100	12.2	SM	A-2-4(0)
C-3	0.00-0.70	M-1	14.3	22	9	100	34.7	SC	A-2-4(0)
C-3	0.70-5.50	M-2	15.1	26	15	100	35.5	SC	A-6(1)
C-4	0.00-5.00	M-1	6.3	20	NP	100	12.7	SM	A-2-4(0)

Tabla B-5
Coordenadas de los Sondajes Ejecutados
Diseño Pad 21

Sondaje	Este	Norte	Cota(msnm)	Profundidad(m)	Nivel Freático(m)
C-1	827339	91074 86	3510	5.0	---
C-2	827437	91073 42	3488	6.0	---
C-3	827450	91072 14	3497	5.5	---
C-4	827312	91072 94	3522	5.0	---

Ensayo de Densidad Natural

La densidad in situ fue determinada para los materiales que se presentan en la tabla B-6 correspondientes al diseño del pad 21; se calculo la densidad natural aplicando el método del cono de arena (ASTM-1556). Los resultados de estos ensayos son presentados en la siguiente tabla:

Tabla B-6
Resultados de Ensayos de Relaciones Densidad
Diseño Pad 21

Sondaje	Densidad	Clasificación SUCS	Densidad natural (g/cm ³)
C - 2	D - 1	SM	1.64
C - 3	D - 2	SC	2.01
C - 4	D - 3	SM	1.76

Ensayo de Compactación

La determinación de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad se llevo a cabo en la muestra de arcilla y en la muestra de soil, mediante la prueba Proctor Modificado, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla B-7 y B-8:

Tabla B-7
Resultados de Ensayos de Compactación
Diseño Pad 24

Muestra	Clasificación SUCS	Máxima Densidad Seca (g/cm³)	Optimo Contenido de Humedad (%)
Arcilla	CL	1.95	12.50

Tabla B-8
Resultados de Ensayos de Compactación
Diseño Pad 24

Muestra	Clasificación SUCS	Máxima Densidad Seca (g/cm³)	Optimo Contenido de Humedad (%)
Soil	CL	1.804	14.80

Ensayo de Corte Directo

El ensayo de corte directo consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de falla predeterminado mediante la acción de una fuerza de corte horizontal incrementada, mientras se aplica una carga normal al plano del movimiento.

Se llevó a cabo el ensayo de corte directo en las muestras inalteradas M-1 de la calicata C-1 y en la muestra de Arcilla. Los parámetros de resistencia cortante se obtuvieron siguiendo los procedimientos recomendados en la norma ASTM D-3080 correspondiente. Los valores de los parámetros de resistencia cortante del material son resumidos en la Tabla B-9 y en la tabla B-10 se presentan los resultados obtenidos del diseño del pad 21.

Tabla B-9
Resultados de Ensayo de Corte Directo
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.50-5.00	SC	$\phi = 27.50^\circ$	C = 0.20
ARCILLA	---	---	CL	$\phi = 34.50^\circ$	C = 0.10

Nota.- Muestras inalteradas

Tabla B-10
Resultados de Ensayo de Corte Directo
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Prof.	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.70-3.00	CL	$\phi = 38.00^\circ$	C = 0.85

Ensayo de Corte Directo a Gran Escala

Se realizo el ensayo de corte directo a gran escala en la muestra de soil obtenida, esta muestra presenta una clasificación unificada CL, correspondiente a una arcilla de baja plasticidad.

Los resultados obtenidos de esta prueba se presentan en la tabla B-11:

Tabla B-11
Resultados de Ensayo de Corte Directo a Gran Escala
Diseño Pad 24

Muestra	Pico		Post del Pico	
	C (Kpa)	ϕ (°)	C (Kpa)	ϕ (°)
Soil	26.40	20.00	28.80	20.2

Ensayo de Compresión Triaxial

Su principal finalidad es obtener los parámetros de resistencia cortante del suelo y la relación esfuerzo -deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada. Se realizó este ensayo en la muestra inalterada M-1 de la calicata C-1, en la arcilla y en el mineral.

Los resultados de las pruebas triaxiales CU y UU correspondientes al diseño del pad 24 se presentan en la tabla B-12 y B-13 y los correspondientes al diseño del pad 21 se presentan en las tablas B-14 y B-15.

Tabla B-12
Resultados de Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado-No Drenado (CU)
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Parámetros Totales		Parámetros Efectivos	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.50-5.00	SC	$\phi = 21.80$	C = 0.40	$\phi = 34.56$	C = 0.08
Mineral	---	---	CL	$\phi = 36.00^\circ$	C = 0.70	$\phi = 40.50^\circ$	C = 0.24

Tabla B-13
Resultados de Ensayo de Compresión Triaxial
No Consolidado-No Drenado (UU)
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Clasificación SUCS	Parámetros de Resistencia	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.50-5.00	SC	$\phi = 5.60^\circ$	C = 1.33
Mineral	---	---	SC	$\phi = 29.80^\circ$	C = 1.90

Tabla B-14
Resultados de Ensayo de Compresión Triaxial
Consolidado-No Drenado (CU)
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Prof.	Clasificación SUCS	Parámetros Totales		Parámetros Efectivos	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)	Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.70-3.00	CL	$\phi = 16.00^\circ$	C = 0.98	$\phi = 31.20^\circ$	C = 0.43

Tabla B-15
Resultados de Ensayo de Compresión Triaxial
No Consolidado-No Drenado (UU) PAD 21
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Prof.	Clasificación SUCS	Parámetros de Resistencia	
				Angulo de Fricción (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
C-1	M-1	1.70-3.00	CL	$\phi = 20.00^\circ$	C = 2.15

Ensayo de Compresión No Confinada

Se realizó la prueba de compresión no confinada en la muestra M-1 de la calicata C-1 tanto para el diseño del pad 24 y pad 21, los resultados de estas pruebas se presentan a continuación, en las tablas B-16 y B-17.

Tabla B-16
Resultados de Ensayo de Compresión No confinada
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	W (%)	γ_d	qu
				gr/cm ³	Kg/cm ²
C-1	M-1	1.50-5.00	15.67	1.69	2.72-2.82

Tabla B-17
Resultados de Ensayo de Compresión No confinada
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Prof.	W (%)	γ_d gr/cm ³	qu Kg/cm ²
C-1	M-1	1.70-3.00	13.4	1.82	7.49

Ensayo de Consolidación Unidimensional

Su finalidad es determinar la velocidad y grado de asentamiento que experimentara una muestra de suelo arcilloso saturado al someterle a una serie de incrementos de presión de carga.

Se determinó los valores de los parámetros de consolidación en la muestra inalterada M-1 de la calicata C-1, cuyos resultados se muestran a continuación en la Tabla B-7

Tabla B-18
Resultados de Ensayos de Consolidación Unidimensional
Diseño Pad 24

Muestra	Clasificación SUCS	Pc (Kg/cm ²)	C _c	C _s
C-1 (M-1)*	SC	2.37	0.102	0.012

* **Nota.-** Muestra inalterada

Tabla B-19
Resultados de Ensayos de Consolidación Unidimensional
Diseño Pad 21

Muestra	Clasificación SUCS	P _c (Kg/cm ²)	C _c	C _s
C-1 (M-1)	CL	5.95	0.247	0.015

P_c : Presión de Preconsolidación

C_c : Índice de Compresión

C_s : Índice de Expansión

Ensayo de Colapso

Los suelos sensibles al fenómeno de colapso son aquellos sin saturar en los cuales se produce un reacomodo radical de las partículas y una gran pérdida de volumen por remojo con o sin carga.

La existencia de estos suelos en el mundo y las dificultades ocasionadas a las edificaciones cimentadas sobre ellos han sido reconocidas ampliamente

Se ejecuto el ensayo de colapso en la muestra inalterada M-1 de la calicata C-1, el resultado de esta prueba se presenta a continuación, en

las tablas B-20 y B-21:

Tabla B-20
Resultados de Ensayo de Colapso
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Clasificación SUCS	Colapso (%)
C-1	M-1	1.50-5.00	SC	1.40

Tabla B-21
Resultados de Ensayo de Colapso
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Prof.	Clasificación SUCS	Colapso (%)
C-1	M-1	1.70-3.00	CL	0.70

Según este resultado, como el índice de colapso es menor que 2.0% y mayor que 0.1%, el grado de colapso es leve.

Ensayo de Expansión Libre

Se ejecuto el ensayo de expansión libre en la muestra inalterada M-1 de la calicata C-1, el resultado de esta prueba se presenta a continuación,

en las tablas B-22 y B-23.

Tabla B-22
Resultados de Ensayo de Expansión Libre
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Clasificación SUCS	Expansión (%)
C-1	M-1	1.50-5.00	SC	0.80

Tabla B-23
Resultados de Ensayo de Expansión Libre
Diseño Pad 21

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Clasificación SUCS	Expansión (%)
C-1	M-1	1.70-3.00	CL	0.80

Ensayo de Permeabilidad con Carga Constante

Los valores de permeabilidad se determinaron en laboratorio sobre la muestra inalterada M-1 de la calicata C-1 y sobre la muestra remoldeada de Arcilla siguiendo los procedimientos de la norma de Permeabilidad con carga constante por pared flexible ASTM – D5084 el cual determinó los siguientes valores en la Tabla B-24 y B-25:

Tabla B-24
Resultados de Ensayo de Permeabilidad
Diseño Pad 24

Sondaje	Muestra	Profundidad(m)	Gs	γ_d	K
				gr/cm ³	cm/seg
C-1	M-1	1.50-5.00	2.70	1.76	8.70E-07
Arcilla	---	---	2.70	1.82	2.30E-07

Tabla B-25
Resultados de Ensayo de Permeabilidad
Diseño Pad 21

Calicata	Muestra	Profundidad(m)	Gs	γ_d	K
				gr/cm ³	cm/seg
C-1	M-1	1.70-3.00	2.59	1.88	1.80E-07

Ensayo de Permeabilidad In-Situ

Los resultados del ensayo de permeabilidad in-situ por descenso se presentan en la tabla B-26.

Tabla B-26
Resultados de Ensayo de Permeabilidad In-Situ
Diseño Pad 24

Permeabilidad N°	Norte	Este	Cota(msnm)	Profundidad (m)	K (cm/s)
1	827089	9106556	3527	0.30	3.50E-03
2	827091	9106554	3523	0.30	2.12E-02

Ensayo de Conductividad Hidráulica

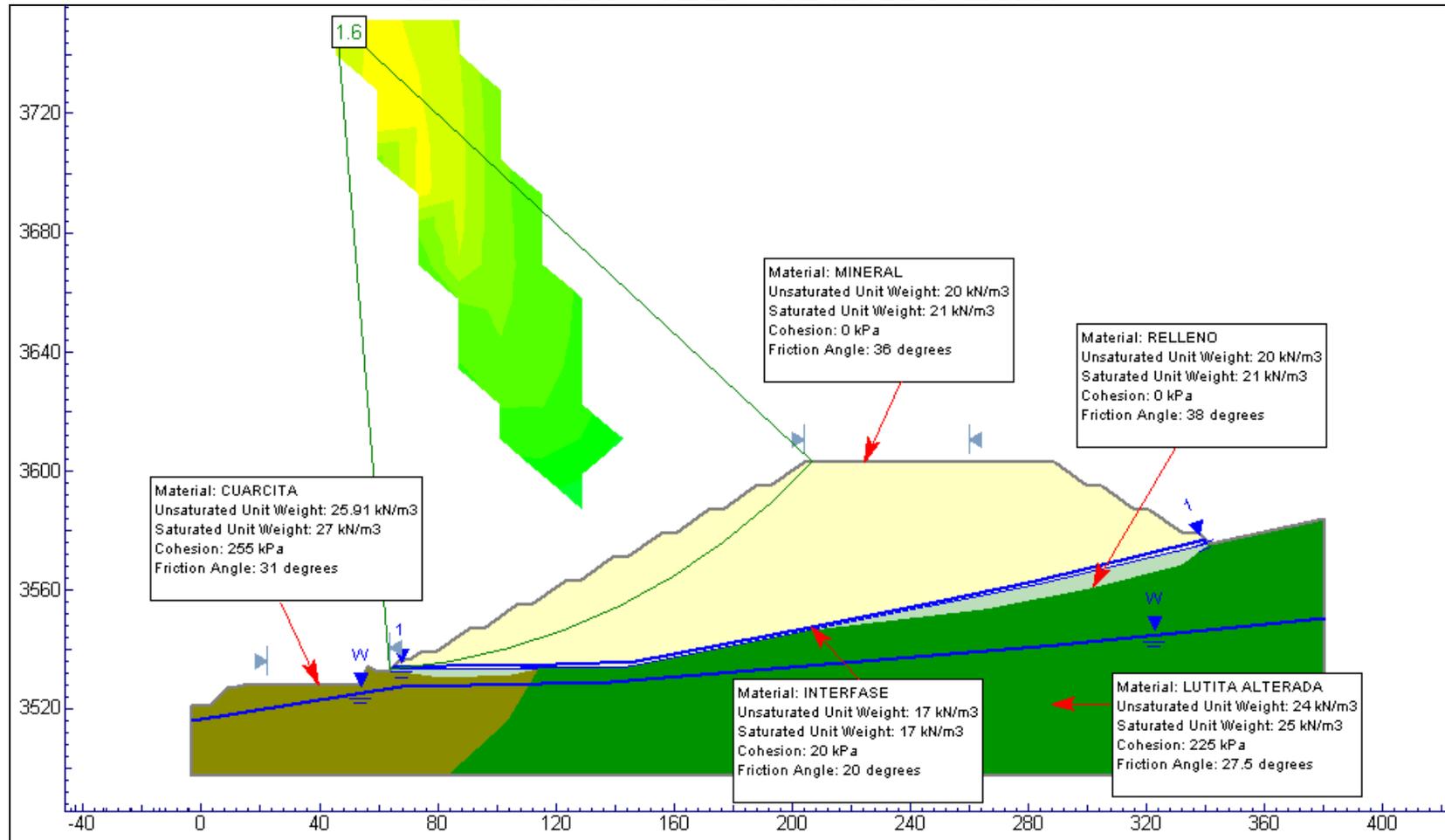
Se realizó el ensayo de conductividad hidráulica en la muestra de mineral y over, los resultados se muestran a continuación:

Tabla B-27
Resultados de Ensayo de Conductividad Hidráulica
Diseño Pad 24

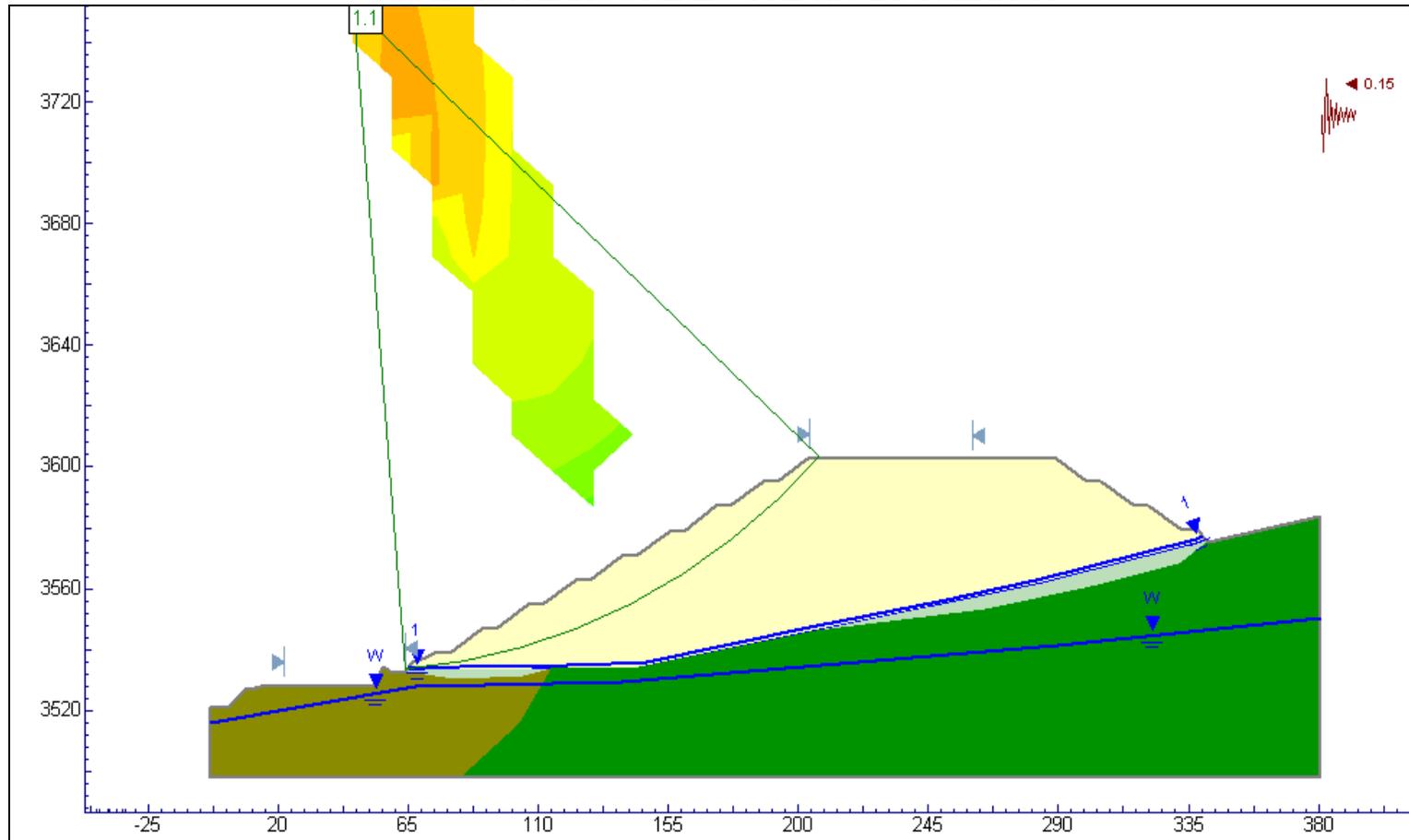
Muestra	Conductividad Hidráulica
	cm/seg
Mineral	2.40E-01
Over	8.00E-02

ANEXO III: ANALISIS DE ESTABILIDAD

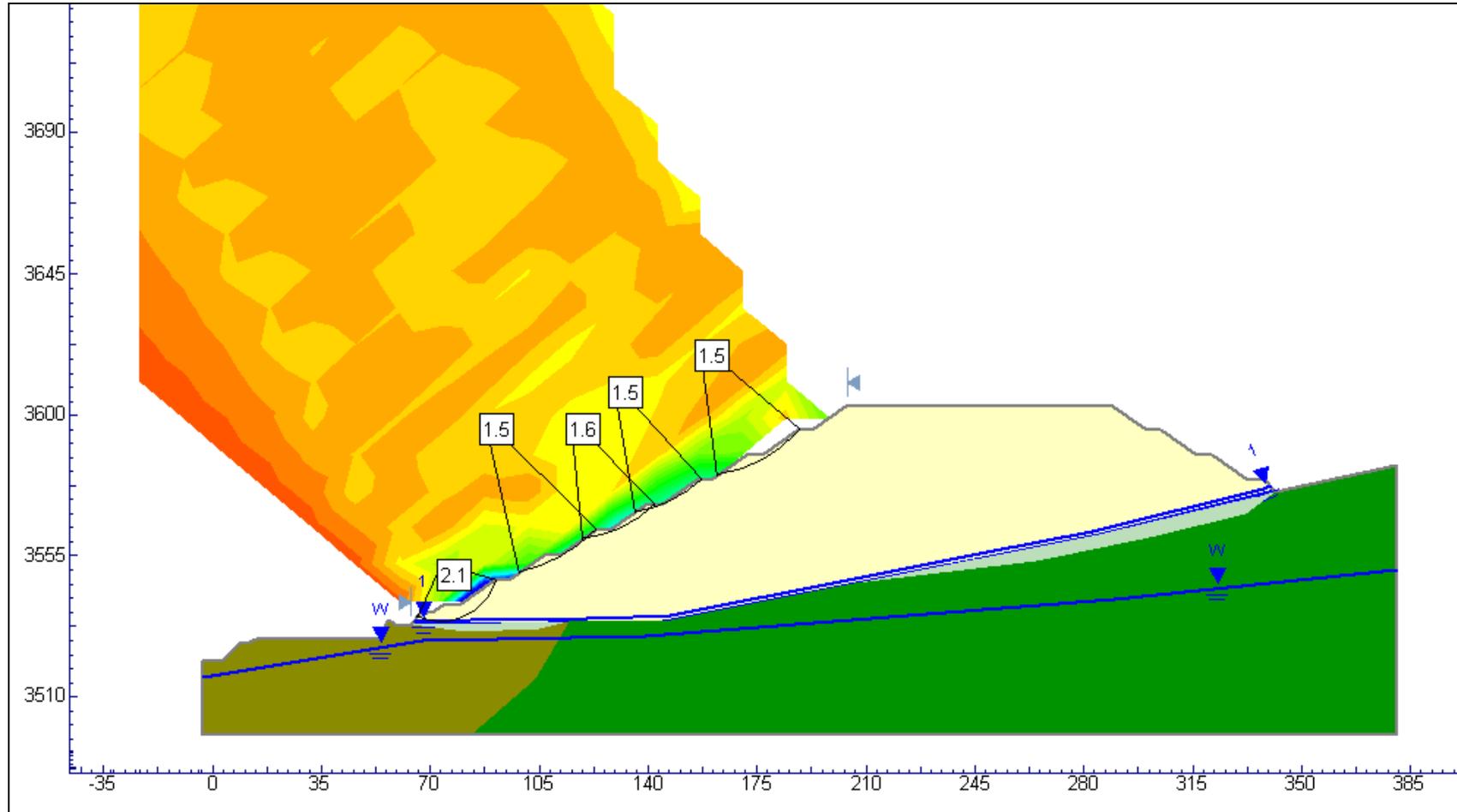
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



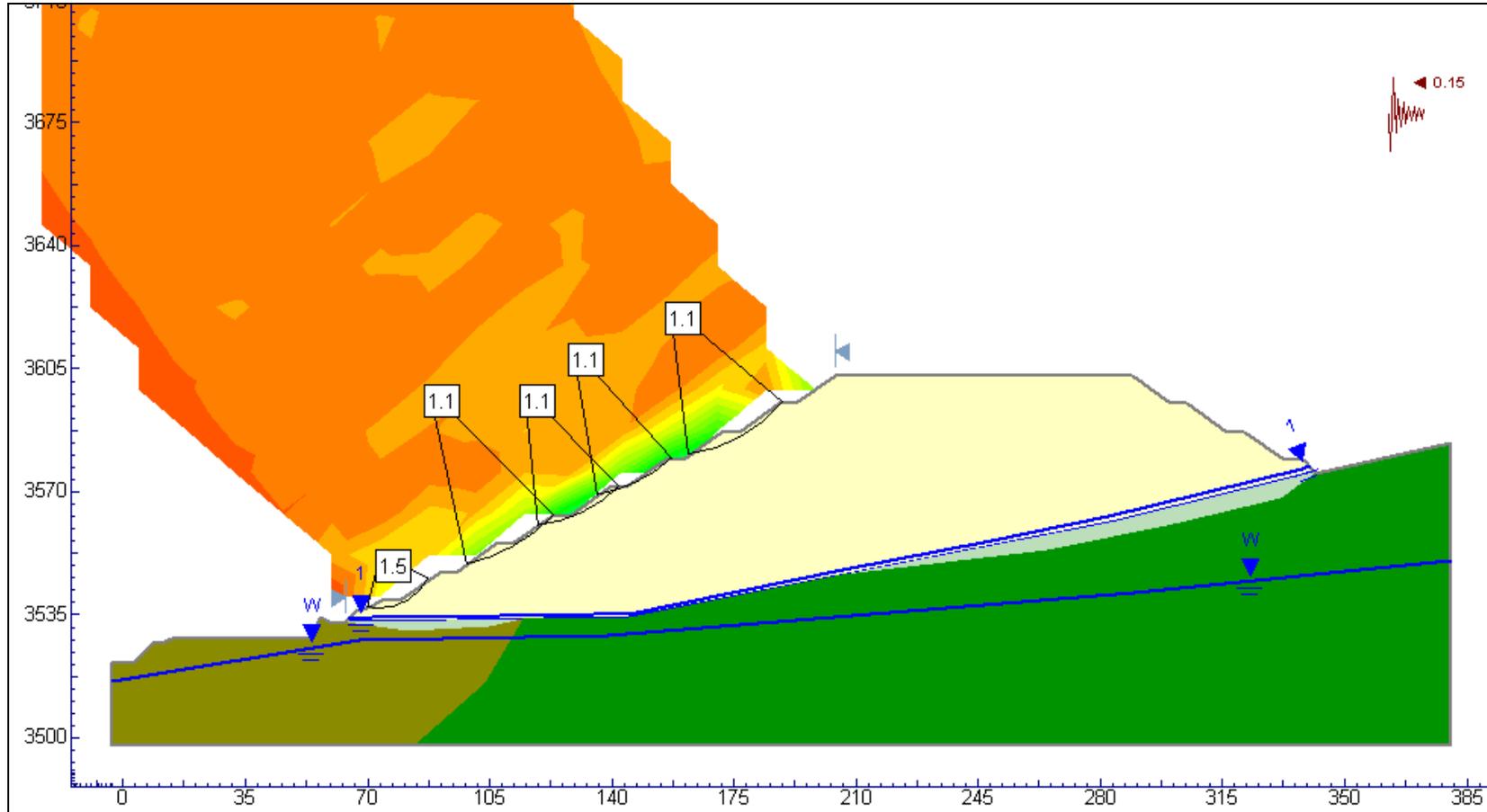
**ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO -PAD Nro 24/ COMARSA**



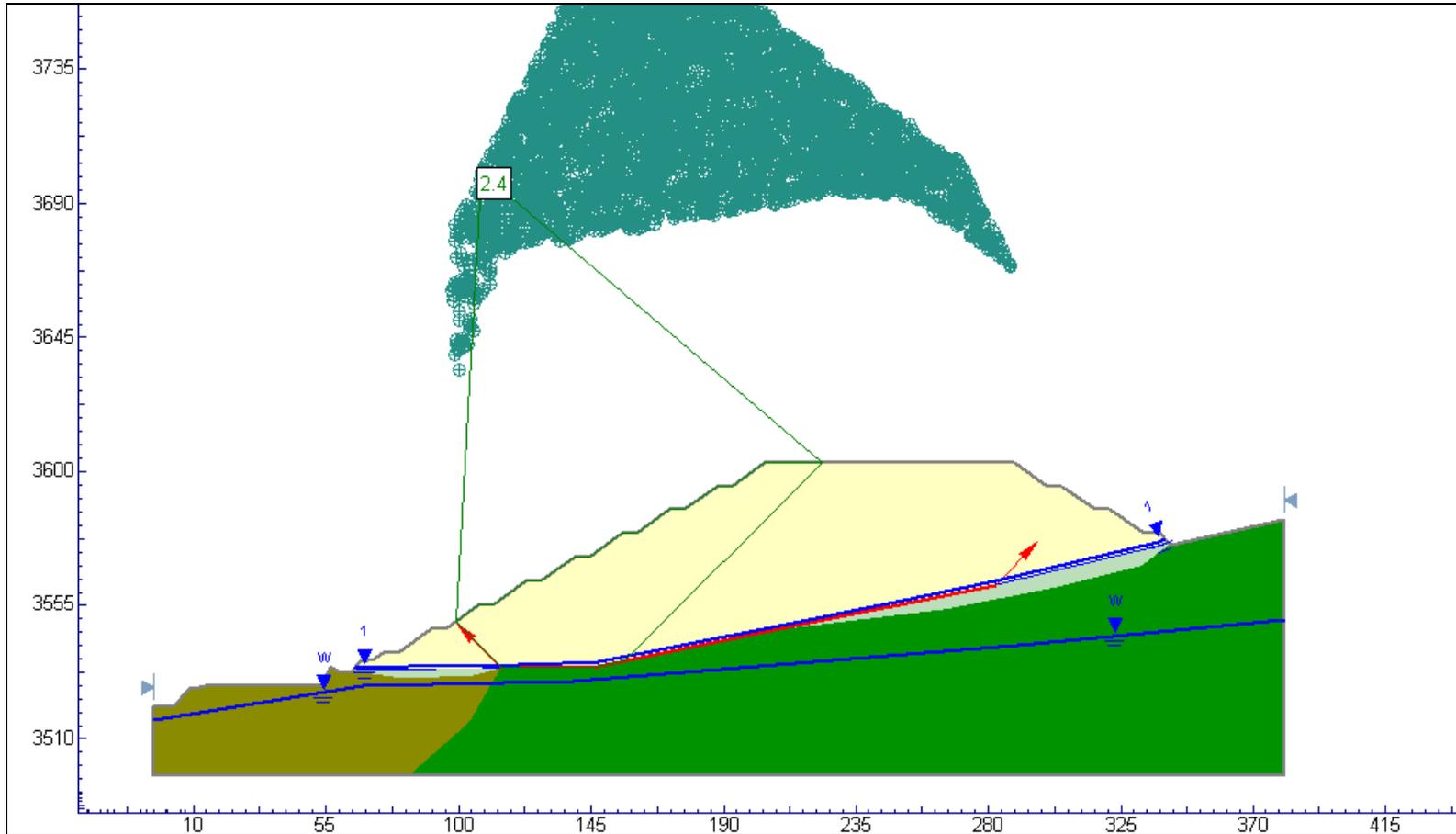
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



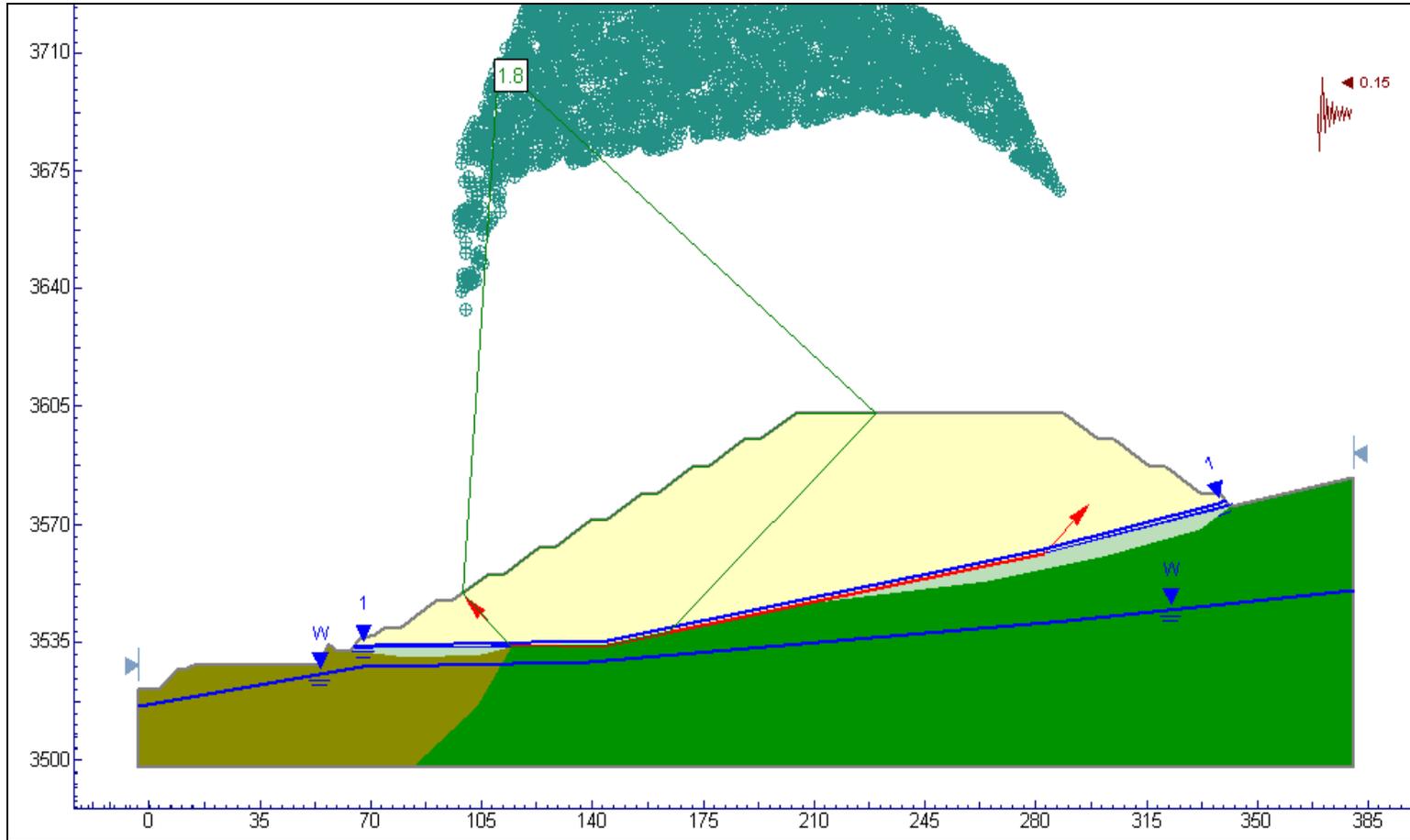
**ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



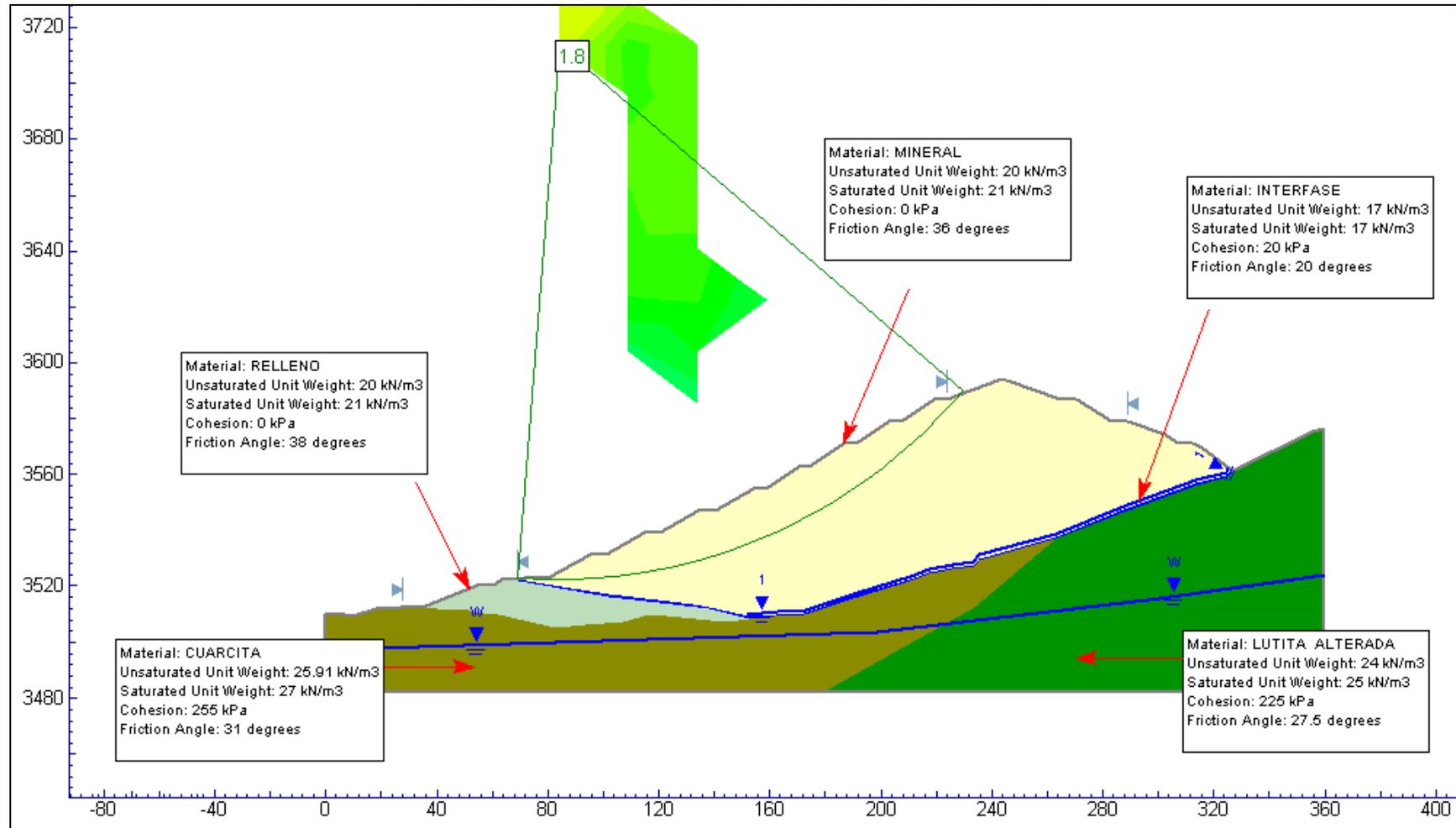
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



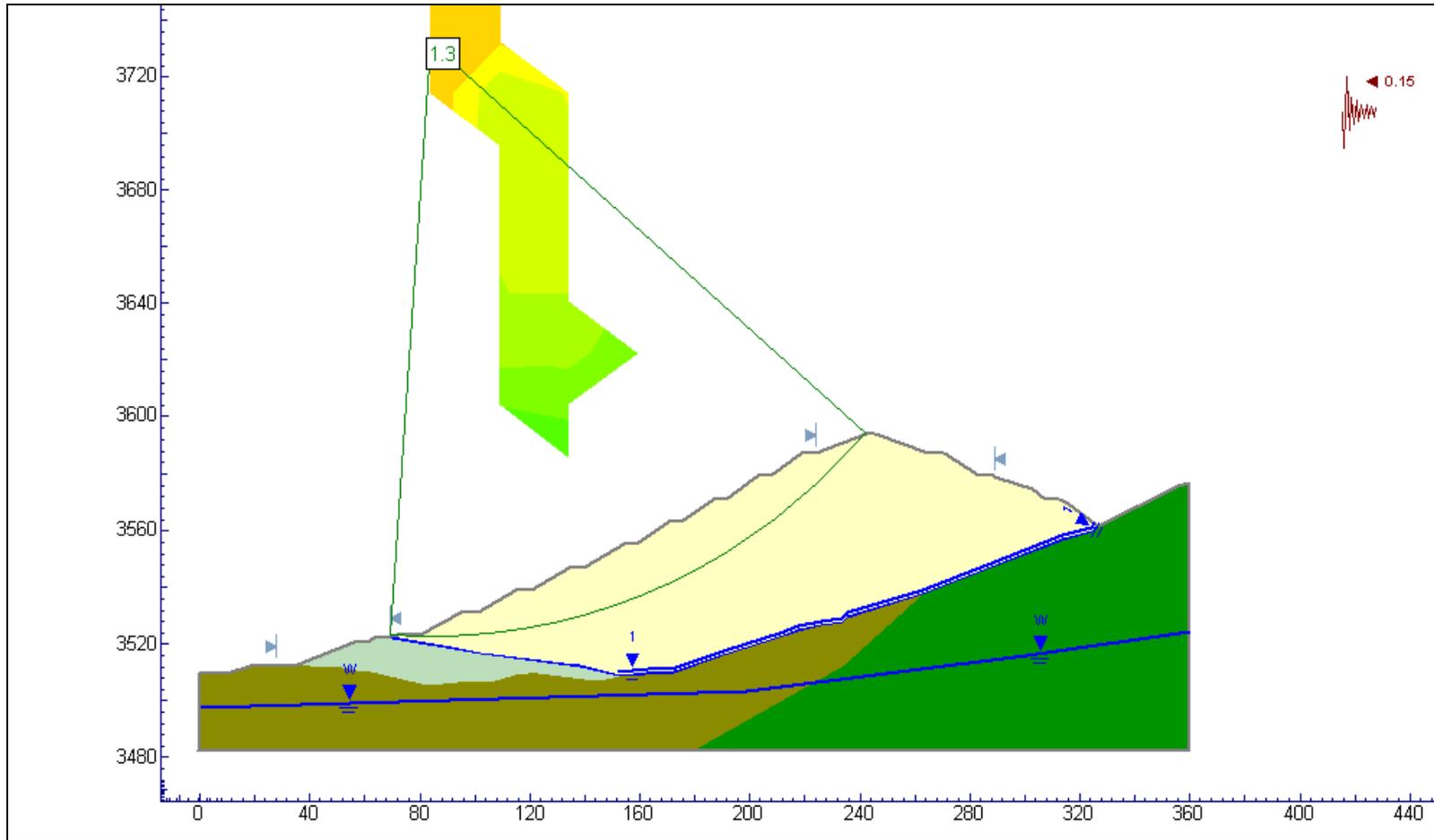
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA SEUDO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION A-A
ANALISIS A LARGO PLAZO -PAD Nro 24/ COMARSA**



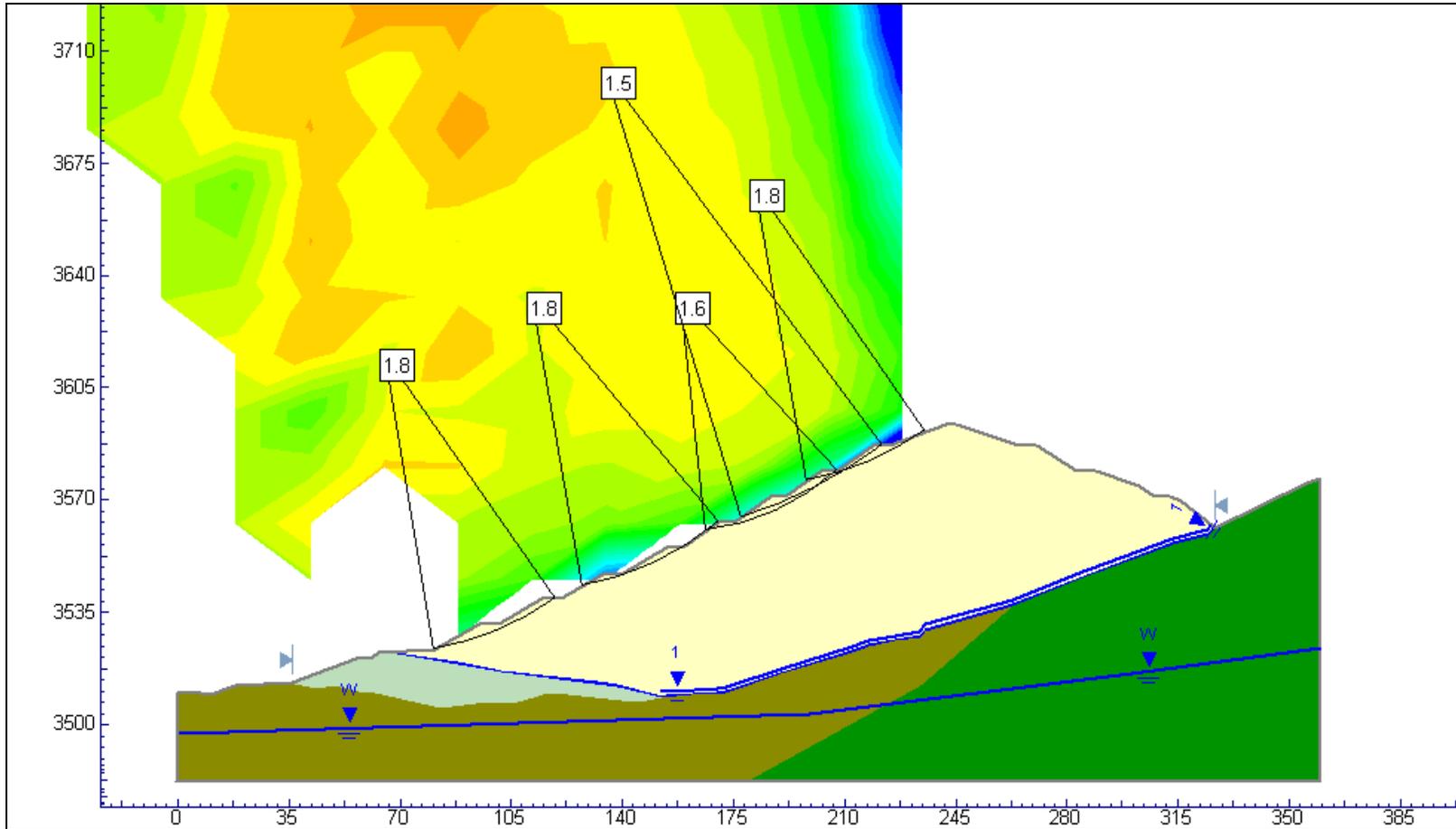
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



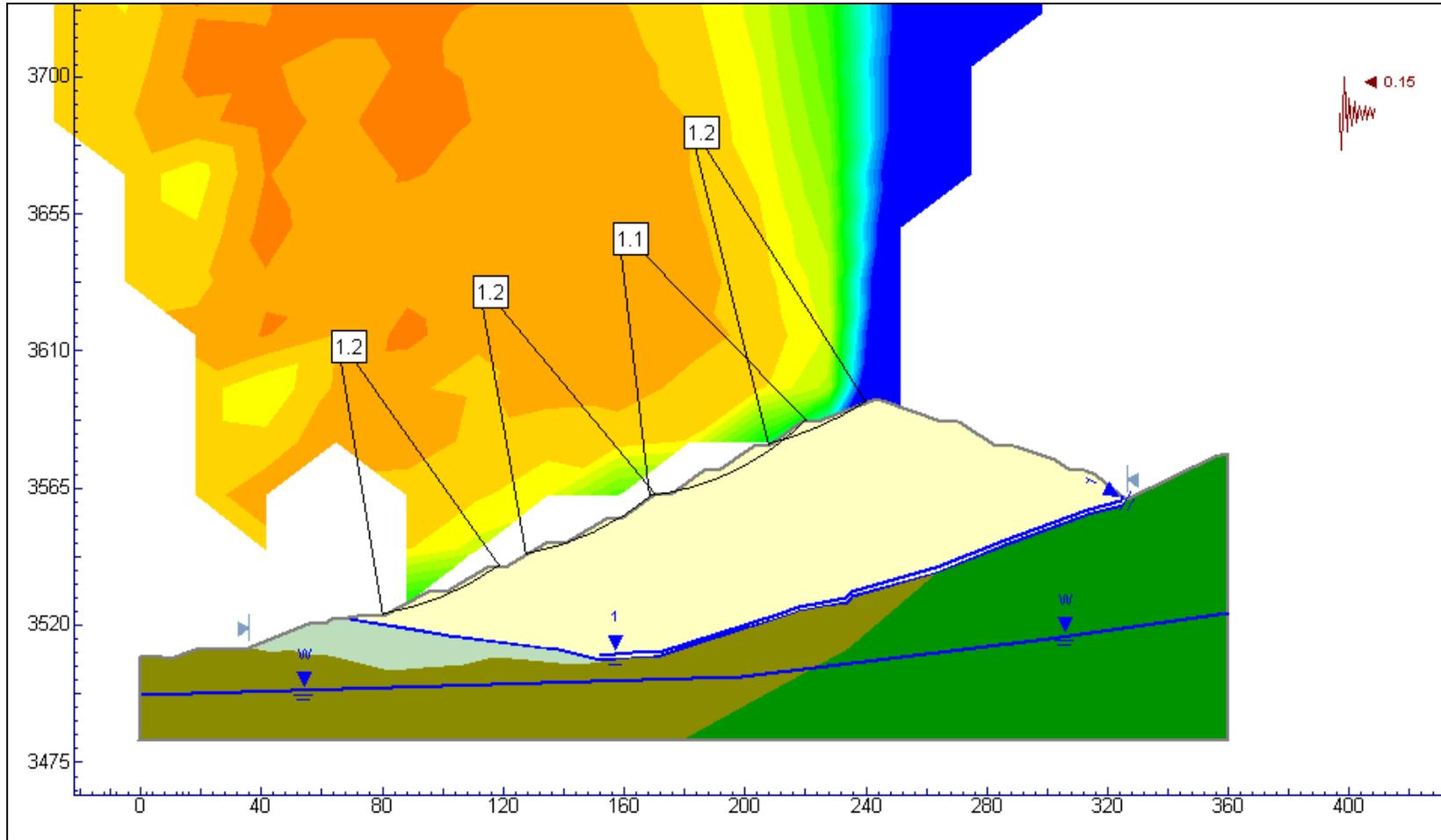
**ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



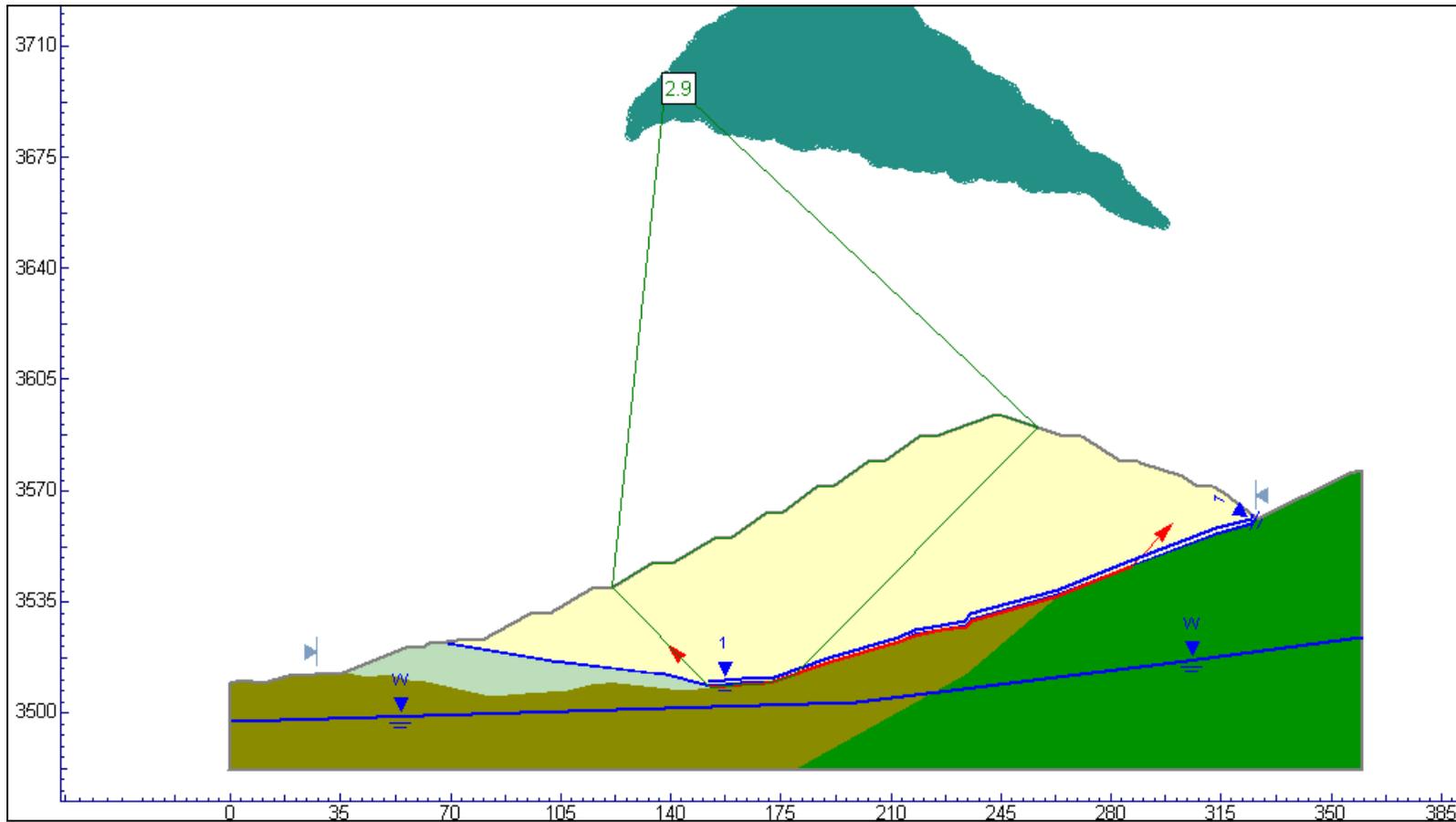
ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



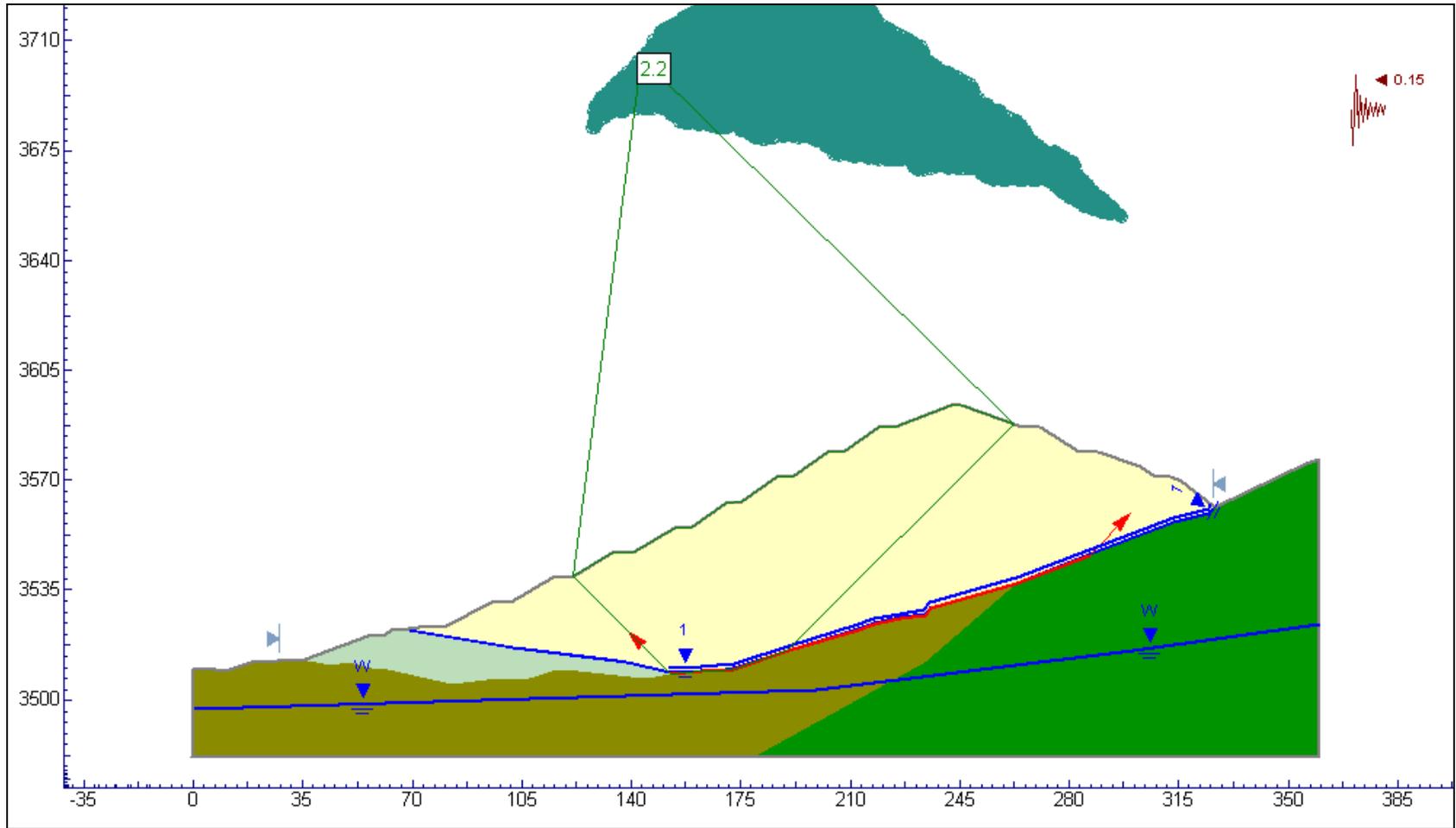
**ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



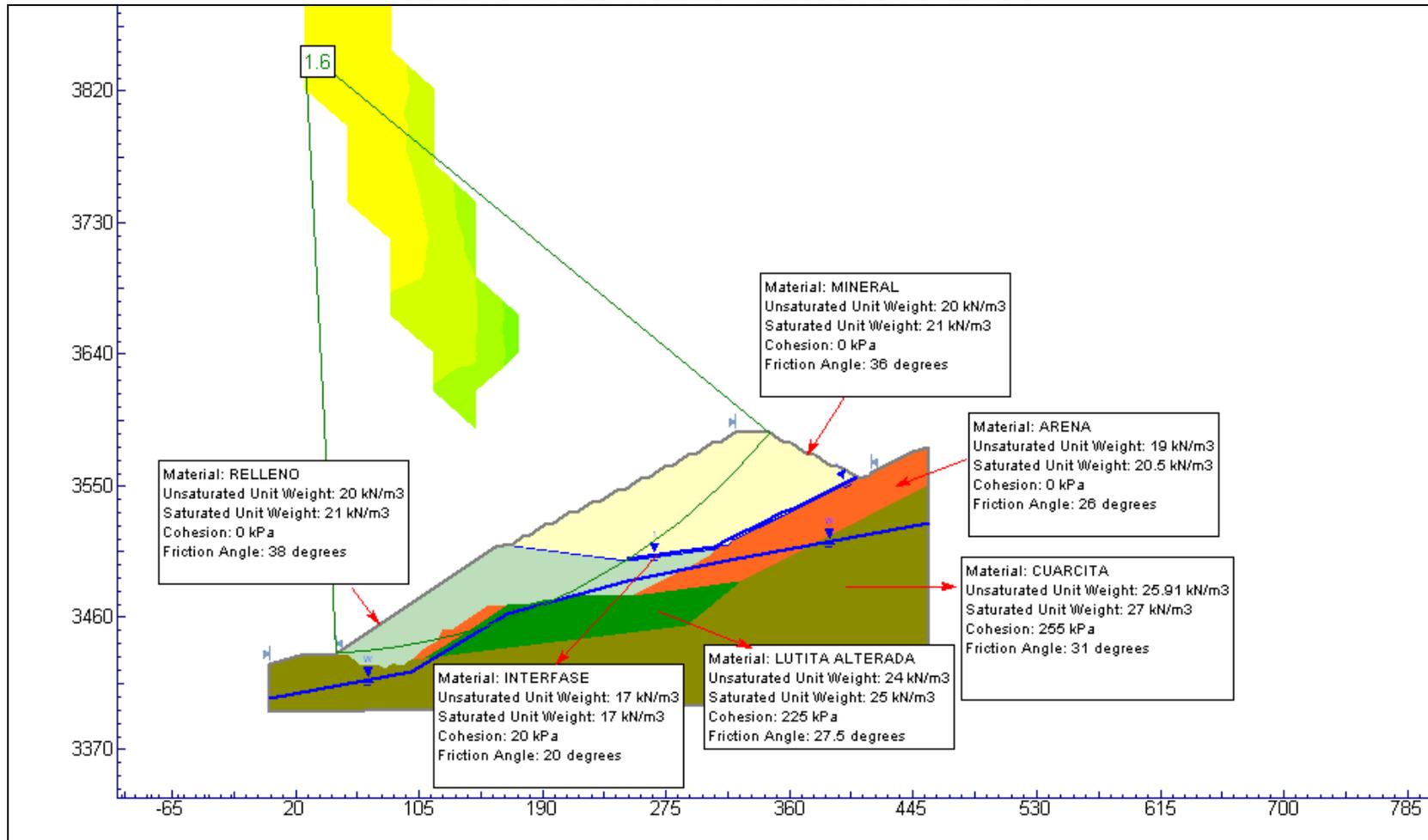
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



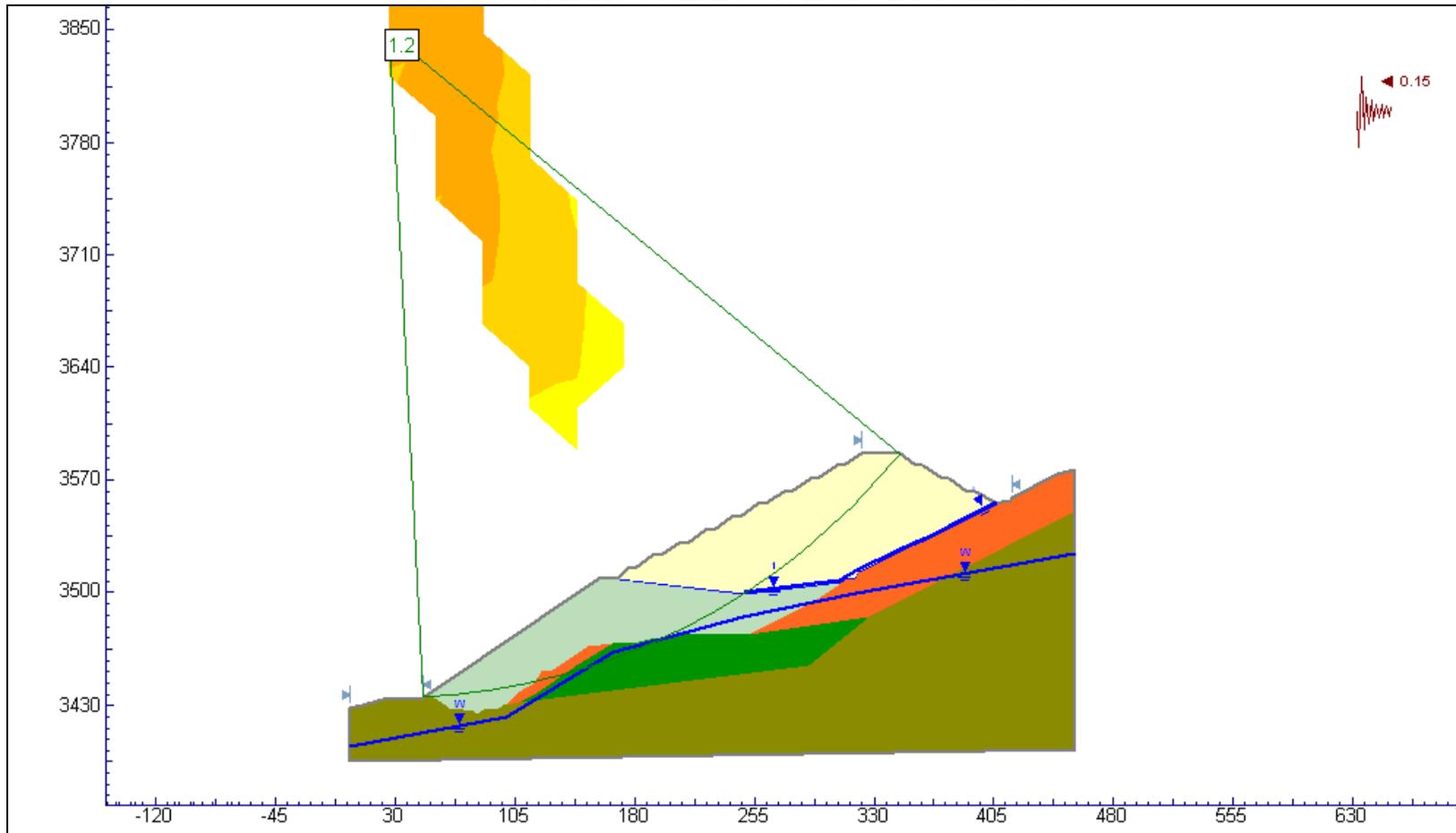
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO SEUDO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



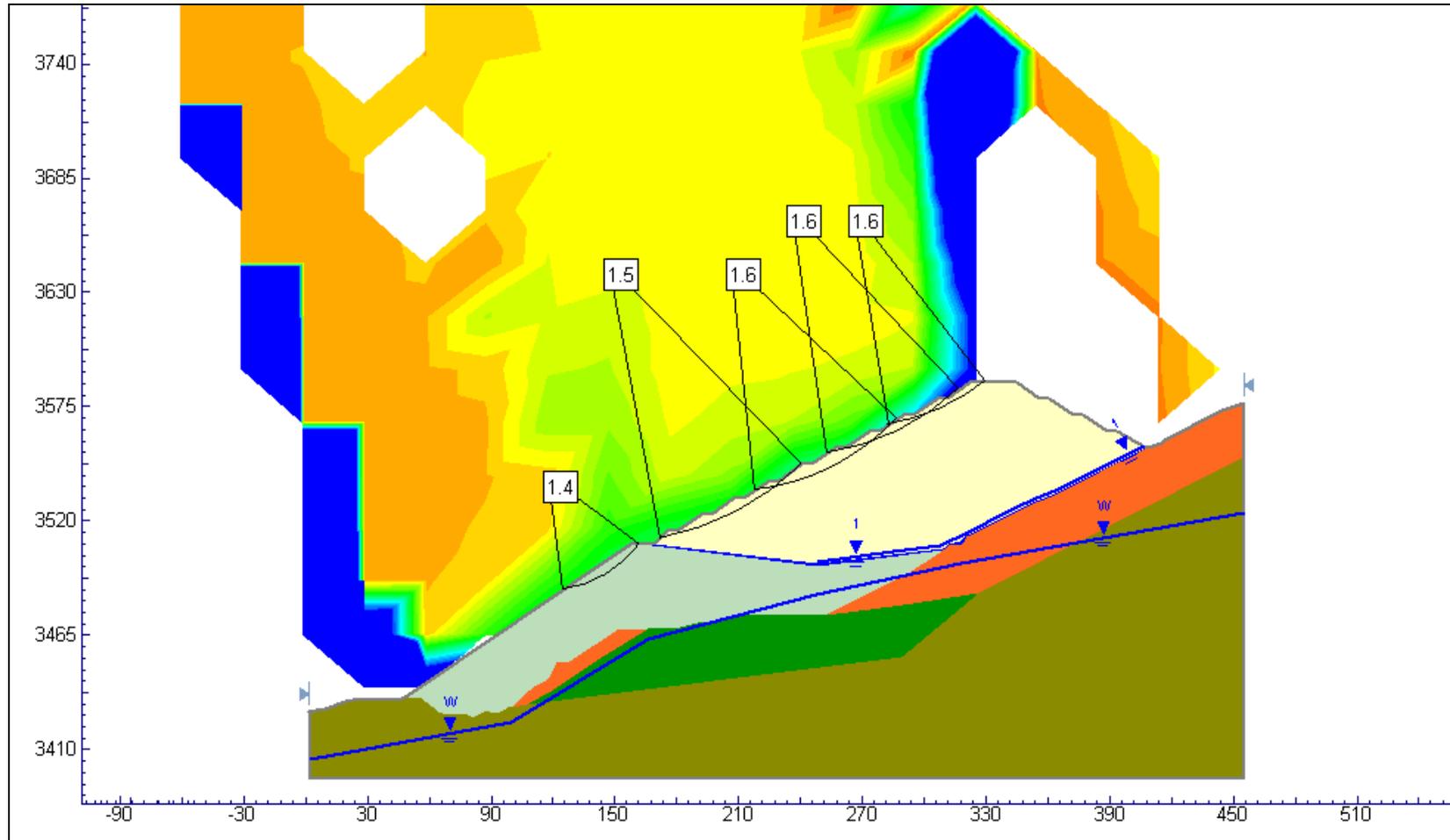
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION C-C
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



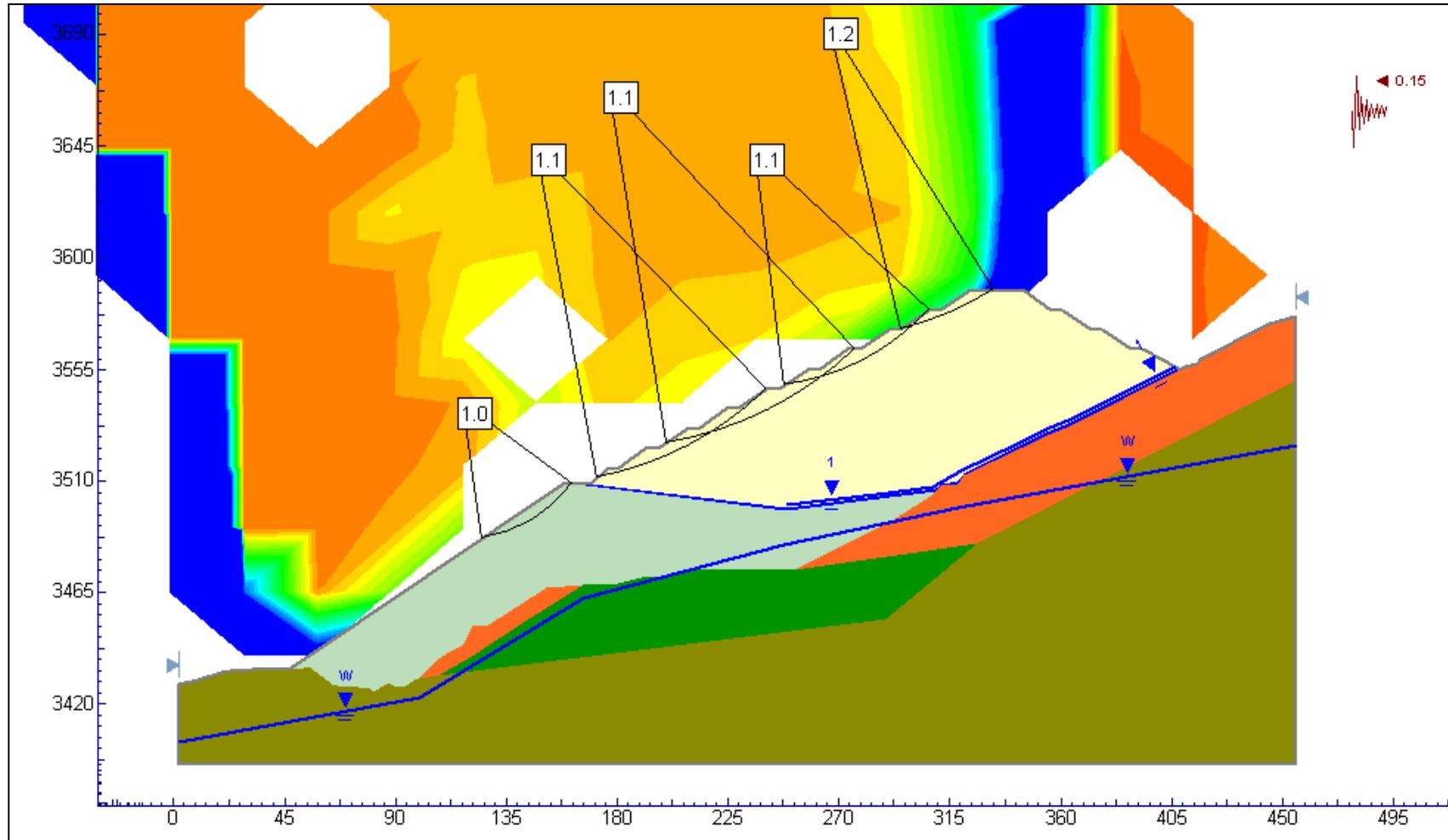
ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION C-C
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



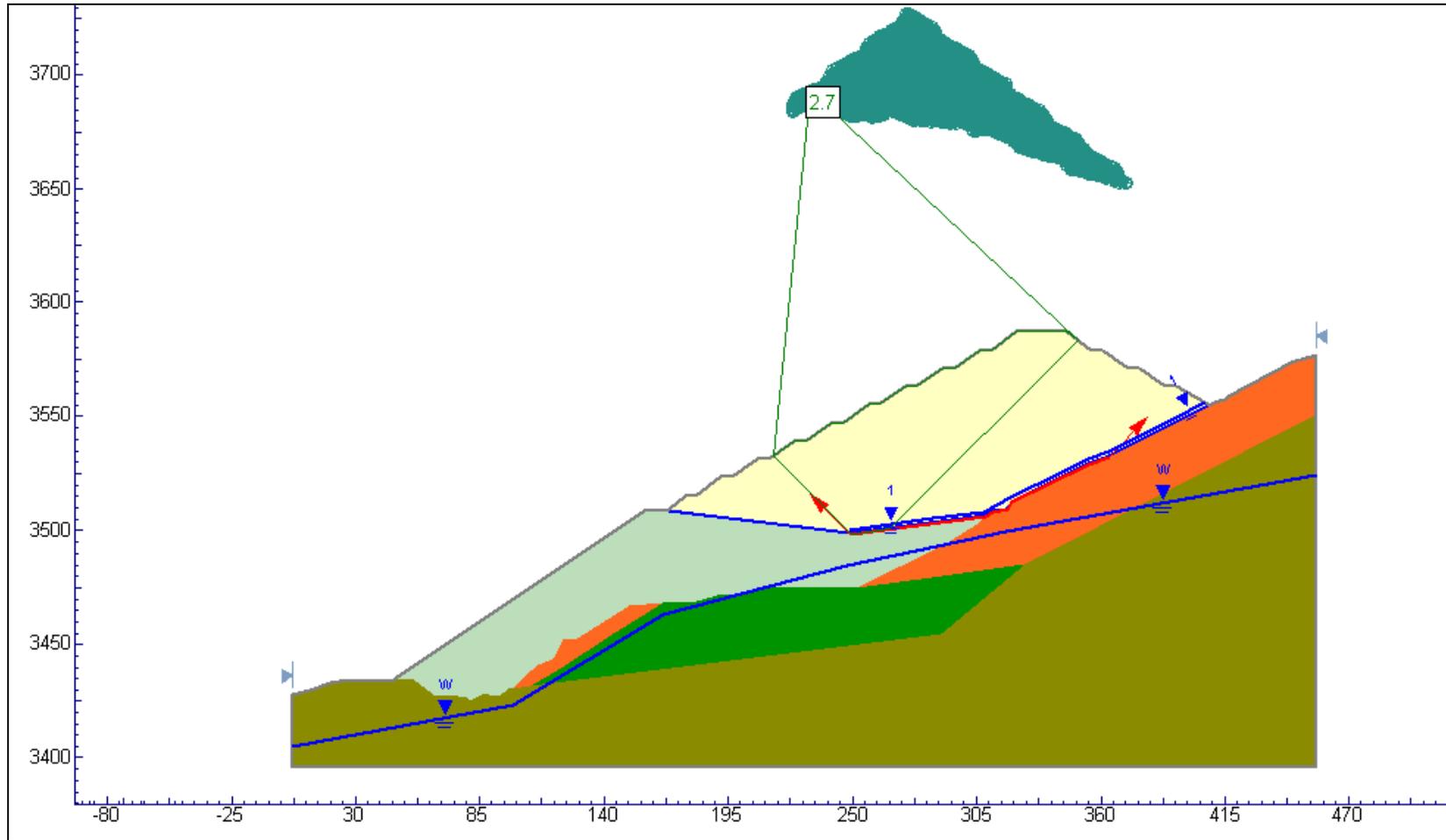
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION C-C
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



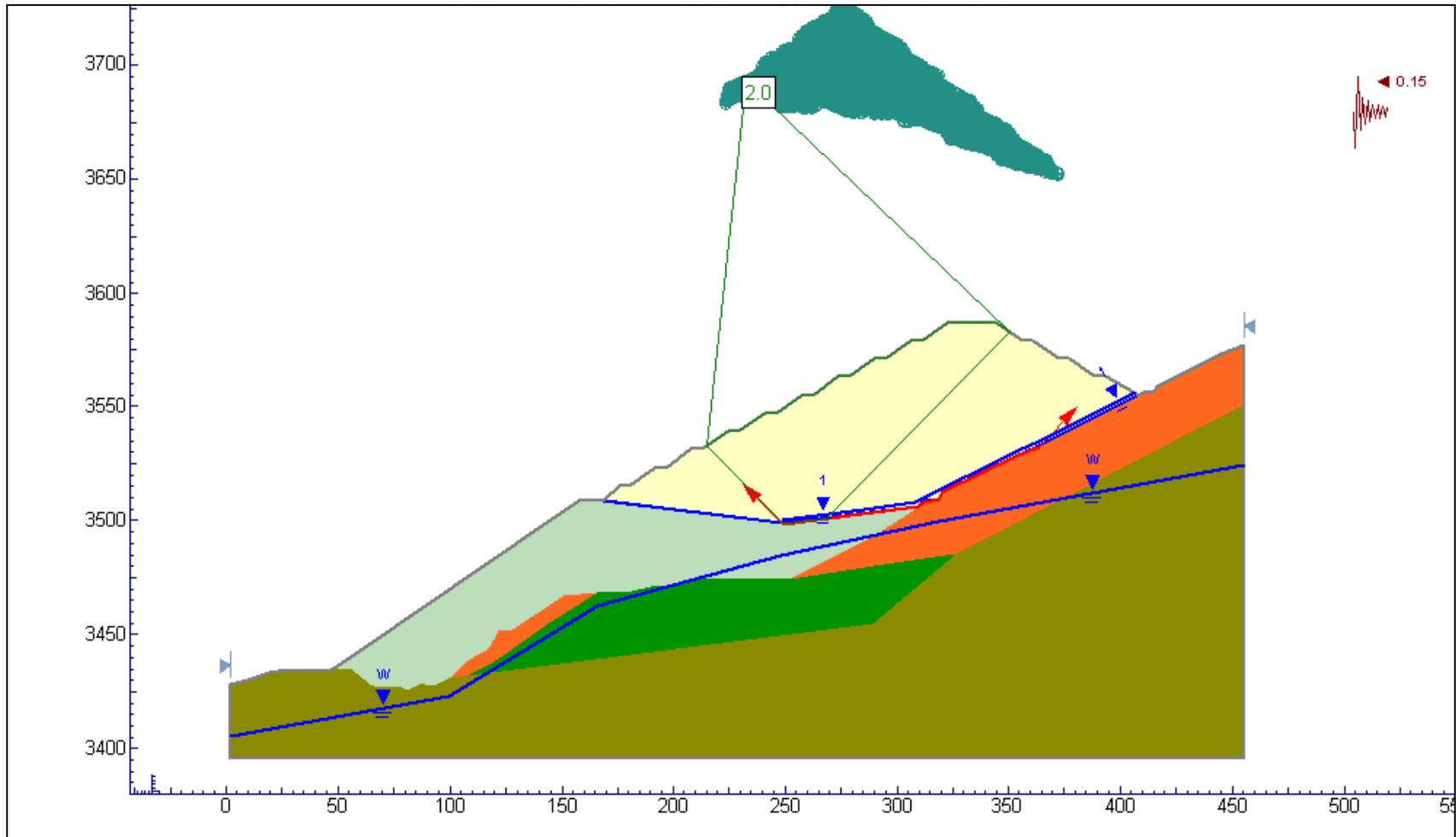
ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION C-C
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



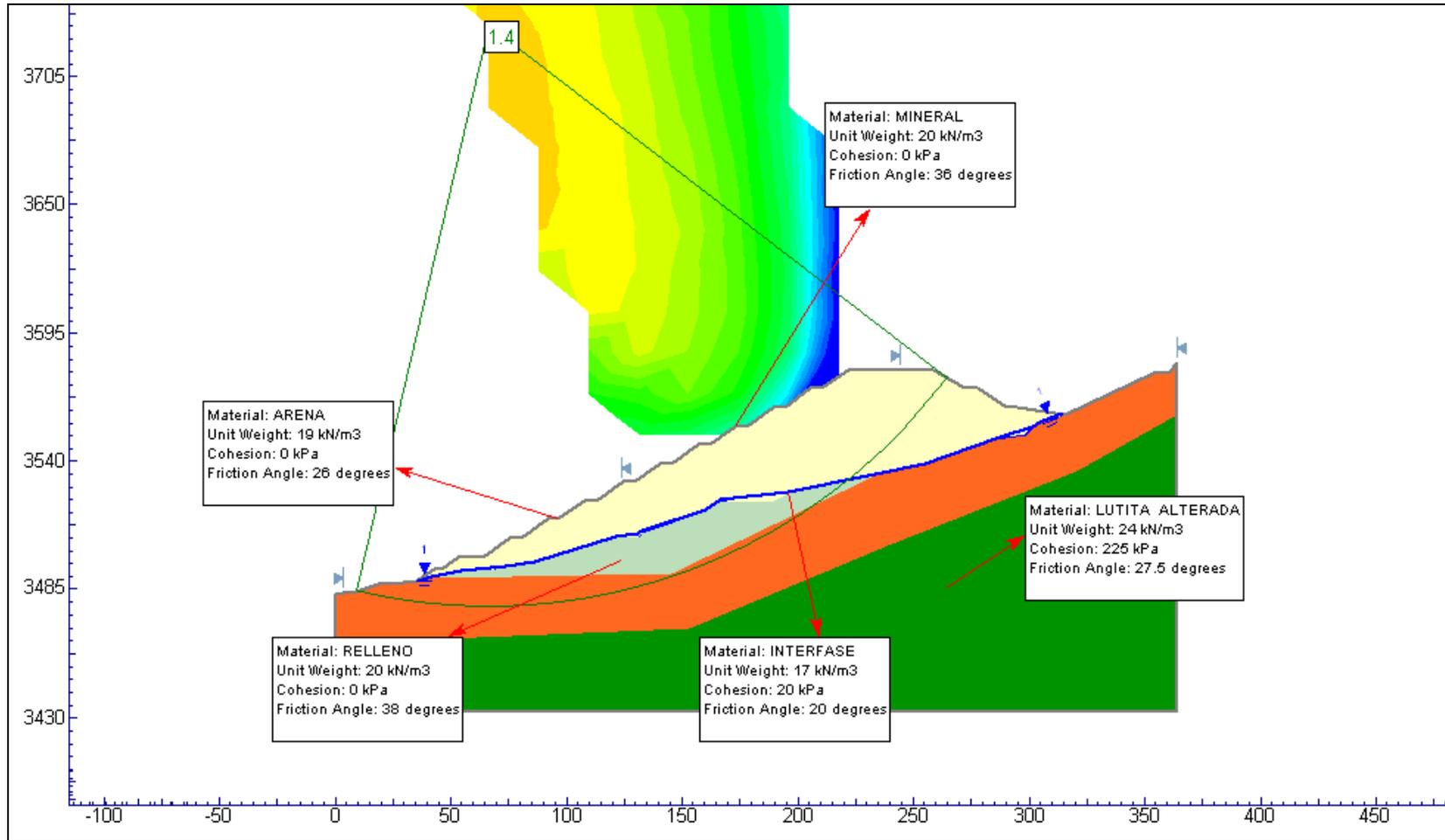
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



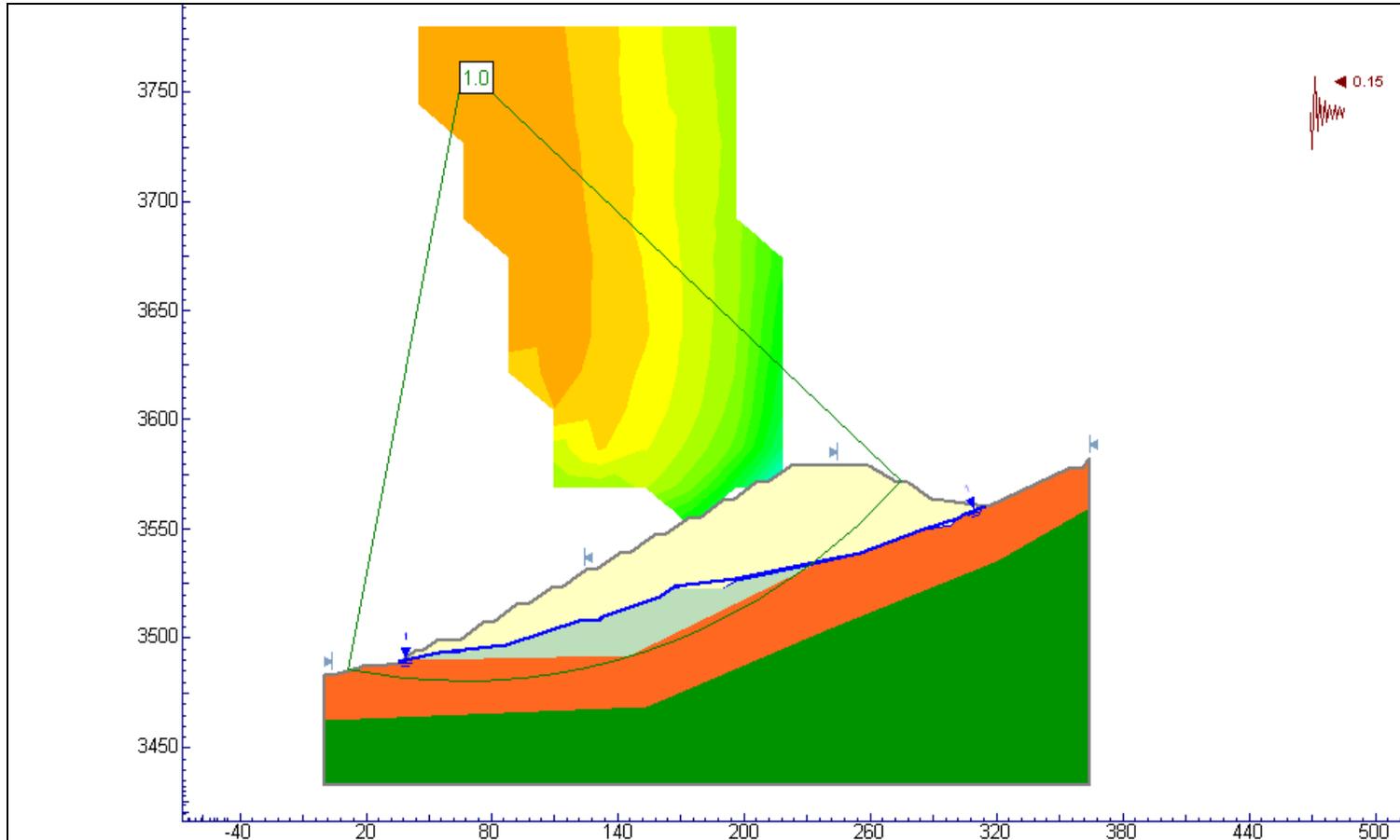
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION B-B
ANALISIS A LARGO PLAZO- PAD Nro 24/ COMARSA**



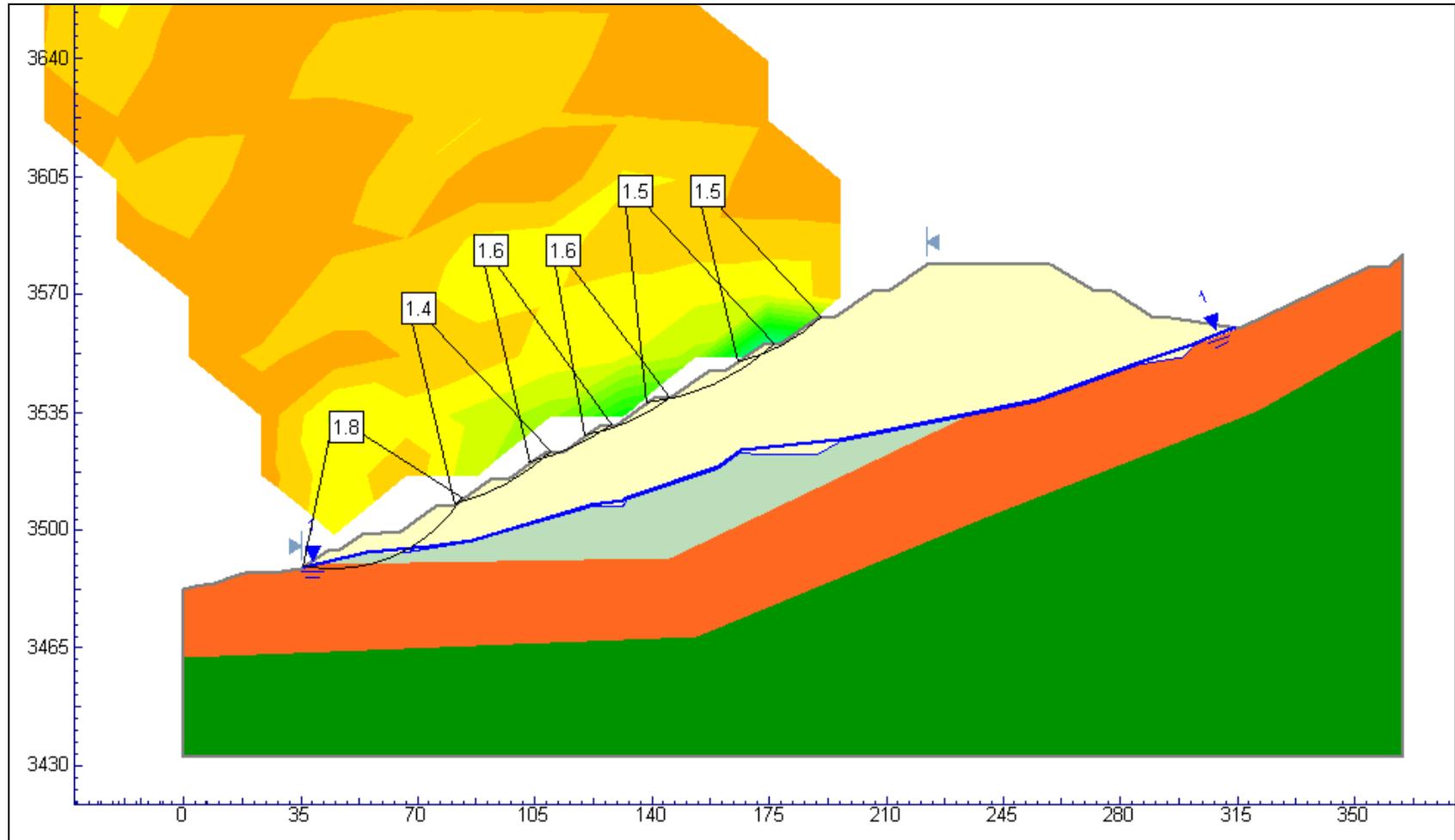
**ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



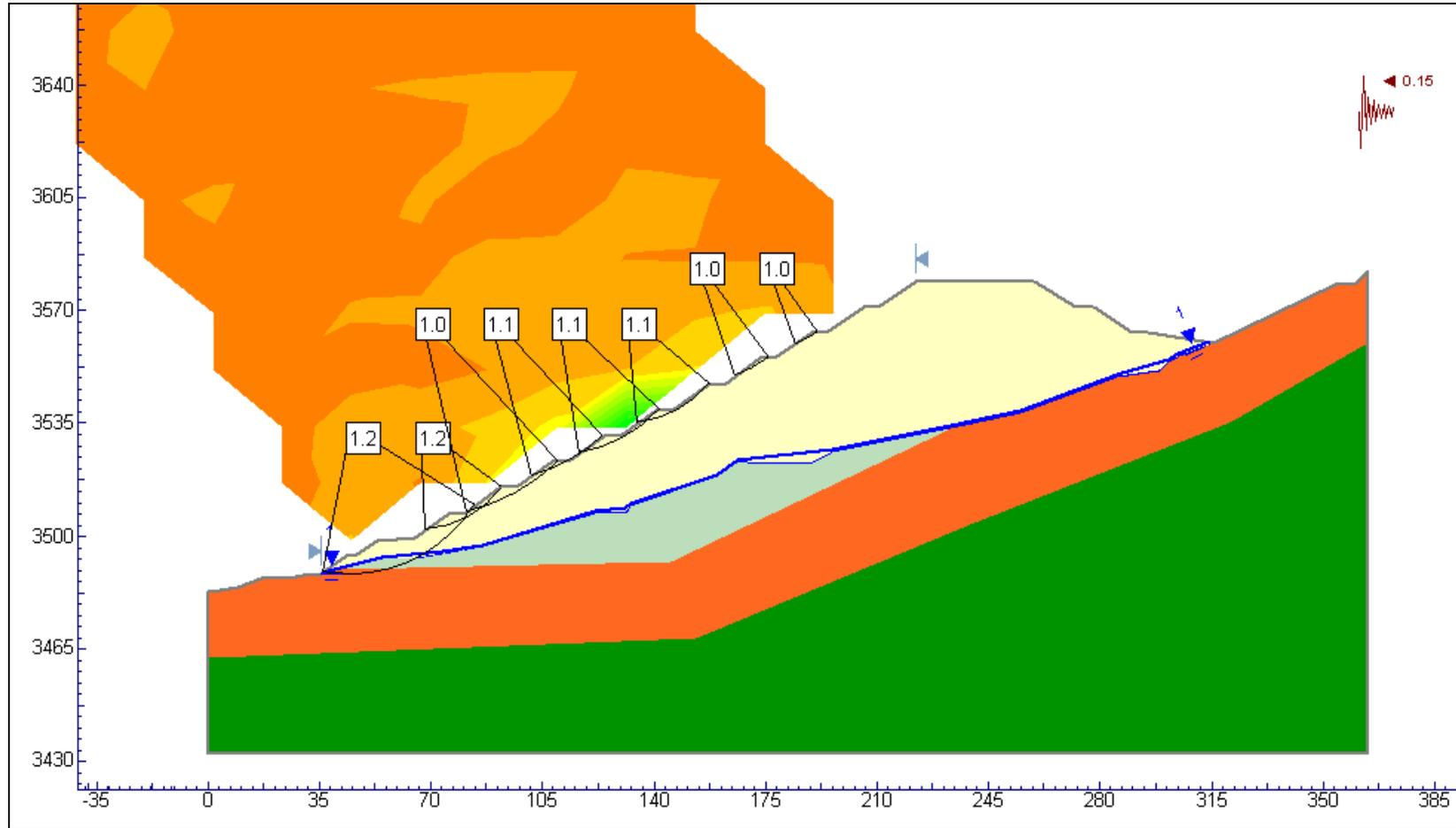
ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO GLOBAL / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



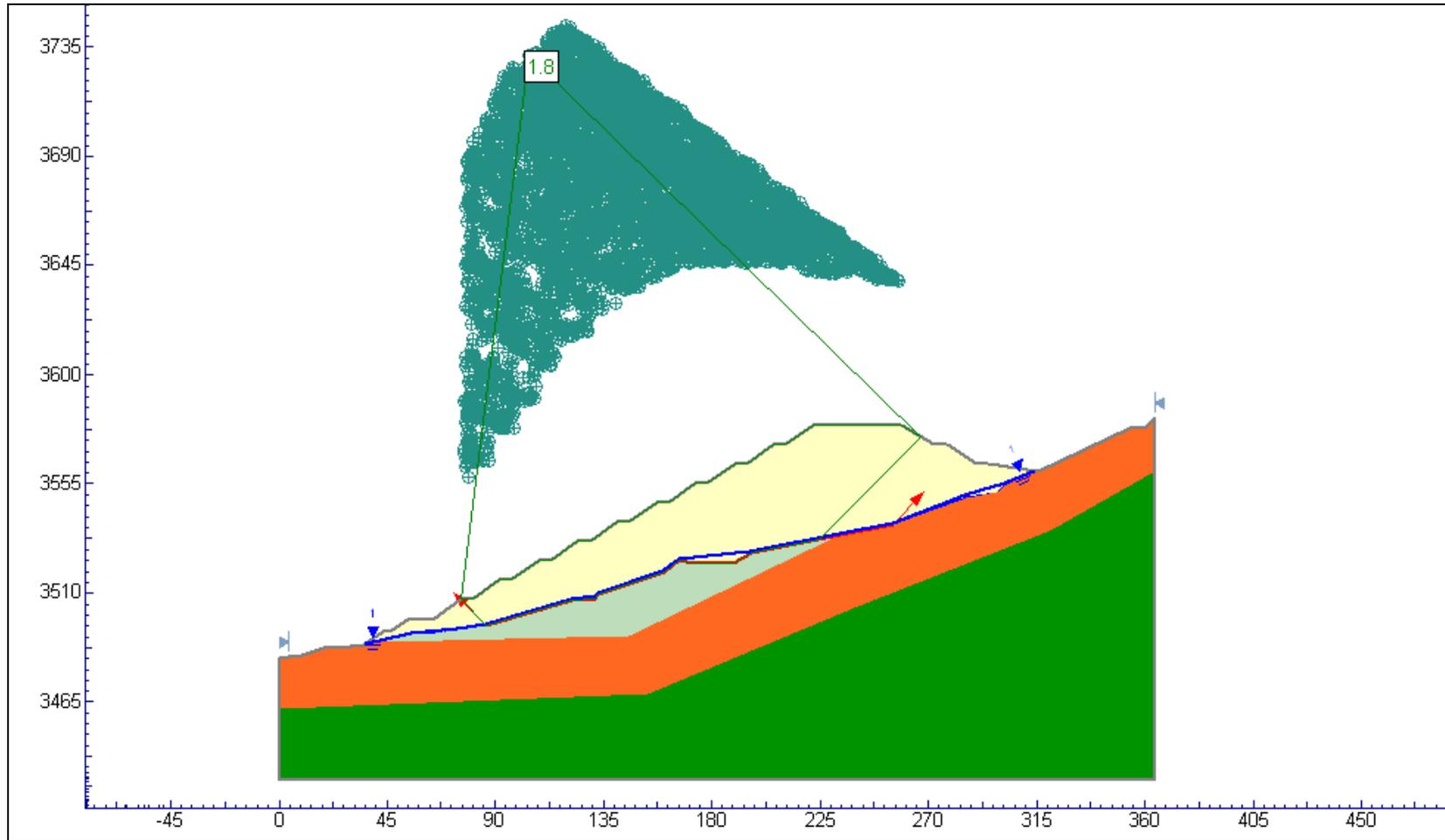
ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



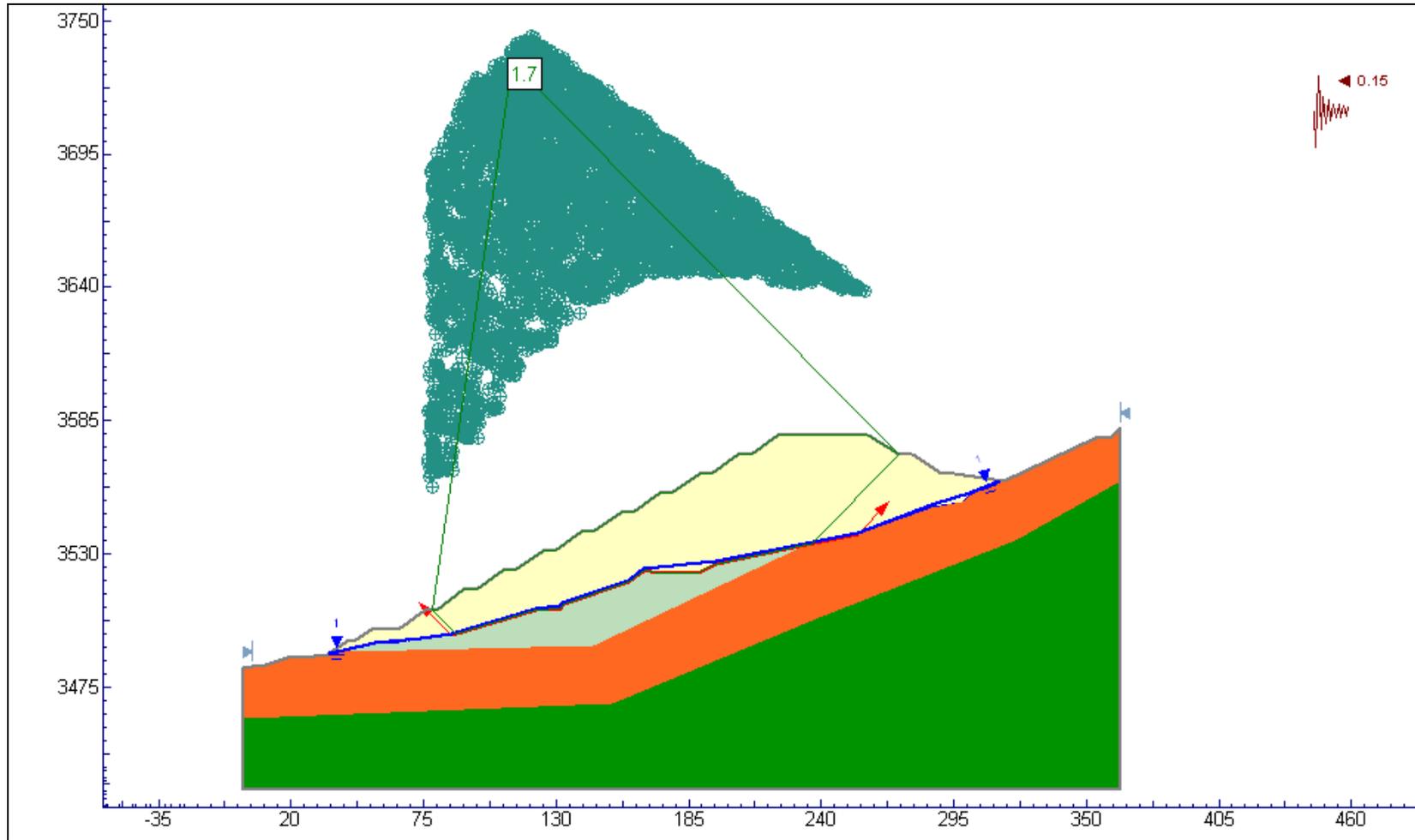
**ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO LOCAL / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



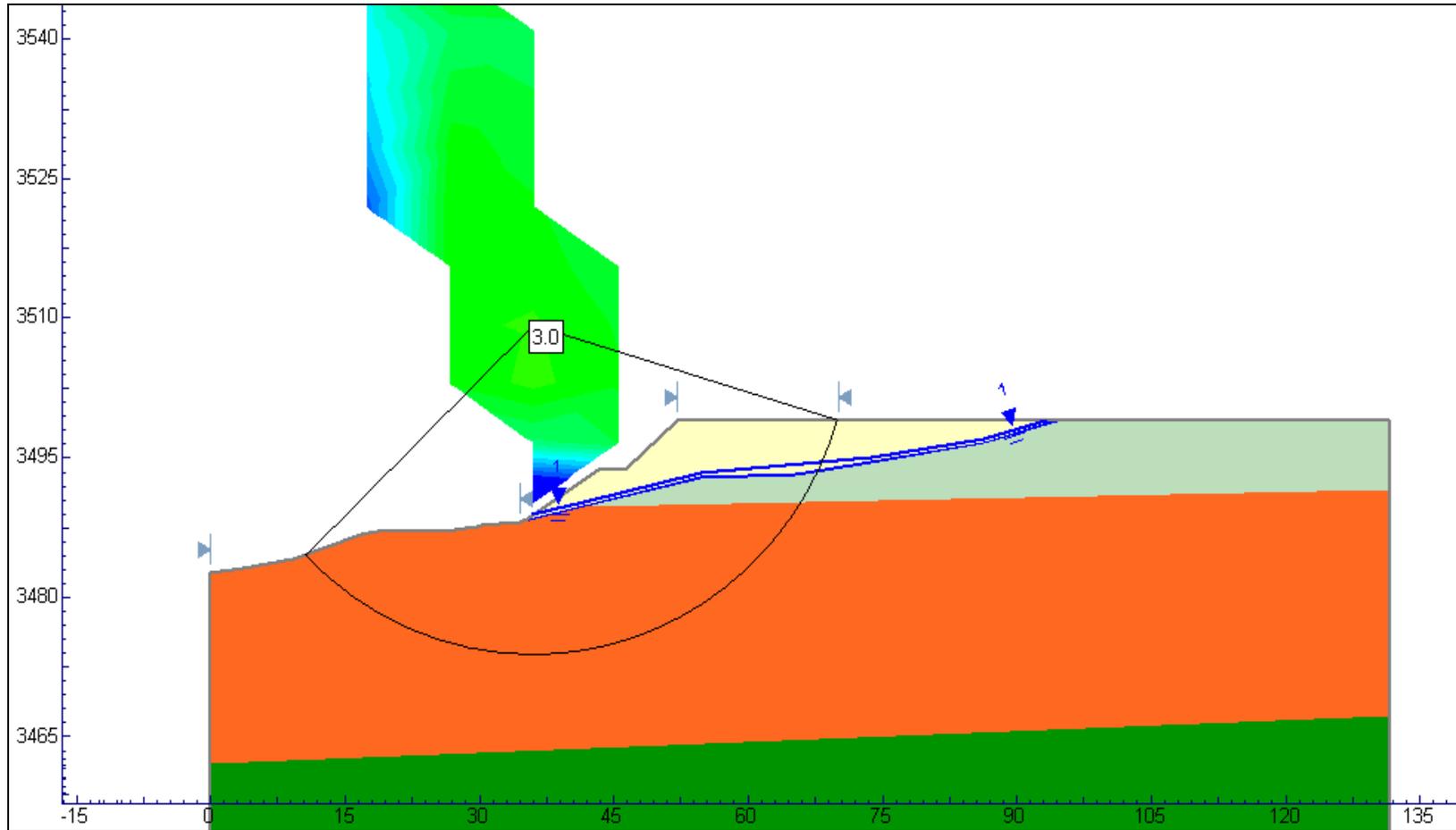
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



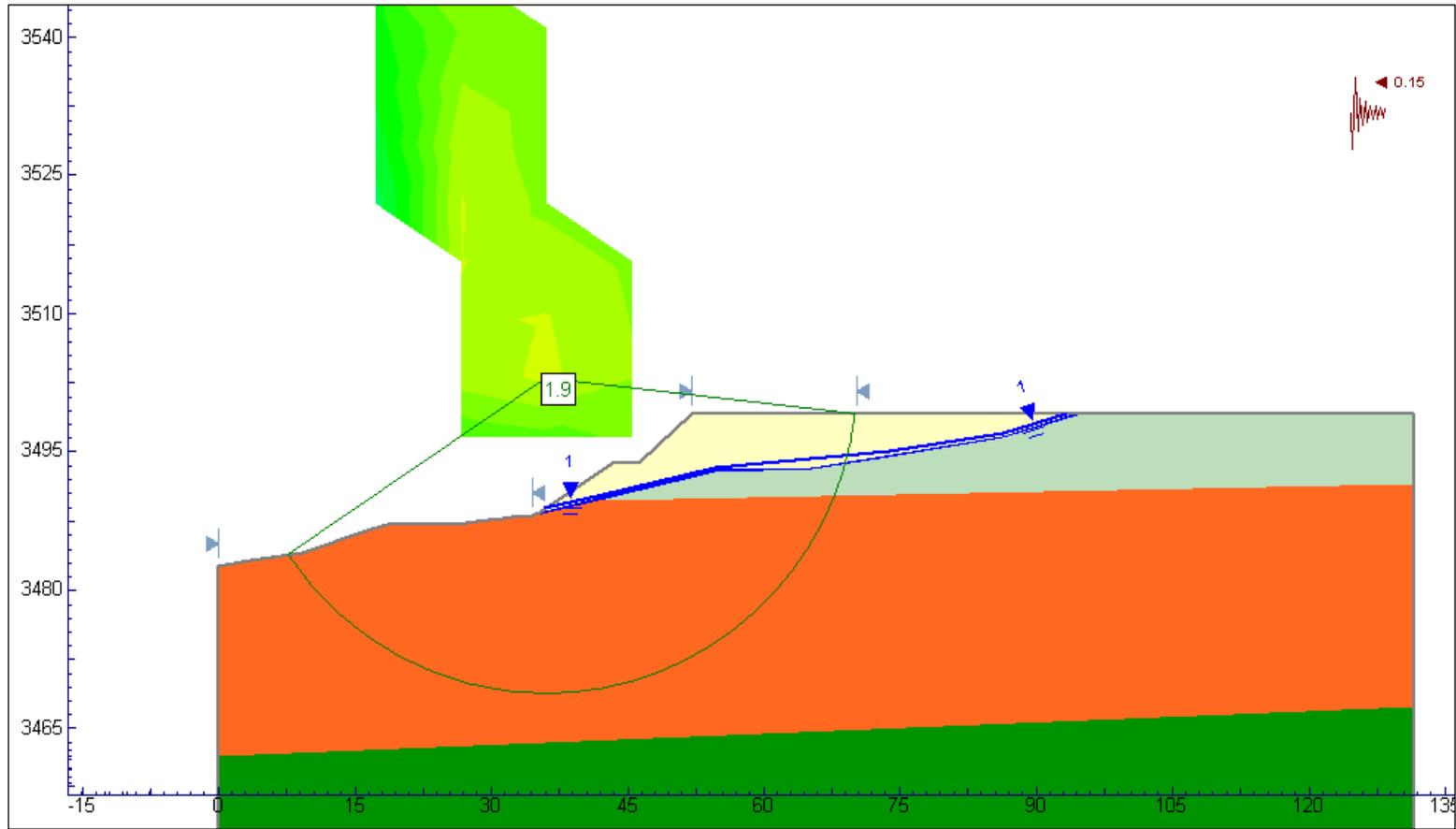
**ANALISIS DE ESTABILIDAD FALLA POR CUÑA METODO SEUDO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A LARGO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA**



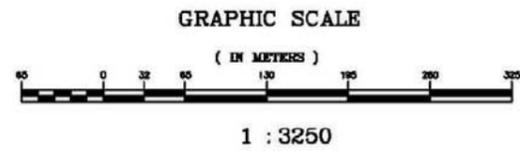
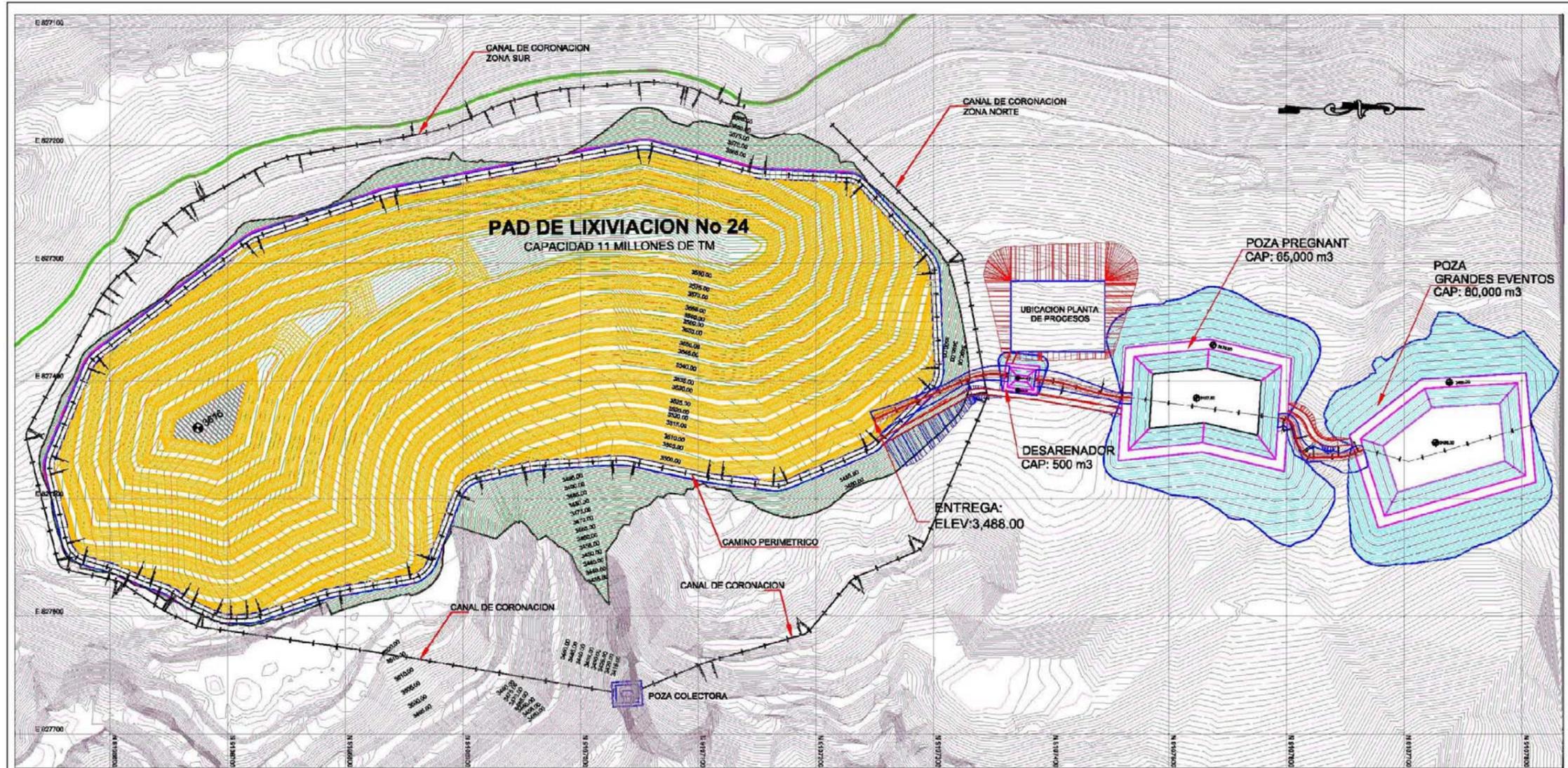
ANALISIS DE ESTABILIDAD ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A CORTO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



ANALISIS DE ESTABILIDAD SEUDO ESTATICO / METODO DE SPENCER SECCION D-D
ANALISIS A CORTO PLAZO - PAD Nro 24/ COMARSA



ANEXO IV: PLANOS



PAD DE LIXIVIACION N° 24	
CAPACIDAD	11,000,000 TM
VOLUMEN	6,111,111 m³
AREA REVESTIDA	210,500 m²
LONGITUD DE BERMA	1906 m
VOLUMEN DE LA RASANTE DEL PAD	
CORTE	256,707 m³
RELLENO	661,970 m³
ACCESO PERIMETRICO, CAMINOS Y ACCESO	
CORTE	1,250 m³
RELLENO	2,140 m³

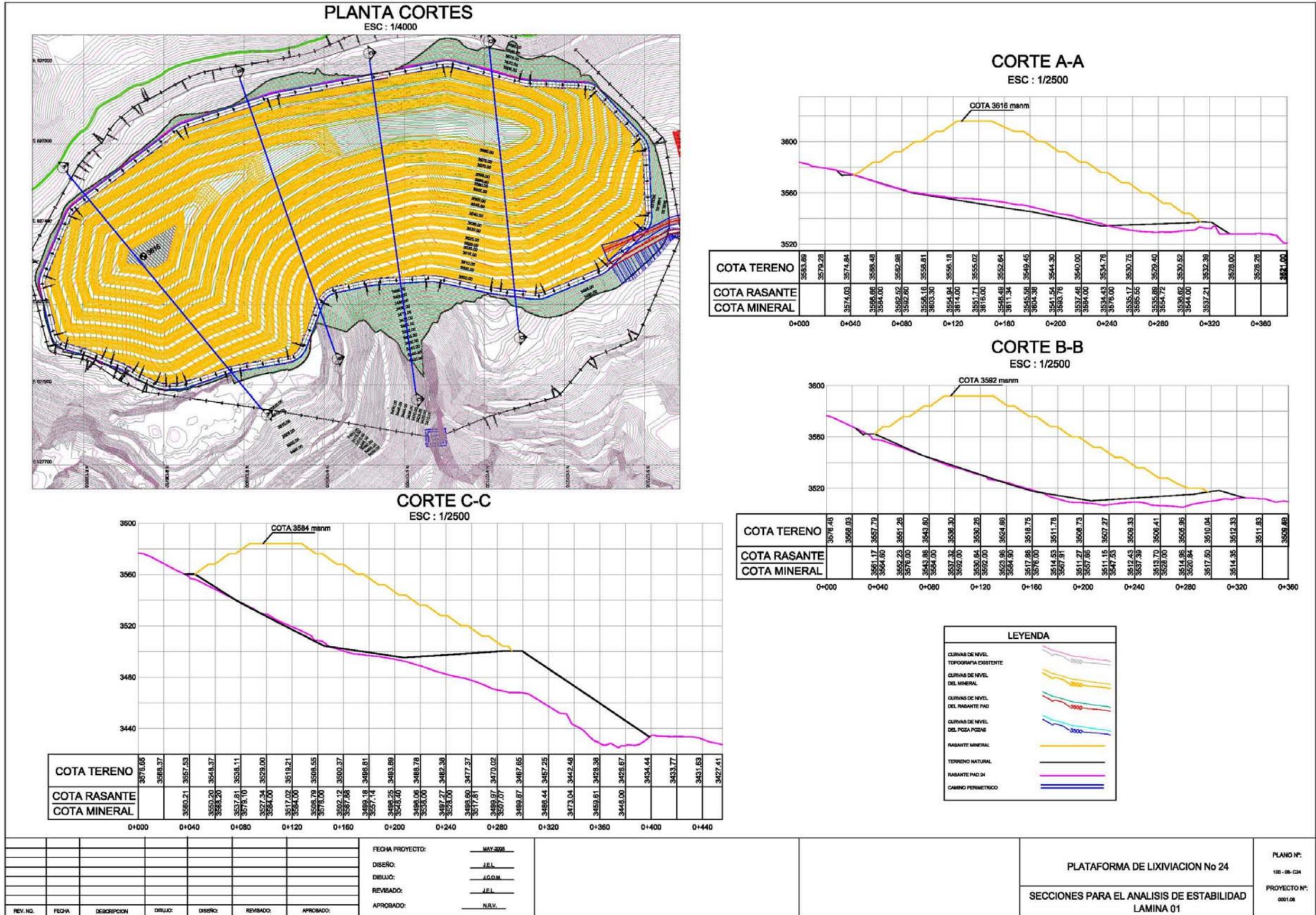
POZAS	
POZA DESARENADORA	
CORTE	701 m³
RELLENO	670 m³
CAPACIDAD	500 m³
POZA PREGNANT	
CORTE	98,600 m³
RELLENO	119,416 m³
CAPACIDAD	65,000 m³
POZA GRANDES EVENTOS	
CORTE	116,631 m³
RELLENO	49,041 m³
CAPACIDAD	80,000 m³

LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL TOPOGRAFIA EXISTENTE	
CURVAS DE NIVEL RASANTE PAD 24	
CURVAS DE NIVEL RASANTE POZAS	
CAMINO PERIMETRICO	
CAMINO DE ACCESO	
BERMA PERIMETRICA	

REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DESAJ.	DISER.	REVISADO:	APROBADO:

FECHA PROYECTO: MAY 2008
 DISER.: J.E.L.
 DIBUJO: J.G.O.M.
 REVISADO: J.E.L.
 APROBADO: N.R.V.

PLANO N°: 100-03-024
 PROYECTO N°: 000108
ARREGLO GENERAL DE LAS INSTALACIONES

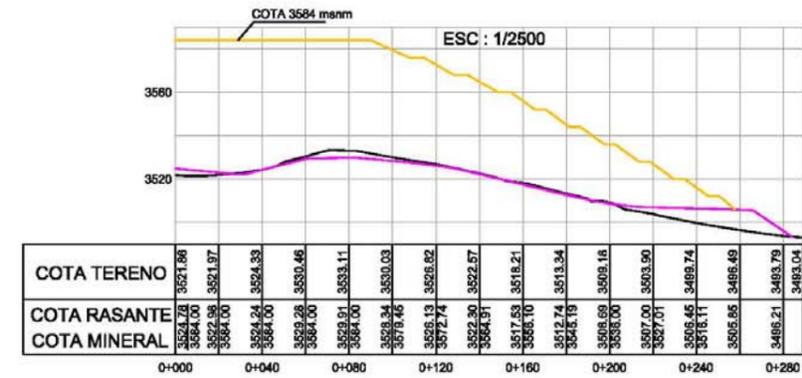
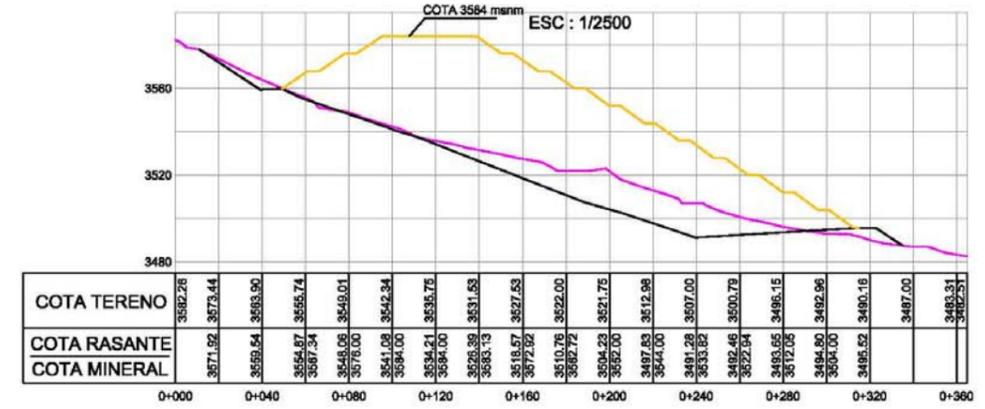
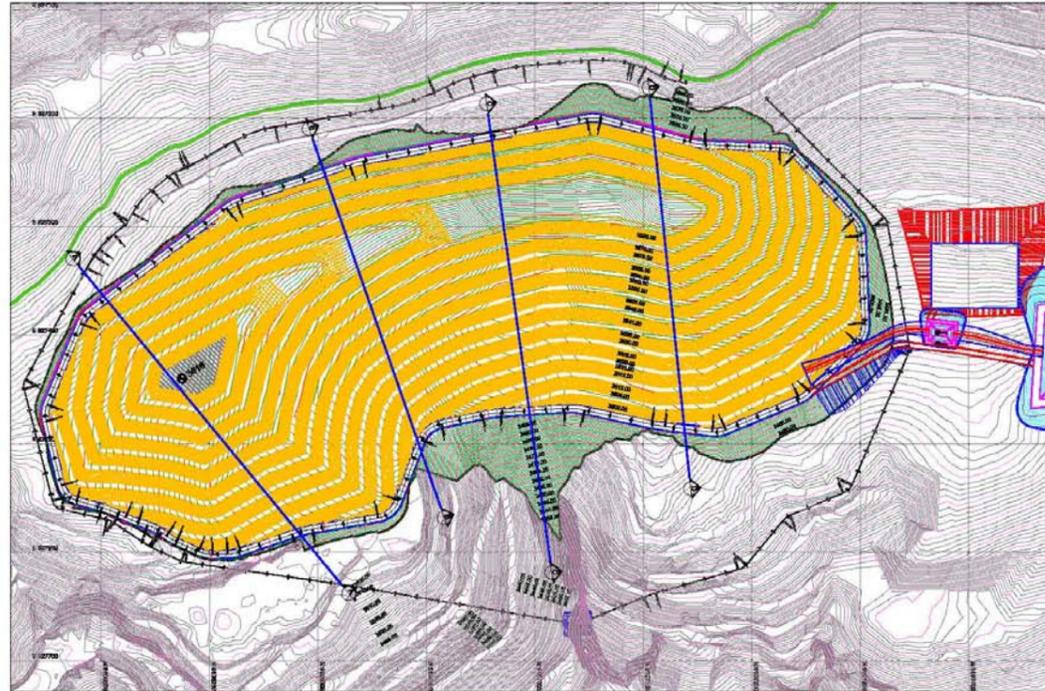


LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL TOPOGRAFIA EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEL DEL MINERAL
- CURVAS DE NIVEL DEL RASANTE PAD
- CURVAS DE NIVEL DEL PISA PIZAS
- RASANTE MINERAL
- TERRENO NATURAL
- RASANTE PAD 24
- CAMINO PERIMETRICO

	FECHA PROYECTO: <u> MAY-2008 </u> DISEÑO: <u> J.E.L. </u> DIBUJO: <u> J.C.O.M. </u> REVISADO: <u> J.E.L. </u> APROBADO: <u> N.R.V. </u>		PLATAFORMA DE LIXIVIACION No 24 SECCIONES PARA EL ANALISIS DE ESTABILIDAD LAMINA 01
REV. NO. FECHA DESCRIPCION DIBUJO DISEÑO REVISADO APROBADO			PLANO N°: 100-08-CH PROYECTO N°: 0001.08

PLANTA CORTES ESC : 1/4000



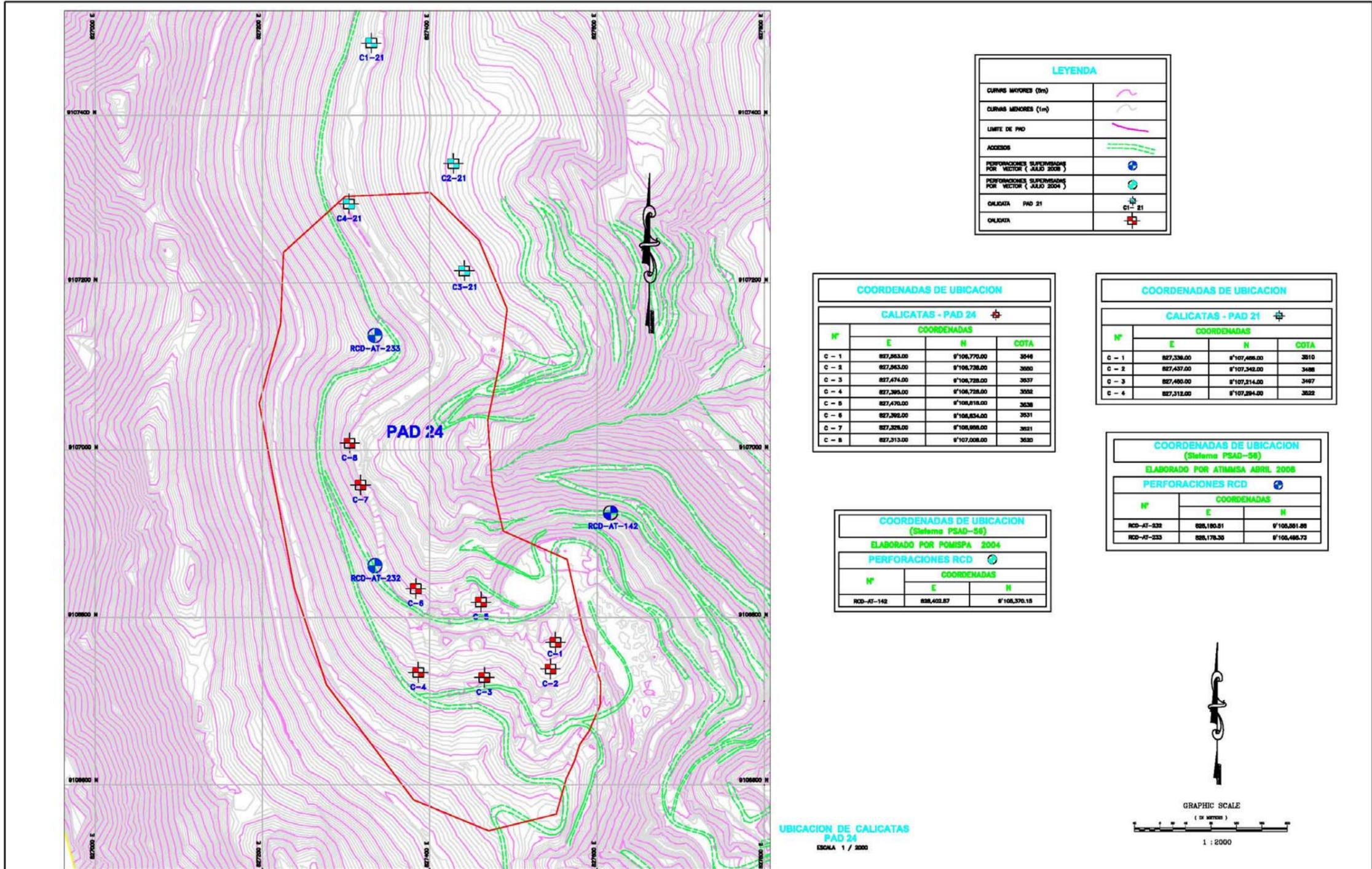
LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL TOPOGRAFIA EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEL DEL MINERAL
- CURVAS DE NIVEL DEL RASANTE PAD
- CURVAS DE NIVEL DEL POZA POZAS
- RASANTE MINERAL
- TERRENO NATURAL
- RASANTE PAD 24
- CAMINO PERIMETRICO

REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISENO	REVISADO	APROBADO

FECHA PROYECTO: MAY 2008
 DISEÑO: J.E.L
 DIBUJO: J.G.O.M
 REVISADO: J.E.L
 APROBADO: N.R.V.

PLANO Nº: 200 - 08A - C24
 SECCIONES PARA EL ANALISIS DE ESTABILIDAD LAMINA 02
 PROYECTO Nº: 0001.08



LEYENDA	
CURVAS MAYORES (5m)	
CURVAS MENORES (1m)	
LIMITE DE PNO	
ACCESOS	
PERFORACIONES SUPERFICIALES POR VECTOR (JULIO 2008)	
PERFORACIONES SUPERFICIALES POR VECTOR (JULIO 2004)	
CHUAKTA PAD 21	
CHUAKTA	

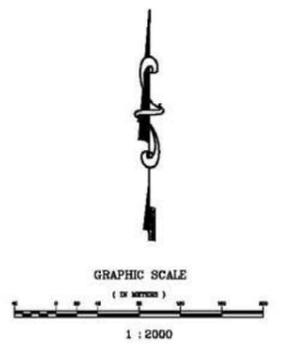
COORDENADAS DE UBICACION			
CALICATAS - PAD 24			
N°	COORDENADAS		
	E	N	COTA
C - 1	827,863.00	9°106,770.00	3546
C - 2	827,863.00	9°106,728.00	3550
C - 3	827,474.00	9°106,728.00	3537
C - 4	827,385.00	9°106,728.00	3552
C - 5	827,470.00	9°106,818.00	3538
C - 6	827,392.00	9°106,834.00	3531
C - 7	827,325.00	9°106,855.00	3531
C - 8	827,313.00	9°107,008.00	3530

COORDENADAS DE UBICACION			
CALICATAS - PAD 21			
N°	COORDENADAS		
	E	N	COTA
C - 1	827,338.00	9°107,488.00	3510
C - 2	827,437.00	9°107,342.00	3488
C - 3	827,495.00	9°107,214.00	3497
C - 4	827,312.00	9°107,294.00	3522

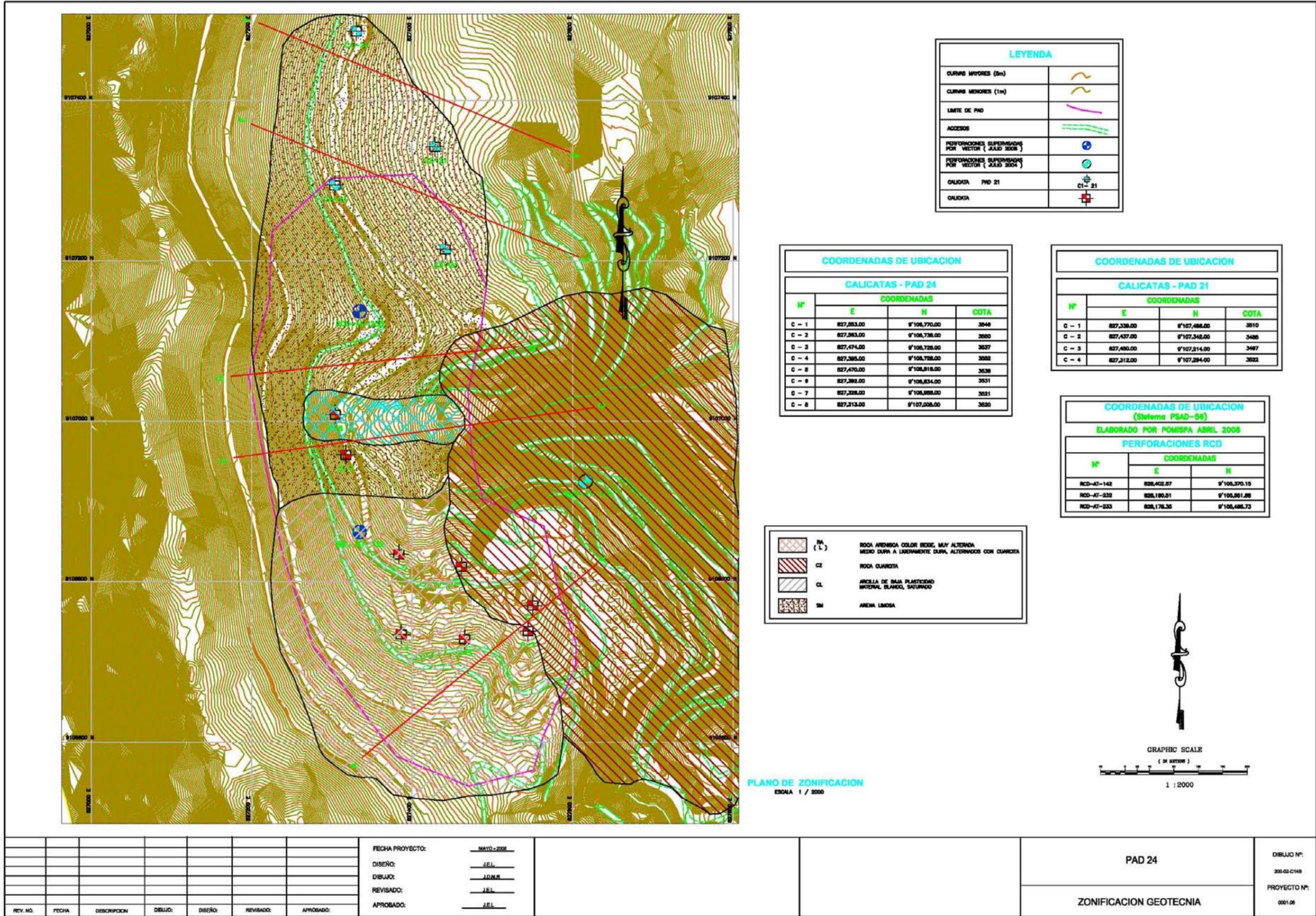
COORDENADAS DE UBICACION (Sistema PSAD-56)		
ELABORADO POR POMISPA 2004		
PERFORACIONES RCD		
N°	COORDENADAS	
	E	N
RCD-AT-142	828,402.87	9°106,370.15

COORDENADAS DE UBICACION (Sistema PSAD-56)		
ELABORADO POR ATIMSA ABRIL 2008		
PERFORACIONES RCD		
N°	COORDENADAS	
	E	N
RCD-AT-232	828,180.81	9°106,591.88
RCD-AT-233	828,178.30	9°106,486.73

UBICACION DE CALICATAS PAD 24
ESCALA 1 / 2000



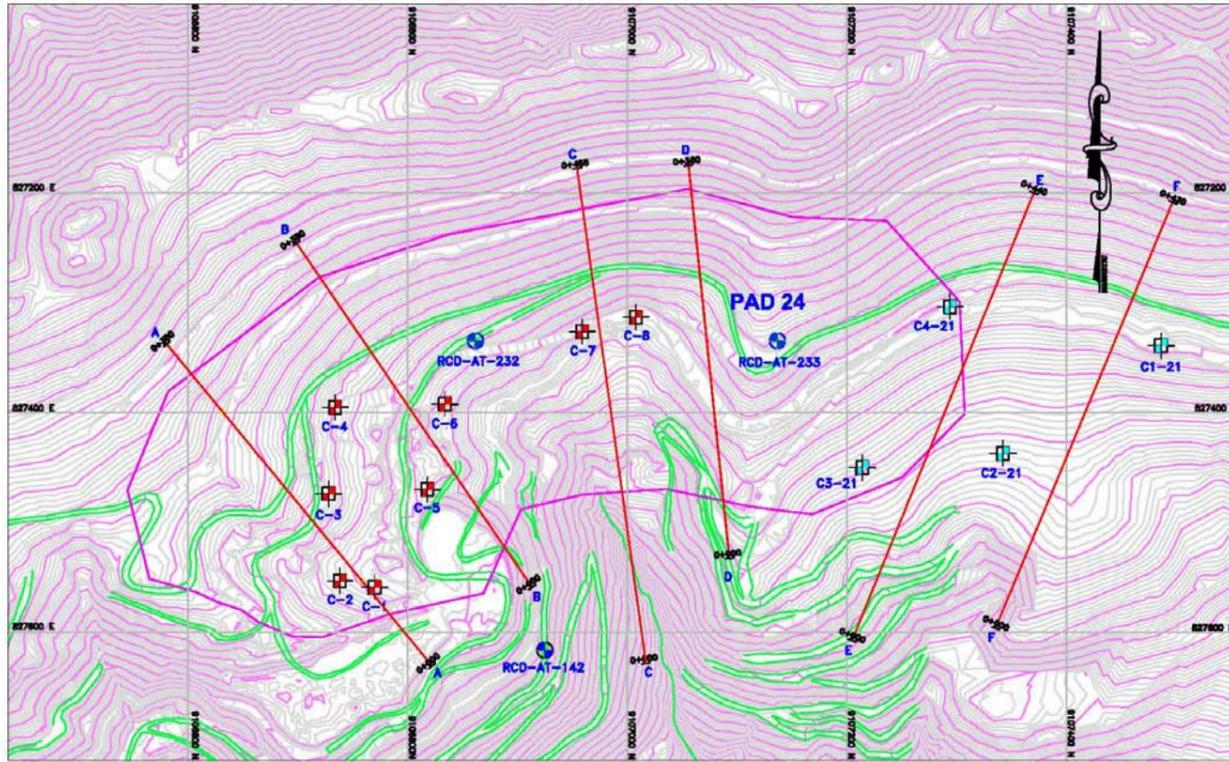
REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REVISADO	APROBADO	FECHA PROYECTO: MAYO - 2008 DISEÑO: J.E.M. DIBUJO: J.O.M.R. REVISADO: J.E.L. APROBADO: J.E.L.	PAD 24 UBICACION DE CALICATAS	DIBUJO N°: 205-02-C148 PROYECTO N°: 0001.06
----------	-------	-------------	--------	--------	----------	----------	---	----------------------------------	--



REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DELUJO	DISEÑO	REVISADO	APROBADO

FECHA PROYECTO:	MAYO-2008
DISEÑO:	JEL
DIBUJO:	JDM/R
REVISADO:	JEL
APROBADO:	JEL

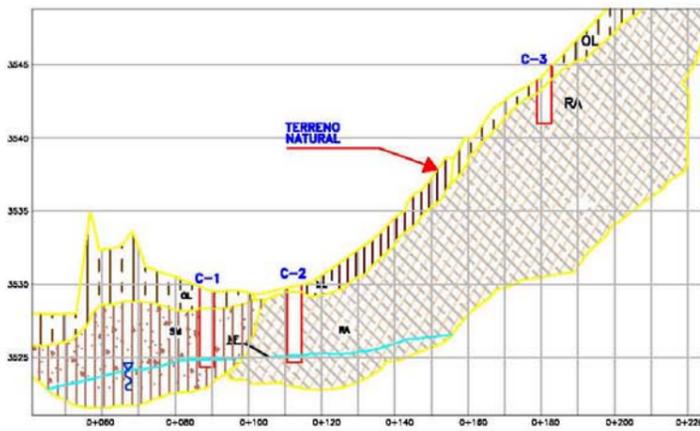
PAD 24	DIBUJO N°: 205-02-C148
ZONIFICACION GEOTECNIA	PROYECTO N°: 0001.06



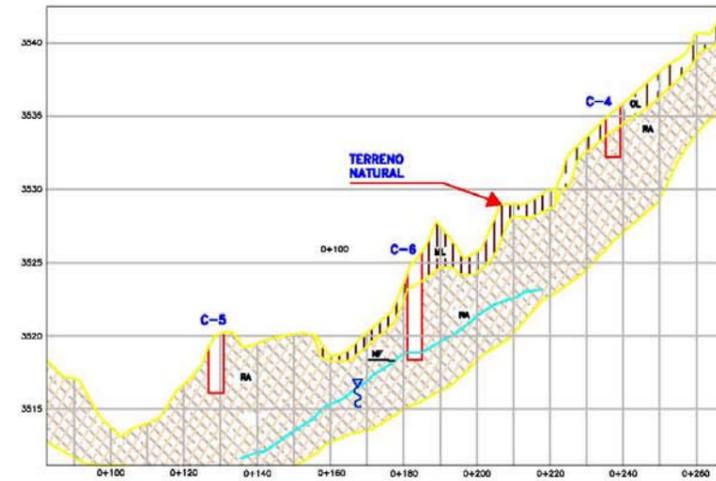
PLANTA
ESC. 1/2500

LEYENDA	
CURVAS MAYORES (2m)	
CURVAS MENORES (1m)	
LIMITE DE PAD	
ACCESOS	
PERFORACIONES SUPERVISADAS POR VECTOR (JULIO 2006)	
PERFORACIONES SUPERVISADAS POR VECTOR (JULIO 2004)	
CALICATA PAD 21	
CALICATA	

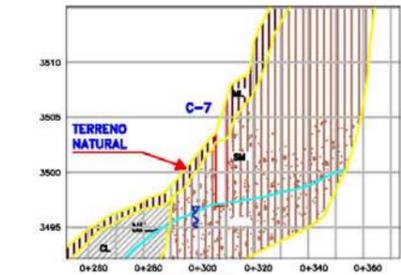
	CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	ML	LIMO BAJA PLASTICIDAD
	SM	ARCILLA LIMOSA
	RA	ROCA , ARENOSA COLOR BEIGE, MUY ALTERNIA MEDIO DURA A LIGERAMENTE DURA
	OL	LIMOS ORGANICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD.



PERFIL A-A
ESC. 1/750



PERFIL B-B
ESC. 1/750



PERFIL C-C
ESC. 1/1000



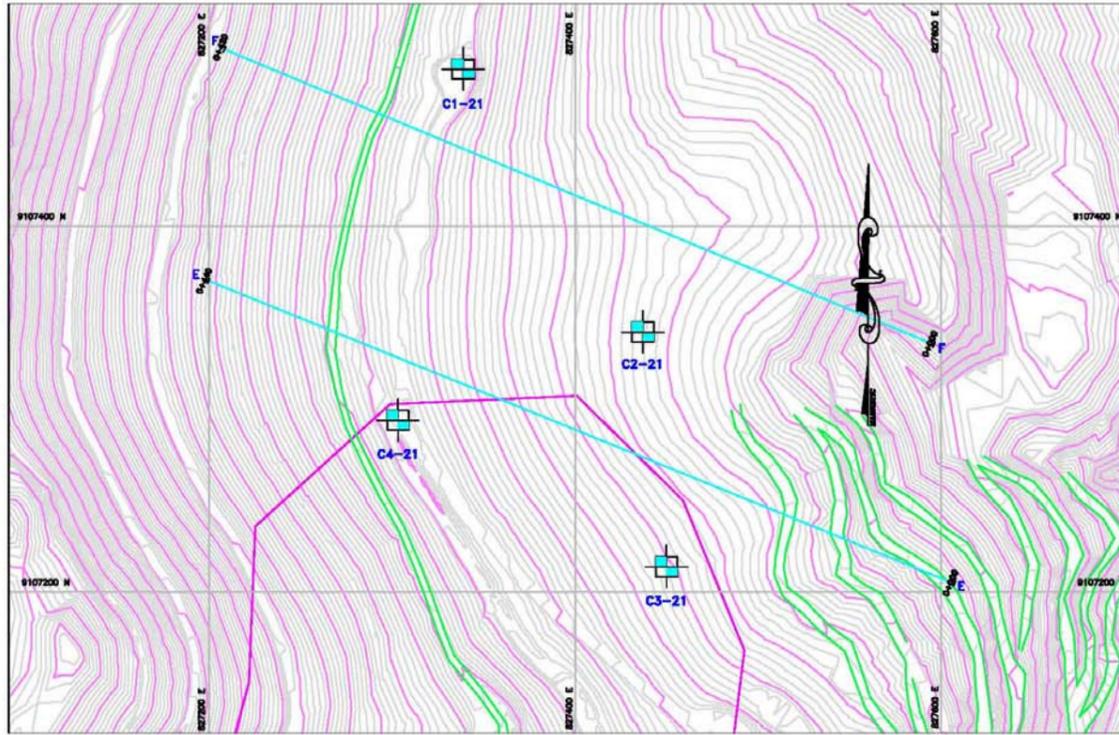
PERFIL D-D
ESC. 1/1000

REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REVISADO	APROBADO

FECHA PROYECTO:	MAYO 2006
DISEÑO:	J.E.L.
DIBUJO:	J.D.M.R.
REVISADO:	J.E.L.
APROBADO:	J.E.L.

PAD 24	
PERFIL ESTRATIGRAFICO	

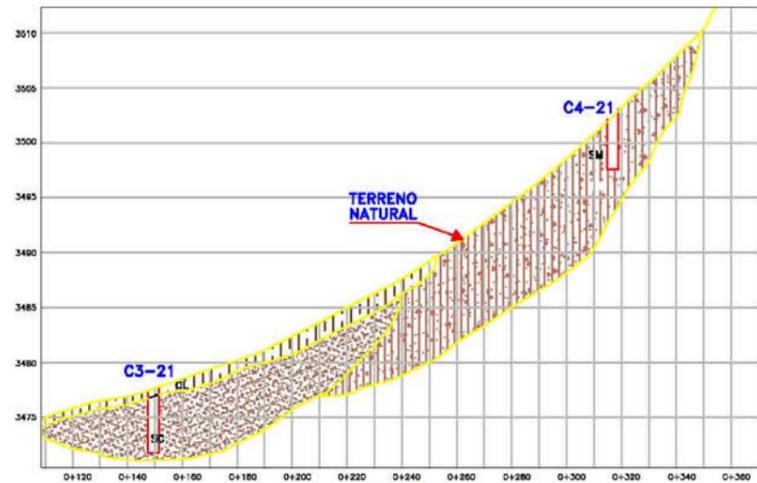
DIBUJO Nº:	200-02-C146
PROYECTO Nº:	0001.08



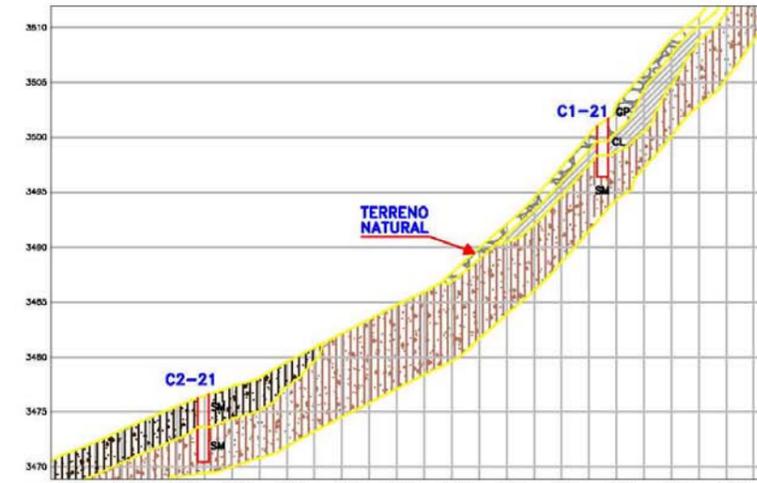
PLANTA
ESC. 1/1000

LEYENDA	
CURVAS MAYORES (5m)	
CURVAS MENORES (1m)	
LIMITE DE PAD	
ACCESOS	
CALZADA PAD 24	

	CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
	SM	ARENA MEDIA CON LIMO, DE COLOR NEGRO SEMI COMPACTA Y HUMEDA
	IM	ARENAS LIMOSAS
	OL	LIMOS ORGANICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	GP	GRANA PORREMENTE GRADUADA
	SC	ARENAS ARCILLOSAS



PERFIL E - E
ESC. 1/1000



PERFIL F - F
ESC. 1/1000

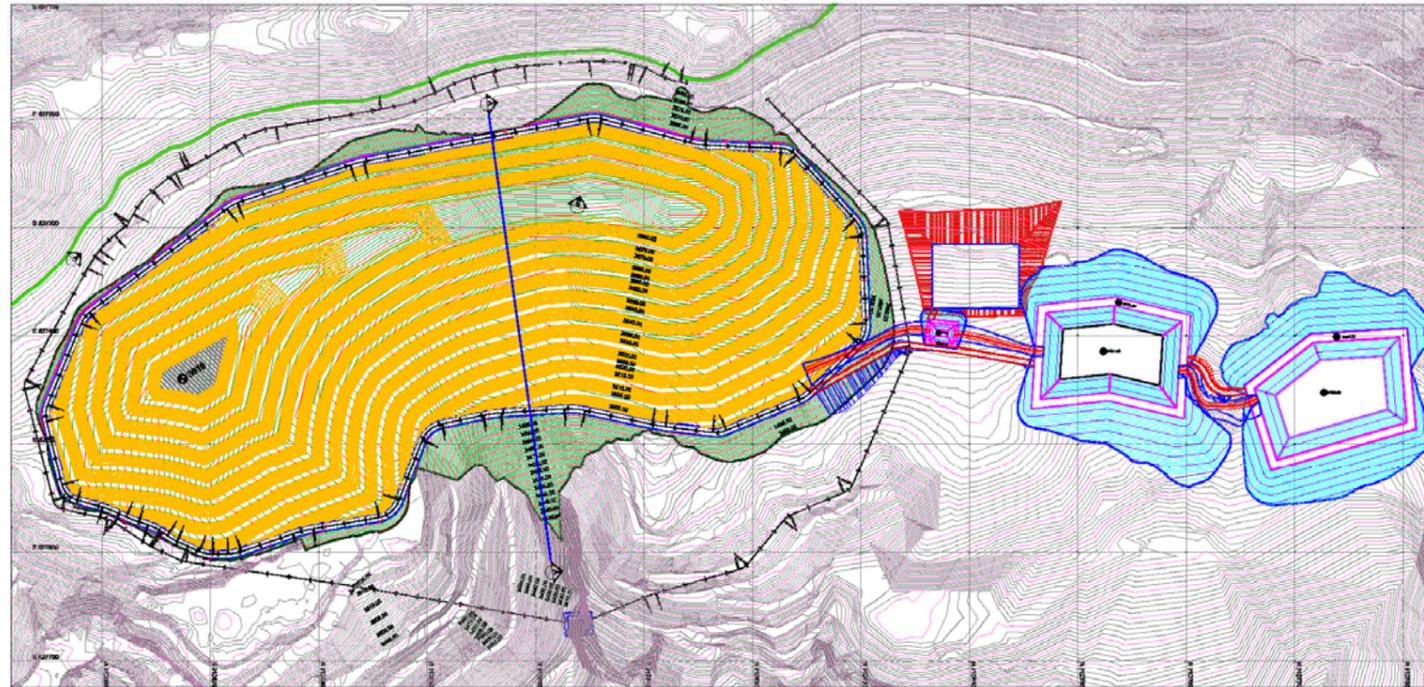
REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISENO	REVISADO	APROBADO

FECHA PROYECTO:	MAYO - 2008
DISEÑO:	J.E.L.
DIBUJO:	J.D.M.R.
REVISADO:	J.E.L.
APROBADO:	J.E.L.

PAD 24
PERFIL ESTRATIGRAFICO

DIBUJO Nº:
200-02-C148
PROYECTO Nº:
0001.08

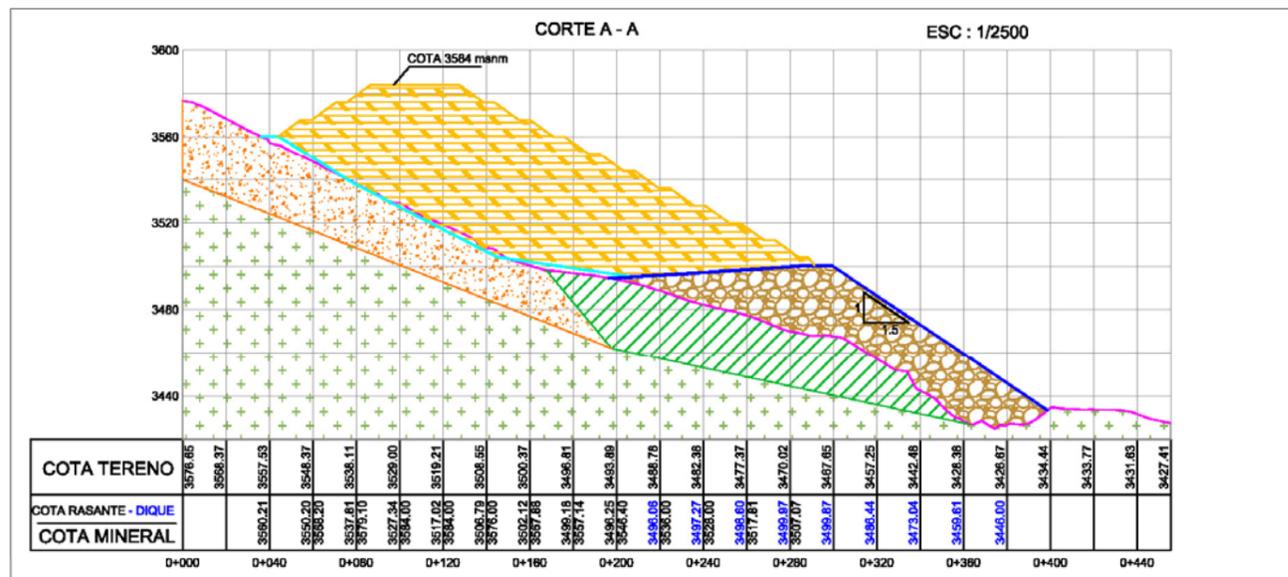
ESC : 1/5000



LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL TOPOGRAFIA EXISTENTE	
CURVAS DE NIVEL DEL MINERAL	
CURVAS DE NIVEL DEL RASANTE PAD	
CURVAS DE NIVEL DEL POZA POZAS	
RASANTE MINERAL	
TERRENO NATURAL	
RASANTE PAD 24	
CAMINO PERIMETRICO	
RELLENO ESTRUCTURAL	
LUTITA ALTERADA	
ARENA ARCILLOSA	
CUARCITA	
MINERAL	

CORTE A - A

ESC : 1/2500



REV. NO.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REVISADO	APROBADO	FECHA PROYECTO:	MAY-2008	PLATAFORMA DE LIXIVACION No 24 PLATAFORMA - MURO CONTENCIÓN PAD 24	PLANO Nº: 201 - 08A - 024 PROYECTO Nº: 0001.08
							DISEÑO:	J.E.L.		
							DIBUJO:	J.C.D.M.		
							REVISADO:	J.E.L.		
							APROBADO:	N.R.V.		